FIZIKA

Szerkesztette V. G. Barjahtar, SZ. O. Dovhij

7. OSZTÁLY


FIZIKA

7.

OSZTÁLY

Tankönyv az általános oktatási rendszerű tanintézetek 7. osztálya számára

Szerkesztette V. H. Barjahtar, Sz. O. Dovhij

Ajánlotta
Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma

Львів
Видавництво „Світ”
2015

УДК [37.016:53](075.3)
ББК 22.3я721
Ф50

Підручник створено авторським колективом у складі:
В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова, Ю. І. Горобець,
І. Ю. Ненашев, О. О. Кірюхіна

Перекладено за виданням:

Фізика : підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. / [В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова та ін.] ; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. — Х. : Вид-во „Ранок", 2015

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 20.07.2015 р. № 777)

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Автори й видавництво висловлюють щиру подяку:
доктору Андреасу Ґінсбаху, вчителю фізики і математики
Міжнародної школи в Силіконовій Долині (США);
М. М. Кірюхіну, президенту Спілки наукових і інженерних об'єднань України,
кандидату фізико-математичних наук;
І. В. Ховану, учителю фізики НВК „Домінанта", кандидату педагогічних наук,
за слушні зауваження й конструктивні поради, що сприяли покращенню
змісту підручника;

І. С. Чернецькому, завідувачу відділу створення навчально-тематичних систем знань
Національного центру „Мала академія наук України", кандидату педагогічних наук,
за створення відеороликів демонстраційних і фронтальних експериментів

Методичний апарат підручника успішно пройшов експериментальну перевірку
в Національному центрі „Мала академія наук України"

Ф50 **Фізика** : підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. з навч. угорською мовою / [В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова та ін.] ; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого ; пер. А. А. Буркуш. — Львів : Світ, 2015. — 256 с. : іл., фот.

ISBN 978-966-603-973-9

УДК [37.016:53](075.3)
ББК 22.3я721

ІНТЕРНЕТ-ПІДТРИМКА
Для користування
електронними матеріалами
до підручника увійдіть на сайт
interactive.ranok.com.ua

Служба технічної підтримки:
тел. (098) 037-54-68
(понеділок–п'ятниця з 9:00 до 18:00)
E-mail: interactive@ranok.com.ua

ISBN 978-966-603-973-9 (угорськ.)
ISBN 978-617-09-2393-6 (укр.)

Kedves barátaim!

Ebben a tanévben egy számotokra új tudománnyal fogtok megismerkedni – a fizikával. Megfigyelhetitek a természeti jelenségeket, tudományos kísérleteket végezhettek, és minden órán megtehetitek a saját kis felfedezéseteket.

Nemcsak a környezetismeretből már jól ismert olyan fogalmakkal találkozhattok, mint a *fizikai test*, *anyag*, *atomok*, *molekulák*, *diffúzió*, *mechanikus mozgás*, hanem sok új megnevezéssel is.

Egy igazi utazás sem könnyű, de megéri, mert a környező világ annyi újdonságával ismerkedhettek meg. Ebben lesz segítségetekre a kezetekben tartott tankönyv.

Az új tananyagot tanulva legyetek figyelmesek és kitartóak. Csakis ebben az esetben érthetitek meg a tanult anyag lényegét és annak felhasználási módjait a mindennapi életben.

A paragrafusok végén találjátok az *Összefoglaló*, *Ellenőrző kérdések*, *Gyakorlatok* rubrikákat. Miért van ezekre szükség, és hogyan kell velük dolgozni?

Az *Összefoglaló* az adott témában tanult fogalmakat és jelenségeket foglalja össze. Lehetőségetek van még egyszer átismételni a lényeges fogalmakat.

Az *Ellenőrző kérdések* segítségével megállapíthatjátok, sikerült-e tökéletesen elsajátítani a tananyagot. Ha minden kérdésre tudjátok a feleletet, akkor minden rendben van. Ha nem, akkor olvassátok el még egyszer az adott témát.

A *Gyakorlatok* érdekesebbé teszik a tananyag elsajátítását, mivel itt a gyakorlatban is felhasználhatjátok a tanultakat. Az itt lévő feladatok nehézségi szintek szerint vannak összeállítva, a legkönnyebbektől a legnehezebbekig. A feladatok színes számozása is erre utal (a nehézségi fok növekedése szerint kék, zöld, sárga, piros és lila).

Egyes feladatok a már tanult környezetismereti, matematikai vagy előzőkben tanult fizikai tananyag ismétlésére szolgálnak.

Aki még többet szeretne megtudni az órákon tanultakon kívül, az sok érdekes információt találhat a *-gal jelölt anyagokban, vagy az interneten található *Interaktív tanulás* (interactiv.ranok.com.ua) című honlapon. Itt találhattok kísérleteket bemutató videofilmeket, amit a tankönyvben csak ábrákon láthattok, valamint sok érdekes dolgot olvashattok el. Ez nagyban elősegítheti a tananyag jobb megértését.

A fizika kísérleti tantárgy, ezért sok *kísérleti feladat* és *laboratóriumi munka* vár rátok. Okvetlenül végezzétek el azokat, hogy jobban megértsétek és megszeressétek a fizikát. Ajánjuk a *csillaggal jelölt feladatok* megoldását, mert azok segítségével a kísérletek eredményeit úgy használhatjátok fel, ahogyan azt a valódi tudósok teszik. Mindenekelőtt behatóbban meg kell ismerkednetek az 5. § tananyagával.

A fejezetek végén lévő *Összefoglaló* és *Ellenőrző kérdések* rubrikák segítenek rendszerezni a kapott tudást, és hasznosak lesznek ismétléskor, az ellenőrző dolgozatokra való felkészülésnél.

Mielőtt elkezdenétek a tanulást, ismerkedjetek meg néhány jó tanáccsal, amit a tankönyv végén találhattok.

Ha valakit elmélyültebben érdekel majd a fizikai tudomány fejlődése, sok érdekes tudnivalóra bukkanhat a *Fizika és technika Ukrajnában* és az *Enciklopédia-oldal* rubrikákban.

Figyeljétek meg a tankönyvben található egyezményes jeleket, amelyek szintén segítenek a tanulásban:

 Összefoglaló

 Ellenőrző kérdések

 Gyakorlatok

 Ismétlő feladatok

 Kísérleti feladat

 Internetes támogatás

Jó kirándulást kívánunk a fizika világába!

1. FEJEZET

A FIZIKA MINT TERMÉSZETTUDOMÁNY. A TERMÉSZET MEGISMERÉSE

- Tisztában vagytok vele, hogyan kell megmérni a tárgyak, például a cipőfűző hosszát. Itt megtudhatjátok, hogyan határozható meg a molekula mérete
- Megtudjátok határozni a derékszögű paralelepipedon térfogatát. Megtanuljátok megmérni bármilyen formájú test térfogatát
- Tudjátok, hogyan néznek ki a repülőgépmodellek. Itt megtudhatjátok, lehet-e látni a fizikai modelleket és miért van szükség rájuk

1. §. A FIZIKA A TERMÉSZETRŐL SZÓLÓ TUDOMÁNY. FIZIKAI TESTEK ÉS FIZIKAI JELENSÉGEK

A *fizika* a természetet jelentő ógörög *füzisz* szóból ered. Tehát a *fizika a természetről szóló tudomány, vagyis természettudomány.* Az értelmező szótár szerint természetnek a körülöttünk lévő világot nevezik. De van más értelmezése is. A természet valaminek a lényege, valaminek az alaptulajdonsága. Emlékezzetek vissza: a „villám természete", „a vulkanikus folyamatok természete", „Naprendszerünk testeinek természete". Megpróbáljuk tisztázni, milyen értelemben használtuk a *természet* kifejezést a most kezdődő új tantárgy nevében.

1 Megtudjuk, hogyan született a fizika

Az emberek már az őskorban megfigyelték a környező világot. Ez elsősorban a mindennapi életükkel volt kapcsolatos – a természeti csapások, a ragadozók elleni védekezés, az élelem megszerzése, az ellenség elől való menekülés. Az embernek meg kellett tanulnia, hogyan tudja elmozdítani és megemelni a nehéz köveket, hogy erős házat tudjon építeni, ércből fémet olvasztani, hogy éles szerszámot, nyílhegyet, ekét, baltát és egyebet tudjon előállítani.

De nemcsak a gyakorlati dolgok késztették az embert arra, hogy tanulmányozza a természetet. Az ember, a rá jellemző kíváncsiság miatt, sok kérdésre szerette volna megtudni a választ: hogyan jött létre a Föld és a Nap, a Hold és a csillagok? Hogyan repülnek a madarak és úsznak a halak? Miért vannak földrengések, árvizek, szárazság, miért ég a tűz? Honnan származik maga az ember, és mi a szerepe? (1.1. ábra) Lassacskán így jött létre a „természetről szóló tudomány", amelyet ma *természettudománynak* nevezünk. Idővel a tudás mennyisége megnőtt, és a „természetről szóló tudomány" különböző tudományágakra bomlott (1.2. ábra).

1.1. ábra. A környező világ megismerése céljából az ember számtalan feltett kérdésre keresi a választ

1.2. ábra. A fizika, kémia, földrajz, biológia, orvostudomány a természetrajzból ered

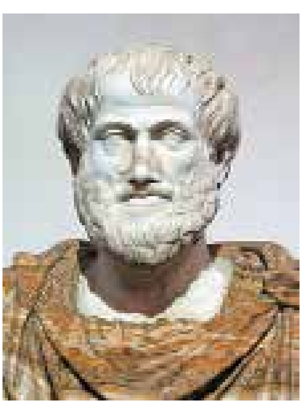
Már az ősidőkben létrejött a csillagászat – az égitestek elhelyezkedéséről és mozgásáról szóló *tudomány*, majd utána a *filozófia* (ógörögből lefordítva „a bölcsesség szeretete”). A filozófusok gyűjtötték a környező világról szóló tudást, kiegészítették és saját ötleteikkel továbbfejlesztették azokat, majd átadták tudásukat a tanítványaiknak.

A fizika megalapítójának *Arisztotelész* ógörög filozófust tartják (1.3. ábra). Egyik munkájának, amelyben korának a természetről szerzett tudását rendszerezte, a „Fizika” nevet adta.

2 Tisztázzuk, mit neveznek a tudósok matériának

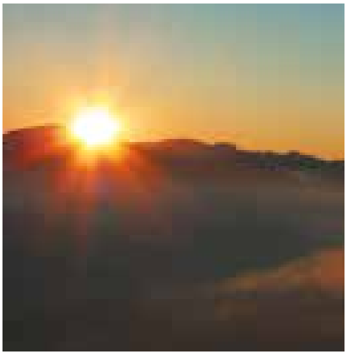
A tudomány létrejötte óta használják a matéria fogalmát. Bizonyára sokak képzeletében a *matéria* szó hallatán a textilszövet jut az eszetekbe. Viszont a tudósok részére ez a fogalom teljesen mást jelent. *A matéria – mindaz, ami a környezetünket alkotja.*

A környezetet megfigyelve különféle fizikai testeket láthattok (1.4. ábra). Minden fizikai test *kémiai anyagból* áll, ami a matéria egy fajtája. Kémiai



1.3. ábra. Arisztotelész (i. e. 384–322)

1.4. ábra. Fizikai testek példái




1.5. ábra. Természeti jelenségek példái

anyag például a vas, a műanyag, fa, levegő. Az **anyag** *a matéria egyik fajtája*

A fizikai test – a térnek az anyag által elfoglalt része.

A fizikai testek lehetnek szilárdak (ceruza, kő, asztal), cseppfolyósak (esőcsepp, olaj az üvegben) és gáz halmazállapotúak (levegő a léggömbben). A minket körülvevő testek nagy része szilárd, cseppfolyós és gáz állapotú összetevőkkel is rendelkezik (élőlények, gépek, felhők).

? Hozzatok fel még néhány hasonló példát!

A XIX. században a tudósok felfedezték, hogy a fizikai anyagon kívül létezik a *matériának még egy formája* – a **mező**. A mező – láthatatlan elektromágneses hullámok – segítségével beszélhetünk mobiltelefonon, a kapitány az általa vezetett hajót műhold segítségével navigálhatja. Hasonló hullámok segítségével valósul meg a rádió- és tévéadás. A fény szintén elektromágneses hullám.

Az anyag és a mező tulajdonságaikban különböznek egymástól, viszont átalakulhatnak egymásba. A napsugarak és a látás, az elemi részecskék létrejötte a modern részecskegyorsítókban – ez mind az átalakulás példája.

A XX. század végén a Naprendszeren kívül a tudósok olyan anyagfajtát fedeztek fel, amelynek a fizikai természetét a mai napig nem tudták tisztázni. Ezt az anyagot **sötét anyagnak** és **sötét energiának** nevezték el. A 2013. évi adatok szerint a Világmindenség 95,1%-a sötét anyagból és sötét energiából áll, és csupán a 4,9%-át teszi ki a „szokványos” matéria (anyag és mező). A sötét anyag és a sötét energia tulajdonságainak kérdése a jelenkori fizika legnagyobb problémája.

i 3 Megvizsgáljuk a fizikai jelenségeket

Környezetünk folyamatosan változik. A testek elmozdulnak egymáshoz képest, egyesek eltolódnak, esetleg elpusztulnak, új testekké alakulnak. A változások sorát sokáig folytathatnánk. Nemhiába mondta *Hérakleitosz* ógörög

1.6. ábra. A vihar mint összetett természeti jelenség különböző fizikai jelenségek halmaza

filozófus (i. e. 544–483), hogy „minden mozog, minden változásban van". A természetben végbemenő változásokat a tudósok *természeti jelenségeknek* nevezik (1.5. ábra).

Hogy jobban megértsék az összetett természeti jelenségeket, a kutatók felbontják azokat **fizikai jelenségek** halmazára – *olyan jelenségekre, amelyek körülírhatók a megfelelő fizikai törvényekkel.*

Például a vihart megvizsgálhatjuk mint villámok sokaságát (elektromágneses jelenség), dörgést (hangjelenség), a felhők mozgását és az esőcseppek hullását (mechanikus jelenség) (1.6. ábra).

Megvizsgáljuk részletesebben a táblázatban található egyes fizikai jelenséget.

Szerintetek mi a közös az űrhajó repülésében, a kő zuhanásában és a Föld forgásában? A felelet egyszerű. Az összes felsorolt jelenség *mechanikai*, és a *mechanikai mozgás törvényének* a segítségével írható le.

Tekintsünk meg még egy példát. Mikor veszitek le a pulóvereteket vagy fésülitek a hajatokat, megfigyelhetitek az akkor létrejövő apró szikrákat,

Fizikai jelenségek	Példák
Mechanikus jelenségek	Űrhajó repülése, kő esése, ló futása, a Föld Nap körüli keringése
Hangjelenségek	Csengő, madárfütty, mennydörgés, beszéd
Hőjelenségek	Víz megfagyása, hó olvadása, étel melegítése, az üzemanyag berobbanása a motor égésterében
Elektromágneses jelenségek	Villámkisülés, a hajszálak feltöltődése, mágnesek vonzása
Fényjelenségek	Elektromos izzó világítása, nap- és holdfogyatkozás, szivárvány

1.7. ábra. Elektromágneses jelenségek

amelyet pici reccsenések kísérnek. Ezek a szikrák és a villámlás is az *elektromágneses jelenségekhez* tartozik (1.7. ábra), tehát egyazon törvénynek van mindkét jelenség alárendelve. Az elektromágneses jelenségek megfigyeléséhez nem kell okvetlenül villámlásra várnunk. Elegendő tanulmányoznunk a kis szikrák viselkedését, hogy tudjuk, mire számíthatunk villámláskor, és hogyan zárhatjuk ki annak káros következményeit.

A fizikai jelenségek tanulmányozásakor a tudósok meghatározzák azok kölcsönös kapcsolatát. Például a villámkisülést (elektromágneses jelenség) a villám kürtőjében magas hőmérséklet kíséri (hőjelenség). A jelenségek kapcsolatának a tanulmányozása nemcsak azok jobb megértéséhez vezetett, például a vihar esetében, hanem az elektromos kisülés gyakorlati felhasználásához is. Bizonyára sokan láttátok már a *hegesztés* folyamatát, amikor a védőmaszkos munkás különböző alkatrészeket hegeszt, és a hegesztés folyamán szikrák csapnak szét. Az elektromos hegesztés is (fém anyagok összekapcsolása elektromos kisülés segítségével) a tudományos megfigyelések gyakorlati alkalmazása

4 Megismerkedünk a fizikával

A **fizika** a természettudomány azon ága, amely a természeti jelenségek általános törvényszerűségeit, az anyag tulajdonságát és felépítését, mozgástörvényeit tanulmányozza.

A fizika a természettudomány alapja. Miért van ez így? Hiszen léteznek más természettudományi ágak is: biológia, kémia, csillagászat, földrajz.

Először, a fizika azokat a *legáltalánosabb törvényszerűségeket tanulmányozza*, amelyek a különböző – az óriáscsillagoktól kezdve a legkisebb atomokig terjedő – objektumok összetételét és viselkedését határozzák meg.

Másodszor, a *fizika törvényei a természettudományok alapját* képezik. Például a *csillagászatban* a fizika törvényeivel magyarázható meg, miből állnak, és miért világítanak a csillagok, hogyan mozognak a kozmikus objektumok, hogyan jöttek létre a bolygók. A *földrajzban* a fizikai törvények segítségével magyarázható meg a klímaváltozás, a folyók folyása, a földfelszín kialakulása. A *kémiában* a fizika ad magyarázatot a kémiai reakciók lefolyásának menetére és sebességére.

1.8. ábra. A XV. század végén Kolumbusz Kristóf spanyol hajóskapitány Amerika partjait két hónap alatt érte el. A modern tengerjáró hajók ezt a távolságot alig egy hét alatt teszik meg

5 Bebizonyítjuk, hogy a fizika a technika alapja

Összehasonlítjuk a hajózást a régmúlt időkben és napjainkban (1.8. ábra). A vitorlás hajókkal ellentétben a XXI. századi tengerjáró hajó nagyteljesítményű hajtóművel rendelkezik, és nem függ a széliránytól. A mai kapitányok részletes térképekkel rendelkeznek; a hajók GPS navigációs rendszerekkel vannak felszerelve, amelyek segítségével bármely pillanatban meghatározható a hajó iránya és elhelyezkedése; a szonár előre figyelmeztet a víz alatt lévő sziklákra; a radar messziről felismeri a jéghegyeket, sziklákat és más hajókat rossz látási viszonyok között is*. Baleset esetén rádión azonnal segítséget lehet hívni. Nyilvánvaló, hogy a modern felszereléseknek köszönhetően biztonságosabb és gyorsabb lett a hajózás.

A történelem során az emberek a technikai berendezéseket a fizikai tudásuk alapján hozták létre.

A hőjelenségek tanulmányozása a hajtóművek létrejöttéhez vezetett, amelyek megtalálhatók a gépkocsikban, motorkerékpárokon, hajókon és repülőgépeken, a hőerőművekben és az űrhajókban.

Az elektromosság fejlődésének köszönhetően lehetővé vált, hogy megvilágítsuk a helyiségeket, televíziót nézzünk, telefont, számítógépet, vasalót, mosógépet és egyéb berendezést használjunk.

Az országunkban előállított elektromos áram közel felét atomerőművekből kapjuk, amelyek létrejötte az atomfizika fejlődésének köszönhető.

Az orvosok és mérnökök, utazók és mezőgazdászok, energetikusok és gépészmérnökök, mindnyájan olyan eszközöket és technológiákat használnak, amelyeket a fizikai törvények segítségével hozhattak létre.

Összefoglaló

A világmindenség a matéria különböző formáiból – anyagból és mezőből – áll. Nemrég fedezték fel a sötét anyagot és a sötét energiát, amelyeknek még nincs tisztázva a természetük.

---

* A *GPS navigátorról* bővebben a tankönyv végén lévő *Enciklopédiá*ban olvashatsz; *szonár* – a tengerfenéknek ultrahanggal való kutatására szolgáló műszer; *radar* – objektumok elektromágneses hullámokkal való felderítésére szolgáló eszköz.

A természetben állandóan változások mennek végbe, melyeket természeti jelenségeknek nevezünk. Az összetett természeti jelenségeket olyan fizikai jelenségek halmazaként vizsgálhatjuk, amelyeket a fizika törvényeinek a segítségével írhatunk le. A fizikai jelenségek a következők: hő-, fény-, hang-, mechanikus, elektromágneses és egyéb jelenségek.

A fizika a természettudományok alapja, amely a természeti jelenségek legáltalánosabb törvényszerűségeit, a matéria tulajdonságait és felépítését, az anyag mozgásának a törvényeit tanulmányozza.

Ellenőrző kérdések

1. Mi a jelentése az ógörög *fizika* szónak? 2. Mi a matéria? Milyen formáit ismered? 3. Hozz fel példákat fizikai testekre! Milyen (cseppfolyós, szilárd, gáznemű, vegyes összetételű) testek ezek? 4. Mondj példát az elektromágneses, hő-, fény-, hang- és mechanikus fizikai folyamatokra! 5. Mit tanulmányoz a fizika? 6. Miért a fizika a természettudományok alapja? 7. Mondj bizonyítékot arra, hogy a fizika a technika alapja!

1. gyakorlat

1. Sorold fel azokat az anyagokat, amelyekből a következő tárgyak állnak: tankönyv, ceruza, focilabda, üveg, gépkocsi!

2. Töltsd ki a táblázatot a következő mondat alapján*!
A kutató egy darab ólmot helyezett acéledénybe, majd megolvasztotta a gázégő lángja felett.

Fizikai jelenség	Fizikai test	Anyag

3. Milyen fizikai jelenségekről van szó a mondatokban?
Forog a húsdaráló tengelye. A huzal felforrósodott az égő lángjától. A környező világot színesnek látjuk.

4. Gondolkozzatok el azon, milyen fizikai jelenségeket „észlelhetünk” a következő természeti jelenségekben: vulkánkitörés; árvíz; hólavina; csillaghullás!

5. Mondjatok példát a fizikai tudás mindennapos használatára!

6. Milyen fizikai jelenségek törvényszerűségeit kell ismernünk ahhoz, hogy gépkocsit építhessünk?

7. Képzeljétek el, hogy egy lakatlan szigetre kerültetek. Hogyan tudhatjátok meg, hogy miből állnak, és milyen fizikai állapotban vannak a titeket körülvevő tárgyak? Írjátok le a vizsgálat vázlatát, és mutassátok is be azt!

---

* ***A tankönyvben található táblázatokat rajzoljátok át a füzetbe!*** Az oszlopok száma megegyezik az ábrán lévőkével, a sorok számát bővítsétek szükség szerint.

2. §. AZ ANYAG FELÉPÍTÉSE. MOLEKULÁK. ATOMOK

Az 5. osztályos környezetismeret-órákon már megtudtátok, hogy minden anyag apró részecskékből – molekulákból és atomokból – áll. Azt is tudjátok, hogy az atomoknak megnevezésük és egyezményes jelük is van, például hidrogén (H), oxigén (O), szén (C), kén (S).

Jelenleg a tudomány 118 különböző atomról és több milliónyi molekuláról tud. Hogyan lehetséges ekkora különbség? Azonnal tisztázzuk.

1 Megkülönböztetjük az atomokat és a molekulákat

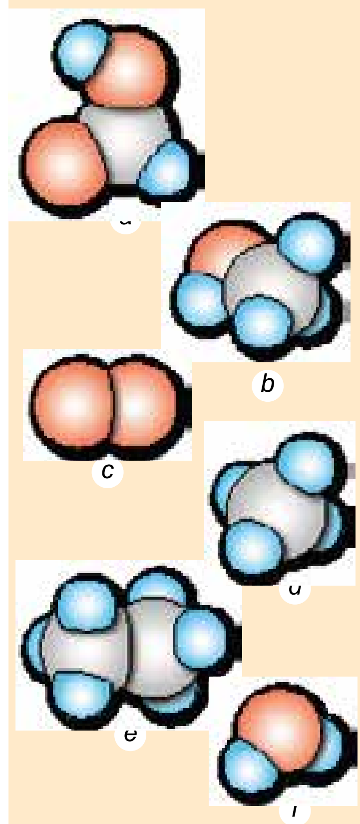
Minden anyag meghatározott molekulákból, és csakis azokból áll. Például a metanol metanol-molekulákból áll, a hangyasav pedig hangyasav-molekulákból tevődik össze.

Mielőtt elkezdenénk tanulmányozni a molekulák felépítését, megvizsgáljuk az ábécét. A magyar ábécé 40 betűből áll, viszont bárki több ezer szót tud belőlük összeállítani. Vegyük a következő hasonlóságot: betű – atom, szó – molekula. Minden szó betűk kombinációja. Hasonlóképpen minden *molekula az atomok meghatározott kombinációja*.

Felhasználva ezt a hasonlóságot, megvizsgáljuk két különböző molekula felépítését – a hangyasavét és a metanolét (2.1. *a*, *b* ábra).

Láthatjuk, hogy ezek a molekulák azonos számú atomból állnak, viszont nyilvánvaló, hogy a molekulák különbözők: a hangyasav molekulái 5 atomból (hasonlóan az 5 betűs szóhoz), míg a metanol molekulái 6 atomból (mint a 6 betűs szó) tevődnek össze. Tehát *az atomok minden új kombinációja, legyen szó akár egyforma atomokról, új molekulának felel meg*. A molekulákat alkotó atomok száma lehet azonos, mint ahogyan sok azonos számú betűből álló szó létezik.

Tehát a *118 féle atomból több millió különböző molekula alkotható, azaz több millió különböző anyag hozható létre*.



2.1. ábra. Néhány anyag molekulájának a vázlata:
a – hangyasav (HCOOH);
b – metanol (CH_3OH);
c – oxigén (O);
d – metán (CH_4);
e – etán (C_2H_6);
f – víz (H_2O). A kék gömbök a hidrogénatom modelljét mutatják, a szürkék a szénét, a pirosak az oxigénét

Nézzétek meg a 2.1. ábrát! Hányféle atomot tartalmaz minden molekula? Mennyi az atomok száma a molekulákban? Állhat-e a molekula azonos atomokból? Lehet-e különböző molekulákban azonos számú atom? Hozz fel hasonlóságot az ábécéből!

2 Megpróbáljuk elképzelni az atomok méretét

A molekulák, atomok és azok összetevőinek a környezetét *mikrovilág*nak nevezzük. A mikrovilág méreteinek az érzékeltetésére a tudósok olyan számokat használnak, amelyek lényegesen különböznek a hétköznapokban használtaktól. Az ilyen számok rövid jelölésére a 10* hatványokat használják. Az atom mérete megközelítőleg 0,000 000 0001 m vagy $1 \cdot 10^{-10}$ m. A következő példákban megpróbáljuk érzékeltetni, mennyire kis számról van szó.

1. példa. Ha egy sűrített levegővel teli tartályból egy mikroszkopikus repedésen át másodpercenként egymilliárd levegőmolekula szökik ki, akkor 650 év alatt a tartály tömege mindössze 0,001 g-mal csökken.

2. példa. Az acélgombostű 1 mm átmérőjű feje közel 100 000 000 000 000 000 000 vagy $1 \cdot 10^{20}$ vasatomot tartalmaz. Ha ezeket az atomokat sorba raknánk, akkor egy 20 millió kilométeres láncot kapnánk, ami megközelítőleg 50-szer nagyobb a Föld és a Hold közötti távolságnál.

Az atomok és molekulák a legerősebb optikai mikroszkópokkal sem láthatók, viszont a XX. században a tudósok olyan berendezést hoztak létre, amelynek a segítségével nemcsak láthatók egyes atomok, hanem el is mozdíthatók.

3 Felidézzük az atom felépítését

Az atom, a molekulához hasonlóan, bonyolult felépítéssel rendelkezik. Az atom *mag*ból és az azt körülvevő *elektronok*ból áll. Az atommag átmérője lényegesen kisebb az atom átmérőjénél, körülbelül annyiszor, amenynyiszer kisebb egy borsszem a focilabdánál. Az atom felépítését lehetetlen grafikusan érzékeltetni, ezért az atomban végbemenő folyamatok elmagyarázására létrehozták az atom fizikai modelljét**, például a planetáris atommodellt (2.2. ábra).

Az elektronok egyik atomtól átmehetnek egy másik atomhoz. Ha az atom elveszít egy vagy néhány elektront, akkor *pozitív ionná* alakul át. Ha viszont az atomhoz csatlakozik egy vagy néhány elektron, akkor az *negatív ionná* alakul át.

---

* Az ilyen felírást a *számok normálalakjának* nevezzük, vagyis ez a számnak az $a \cdot 10^n$ alakban történő felírása, ahol $1 \le a < 10$, n – egész szám. Az n a szám *nagyságrendje*. Például az atom méretét jellemző szám nagyságrendje –10.

** A fizikai modellekről bővebben a 3. §-ban fogtok tanulni.

4 Meggyőződünk a molekulák közötti hézagok létezéséről

Mit gondoltok, ha összekeverünk 100 ml vizet és 100 ml szeszt, mennyi lesz a keverék térfogata? Valójában kisebb lesz 200 ml-nél. A molekulák egymástól bizonyos távolságra vannak, és a folyadékok keveredésekor a vízmolekulák a szesz molekulái közé kerülnek. Ez könnyen bemutatható a borsóval és kölessel végzett kísérlettel (2.3. ábra).

5 Megismerkedünk a hőmozgással

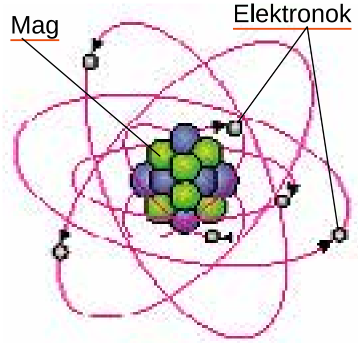
Az 5. osztályból már ismeritek a *diffúzió* fogalmát (lat. *diffusio* – tágulás, szétáramlás).

A **diffúzió** az egyik anyag molekuláinak (atomjainak, ionjainak) behatolása a másik anyag molekulái (atomjai, ionjai) közötti hézagokba, amelynek eredményeként összekeverednek az egymással érintkezésbe lépett anyagok.

Elvégzünk egy kísérletet. Vízzel teli átlátszó üvegbe rézgálic vizes oldatát töltjük úgy, hogy a folyadékok ne keveredjenek össze (2.4. ábra). Először tisztán látható a víz és az oldat közötti választóvonal. Ha viszont néhány napig nem háborgatjuk a keveréket, azt vesszük észre, hogy a folyadék türkizkék színűvé válik (2.5. ábra).

A diffúzió oka az *anyag részecskéinek* (molekuláknak, atomoknak, ionoknak) a *folytonos kaotikus mozgása*. Ennek a mozgásnak köszönhetően az anyagok külső behatás nélkül is összekeverednek.

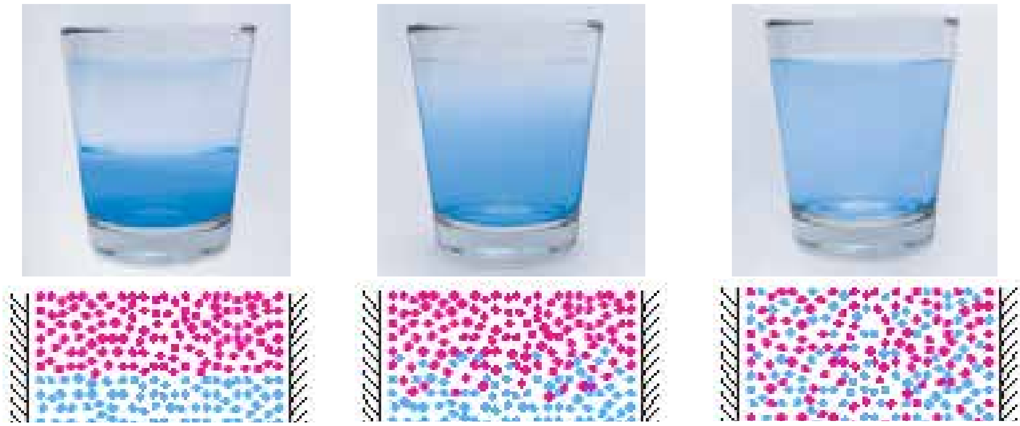
Az anyag részecskéinek folytonos kaotikus mozgását *termikus mozgásnak* (*hőmozgásnak)* nevezzük, mivel az anyag hőmérsékletének a növekedése (csökkenése) elősegíti a részecskék átlagos sebességének a növekedését (csökkenését). Ha a rézgálic oldatát nem egy, hanem két vízzel teli üvegbe töltjük, és az egyik üveget meleg, a másikat hideg helyre rakjuk, akkor bizonyos idő elteltével láthatóvá válik, hogy a diffúzió a meleg helyen jóval gyorsabban megy végbe.



2.2. ábra. Planetáris atommodell. A valóságban a mag és az elektronok közötti távolság a magnál 100 000-szer nagyobb

2.3. ábra. A borsó és köles keverékének a térfogata kisebb, mint a komponenseké külön-külön: a kölesszemek a borsószemek közé kerültek

2.4. ábra. Tölcsérrel óvatosan betölthetjük a vízzel telt edénybe a rézgálicoldatot

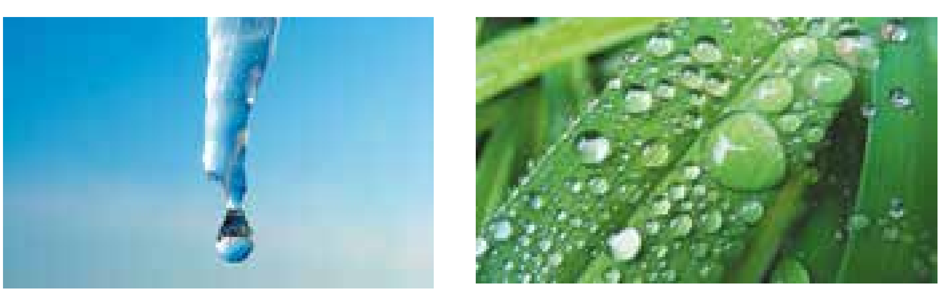


2.5. ábra. A diffúzió folyamata és sematikus ábrázolása: a két anyag határvonalán a molekulák helyet cserélnek, majd idővel az anyagok teljesen összekeverednek

6 Igazoljuk a molekulák kölcsönhatását

Már tisztáztuk, hogy a molekulák folytonos kaotikus mozgásban vannak. Vajon miért nem repülnek szét? Ráadásul a testek nemhogy nem esnek szét molekuláikra, hanem ellenkezőleg, a széthúzásukra komoly erőt kell kifejteni. Az ok a molekulák közötti vonzóerőben rejlik. A *molekulák közötti vonzóerőnek* köszönhetően a szilárd testek megtartják a formájukat, a folyadék cseppbe gyűlik össze (2.6. ábra).

Ha a molekulák között vonzóerő hat, akkor vajon miért nem áll össze egy egésszé a széttört csésze, miután a darabjait újból összeillesztettük? Ez azzal magyarázható, hogy a *molekulák közötti vonzóerő csak nagyon kis távolságon belül hat – akkorán, amely a részecskék méreteivel vethető össze*. Amikor a törött csészedarabokat megpróbáljuk egymáshoz szorítani, a felület egyenetlenségei miatt nagyon kis távolságra csak jelentéktelen számú molekula közelíti meg egymást. A nagyobb részük között annyira nagy marad a távolság, hogy kölcsönhatás nem is érzékelhető közöttük.



2.6. ábra. A függő vízcseppet egy ideig visszatartja az eséstől a molekulák között fennálló vonzóerő

Próbáljátok meg összenyomni a lezárt és vízzel teli műanyag flakont vagy egy pénzérmét. Rájöttök, hogy segédeszközök nélkül nem fog sikerülni. A helyzet az, *hogy a molekulák nemcsak vonzzák, hanem taszítják is egymást*. Általában a folyadékban és a szilárd testekben a vonzás és a taszítás kiegyenlítődik. Ha viszont megpróbáljuk összenyomni a folyadékot vagy a szilárd testet, akkor a molekulák közötti távolság csökken, és a közöttük ható taszítóerő nagyobb lesz a vonzóerőnél.

7 Megfogalmazzuk a molekuláris-kinetikai elmélet alapelveit

25 évszázaddal ezelőtt *Démokritosz* (i. e. 460–370) ókori görög filozófus azt feltételezte, hogy minden test apró testecskékből áll (a tudós atomoknak nevezte el azokat, ami ógörögül *oszthatatlant* jelent). Viszont az úgynevezett atomok és molekulák létezését csak a XIX. században sikerült igazolni. Akkor jött létre a molekuláris-kinetikai elmélet, amely az anyag felépítését *három alapelv* szerint vizsgálja.

1. *Minden anyag részecskékből – molekulákból, atomokból, ionokból – áll*; a részecskék között *hézagok* vannak.

2. *Az anyag részecskéi folytonos, rendezetlen (kaotikus) mozgásban vannak*; ezt a mozgást *hőmozgásnak* nevezzük.

3. *A részecskék kölcsönhatásban vannak egymással* (vonzzák és taszítják egymást).

Összefoglaló

Minden anyag apró részecskékből – molekulákból, atomokból, ionokból – áll. A részecskék között hézagok vannak.

Az anyagot alkotó részecskék folytonos kaotikus mozgásban vannak. Ezt a mozgást hőmozgásnak nevezzük. Az anyagok hőmérsékletének növekedése (csökkenése) elősegíti a részecskék átlagsebességének a növekedését (csökkenését). A molekulák mozgásának bizonyítékául a diffúzió szolgál. A diffúzió az érintkező anyagok mozgása, amely a molekulák hőmozgásának eredményeként jön létre.

Az anyag részecskéi kölcsönhatnak egymással – vonzzák, illetve taszítják egymást. A részecskék kölcsönhatása csak a molekulák, atomok, ionok méreteivel összehasonlítható távolságon nyilvánul meg.

Ellenőrző kérdések

1. Hányféle atomot ismer a tudomány? 2. Mivel magyarázható az a tény, hogy több millió különféle anyag létezik? 3. Mit tudtok a molekulák és atomok méretéről? 4. Hogyan bizonyítható az anyagok részecskéi közötti hézagok megléte? 5. Mit nevezünk hőmozgásnak? 6. Mi a diffúzió? 7. Mondjatok példát a diffúzióra! 8. Miért nem hullanak szét apró részecskékre a folyadékok és a szilárd testek? 9. Milyen feltételek mellett válik érzékelhetővé a molekulák közötti kölcsönhatás?

2. gyakorlat

1. Megváltoztatható-e a test térfogata anélkül, hogy a benne lévő molekulák száma megváltozna? Ha igen, akkor hogyan?
2. Miért kell erőt kifejtenünk a cérna elszakításakor?
3. Igazak-e az alábbi állítások? Válaszodat indokold meg!

   Egy eltört vonalzó két darabjából külső eszközök nélkül lehetetlen újból egy egész eszközt kapni, mivel a vonalzó molekulái között taszítóerő hat.
4. Írjátok fel a számokat normálalakban: 10 000 000; 5000; 2500; 400!
5. Számítsátok ki, hány molekulát lehet felsorakoztatni a 0,5 m hosszú szakaszon, ha a molekula átmérője 0,000 000 0001 m!
6. A víz felszínén a 0,005 mm^3 térfogatú olajcsepp által létrehozott hártya területe nem lehet nagyobb, mint 50 cm^2. Mit tudsz mondani ennek alapján az olaj molekuláinak a méretéről?
7. Idézzetek fel két-két megfigyelést és kísérletet, amit az 5. vagy 6. osztályban végeztetek el! Szerintetek mi a különbség a megfigyelés és a kísérlet között?

Gyakorlati feladatok

1. Vegyetek két lapostányért! Az egyikbe öntsetek vékony réteg hideg vizet, a másikba forrót! Pipettával mindkét tányér közepébe cseppentsetek néhány csepp erős teát! Magyarázzátok meg az eredményt!

2. Laza rugó (vagy vékony gumiszalag), tiszta fém (üveg) lapocska, valamint vízzel telt tál segítségével mutassátok be, hogy a víz és a fém (üveg) molekulái között vonzóerő hat! Írjátok le, hogyan végeztétek a kísérletet, vagy készítsetek róla rajzot, fényképeket!

Videokísérlet. Nézzétek meg a kisfilmet, és magyarázzátok meg a megfigyelt jelenséget!

3. §. A TERMÉSZET TANULMÁNYOZÁSÁNAK TUDOMÁNYOS MÓDSZEREI. AZ UKRÁN FIZIKUSOK SZEREPE A FIZIKA FEJLŐDÉSÉBEN

Mindnyájatok állandóan megfigyeli a környező világot, és nap mint nap újabb tudást szerez. Például már önállóan megállapítottátok, hogy a kiejtett kanál okvetlenül lefelé esik, a tábortűz lángja felfelé csap, a napsugarak felmelegítik a Földet, a hópehely lehűti a kezeteket. Vajon a tudósok hogyan végzik a tudományos megfigyeléseket? Hogyan jutnak új tudáshoz?

1 Megtudjuk, mi a fizikai kutatás, meghatározzuk a megfigyelés és a kísérlet közötti különbséget

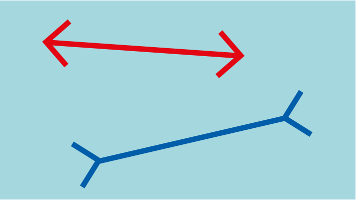
A **fizikai kutatás** a fizikai testekről és jelenségekről céltudatosan történő új tudás megszerzése.

Általában a fizikai kutatás **megfigyeléssel** kezdődik, amikor *a kutató nem avatkozik be a jelenség lefolyásába.*

Ha a *megfigyelés* eredményei *ismétlődnek*, a kutató levonja a megfelelő *következtetéseket*. Például megfigyeléssel megállapítható, hogy telente minden folyót, tavat és víztározót jég borít be. Ezek alapján az a következtetés vonható le, hogy a lehűlés eredményeként (mínusz hőfokon) a folyókban, tavakban és víztározókban lévő víz jéggé alakul át.

Viszont a megfigyelések eredményeként hozott következtetés nem minden esetben igaz. Figyeljétek meg például a 3.1. ábrát. A piros szakasz rövidebbnek tűnik a kéknél. Megmérve a hosszukat kiderül, hogy egyformák.

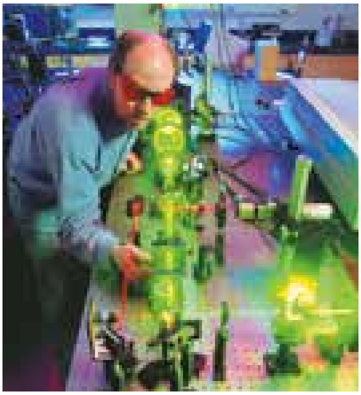
Hogy elkerüljék a hasonló hibákat, a tudósok **kísérleteket** végeznek.



3.1. ábra. A szakaszok hossza egyenlő. Erről méréssel győződhetünk meg

A **kísérlet** a fizikai jelenség ellenőrzött körülmények között történő megfigyelése (3.2. ábra).

A kísérlet során *méréseket* végeznek. Amikor a tudósok több kísérletet végeznek sorozatban, akkor *kísérleti kutatásról* beszélünk. Néhány óra múlva *laboratóriumi munkát* fogtok végezni, ami a legegyszerűbb kísérleti kutatás.

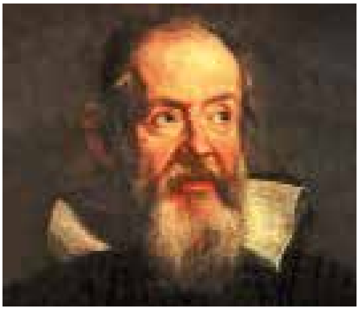


3.2. ábra. A tudósok speciálisan felszerelt helyiségekben – laboratóriumokban – végzik a kísérleteket

2 Meghatározzuk a fizikai kutatás fázisait

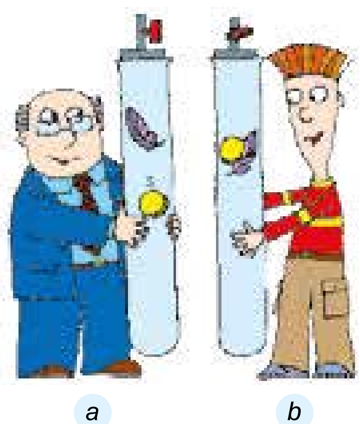
A kutató először elemzi a megfigyelései során látottakat, majd hipotézist (feltevést) állít fel arról, hogyan menne végbe a fizikai folyamat más feltételek között. Például a téli folyóvíz megfigyelése alapján azt a hipotézist állíthatjuk fel, hogy a fagypont alá lehűtött víz jéggé alakul.*

* Valójában a folyókban és tavakban lévő víznek csak a felső rétege alakul át jéggé.



3.3. ábra. Galileo Galilei (1564–1642)

3.4. ábra. Isaac Newton (1642–1727)



3.5. ábra. Az úgynevezett Newton-csővel végzett kísérlet: az üvegcsőbe pénzérmét és madártollat tettek. A testek egyszerre kezdtek esni. A légellenállás miatt a toll „lemaradt" (*a*). A csőből kiszivattyúzták a levegőt – a testek egyszerre értek a cső aljára (*b*)

A következőkben a kutató hipotézisének az ellenőrzése céljából **kísérletet végez**. A kísérlet a kutató által ellenőrzött feltételek mellett történik.

Milyen kísérletet tudnátok elvégezni annak a hipotézisnek az ellenőrzésére, hogy a víz jéggé alakul át?

Hipotézis és kísérlet segítségével a tudós **új tudásra** tesz szert. A ti kísérletetek eredményeként megállapítható, hogy a víz 0 °C hőmérséklet alatt mindig jéggé alakul át*.

Egyes kísérletek elvégzéséhez nincs szükség sok időre, viszont egyes esetekben az igazság csupán évszázadok alatt derül ki. Megvizsgálunk erre egy példát.

Az ókori Görögország filozófusai a mindennapi tapasztalataik alapján azt a következtetést vonták le, hogy a nehezebb tárgyak mindig gyorsabban esnek le a földre, mint a könnyebbek. Közel kétezer év múlva *Galileo Galilei* itáliai tudós (3.3. ábra) állította fel azt a hipotézist, hogy a testek esési sebessége nem függ azok tömegétől és a könnyebb test lassabb esését a légellenállással magyarázta.

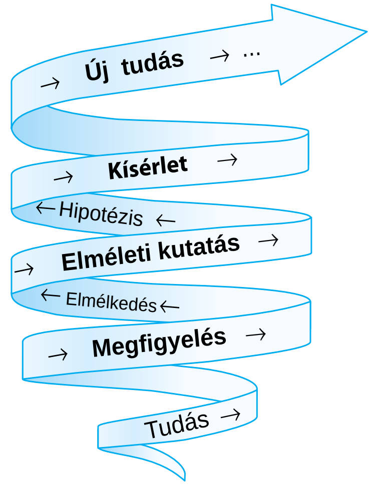
A legenda szerint a tudós, hogy bebizonyítsa feltételezését, a pisai ferde toronyban végezte el a kísérletét. Az építmény csúcsáról olyan tárgyakat (puskagolyókat és ágyúgolyókat) dobált le, amelyekre a légellenállás nincs nagy hatással. A kísérletek eredményei megerősítették a tudós hipotézisét: mindkét tárgy szinte egyszerre ért földet.

Isaac Newton angol tudós már sokkal pontosabb kísérleteket végzett (3.4., 3.5. ábrák). Newton nem érte be Galileo következtetéseivel.

* Ez a következtetés csak normális légnyomás esetében érvényes. Az adott kísérlet ilyen körülmények között megy végbe. A légnyomásról bővebben a 25. §-ban olvashattok majd. A víz viselkedéséről különböző nyomásokon a 8. osztályos fizika tananyagából fogtok tanulni.

A kapott adatokat elemezve és a szükséges számításokat elvégezve, azaz **elméleti kutatást** végezve, Newton azt állította, hogy a testeknek a földfelszín felé való esését és a bolygók Nap körüli forgását egyazon törvény írja le. Hogy bebizonyítsa állításának igazát, a tudós a matematikát hívta segítségül. Végső soron Newton, **új tudást** létrehozva, felfedezte az *általános tömegvonzás törvényét.*

Galilei és Newton óta az új tudás megszerzése *gyakorlati* és *elméleti* úton történik. Manapság a kutatás elképzelhetetlen speciális bonyolult műszerek és berendezések nélkül. Az új elméletek kidolgozásában több száz tudós vesz részt, az elméleti számításokhoz pedig nagy teljesítményű számítógépeket használnak.



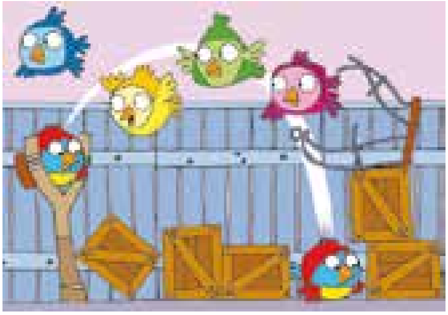
3.6. ábra. A fizikai kutatás fázisai

A tudás megszerzésének fő fázisai (tudás – megfigyelés, elmélkedés – elméleti kutatás, hipotézis – kísérlet – új tudás) napjainkban is változatlanok. A fizikai kutatás egymás utáni fázisai spirálként képzelhető el, amely ismétlődő elemekből áll (3.6. ábra).

3 Tisztázzuk, miért hoznak létre fizikai modelleket

Minden fizikai folyamat elég bonyolult és különféle jelenségek kísérik. Érthető, hogy lehetetlen egyszerre megfigyelni az összes kísérőjelenséget és figyelembe venni a tényezők hatását. Ezért a kísérlet legelején meghatározzák azokat a tényezőket, amelyek „hatást gyakorolhatnak” a kísérlet menetére. Ezután a tudósok létrehozzák a folyamat **fizikai modelljét** – azt az elképzelt analógiát, amelyben csak ezek a tényezők hatnak. Hogy melyik tényezők hatásait kell figyelembe venni és melyik tényezőkét nem, kísérleti úton állapítják meg.

Aki már játszott az *Angry Birds* nevű számítógépes játékkal, annak volt dolga a vízszinteshez viszonyítva valamilyen szögben eldobott test mozgását imitáló fizikai modellel (3.7. ábra). A modellben „működő” általános törvényszerűségek más körülmények között is érvényesülnek, például az ágyúlövésnél, figyelembe véve néhány tényezőt: a szél sebességét, a lövedék minőségét, az ágyúcső kopását. Ha az űrhajó mozgását kell kiszámítani, akkor még több pontosításra van szükség: figyelembe kell venni a rakéta tömegének a csökkenését, miután elhasználódott az üzemanyag, a környezet hőmérsékletét, a levegő fokozatos ritkulását és egyebeket. Nemhiába dolgozik tudósok tömege az űrhajó mozgásának a modellezésén, felhasználva a legnagyobb teljesítményű számítógépeket.



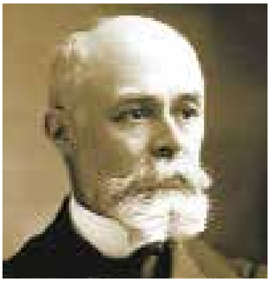
3.7. ábra. Az *Angry Birds* számítógépes játékban a vízszinteshez viszonyítva bizonyos szögben eldobott test mozgását imitáló fizikai modellt használták fel

4 Megismerkedünk az ukrán fizikusokkal

A modern fizika „épületének felhúzásában" sok ukrán kötődésű fizikus vett részt. Közöttük *Ivan Puljuj* (3.8. ábra) – az első ukrán tudósok egyike, aki a kísérleti fizikában és elektrotechnikában végzett kutatásaival szerzett elismerést. A híres tudósok között tartják számon az Ukrán Tudományos Akadémia első elnökét, *Volodimir Vernadszkijt* (1863–1945), *Oleksandr Szmakulát* (1900–1983), *Lev Subnyikovot* (3.9. ábra), *Lev Landaut* (1908–1968), *Mikola Bogoljubovot* (1909–1992). Ukrajnában született és dolgozott a radioaktivitás és a földi mágnesesség kutatója, *Mikola Pilcsikov* (3.10. ábra), akit az első kísérleti atomtudósok között tartanak számon.

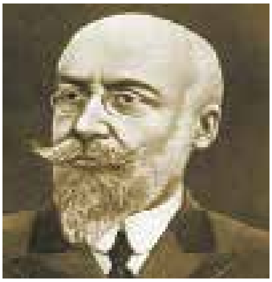
Sok híres tudósról, hazai egyetemről és főiskoláról olvashattok bővebben a *Fizika és technika Ukrajnában* rubrikában, amelyet ebben a tankönyvben, valamint a 8. és 9. osztályos tankönyvekben is megtalálhattok.

Az ukrán tudósok eredményeit hazánk határain túl is jól ismerik. Az E. Paton nevét viselő Kijevi Hegesztéstechnikai Intézet által kidolgozott anyagokat és technológiákat a világ összes kontinensén ismerik. A harkivi Monokristályok Intézete és a lembergi (lvivi) Karat Tudományos-termelési



3.8. ábra. Ivan Puljuj (1845–1918)

3.9. ábra. Lev Subnyikov (1901–1945)



3.10. ábra. Mikola Pilcsikov (1857–1908)

Vállalat által létrehozott szintetikus kristályok minőségben a legszigorúbb feltételeknek is megfelelnek.

A kijevi Gluskov Kibernetikai Intézet által kidolgozott fejlesztések nagy jelentőséggel bírnak a számítógépes technológiák terén. A magfizikai kutatás egyik világhírű központja az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia Harkivi Fizikai-műszaki Intézete. Az Antonov gyárban közel 100 repülőgéptípust dolgoztak ki. Dnyipropetrovszkban, a Pivdeny konstruktőri irodában, valamint a Pivdenmas gyárban hozták létre az egyik legnagyobb teljesítményű rakétarendszert.

Összefoglaló

Az új tudás megszerzésének két módszere ismeretes – kísérleti és elméleti. A tudósok egy bizonyos szintig rendelkeznek megfelelő tudással. Megfigyelés és elmélkedés után meggyőződnek a tudásuk fejlesztésének szükségességéről. Elméleti kutatásokat végeznek, hipotéziseket állítanak fel, majd kísérletek útján megerősítik, illetve megcáfolják azokat. A végén új tudás jön létre.

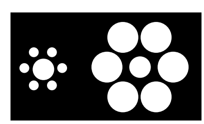
Mielőtt elvégeznék a fizikai folyamatok elméleti vizsgálatát, a tudósok fizikai modelleket hoznak létre.

Ellenőrző kérdések

1. Mi a megfigyelés? 2. Hozzatok fel példákat olyan fizikai folyamatokra, amelyekről saját megfigyelésetek útján tudtatok meg több információt! 3. Miben különbözik a megfigyelés a kísérlettől? 4. Ki, és mikor bizonyította be Galilei azon hipotézisét, hogy a könnyű testek esését a légellenállás befolyásolja? 5. Soroljátok fel a fizikai kutatások által kapott új tudás megszerzésének módjait! Mondjatok példákat! 6. Soroljátok fel a fizikai kutatás fázisait!

3. gyakorlat

1. A Holdon, ahol nincs levegő, David Scott űrhajós egyszerre engedte ki a kezéből a kalapácsot és a madártollat. Melyik tudós kísérletét ismételte meg az űrhajós? Mi lett a kísérlet eredménye?
2. A rajzon ábrázolt körök közül melyik a nagyobb: a kis körök által körülvett, vagy a másik? Milyen módszerrel állapítható meg a helyes válasz?



3. A tudományban a következő fogalmakat különböztetik meg: 1) naponta megfigyelhető jelenségek; 2) kísérleti adatok; 3) hipotézis. Döntsétek el, melyik meghatározáshoz tartoznak a következő kijelentések:
   a) légellenállás hiányában minden test azonos idő alatt ér földet; b) valószínűleg az esés sebességének a különbsége a légellenállással magyarázható; c) a kézből kiengedett test leesik!
4. A kipufogógázok környezetre ható negatív hatásának a csökkentése érdekében a tudósok számításokat végeztek és egy új összetételű üzemanyagot javasoltak. Hogy megtudják, mekkora lesz a motor húzóereje, létrehoztak egy speciális berendezést. A tudósok melyik

esetben végeztek kísérleti kutatást, és melyikben elméletit? A válaszotokat indokoljátok meg!

5. Nevezzetek meg legalább hat olyan mérőműszert, amelyeket matematika-, környezetismeret tanórán, valamint a mindennapi életben szoktatok használni! Mit mérnek a felsorolt műszerek? Milyen egységekben kapjátok meg az adatokat?

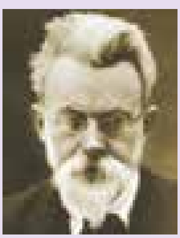
Kísérleti feladatok

1. Figyeljetek meg valamilyen fizikai folyamatot, és készítsétek el a leírását a könyv borítójának a belsejében található terv szerint (csak az 1., 2. és 4. pontok szerint járjatok el)!

2. Vegyetek néhány papírlapot, és egy kivételével hajtogassátok különböző alakúra (gyűrjétek össze, hajtogassatok testeket)! Állítsatok fel hipotézist a kapott alakú testek esésével kapcsolatosan! A hipotéziseteket ellenőrizzétek kísérletileg! Magyarázzátok meg a kapott eredményt!

Videokísérlet. Nézzétek meg a filmet, és magyarázzátok meg a megfigyelt jelenséget!

Fizika és technika Ukrajnában



Az Ukrán Tudományos Akadémia első elnöke, **Volodimir Vernadszkij** (1863–1945) neves természettudós volt, aki nemcsak továbbfejlesztette az ismert tanokat, hanem megalapozta több új tudományág létrejöttét.

Ma számtalan ismert nemzetközi szervezet használja fel az emberiség fejlődésének az előrejelzéséhez a társadalom folyamatos fejlődéséről szóló tudományt, amely a Vernadszkij által létrehozott nooszféra (a társadalom és a természet kölcsönhatása) koncepciójának a folytatása. A koncepció lényege abban rejlik, hogy nemzedékek során ne csökkenjen az emberek életminősége és biztonsága, ne romoljon a környezet állapota, hogy szociális fejlődés menjen végbe.

4. §. FIZIKAI MENNYISÉGEK. A FIZIKAI MENNYISÉGEK MÉRÉSE

Szerintetek az emberek milyen gyakran végeznek méréseket? Miért fontos pontosan mérni? Milyen következményei lehetnek a pontatlan méréseredménynek? Hogy segítsünk felelni a feltett kérdésekre, megvizsgálunk néhány mérőműszert, amelyekkel nap mint nap találkozhattok és használjátok is azokat, például: óra, mérleg, hőmérő, sebességmérő, nyomásmérő, stb. Reméljük, sikerült meggyőzni benneteket arról, hogy a következő témát alaposan tanulmányozzátok át.

1 Meghatározzuk a fizikai mennyiség fogalmát

Az emberek a jelenségek és a testek jellemzését már régóta azok egyes tulajdonságainak felhasználásával végzik. Például, ha azt mondjuk, hogy a teniszlabda kisebb a lufitól, akkor ezalatt azt értjük, hogy a teniszlabda *térfogata* kisebb a lufi térfogatánál. A térfogat – *fizikai mennyiség*. A térfogat megadja, hogy egy adott test mekkora helyet foglal el a térben (4.1. *a* ábra). Természetesen a térfogatok különbözők. A testek mozgását az általatok már ismert fizikai mennyiség, a *sebesség* jellemzi (4.1. *b* ábra).

A **fizikai mennyiség** a test, illetve a fizikai jelenség mennyiségileg meghatározható tulajdonsága.

Természetesen a térfogaton és a sebességen kívül a fizikában még számtalan mennyiséget használnak. A mindennapi életben használt mennyiségeknek se szeri se száma: hosszúság, terület, térfogat, tömeg, idő, út, hőmérséklet.

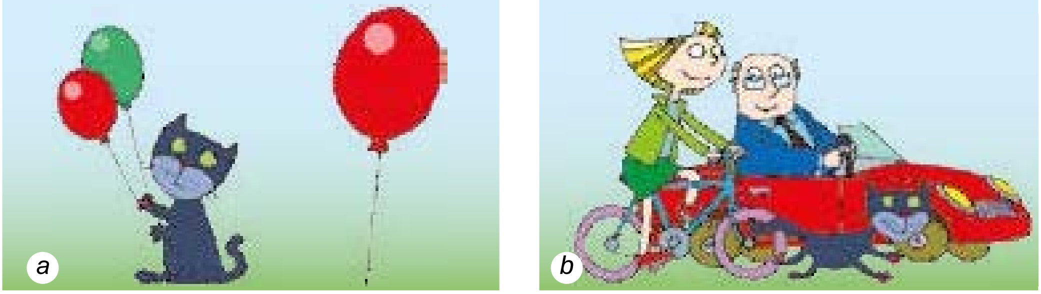
Milyen fizikai mennyiséget mérünk meghűlés esetén?

Az egyszerűség kedvéért minden mennyiségnek van saját betűjele (a latin és a görög ábécé betűi). Például a térfogat jele V, az idő jele t, a sebességé pedig v.

2 Megismerkedünk a Nemzetközi Mértékegység-rendszerrel

Jules Verne *A tizenöt éves kapitány* című regényében van egy ilyen epizód: „A folyó mentén háromszáz lépés megtétele után a kis csapat az erdőbe lépett, ahol még hosszú út várt rájuk...”

Megvizsgáljuk ezt a könyvrészletet és tisztázzuk, a szerző milyen fizikai mennyiségről írt, mivel egyenlő annak mértéke és milyen egységekben mérték azt le. Könnyen megállapítható, hogy az *útról* van szó, melynek *számértéke háromszáz*, a *mértékegysége* pedig az *egy lépés*.



4.1. ábra. A térfogat megadja, hogy egy adott test mekkora helyet foglal el a térben (*a*); a testek mozgását a sebesség jellemzi (*b*)

A lépés mértékegységként való kiválasztása nem sikeres választás, mivel a lépéshossz mindenkinél különböző (4.2. ábra). Ezért kezdtek megegyezni az emberek a régmúlt időktől kezdve azonos mértékegységek használatáról.

Napjainkban az országok többségében az 1961-ben elfogadott Nemzetközi Mértékegység-rendszer van érvényben, amelyet *SI* (*International System of Units*) (4.3. ábra) rendszernek neveznek.

A SI rendszerben a hosszúság mértékegysége a méter (m), az időé – a másodperc (s), a térfogaté – a köbméter (m^3), a sebességé – a méter per másodperc (m/s). A rendszer további egységeivel később ismerkedtek meg.

A fizikai mennyiség felírásakor feltüntetjük annak betűjelét és mértékegységét. Például a v = 5 m/s felírás azt jelenti, hogy az adott test sebessége 5 méter másodpercenként.

3 Tisztázzuk, mi a különbség a mértékegységek többszörösei és törtrészei között

A nagy, illetve a kis fizikai mennyiségek kényelmesebb felírása érdekében a mértékegységek többszöröseit és törtrészeit használjuk.

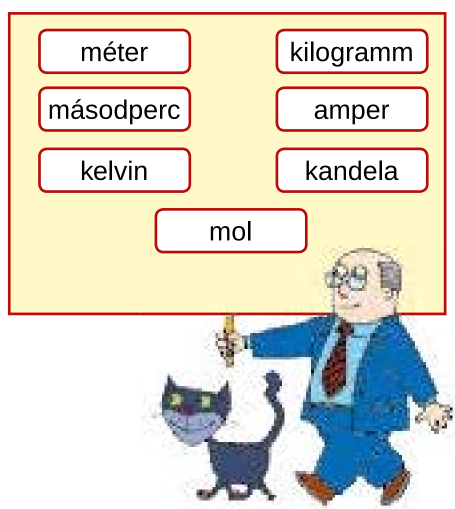
A **többszörösök** azok az egységek, amelyek az alapegység 10, 100, 1000-szeresei.

A **törtrészek** az alapegységnél 10, 100, 1000-szer kisebbek.

A többszörösök és törtrészek felírására különböző előtagokat használnak. Például, **kilo**méter (1000 m) – a hosszúság egységének a többszöröse; **centi**méter (0,01 m) – a hosszúság egységének a törtrésze.

A 27. oldalon található táblázatban megtalálhatjátok a leggyakrabban használt előtagokat.

4.2. ábra. Ha a nagymama és az unoka lépésben méri a távolságot, akkor eltérő eredményt kapnak



4.3. ábra. A Nemzetközi Mértékegység-rendszer (SI) alapegységei

A mértékegységek többszöröseinek és törtrészeinek alkotásához használt előtagok

Előtag	A latin és görög nyelvből fordított jelentése	Betűjel	Szorzó	
tera-	vadállat	T	1 000 000 000 000	10^{12}
giga-	gigantikus	G	1 000 000 000	10^{9}
mega-	nagy	M	1 000 000	10^{6}
kilo-	ezer	k	1000	10^{3}
hekto-	száz	h	100	10^{2}
deci-	tíz	d	0,1	10^{-1}
centi-	század	c	0,01	10^{-2}
milli-	ezred	m	0,001	10^{-3}
mikro-	kicsi	μ	0,000 001	10^{-6}
nano-	kicsi, törpe	n	0,000 000 001	10^{-9}

4 Meghatározzuk, mi a különbség a közvetlen és a közvetett mérés között

A fizikai mennyiség értékét *mérés* útján határozzák meg.

Emlékezzetek vissza a jelen paragrafus 2. pontjában említett mérésre. A szerző a csapat által megtett utat lépésben adta meg. Hogy megkapja a lépésben megtett út számszerű értékét (háromszáz), a megtett utat össze kellett hasonlítania a lépés hosszával.

A **fizikai mennyiséget megmérni** annyit jelent, mint összehasonlítani a vele azonos nemű mértékegységgel.

Kétféle mérés létezik: *közvetlen* és *közvetett*. *Közvetlen* mérésnél a keresett fizikai mennyiség azonnal meghatározható (4.4., 4.5. ábrák).

4.4. ábra. Ismét felment a vérnyomásom – panaszkodott a páciens vérnyomásmérés után

4.5. ábra. A vonat indulásáig 2 perc maradt – ezt az időintervallumot óra segítségével tudhatjuk meg

A *közvetett* mérésnél a keresett fizikai mennyiséget képletek segítségével kapják meg, amelyet a közvetlen mérés során kapott mennyiségek behelyettesítésével számolnak ki. Például a téglalap területének a meghatározásához vonalzóval megmérjük a d szélességét és az l hosszúságát (közvetlen mérés), majd a kapott adatokat az $S = l \cdot d$ képletbe helyettesítve kiszámítjuk a területet.

? A matematikaórán milyen mennyiségek meghatározását végeztétek közvetett méréssel?

5 Megismerkedünk a mérőkészülékekkel

A *fizikai mennyiségek értékének* a közvetlen meghatározására *mérőkészülékeket* használnak (4.6. ábra).

A tudományban, technikában és a mindennapi életben *digitális* (a meghatározott érték képernyőn jelenik meg) és *skálás* (az érték a műszer skálájáról olvasható le) *mérőkészülékeket* használnak. A készülékeken feltüntetik a mért egységek megnevezését.

A skála alapján a mérőkészülék két jellemzője állapítható meg: a *skála beosztásának értéke* és a *méréshatár**.

A **mérőkészülék beosztásértéke** a készülék legkisebb beosztásának a mértéke.

A beosztásérték meghatározása céljából megkeressük a skála két szomszédos, mérőszámmal ellátott osztásvonalát és azok különbségét elosztjuk a közöttük lévő beosztások számával.

a b

4.6. ábra. Mérőkészülékek: *a* – skálával ellátott; *b* – digitális

* A digitális műszerekben a mérési határt a kezelési útmutatóban közlik.

4.7. ábra. Orvosi lázmérő

Meghatározzuk a lázmérő beosztásértékét (4.7. ábra):

1) Kiválasztunk két, a skálán feltüntetett értéket, például 40 °C és 39 °C. A különbségük: 40 °C – 39 °C = 1 °C.

2) Megszámoljuk a kiválasztott értékeket jelző vonalak közötti beosztások számát – 10 beosztás.

3) A kapott különbséget elosztjuk a beosztások számával: $\frac{1\,°\mathrm{C}}{10} = 0{,}1\,°\mathrm{C}$.

Tehát a lázmérő beosztásértéke 0,1 °C.

$$C_{\text{hőm.}} = \frac{40\,°\mathrm{C} - 39\,°\mathrm{C}}{10} = \frac{1\,°\mathrm{C}}{10} = 0{,}1\ °\mathrm{C}.$$

A **mérőkészülék mérési határa** az adott készülékkel mérhető legkisebb és legnagyobb érték.

A 4.7. ábrán lévő lázmérő alsó mérési határa 34,1 °C, a felső pedig 42 °C.

Összefoglaló

A fizikai mennyiség a test vagy a fizikai jelenség mennyiségileg meghatározható tulajdonsága.

A fizikai mennyiséget megmérni annyit jelent, mint összehasonlítani a vele azonos nemű mértékegységgel.

A mérőkészülékekkel történő közvetlen mérések által a fizikai mennyiségek értékét kapjuk meg. Ezt az értéket a mennyiséget jelölő betűvel és annak mértékegységével írhatjuk le. A fizikai mennyiségek nagy, illetve kis értékeinek a felírásához többszörösöket és törtrészeket használunk.

A mérőkészülék beosztásértéke a készülék legkisebb beosztásának a mértéke. A mérőkészülék mérési határa az adott műszerrel mérhető legkisebb és legnagyobb érték.

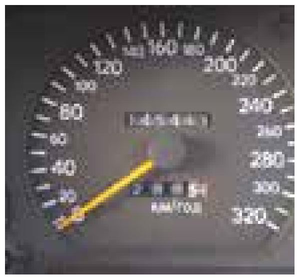
Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk fizikai mennyiségnek? 2. Mondjatok példákat fizikai mennyiségekre! A testek vagy fizikai jelenségek milyen tulajdonságait jellemzik? 3. Milyen jellel jelölik a térfogatot; sebességet; időt? 4. Mit jelent megmérni egy fizikai mennyiséget? 5. Soroljatok fel néhány előtagot, amelyek a mértékegységek törtrészeinek, illetve többszöröseinek a jelölésére használatosak! 6. Soroljatok fel néhány mérőkészüléket! 7. A műszer milyen jellemzői határozhatók meg a rajta lévő skála segítségével? 8. Mi a mérőkészülék beosztásértéke?

4. gyakorlat

1. Fejezzétek ki méterben a következő fizikai mennyiségeket: 145 mm; 1,5 km; 2 km 32 m!
2. Nevezzétek meg azokat a fizikai mennyiségeket, amelyeket az 1–3. ábrákon lévő készülékek segítségével mérhetők meg! Írjátok le az egységeket jelölő betűket, valamint a SI rendszerben kifejezett egységeiket!

1. ábra



2. ábra

3. ábra

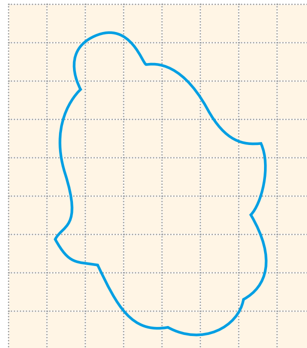
3. Határozzátok meg a 4. ábrán látható fecskendő méréshatárát; beosztásértékét!

4. ábra

4. A törtrészek, illetve többszörösök segítségével írjátok fel a következő értékeket: 0,000 0075 m – a vörös vérsejtek átmérője; 5 900 000 000 000 m – a Plútó törpebolygó keringési pályájának sugara; 6 400 000 m – a Föld sugara!
5. A kosárlabdapálya szabványmérete a következő: szélessége 15 m, hosszúsága 28 m. Határozzátok meg a pálya területét! A feleletet adjátok meg dm^2-ben és cm^2-ben is!
6. Idézzétek fel a fizikai mennyiség fogalmát és bizonyítsátok be, hogy a hosszúság fizikai mennyiség!
7. Készítsetek beszámolót a mindennapi életben általatok is használt mérőkészülékekről!

Kísérleti feladatok

1. Találjatok otthon 2-3 skálával rendelkező mérőkészüléket! Határozzátok meg mindegyiknél a méréshatárt és a beosztásértéket!



2. Az itt leírt információ alapján határozzátok be a tenyeretek területét!

A szabálytalan formájú mértani alakzatok területét a kockás papírlapra lerajzolt körvonalai segítségével határozhatjuk meg. Ebben az esetben az alakzat területét a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$S \quad \left(n+\frac{1}{2}k\right)S_0,$$

ahol n – a teljes négyzetek száma, k – a nem teljes négyzetek száma, S_0 – egy négyzet területe. Például a rajzon látható alakzat területe:

$$S=\left(20+\frac{1}{2}\cdot 22\right)\cdot 25\ \text{mm}^2 = 775\ \text{mm}^2.$$

3. Az ókori görög matematikus, fizikus és mérnök, Arkhimédesz pontos mérleg segítségével meg tudta határozni a szabálytalan formájú alakzatok területét. Próbáljatok rájönni a módszerére!

Fizika és technika Ukrajnában

Az **Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia** (UNTA) – a legfelső ukrán állami tudományos intézmény. Az akadémiát 1918-ban P. Szkoropadszkij hetman kormánya alapította. Az Ukrán Tudományos Akadémia (ahogyan abban az időben nevezték) első elnöke *Volodimir Vernadszkij* ismert ukrán tudós volt.

Az Akadémia a természettudományok, a humán, társadalmi és műszaki tudományok terén végez kutatásokat. Az Akadémia legnagyobb eredményei a következők: a mesterségesen véghezvitt magreakció; részecskegyorsító létrehozása; új típusú rádiólokátor létrehozása; automatikus hegesztési folyamatok kifejlesztése; új gyógyszerek és gyógyászati műszerek kidolgozása; az európai kontinens első számítógépének a megépítése.

Az UNTA-n a különböző időkben sok jeles tudós dolgozott, akik számos tudományos iskolát hoztak létre. Ilyenek az E. Paton és B. Paton által létrehozott hegesztőiskola, az Sz. Lebegyev és V. Gluskov által alapított kibernetikai intézet, az L. Landau által létrehozott elméleti fizikai iskola, az M. Bogoljubov által megalapított nemlineáris mechanika és statisztikai fizika intézete.

1. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma: A mérőkészülék beosztásértékének meghatározása.

A munka célja: meghatározni a különböző mérőkészülékek méréshatárát és beosztásértékét.

Eszközök: vonalzó, hőmérő és egyéb mérőkészülékek.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

Előkészület a kísérlethez

A munka elvégzése előtt győződjetek meg róla, hogy tudjátok-e a feleletet a következő kérdésekre:
1) Mit nevezünk mérőműszernek?
2) Hogyan határozzuk meg a méréshatárt?
3) Hogyan határozzuk meg a beosztásértéket?
4) A hőmérő használatakor milyen szabályokat kell betartanunk?

A munka menete

Szigorún tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

1. Vizsgáljátok meg a meglévő mérőkészülékek skáláit.
2. Töltsétek ki a táblázat első öt oszlopát.

A készülék neve	A készülék által mért fizikai mennyiség	Mértékegység	A skála értéke				
			A szomszédos beosztások értéke	A szomszédos számok között lévő beosztások száma	A beosztások értéke	Méréshatárok	
						alsó	felső

Az eredmények feldolgozása

Határozzátok meg mindegyik készülék beosztásértékét, méréshatárát és fejezzétek be a táblázat kitöltését!

Az eredmények elemzése

Fogalmazzátok meg a következtetéseket a következő vázlat szerint: 1) Mit határoztatok meg? 2) Milyen eredményeket kaptatok? 3) Hogyan használhatjátok fel a munka elvégzése során szerzett tapasztalatot?

Alkotói feladat

Készítsetek mérőszalagot 5 mm-es beosztásértékkel!

5. §. A HIBA ÉS A MÉRÉS PONTOSSÁGÁNAK ÉRTÉKELÉSE

Határozzátok meg vonalzó segítségével a füzetlap területét! Kérjétek meg a padtársatokat, hogy ő is végezze el a mérést ugyanazzal a vonalzóval. Hasonlítsátok össze a kapott eredményeket. Ha azok eltérők, vajon ki határozta meg pontosabban? A mérés eredményét vehetjük-e abszolút pontosnak? Megpróbálunk megfelelni a feltett kérdésekre.

1 Méréseket végzünk

Sok alkalommal mértetek hosszúságot. Vajon helyesen végeztétek el a mérést? Ellenőrizzük. Mérjük meg például vonalzó segítségével a ceruza hosszát. Ennek érdekében:

– a vonalzót úgy helyezzük a ceruza mellé, hogy annak vége a vonalzó nulla beosztása mellett legyen (5.1.ábra);

– meghatározzuk, melyik beosztás mellett lesz a ceruza másik vége.

Mint látjuk, a ceruza másik vége a 12 cm-es beosztás mellett van, tehát elmondhatjuk, hogy a ceruza hossza megközelítőleg 12 cm. Amint látjátok, a ceruza vége a 12 cm-es beosztástól 2 mm-rel tovább van, tehát a ceruza hossza pontosan 12,2 cm vagy 122 mm.

5.1. ábra. A ceruza hosszának mérése vonalzóval

2 Elgondolkodunk a mérés pontosságáról

A ceruza hosszának a mérésekor két eredményt kaptunk: 12 cm és 12,2 cm. Melyik a helyes? Általában véve mindkét eredmény helyes, viszont a mérés pontossága eltérő: az első esetben a mérést 1 cm-es pontossággal végeztük, a másodikban – 1 mm-es pontossággal (0,1 cm). Az elvégzett kísérlethez ez épp elegendő pontosság.

Ha pontosabb mérésekre van szükség, olyan mérőeszközöket kell használni, amelyek kisebb beosztásértékkel rendelkeznek – 0,5 mm-rel, esetleg 0,1 mm-rel. Viszont akkor sem mérjük meg a ceruza hosszát teljesen pontosan. Ennek több oka van: a mérőeszköz felépítése, a mérés módszerének pontatlansága (például a ceruza végét lehetetlen pontosan a skála kezdetéhez tenni), külső hatások.

Tehát a mérés mindig **hibával** történik. A hiba csökkentése érdekében a mérést néhányszor végzik el, majd kiszámítják az eredmények számtani középarányosát.

3 Meghatározzuk a mérések eredményének abszolút és relatív hibáját

A hibákat két csoportba sorolhatjuk: *abszolút és relatív* (viszonylagos) hiba.

A **mérés eredményének abszolút hibája** – a mérés eredményének eltérése a valós fizikai mennyiségtől.

Az eredmény abszolút hibája azt mutatja, mekkora lehet a mérést végző egyén legnagyobb tévedése.

Az abszolút hibát meghatározni nem egyszerű. Szükség van a mérés módszerének, a mérőkészülék minőségének, a mérés külső feltételeinek a teljes körű elemzésére, matematikatudásra. Tehát egyelőre a következőkben állapodunk meg: *egy közvetlen mérés esetén az abszolút hiba a mérőkészülék egy beosztásának felel meg.*

Az abszolút hibát a Δ (delta) szimbólummal jelöljük és mellé írjuk a mért mennyiség betűjelét. Például a $\Delta V = 2\ \text{cm}^3$ felírás azt jelenti, hogy a térfogat mérésének abszolút hibája $2\ \text{cm}^3$.

Visszatérünk a ceruza l hosszának a méréséhez (l. az 5.1. ábrát).

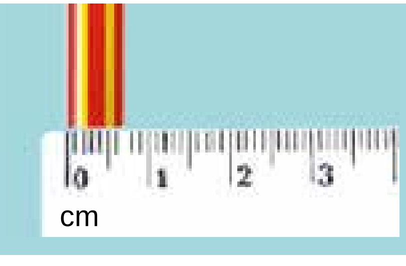
1. A vonalzó beosztásértéke – 1 mm. Tehát a mérés eredményének abszolút hibája 1 mm ($\Delta l = 1$ mm).

2. A ceruza vonalzóval lemért l_0 hossza 122 mm ($l_0 = 122$ mm).

3. A mérés eredményét ebben az esetben a következőképpen írjuk le: $l = (122 \pm 1)$ mm. Ez azt jelenti, hogy a ceruza hosszának valódi értéke a 121 mm (122 mm – 1 mm) és a 123 mm (122 mm + 1 mm) közötti intervallumban található (5.2. ábra).

Megmérjük a ceruza d vastagságát (5.3. ábra). Az eredmény a következő: $d_0 = 7$ mm. Ez nagyjából 18-szor kisebb a ceruza hosszánál. Eközben az abszolút hiba ugyanannyi – 1 mm ($\Delta d = 1$ mm). Ez nem jelenti azt, hogy a ceruza hosszát és vastagságát ugyanolyan pontossággal mértük. A mérés pontosságára a *relatív* hiba utal.

5.2. ábra. A mérés abszolút hibája azt az intervallumot mutatja, amelyben a mérendő mennyiség valódi értéke található



5.3. ábra. Ceruza vastagságának mérése

A mérési eredmény **relatív hibája** az abszolút hiba és a mért érték hányadosa.

A relatív hibát ε (epszilon) betűvel jelölik és általában százalékban adják meg.

Meghatározzuk a méréseink relatív hibáit:

A ceruza hossza: $\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\,\% = \frac{1\,\text{mm}}{122\,\text{mm}} \cdot 100\,\% \approx 0{,}8\,\%$;

a ceruza vastagsága: $\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d_0} \cdot 100\,\% = \frac{1\,\text{mm}}{7\,\text{mm}} \cdot 100\,\% \approx 14{,}3\,\%$.

A hosszúság mérésének relatív hibája 18-szor kisebb a vastagság mérésének relatív hibájánál.

4 Elgondolkodunk a mérés szükséges pontosságáról

Tegyük fel, hogy a ceruza hossza helyett a szoba hosszát kell megmérni. Ebben az esetben nincs szükség milliméternyire pontos mérésre (5.4. ábra).

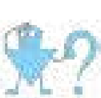
Ha a szabó az ing szabásmintáját elméri 1 mm-rel, akkor ezt észre sem vesszük. Viszont ha cérnát akar áthúzni a tű fokán és 1 mm-t téved, akkor az ing sohasem készül el.

Azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a *kísérlet szükséges pontosságát a kitűzött cél határozza meg.*

5.4. ábra. A szoba méretének meghatározása 1 mm-es pontossággal – a fölösleges pontosság példája

Összefoglaló

A méréseket abszolút pontossággal kell végezni. A fizikai mennyiségek mérése közben fellépő hibákért a mérés módszere és a kiválasztott mérőkészülék a felelős. A hiba csökkentése érdekében több alkalommal végzik el a mérést, majd meghatározzák az eredmények középértékét.



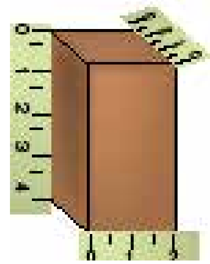
Ellenőrző kérdések

1. Miért lehetetlen meghatározni a mért mennyiség abszolút pontos értékét? 2. Hogyan növelhető a mérés pontossága? * 3. A mérések eredményeinek milyen hibáit ismered? * 4. Hogyan határozható meg közvetlen mérések esetében a relatív hiba? * 5. Az abszolút vagy a relatív hiba utal érzékelhetőbben a mérés pontosságára? A választ indokoljátok meg! 6. Mondjatok példákat a mérések pontosságának szükséges és fölösleges eseteire!

5. gyakorlat

1. A kör átmérőjét 0,1 cm beosztásértékű vonalzóval és 0,5 cm beosztásértékű mérőszalaggal mérték meg. Melyik esetben kaptak pontosabb eredményt?

2. Vonalzó segítségével (l. a rajzot) lemérték a rönk l hosszát, d szélességet és h magasságát.



1) A mérés eredményét írjátok be a füzetbe!
* 2) Határozzátok meg a mérések relatív hibáit!
3) Melyik méret meghatározása sikerült a legpontosabban?

3. Nyugodt légzéskor a felnőtt ember tüdején keresztül megközelítőleg 0,5 dm^3 levegő megy át. Hányszor kell az embernek lélegzetet vennie, hogy a tüdején 5500 cm^3-nyi térfogatú levegő menjen át? (Körülbelül ekkora egy futball-labda térfogata.)

4. A matematikusok kedvenc száma a *pi*. Emlékeztetőül: ez a szám a körvonal hosszának és átmérőjének a hányadosával egyenlő, az értéke pedig végtelen tört: π = 3,141592653. Kerekítsétek ki a *pi* értékét: *a*) egész számra; *b*) tizedekre; *c*) századokra; *d*) ezredekre; *e*) tízezredekre!

Kísérleti feladat

Vegyetek egy vonalas füzetlapot, és határozzátok meg kétféleképpen a vonalak közötti távolságot!

1. módszer. Mérjétek meg a szomszédos vonalak közötti távolságot!

2. módszer. Mérjétek meg a felső és az alsó vonal közötti távolságot! A kapott eredményt osszátok el a két vonal között található közök számával!

Szerintetek melyik eredmény pontosabb?

Fizika és technika Ukrajnában

A harkivi Metrológiai Intézet

A metrológia a mérésről szóló tudomány: hogyan, milyen műszerekkel kell végezni a méréseket, hogyan érhető el a legpontosabb eredmény. Metrológia nélkül napjainkban nehéz elképzelni a tudományos kísérleteket és magát a tudományos fejlődést. A modern mérések alapja a megfelelő etalon (hiteles mintamérték). Minden fejlett ország rendelkezik saját etalonnal. Az ukrán etalonok többségét (közel 40 egységet) a harkivi Metrológiai Intézetben őrzik. Egyebek mellett ez a hosszúság, tömeg, hőmérséklet, idő, sugárzási szint etalonja. A rádióban közvetített pontos időt is ebben az intézetben ellenőrzik.

2. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma: Szilárd testek, folyadék és ömlesztett anyagok térfogatának mérése.

A munka célja: meghatározni a szilárd testek (szabályos és szabálytalan formájú), folyadék és ömlesztett anyagok térfogatát.

Eszközök: mérőhenger, vonalzó, három műanyag pohár: egyikben víz, másikban köles, harmadikban homok, szabálytalan formájú szilárd test, téglatest formájú szilárd test, cérna.

Elméleti ismeretek

1. A térfogat az a fizikai mennyiség, amely megadja, hogy egy adott test mekkora helyet foglal el a térben. A Nemzetközi Mértékegység-rendszerben (SI) a térfogat mértékegysége a köbméter (m^3). A mértékegységnek vannak többszörösei és törtrészei is: $1\ dm^3 = 0{,}1\ m \cdot 0{,}1\ m \cdot 0{,}1\ m = 0{,}001\ m^3$; $1\ cm^3 = 0{,}001\ dm^3 = 0{,}000\ 001\ m^3$. A térfogat rendszeren kívüli mértékegysége a liter (l): $1\ l = 1\ dm^3$.

2. A szilárd testek, folyadékok és ömlesztett anyagok térfogata közvetlen méréssel is meghatározható mérőhenger segítségével (l. az 1. ábrát).

A folyadék és ömlesztett anyag térfogatának a meghatározása mérőhenger segítségével a következőképpen történik:

a) a folyadékot vagy az ömlesztett anyagot a mérőhengerbe öntjük, ezzel felveszik az edény formáját, a felszínük pedig egy meghatározott magasságon lesz (el kell érni, hogy a felszín vízszintes legyen);

b) meghatározzuk, a skála melyik beosztásánál van az anyag felszíne (2. ábra);

c) ismerve a beosztásértéket, leolvassuk a mérendő anyag térfogatát.

1. ábra

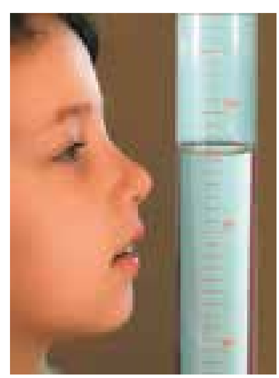
Szilárd test térfogatának mérőhengerrel történő meghatározásához a következőképpen járunk el:

a) a mérőhengerbe V_1 térfogatnyi vizet öntünk, mégpedig annyit, hogy a mérendő testet bele tudjuk helyezni, és eközben a víz nem folyik ki az edényből;

b) belehelyezzük a szilárd testet a vízbe, és a skáláról leolvassuk a víz V_2 térfogatát a bele merített testtel;

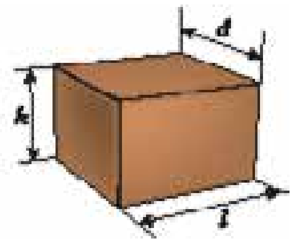
c) kiszámítjuk a test által kiszorított vizet, mint a térfogatok különbségét: $V = V_2 - V_1$.

A kiszorított víz térfogata egyenlő a test térfogatával*.



2. ábra

* A szilárd testek térfogata meghatározásának ezt a módszerét Arkhimédesz javasolta az i. e. III. században.



3. ábra

3. Ha a testnek szabályos mértani formája van, akkor a térfogata közvetett méréssel is meghatározható: vonalzó segítségével meghatározhatjuk a lineáris méretét, majd képlet segítségével kiszámíthatjuk a térfogatát. Például a derékszögű paralelepipedon formájú test (3. ábra) V térfogata a következő képlettel határozható meg: $V = ldh$, ahol l – a hosszúság, d – a szélesség, h – a magasság.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

Előkészület a kísérlethez

1. A mérések elkezdése előtt:
a) figyelmesen olvassátok el a fenti elméleti részt;
b) idézzétek fel, hogyan határozzuk meg a mérőeszközök beosztásértékét.

2. Határozzátok meg, és írjátok jegyezzétek le:
a) a vonalzó skálájának beosztásértékét;
b) a mérőhenger skálájának beosztásértékét.

3. Mindegyik szilárd testre kössetek cérnát.

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!
A mérések eredményeit azonnal írjátok be az 1. és 2. táblázatba!

1. táblázat

A kísérlet sorszáma	Az anyag neve	A folyadék vagy az ömlesztett anyag térfogata $V_{mér}$, cm^3
1	Homok	
2	Köles	
3	Víz	

2. táblázat

Test	Közvetlen mérések			Közvetett mérések			
	A víz kezdeti térfogata V_1, cm^3	A víz és a test térfogata V_2, cm^3	A test térfogata $V = V_2 – V_1$, cm^3	A test hossza l, cm	A test szélessége d, cm	A test magassága h, cm	A test térfogata $V = lhd$, cm^3
1. test				—	—	—	—
2. test							

1. Az ömlesztett anyagok térfogatát mérőhengerrel határozzátok meg.
2. A folyadék térfogatát mérőhengerrel mérjétek meg.
3. A szabálytalan formájú szilárd test (1. test) térfogatát közvetlen méréssel határozzátok meg (mérőhenger segítségével).
4. A szabályos mértani formájú szilárd test (2. test) térfogatát közvetlen méréssel határozzátok meg.
5. A szabályos mértani formájú szilárd test (2. test) térfogatát közvetett méréssel határozzátok meg.

A kísérlet és az eredmények elemzése

1. Elemezzétek a szilárd test térfogata meghatározásának különböző módjait, és jegyezzétek fel:

a) azokat az eseteket, mikor célszerű a térfogat-meghatározás egyik vagy másik módját használni;

b) a mérések pontosságára ható tényezőket.

2. Fogalmazzátok meg a következtetéseket, amelyben kiemelitek: 1) mit tanultatok meg a kísérlet segítségével; 2) hol lehet szükségetek a munka során szerzett tapasztalatokra.

Alkotói feladat

Hogyan mérnétek meg a szabálytalan formájú szilárd test térfogatát, ha:
1) a test nem fér bele a rendelkezésre álló mérőhengerbe;
2) több egyforma testtel rendelkeztek és mindegyik térfogata kisebb a mérőhenger legkisebb beosztásánál?

Csillagos feladat

Értékeljétek az anyagok térfogatai mérésének abszolút és relatív hibáját! Minden mérés eredményét a $V = V_{mér} \pm \Delta V$ alakban adjatok meg!

3. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma: Apró testek méretének meghatározása.

A munka célja: füzér módszerrel meghatározni a borsó és a köles átmérőjét, a cérna vastagságát.

Eszközök: vonalzó, köles és borsó, két fogpiszkáló, tollbetét, 50 cm hosszú 10-es cérnadarab.

A mérés módszerének leírása

Amennyiben a rendelkezésre álló mérőeszközök beosztásértéke nem felel meg a testek méretének a meghatározásához, füzér módszert alkalmazunk. Például amikor a skálabeosztás értéke nagyobb a megmérendő test méreténél. Megjegyezzük, hogy a füzér módszerrel a kis test méretének középértékét határozhatjuk meg.

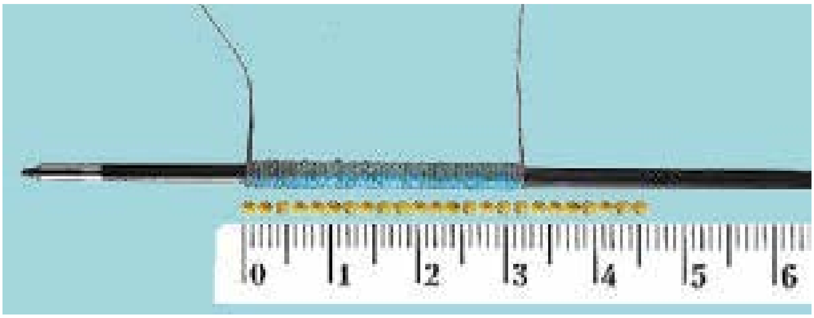
A kis test d méretének a meghatározásához füzér módszerrel a következő a teendő:

– sort alkotunk – például a borsószemeket szorosan egymás mellé rakjuk vagy a cérnát feszesen feltekerjük a tollbetétre (l. az ábrát);

– megmérjük a sor L hosszát;

– meghatározzuk a testek vagy a gyűrűk n számát;

– meghatározzuk a $d = \dfrac{L}{n}$ kifejezés értékét.



ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

Előkészület a kísérlethez

1. Figyelmesen olvassátok el a mérés végrehajtásának menetét. Idézzétek fel:
   a) hogyan határozzuk meg a mérőeszköz beosztásértékét;
   b) hogyan használjuk helyesen a vonalzót és olvassuk le az értéket.
2. Határozzátok meg, és írjátok le a vonalzó beosztásértékét.

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

A mérések eredményeit azonnal írjátok be a táblázatba. Az átmérők és vastagságok méréseinek eredményét kerekítsétek ki tizedekig. A füzérek kiegyenesítéséhez használjatok fogpiszkálót.

1. A füzér módszer segítségével határozzátok meg a borsó és a köles átmérőjének középértékét.
2. A füzér módszer segítségével határozzátok meg a cérnaszál átlagvastagságát.

A mérés sorszáma	Test	A sor hossza, l, mm	A testek (gyűrűk) száma, n	Átmérő (vastagság), $d_{mér}$, mm
1	Borsószem			
2	Kölesszem			
3	Cérna			

A kísérlet és az eredmények elemzése

Elemezzétek a munka menetét és a kapott eredményeket. Fogalmazzátok meg a következtetéseket, amelyben jegyezzétek fel: 1) mit tanultatok meg a munka során; 2) milyen eredményeket kaptatok; 3) hogyan lehetne növelni a mérések pontosságát; 4) hol hasznosíthatjátok a munka elvégzése során szerzett tapasztalatokat.

Alkotói feladat

Találjatok ki saját módszert a borsó átmérőjének a meghatározására! Szerkesszetek hozzá rajzot! Végezzetek el méréseket! Elemezzétek az általatok kigondolt és a munka során felhasznált módszer előnyét és hátrányát! Hozzatok fel példákat, mikor célszerűbb az általatok, és mikor a munka során felhasznált módszert használni!

Fizika és technika Ukrajnában

Kijev-Mohila Akadémia Nemzeti Egyetem – Ukrajna egyik legismertebb egyeteme. 2015-ben ünnepelte fennállásának 400. évfordulóját, amivel Európa egyik legrégebbi egyeteme.

Több évszázados múltja alatt az akadémia és annak végzősei meghatározó szerepet játszottak Ukrajna történelmében.

Az akadémia a szellemi és kulturális élet központja volt. Festők, szobrászok, zenészek és tudósok nemzedékei voltak az intézmény hallgatói. Többek között Grigorij Szkovoroda (1722-1794), az ukrán klasszikus filozófia megalkotója, Ivan Grigorovics-Barszkij (1713-1791) építész, Artem Vedel (1767-1808) zeneszerző, Petro Gulak-Artemovszki (1790-1865) költő. Az ukrán hetmanok közül 14-en voltak az akadémia végzősei.

AZ 1. FEJEZET ÖSSZEFOGLALÁSA.
A fizika mint természettudomány. A természet megismerése

1. Az 1. fejezetből megtudhattátok, hogy a *fizika a természettudományok alapja,* és választ kaptatok arra a kérdésre, *mit tanulmányoz a fizika.*

MIT TANULMÁNYOZ A FIZIKA?

- Matéria
  - Anyag
  - Mező
- Fizikai folyamatok
  - Hő-, mechanikus, fény-, hang-, elektromágneses jelenségek
- Fekete anyag, fekete energia

2. Tisztáztuk a *molekuláris-kinetikai elmélet alapjait,* és megtudtuk, miből áll a *matéria.*

MOLEKULÁRIS-KINETIKAI ELMÉLET

- Minden anyag parányi részecskékből áll, amelyek között hézagok vannak
- Az anyag részecskéi folytonos kaotikus mozgásban vannak
- Az anyag részecskéi kölcsönhatásban vannak egymással (vonzzák és taszítják egymást)

ANYAG

- Molekulák
- Atomok
  - Atommag
  - Elektronok
- Ionok

3. Végigkísértük a *fizikai kutatások fázisainak sorrendjét:*

Tudás → Megfigyelés, elmélkedés → Elméleti kutatás, hipotézis → Kísérlet (a hipotézis ellenőrzése) → Új tudás

4. Megismerkedtünk a *fizikai kutatás módszereivel.*

A FIZIKAI KUTATÁS MÓDSZEREI

- Kísérleti
  - Megfigyelés
  - Kísérlet (kutatás)
- Elméleti
  - Elmélkedés
  - Hipotézis
  - Matematikai számítás
  - Elmélet létrehozása

5. Bővítettük tudásunkat a *fizikai mennyiségekről.*

FIZIKAI MENNYISÉGEK

- Betűjel
- Számértékek
- Egységek

6. Megismerkedtünk a *fizikai mennyiségek mérésével.*

FIZIKAI MENNYISÉGEK MÉRÉSE

- Közvetlen
  - A mérőeszköz kiválasztása
  - A mutató leolvasása
- Közvetett
  - A keresett mennyiség kiszámítására szolgáló képlet kiválasztása
  - A mérőeszközök kiválasztása
  - A mutató leolvasása
  - A keresett mennyiség meghatározása

* MÉRÉSHIBA

- Abszolút hiba
- Relatív hiba

Feladatok önellenőrzésre *A fizika mint természettudomány. A természet megismerése* című 1. fejezethez

Az 1–6., 8., 9. feladatokban válasszatok ki egy helyes választ!

1. (*1 pont*) A felsorolt kutatók közül kinek a nevéhez fűződik a fizika fejlődése?
a) Isaac Newton; b) Ferdinand Magellán; c) James Cook; d) Jacques-Yves Cousteau.

2. (*1 pont*) Fizikai test példájául szolgálhat:
a) réz; b) tömeg; c) meteorit; d) perc.

3. (*1 pont*) A fizikai alapegységhez milyen előtagot kell csatolni, hogy az egységnél 1000-szer kisebb mennyiséget kapjunk?
a) centi- (c); b) kilo- (k); c) milli- (m); d) mikro- (μm).

4. (*1 pont*) A felsoroltak közül melyik fizikai jelenség?
a) sebesség; b) felmelegedés; c) idő; d) elmélkedés.

5. (*2 pont*) Melyik állítás igaz?
a) Megfigyelés idején mindig mérést végzünk.
b) A kísérleteket a tudósok által ellenőrzött feltételek között végzik.
c) Kísérletek végzésekor soha nem végeznek méréseket.
d) A megfigyelések eredményei a hipotézisek igazolásának a feltétele.

6. (*2 pont*) A diffúzió eredményeként:
a) a levegőben lévő oxigén a víztározó aljára is eljut;
b) lehűléskor csökken a sín hossza;
c) olvad a jég;
d) a folyadék cseppé áll össze.

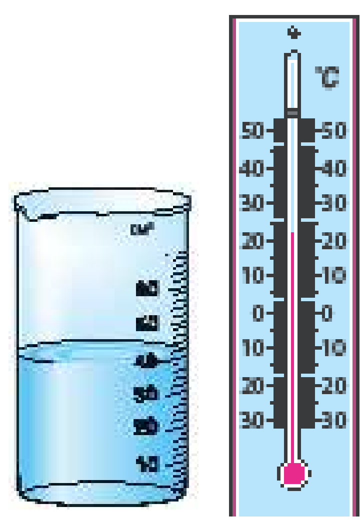
7. (*2 pont*) Válasszátok ki az *összes* helyes választ! Az anyag molekulái:
a) mindig nyugalmi állapotban vannak;
b) szüntelenül és kaotikusan mozognak;
c) csak vonzzák egymást;
d) csak taszítják egymást;
e) vonzzák és taszítják egymást;
f) úgy helyezkednek el, hogy nincs közöttük hézag.

8. (*3 pont*) Melyik egyenlőtlenség igaz?

a) 520 cm > 52 dm; c) 3300 g < 33 kg;
b) 2000 μm > 20 mm; d) 3 s < 300 μms.

9. (*3 pont*) Az akvárium derékszögű paralelepipedon formájú, melynek hossza 0,50 m, szélessége 300 mm, magassága 42 cm. Mekkora az akvárium térfogata?

a) $6{,}3 \cdot 10^{-2}$ m^3; c) $6{,}3 \cdot 10^{3}$ cm^3;
b) $6{,}3 \cdot 10^{5}$ cm^3; d) $6{,}3 \cdot 10^{3}$ mm^3.



1. ábra

10. (*3 pont*) Figyeljétek meg az 1. ábrát, és töltsétek ki a táblázatot!

A készülék megnevezése	A mért fizikai mennyiség neve	A fizikai mennyiség mértékegysége	A készülék skálájának beosztásértéke	A készülék állása	Méréshatár	
					alsó	felső

11. *(3 pont)* A mondat minden szavához (1–6) rendeljetek egy fizikai mennyiséget (A–G)!

Húsz (1)
gramm (2)
tömegű (3)
alumínium (4)
huzalt (5)
behajlítottak (6).

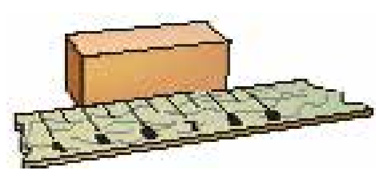
A Fizikai mennyiség egysége
B Anyag
C Fizikai mennyiség
D Fizikai test
E Fizikai jelenség
F Fizikai törvény
G Fizikai mennyiség számértéke

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5							
6							

12. *(4 pont)* Határozzátok meg a 2. ábrán lévő huzal átmérőjét!

13. *(4 pont)* A hasábokat, amelyek közül egyet a 3. ábrán láttok, egy 2,5 cm magasságú, 14 cm hosszúságú és 6 cm szélességű dobozba kell berakni. Összesen hány hasábot lehet helyezni a dobozba, hogy az be is záródjon? A hasáb méretei: magassága – 0,8 cm, szélessége – 1,2 cm.

2. ábra



3. ábra

A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes válaszokat, és számoljátok össze az elért pontszámot. Reméljük, a pontok száma 7 és 10 között van. Ez jó eredmény. Hogy még jobban teljesítsetek, ajánlatos elérni a 14 pontszámot.

14. Erősítsétek vagy cáfoljátok meg az állításokat! A válaszotokat indokoljátok meg!

- A fizika nem ér véget a tanterem ajtaján túl.
- Ismeretes, hogy 1 dm^3 = 1 l. Ha a töltőállomások műszerein köbméterekben lenne feltüntetve a térfogat, akkor csökkenne-e az üzemanyag tankolásakor fellépő hiba?
- Alfred Nobelnek nem kellett közölnie a világgal, hogy feltalálta dinamitot.

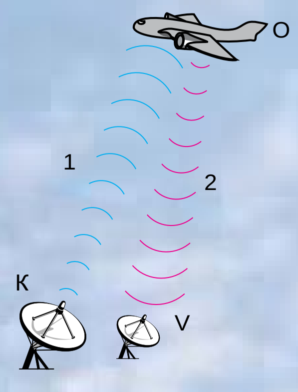
A gyakorló tesztfeladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

Miért nehéz eltévedni a mai modern világban?

Néhány évizeddel ezelőtt a *rádiólokátor*, vagy *radar* szavak a légvédelemmel asszociálódtak, a *hidrolokátor*, vagy *szonár* pedig az aknakereséssel és a tengeralattjáróval. Viszont a GPS rövidítés egyáltalán nem létezett. Manapság bármelyik horgász vásárolhat egyszerű szerkezetű szonárt, radarral pedig nemcsak repülőgépek, hanem kis bárkák is fel vannak szerelve. A GPS rendszert az autólopások elleni legmegbízhatóbb berendezésként reklámozzák.

Rádiólokátor / radar

A XX. század elején felfedezték, hogy a rádióhullámok visszaverődnek a fémtárgyakról. Ez a felfedezés tette lehetővé a rádiólokáció elvének megszületését – a különböző tárgyak felderítését, felismerését és helyzetének meghatározását rádióhullámok segítségével. Ha a műszer visszaverődést jelez, akkor ez azt jelenti, hogy objektumot fedezett fel (pl. repülőgépet). A rádióhullámok terjedési sebességével (300 000 km/s), a kisugárzás és vétel közötti időintervallum segítségével meghatározható a tárgy távolsága (a koordinátái). A visszaverődött jel tulajdonsága alapján meghatározható az is, hogy milyen testről (repülőgép, jéghegy) verődött vissza a jel.



A radar működési elve:
K – kisugárzó készülék;
V – vevőkészülék;
O – objektum (repülőgép);
1 – kisugárzott hullám;
2 – visszavert hullám.
A modern radarokban a sugárzó- és a vevőkészülékeket összevonták.

A katonai repülőgépek testének speciális bevonata csökkenti a visszavert rádióhullámokat, ezért ezeket a gépeket közönséges radarral lehetetlen felfedezni

Érdekes

RADAR – angol ***Ra**dio **D**etection **A**nd **R**anging*, magyarul *rádióérzékelés* és *távmérés*.

SONAR – angol ***So**und **N**avigation **A**nd **R**anging*, magyarul *hanggal való navigáció* és *felderítés*.

GPS – angol ***G**lobal **P**ositioning **S**ystem*, magyarul *globális helymeghatározó rendszer*

Érdekes

A GPS rendszert az amerikai kormány megrendelésére dolgozták ki. Manapság széles körű a felhasználása: mezőgazdaság, városi közlekedési rendszer, archeológia, navigáció, sport, mozgó testek követése.

Az Európai Unió elkészítette a saját navigációs rendszerét, amely a GPS analógiája és a Galileo nevet kapta.

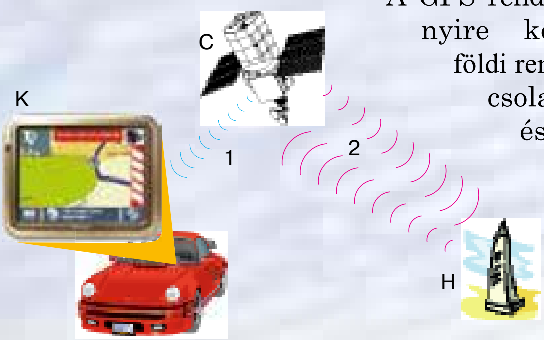
Hidrolokátor / szonár

Működési elve a radaréhoz hasonló, azzal a különbséggel, hogy a szonár nem rádió-, hanem hanghullámokat sugároz. Mint a rádióhullámok esetében, a hang vízben való terjedési sebességének (1500 m/s) és a kibocsátott, valamint a visszaverődött hanghullámok közötti időintervallum segítségével meghatározható az objektum távolsága és annak elhelyezkedése. Elsőként szonárt az első világháború éveiben (1914–1918) tengeralattjárók felderítésére, majd idővel a tengerek és óceánok domborzatának a vizsgálatára, halrajok megfigyelésére használták.

GPS

Arra hozták létre, hogy a felhasználó tíz méternyi pontossággal megállapíthassa saját koordinátáit a világ bármely pontján. Manapság nemcsak a hajók irányításában segít, hanem az egyszerű turista tájékozódásában is.

A GPS rendszer a Föld felszíne felett 20 000 km-nyire keringő nagyszámú műholdból és földi rendszerből áll. A műholdak állandó kapcsolatban vannak a földi rendszerekkel és ennek köszönhetően bármely pillanatban „tudják” saját helyzetüket a Földhöz viszonyítva. Minden GPS felhasználó megtudhatja saját helyzetét. Ennek érdekében a berendezés három-négy műholdtól egyidejűleg információt kap, a beépített számítógép pedig feldolgozza a bejövő adatokat.



A GPS rendszer működési elve:

C – műhold; H – földi rendszerek; K – GPS felhasználó; 1 – a felhasználó felé sugárzott jel; 2 – kommunikáció a földi rendszerekkel

Referátumok és beszámolók témái

1. Az emberiség életét megváltoztató találmányok.
2. A modern fizika őseink bölcsességének a bizonyítéka.
3. Az első etalonok létrehozásának története.
4. Milyen etalonokkal rendelkezik Ukrajna, és hol tárolja azokat?
5. A mérőeszközök fejlődése.
6. Milyenek a természet legapróbb objektumai?
7. Az ősi hossz- és időmértékek.
8. Hogyan született az atomról szóló tudomány.
9. A molekulák mérésének első kísérletei és a mai mérési módszerek.
10. Mit tud a nanotechnológia?
11. Diffúzió a környezetünkben.
12. Az emberiséget veszélyeztető meteoritok.
13. Mikro-, makro- és megavilág.
14. 10 érdekes tény a tudósok életéből.
15. Egy találmány története.
16. Arkhimédesz – ókori görög matematikus, fizikus és mérnök.
17. Arisztotelész – az ókor jelentős tudósa.
18. Galileo Galilei sikerei és tragédiája.
19. A XX. századi fizika géniuszai.
20. Az ukrán tudósok szerepe a modern technika fejlődésében.
21. A fizika legjelentősebb nemzetközi elismerése és a díj kitüntetettjei.

Kísérleti kutatások témái

1. A diffúzió folyamatának megfigyelése és vizsgálata.
2. Testek lineáris méreteinek meghatározása különféle eszközök segítségével. Hibaértékelés.
3. Testek felszínének meghatározása különféle módszerekkel.

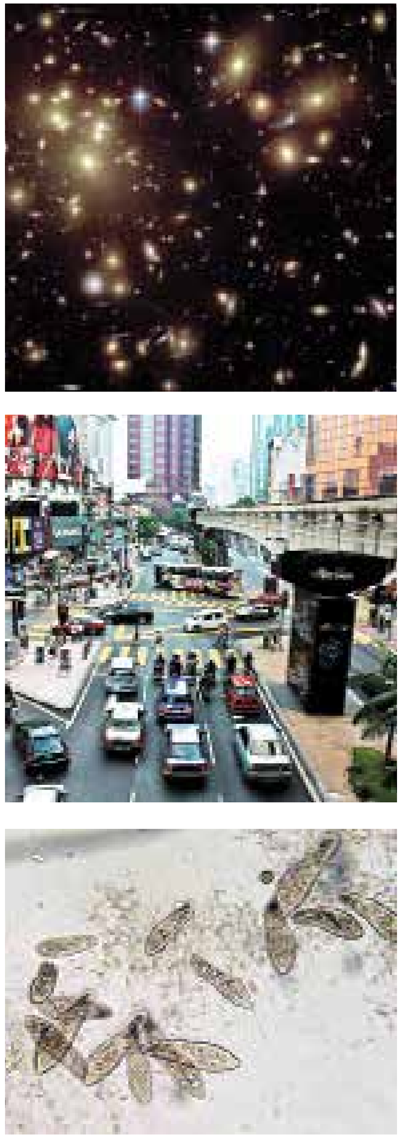
2. FEJEZET

MECHANIKAI MOZGÁS

- Tudjátok, hogyan határozható meg a test által megtett út.
  Most megtudhatjátok, hogyan határozható meg a test elmozdulása
- Van elképzelésetek róla, mi a pont.
  Megismerhetitek az anyagi pontot
- Megfigyelve a testet le tudjátok írni annak mozgását. Hamarosan megtanuljátok jellemezni a test mozgását grafikon segítségével
- Tudjátok, hogy a repülőgépet a földön töltik fel üzemanyaggal.
  Megtudhatjátok, hogyan végzik ezt a levegőben
- Ismeretes számotokra, hogy sok órában ingát használnak.
  Megtudhatjátok, hogy az inga milyen tulajdonságainak köszönheti a széles körű felhasználást

6. §. MECHANIKAI MOZGÁS. A MOZGÁS VISZONYLAGOSSÁGA. VONATKOZTATÁSI RENDSZER. ANYAGI PONT

Képzeljétek el, hogy vasúti kocsiban ültök és az ablakon keresztül látjátok a szomszédos vágányon álló vonatot. Hirtelen olyan benyomásotok támad, hogy a ti vonatotok indult el, amikor a szomszédos szerelvény kocsijai elmozdultak. Miután az ellentétes oldalon néztek ki a kocsiból, akkor értitek meg, hogy a ti vonatotok egy helyben áll. Ha nem lett volna ablak az ellenkező oldalon, meg tudtátok volna állapítani, hogy a ti vonatotok indult-e el?



6.1. ábra A világon minden mozgásban van: az óriási galaktikák, a minket körülvevő testek, a mikroszkopikus élőlények

1 Megismerkedünk a mechanikai mozgással

A világon minden mozgásban van (6.1. ábra): több milliárd éve, amióta csak létezik a világmindenség, a galaktikák távolodnak egymástól; a Föld kering a Nap körül, egy év alatt téve meg egy teljes fordulatot; a repülőgép néhány óra alatt Kijevből Párizsba ér; a vízcseppben a mikrobák állandóan ide-oda mozognak; a molekulák állandó mozgásban vannak.

Függetlenül a mozgás példáinak sokaságától, minden mozgó testnek van közös vonása: először, *minden mozgó test megváltoztatja térbeli helyzetét más testekhez viszonyítva*; másodszor, a *testek helyzetváltoztatása időben történik*.

A mozgás legegyszerűbb formája a *mechanikai mozgás*.

A **mechanikai mozgás** – valamely testnek vagy a test egy részének más testekhez viszonyított térbeli helyzetváltoztatása.

2 Meghatározzuk a vonatkoztatási rendszer fogalmát

Mozgás közben a test megváltoztatja a térbeli helyzetét. A test térbeli helyzetének a meghatározására *koordináta-rendszert* használnak, melyet egy kiindulási testhez viszonyítanak.

Azt a testet, amelyhez viszonyítjuk az adott test mozgását, **vonatkoztatási testnek** nevezzük.

Vonatkoztatási testként bármilyen test kiválasztható. Ez lehet vasúti kocsi vagy az

állomás peronja, az út mentén álló fa vagy az úton haladó gépkocsi. Vonatkoztatási test lehet a Föld, a Nap, esetleg valamelyik galaktika.

Szerintetek milyen vonatkoztatási testet célszerű kiválasztani, ha osztálytársaitok mozgását tanulmányozzátok a szünetben; tornaórán; kiránduláson?

Miután kiválasztották a vonatkoztatási testet, hozzárendelik a koordináta-rendszert. A koordináta-rendszert egy, két vagy három *koordinátatengely* alapján adhatjuk meg. A tengelyen fordított léptékben tüntetik fel a távolságot, például méterben, kilométerben (6.2., 6.3. ábrák).

A test helyzetváltoztatása nem egy pillanat alatt történik, hanem meghatározott idő elteltével, tehát a mechanikai mozgás tanulmányozásához *időmérő eszközre – órára* – is szükség van.

A vonatkoztatási test, a hozzárendelt koordináta-rendszer és az óra alkotja a **vonatkoztatási rendszert.**

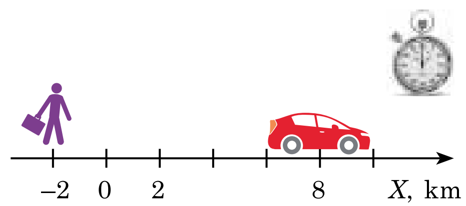
3 Megállapítjuk, mikor tekinthetjük a testet anyagi pontnak

Mozgásakor a test pontjai különbözőképpen mozognak. A gyakorlatban a test összes pontjának a mozgását nehéz vizsgálni, sokszor nincs is rá szükség. Amikor olyan test mozgását tanulmányozzuk, amelynek a mérete jelentősen kisebb az általa megtett út hosszától, akkor a testet fizikai modellel – *anyagi ponttal* – helyettesítik.

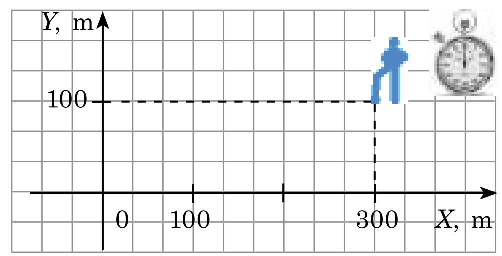
Az **anyagi pont** a test fizikai modellje, melynek méreteit az adott feladat feltételeiben figyelmen kívül hagyjuk.

Egyazon test az egyik feladatban tekinthető anyagi pontnak, a másik feladatban viszont nem.

Képzeljétek el az Odesszából Kijevbe tartó gépkocsit, majd ugyanezt az autót, amikor a parkolóban áll. Az első esetben a gépkocsi mozgásának tanulmányozása közben figyelmen kívül hagyhatjuk annak méreteit. Tehát nem vesszük figyelembe, hogy mozgás közben a gépkocsi különböző pontjai másként mozognak, mivel a megtett út jelentősen nagyobb, mint például a gépkocsi hossza. A második esetben már nem hagyhatjuk figyelmen kívül a gépkocsi méretét.



6.2. ábra. Hogy meghatározhassuk a gyalogos és a gépkocsi helyzetét az egyenes útszakaszon egy meghatározott pillanatban, elegendő egy koordináta: $x_{gy} = -2$ km, $x_g = 8$ km



6.3. ábra. Hogy meghatározzuk a focista helyzetét a pályán egy meghatározott pillanatban, két koordinátára van szükség: $x = 300$ m, $y = 100$ m

Mondjatok hasonló példákat, a vizsgálandó testnek válasszátok ki az emberi testet, a Földet, ceruzát, fát!

Jegyezzétek meg! A test koordinátáinak meghatározásakor a testet anyagi pontnak tekintjük. A továbbiakban, ha a test mozgásáról lesz szó, akkor azon az anyagi pont mozgását fogjuk érteni.

4 Megismerjük a mozgás és a nyugalom viszonylagosságát

Mivel a vonatkoztatási testet szabadon választhatjuk ki, ez azt jelenti, hogy a *mozgás és a nyugalom állapota is viszonylagos*.

Képzeljétek el az utast, amelyik ül a vasúti kocsiban, de közben utazik a vonaton (6.4. ábra). Az üléshez és a vagonhoz képest nem változtatja a helyzetét, tehát nyugalomban van, de a vasút menti fákhoz képest mozgást végez.

Ezeket a sorokat olvasva bizonyára az iskolában a padban, esetleg otthon az asztal mellett ültök. Próbáljatok meg kiválasztani olyan testeket, amelyekhez viszonyítva mozogtok, és olyanokat, amelyekhez képest nyugalomban vagytok.

A mozgás viszonylagossága lehetőséget ad az országúton mozgó jármű megállítására. Ehhez szükség van még egy gépkocsira, amely az elsővel együtt mozog, nem előzi meg azt és nem is marad le tőle. Ebben az esetben a két jármű egymáshoz képest nyugalmi állapotban van. Idézzétek fel, hogy a kaszkadőrök a nagy sebességgel haladó autóról átmásznak a mellette haladó másik autóra. Ezt az elvet használják ki, amikor repülés közben a levegőben töltik fel üzemanyaggal a repülőgépet (6.5. ábra).

Összefoglaló

A mechanikai mozgás a testnek vagy a test egy részének más testekhez viszonyított térbeli helyzetváltoztatása. Azt a testet, amelyhez viszonyítjuk az adott test mozgását, vonatkoztatási testnek nevezzük. A vonatkoztatási test, a hozzárendelt koordináta-rendszer és az óra

6.5. ábra. Az utas mozog a vonat melletti fákhoz víszonyítva, de nyugalmi állapotban van a vasúti kocsihoz képest

6.5. ábra. Tankolás a levegőben: a repülőgépek egymáshoz képest nyugalomban vannak

alkotja a vonatkoztatási rendszert. A mozgás és a nyugalmi állapot a vonatkoztatási rendszertől függ, tehát viszonylagos.

A fizikában a test mozgásának a tanulmányozása érdekében az egyszerűség kedvéért anyagi pontot használnak. Az anyagi pont a test fizikai modellje, melynek méreteit az adott feladat feltételeiben figyelmen kívül hagyjuk.

Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk mechanikai mozgásnak? Mondjatok példákat! 2. Mi a vonatkoztatási test? 3. Hogyan választják meg a koordináta-rendszert? 4. Milyen objektumok alkotják a vonatkoztatási rendszert? 5. A mozgó testet milyen esetben tekinthetjük anyagi pontnak? 6. Mit értettek azon, hogy *a mechanikai mozgás viszonylagos*?

6. gyakorlat

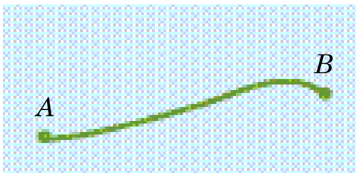
1. Határozzátok meg, milyen testekhez viszonyítva vizsgálják a mozgást: a) egy darab habszivacs mozdulatlanul lebeg a folyóban; b) a gépkocsi mellett „elsuhannak" az út menti oszlopok; c) a Nap reggel keleten kel fel és este nyugaton nyugszik le!
2. Jakiv Perelman (1882–1942) az *Érdekes fizika* című könyvében egy esetről ír, ami a XX. század elején történt egy pilótával (abban az időben nem volt akkora légiforgalom, mint napjainkban, a pilóta kabinja pedig nyitott volt). Két kilométer magasságban a pilóta egy tárgyat vett észre az arca előtt. Azt gondolta, hogy légy, és elkapta azt. Mint kiderült, a „légy" valójában egy puskagolyó volt. Hogyan kaphatta el a pilóta a golyót?
3. Tekinthető-e az űrhajó anyagi pontnak, ha: a) a Föld és a Mars között repül; b) leszállást hajt végre a Mars felszínén?
4. Az egyenes út mentén található fa, kőoszlop és közlekedési lámpa koordinátái a következők: $x_f = -1$ km, $x_k = 2$ km, $x_l = 3{,}5$ km. Szerkesszétek meg a koordinátatengelyt, jelöljétek be a kezdőpontját és a felsorolt testek helyét! Határozzátok meg a testek közötti távolságokat!
5. A kiránduló először az $x = 200$ m, $y = 100$ m koordinátájú A pontban volt. Egy óra múlva elsétált az A ponttól az 1,5 km-rel délebbre lévő B pontba, majd fél órával később eljutott a B ponttól 400 m-rel nyugatabbra lévő C pontba. Rajzoljátok be a füzetbe a koordináta-rendszert, tüntessétek fel az említett pontokat, és határozzátok meg azok koordinátáit! Úgy tekintjük, hogy az OX tengely mutatja a keleti irányt, az OY tengely pedig az északit.

Kísérleti feladat

Rendeljetek az asztalotokhoz kétdimenziós koordináta-rendszert, amelyben a kezdőpont az asztal valamelyik sarka, a tengelyei pedig a kiválasztott sarokhoz tartozó szélek. Határozzátok meg a radírgumi, az asztali lámpa vagy egyéb tárgy koordinátáit! A munkáról rajzzal számoljatok be, amelyen feltüntetitek a koordináta-rendszert, a léptéket, a tárgyak elhelyezkedését és koordinátáit!

7. §. MOZGÁSPÁLYA. MEGTETT ÚT. ELMOZDULÁS

Vegyetek egy papírlapot. Jelöljetek meg rajta *A* és *B* pontokat, majd kössétek össze görbe vonallal (7.1. ábra). Ez a vonal egybeesik a ceruza hegyének a *mozgáspályájával,* vagyis azzal a vonallal, amelynek minden pontján mozgás közben áthaladt a ceruza hegye. A következő paragrafusban arra is választ kaphattok, hogy mi a mozgáspálya.



7.1. ábra. A papíron ott maradt a ceruza mozgáspályája

7.2. ábra. Néha a nyomok alapján könnyű megállapítani a mozgáspályát

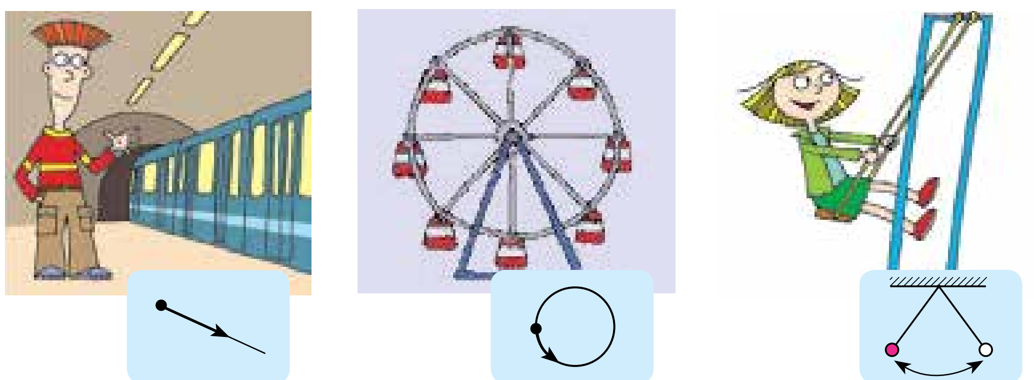
1 Megismerkedünk a mozgáspályával

A **mozgáspálya** – a mozgó pont által a térben leírt képzelt vonal.

Általában szemmel nem érzékeljük a mozgáspályát, de vannak kivételek. Felhőtlen időben látható a repülőgép mögött húzódó kondenzcsík*. Ez alapján megállapítható a repülőgép mozgáspályája.

? Szerintetek milyen testek mozgáspályája látható a 7.2. ábrán? Vajon milyen esetekben készítik el előre a mozgáspályát?

A mozgáspálya különféle formájú lehet: egyenes, kör, ív, törött vonal. *A mozgáspálya alakja szerint megkülönböztetünk egyenes vonalú és görbe vonalú mozgást* (7.3. ábra).



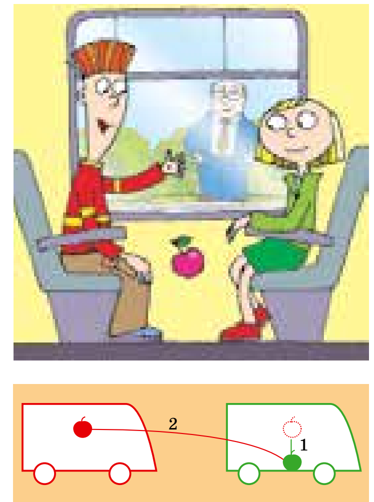
a b c

7.3. ábra. A metrószerelvény mozgása (*a*) – az egyenesvonalú mozgás példája; az óriáskerék kabinja (*b*) és a hinta (*c*) görbe vonal mentén mozog. A nyilak a mozgás irányát mutatják

* Azt, hogy hogyan jön létre és miből áll ez a csík, a 8. osztályos fizika tananyagából tudhatjátok meg.

i A mozgáspálya formája a vonatkoztatási rendszer kiválasztásától függ.

Felhozunk egy példát. Az autóbuszon utazó kisfiú kezéből kiesett az alma (7.4. ábra). A buszon vele szemben ülő kislány számára az alma egy rövid egyenes mentén mozdult el. Ebben az esetben a vonatkoztatási rendszer a busz belső részéhez kötődik. Viszont ezen idő alatt az alma együtt mozgott az autóbusszal, tehát az út szélén álló személy már teljesen más formájú mozgáspályát figyelhetett meg. Ebben az esetben a vonatkoztatási rendszer az úttal kapcsolatos.



7.4. ábra. Az alma mozgáspályája a busz utasai számára az egyenes egy szakasza (a rajzon az *1. vonal*), az út szélén álló személy számára – görbe vonal (a rajzon a *2. vonal*)

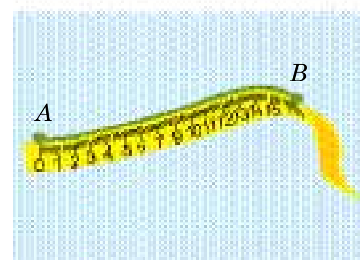
2 Kiderítjük, mi a különbség a megtett út és a mozgáspálya között

Felidézzük a paragrafus elejét (l. a 7.1. ábrát). Hogy meghatározzuk a ceruza hegye által a görbe vonalon megtett utat, le kell mérnünk a vonal hosszát, vagyis meghatározni a mozgáspálya hosszát (7.5. ábra).

A **megtett út** – a mozgáspálya hosszával egyenlő fizikai mennyiség.

A megtett utat *l* betűvel jelölik. *A megtett út mértékegysége a SI rendszerben a* **méter**:

$$[l] \quad \mathbf{m}.$$



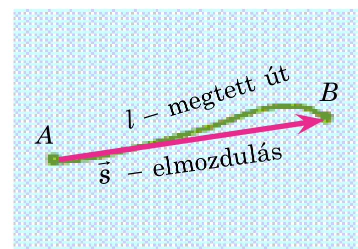
7.5. ábra. A mozgáspálya hosszának mérése

Használatosak a megtett út mértékegységének a többszörösei és törtrészei is, például a *milliméter* (mm), *centiméter* (cm), *kilométer* (km).

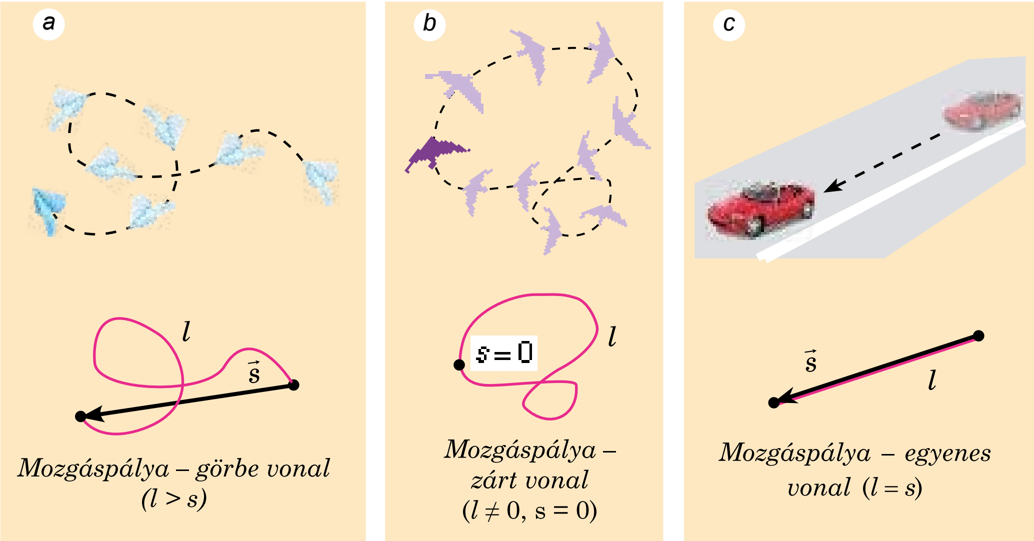
1 mm = 0,001 m
1 cm = 0,01 m
1 km = 1000 m

A test által megtett út eltérő a különböző vonatkoztatási rendszerekben. Emlékezzünk vissza az almára a buszon (l. a 7.4. ábrát): az utasok számára az alma megközelítőleg fél métert tett meg, az út szélén álló ember számára néhány métert.

Visszatérünk a 7.1. ábrához és az *A* és *B* pontokat egy nyílban végződő egyenessel kötjük össze. (7.6. ábra). *Irányított szakaszt* kapunk, amelyik megmutatja, *milyen irányban* és *milyen távolságra mozdult el* a ceruza hegye.



7.6. ábra. Az elmozdulás megmutatja, milyen irányban és milyen távolságra mozdult el a test egy bizonyos idő alatt



Mozgáspálya – görbe vonal ($l > s$)

Mozgáspálya – zárt vonal ($l \neq 0$, $s = 0$)

Mozgáspálya – egyenes vonal ($l = s$)

7.7. ábra. A test által megtett út (*l*) és az elmozdulás (*s*) összehasonlítása

Az egyenesnek a test mozgása kezdeti és végpontját összekötő irányított szakaszát **elmozdulásnak** nevezzük.

Az elmozdulás jele $\vec{s}$.

A fizikai mennyiségen lévő nyíl azt mutatja, hogy az *elmozdulás vektormennyiség**. Hogy helyesen jellemezhessük az elmozdulást, annak nemcsak a számszerű értékét (modulusát) kell megadnunk, hanem az irányát is.

Az elmozdulás modulusát, tehát azt a távolságot, amelyre valamilyen irányban elmozdult a test, szintén *s*-sel jelölik, de a vektor jele nélkül.

Az *elmozdulás mértékegysége* a SI rendszerben ugyancsak a **méter**:

$$[\vec{s}] \quad \mathbf{m}.$$

Általában az elmozdulás nem esik egybe a mozgáspályával (7.7. *a, b* ábra), ezért a test által megtett út nagyobb az elmozdulás modulusánál. Az elmozdulás és a megtett út csak abban az esetben egyenlő, ha a test egyenes vonalon mozog meghatározott irányban (7.7. *c* ábra).

Összefoglaló

A mozgó pont által a térben leírt feltételes vonalat mozgáspályának nevezzük. A mozgáspálya formája szerint egyenes vonalú és görbe vonalú mozgást különböztetünk meg.

* Az értékkel és iránnyal rendelkező fizikai mennyiségeket *vektormennyiségeknek* nevezzük, azokat pedig, amelyek csak mennyiségi értékkel rendelkeznek – *skaláris mennyiségeknek*.

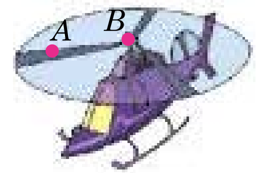
Az *l* megtett út az a fizikai mennyiség, amelyik a mozgáspálya hosszával egyenlő. Az $\vec{s}$ elmozdulásnak az egyenesnek a test mozgása kezdeti és végpontját összekötő irányított szakaszt nevezzük. A megtett út és az elmozdulás mértékegysége a SI rendszerben a méter (m).

Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk mozgáspályának? 2. Mit nevezünk megtett útnak? 3. Nevezzétek meg a megtett út mértékegységét a SI rendszerben! 4. Miért lehetetlen meghatározni a test végső helyzetét, ha csupán a megtett utat ismerjük? 5. Mit nevezünk elmozdulásnak? 6. Hogyan jelölik az elmozdulást az ábrákon? 7. Milyen esetben egyezik meg az elmozdulás modulusa a megtett út hosszával? 8. Függ-e a mozgáspálya, a megtett út és az elmozdulás a vonatkoztatási rendszer kiválasztásától? Mondjatok példákat!

7. gyakorlat

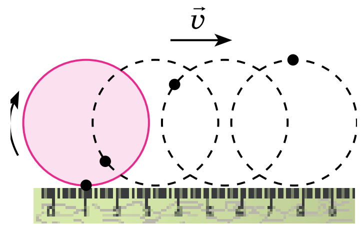
1. A focista egy meccs alatt közel 10 km-t fut. Ebben az esetben a 10 km a játékos által megtett út vagy az elmozdulás modulusa? Mekkora lehet a focista elmozdulásának legkisebb értéke a játék folyamán?



2. A helikopter függőlegesen emelkedik (l. a rajzot). Ábrázoljátok a helikopter szárnyain lévő *A* és *B* pontok mozgáspályáját: a) a pilótához viszonyítva; b) a Földhöz viszonyítva!
3. A vonat utasa az első fülkéből átment a negyedikbe. Ezen idő alatt a vonat 400 m-t tett meg. A két fülke közötti távolság 7,5 m. Határozzátok meg, mekkora utat tett meg az utas a vonathoz viszonyítva; a Földhöz viszonyítva, ha az utas: a) a vonattal megegyező irányban; b) a vonattal ellentétes irányban mozgott!
4. A test az $x_0 = 4$ m, $y_0 = -3$ m koordinátájú *A* pontban volt, majd bizonyos idő elteltével elmozdult az $x = -4$ m, $y = 3$ m koordinátájú *B* pontba. Rajzoljátok be a füzetbe a koordináta-rendszert, tüntessétek fel rajta az *A* és *B* pontokat, szerkesszétek meg az elmozdulásvektort és határozzátok meg a modulusát! A feladat adatainak a segítségével meghatározható-e a test által megtett út?
5. A motorkerékpáros a cirkusz arénájában 8 mp alatt teszi meg a 13 m sugarú körvonalat. Határozzátok meg a motorkerékpáros által megtett utat és az elmozdulás modulusát: a) mozgásának 4 mp-e alatt; b) mozgásának 8 mp-e alatt!
6. Városotok térképét felhasználva szerkesszétek meg mozgáspályátokat az otthonotoktól az iskoláig! Határozzátok meg az általatok megtett utat, valamint az elmozdulás modulusát!
7. Oldjátok meg az egyenleteket: a) $5 = 2t$; b) $4 + x = 2x$; c) $1{,}8 = \frac{27}{y}$!

Kísérleti feladat

Ciklois. A ciklois olyan görbe, amelyet az egyenes vonalúan mozgó jármű kerekének egy meghatározott pontja ír le. Szerkesszetek cikloist! Ennek érdekében:



1) készítsetek el egy 2–3 cm átmérőjű papír körlapot – ez lesz a kerék. Vegyetek fel a körvonalon egy pontot;
2) tegyétek a vonalzót egy papírlapra, a körlapot pedig helyezzétek a vonalzó mellé, hogy érintse azt;
3) forgatva a körlapot a vonalzó mentén, jegyezzétek meg a rajta felvett pont helyzetét (lásd a rajzot);
4) a megjelölt pontokat kössétek össze görbe vonallal!
Jelöljetek meg még 2–3 pontot, átlyukasztva a körlapot, többek között a körlap középpontját is! Szerkesszétek meg mindegyik pont mozgáspályáját!

Fizika és technika Ukrajnában

Jevhen Paton (1870–1953) – a jelenleg a nevét viselő Hegesztési Intézet megalapítója, közel 100 hegesztési projekt megvalósítója. Többek között ő alkotta meg a világ első olyan hídját, amely egy összehegesztett darabból áll, Kijevben ez ma Paton nevét viseli.

A második világháborúban (1939–1945) Paton bevezette az automatikus hegesztés technológiáját, amivel nagy lépést tett az ország védelmi képességének a növelésében. Az általa kidolgozott gyorshegesztő automaták nagyban megkönnyítették a nehéz járművek gyártását és a kezelésükkel a nem túl képzett munkások is elboldogultak. Ennek köszönhetően sok nő és fiatal férfi dolgozott az említett automatákkal.

A háború utáni években Paton vezette a hegesztés tudományos alapjait lerakó kutatócsoportot.

8. §. EGYENLETES MOZGÁS. SEBESSÉG

Autóversenyek közvetítése közben gyakran hallani olyan mondatokat: „A győztes autó sebessége a célegyenesben 250 kilométer óránként”; a tévében az időjárásjelentésben: „A széllökések sebessége 20 méter másodpercenként”. Mit jelentenek ezek a mondatok? Hogyan lehet összehasonlítani ezeket a sebességeket?

1 Megismerkedünk az egyenletes mozgással

A *sebesség* szót már gyerekkorotok óta ismeritek. Ezért, ha azt halljátok, hogy az autó sebessége 20 méter másodpercenként, akkor tudjátok, hogy az autó ilyen sebesség mellett minden másodpercben 20 méter távolságot tesz meg.

Mekkora távolságot tesz meg ez az autó 10 másodperc alatt; 0,1 másodperc alatt?

A többség így válaszolna: 10 s alatt 200 m-tesz meg, fél másodperc alatt pedig 10 m-t, 0,1 s alatt 2 m-t. Ezek a válaszok abban az esetben helyesek, ha azt feltételezzük, hogy az autó *bármekkora* (kis vagy nagy) *azonos időintervallumban egyenlő távolságot tesz meg*, vagyis a jármű mozgása *egyenletes*.

Az **egyenletes mozgás** olyan mechanikus mozgás, melyben tetszőleges egyenlő időközök alatt a test egyenlő utat tesz meg.

Figyeljétek meg a következő szavakat: *tetszőleges* egyenlő időközök alatt. Néha a *változó mozgás* vizsgálata közben is találhatunk olyan időközöket, amikor a test azonos távolságokat tesz meg. Például az úszó 30 s-ként úszik le egy medencehosszat (25 m), viszont mégsem állíthatjuk, hogy egyenletesen mozog, mert a fordulók alatt csökken a sebessége.

2 Tanulmányozzuk az egyenes vonalú egyenletes mozgást

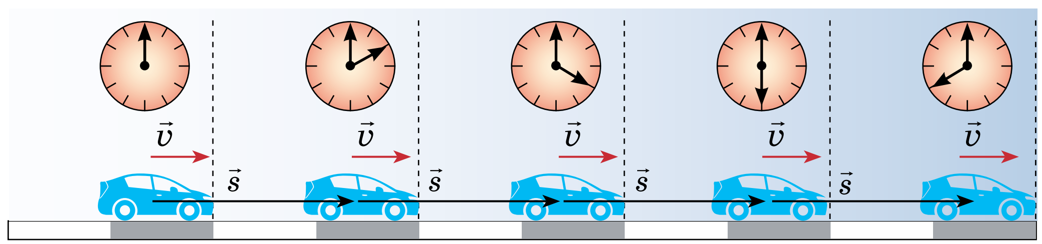
Ha a gépkocsi egyenletesen mozog az egyenes útszakaszon, akkor azonos időközökben egyenlő elmozdulást végez (8.1. ábra), vagyis azonos utat tesz meg, és változtatja a mozgásirányát. Ezt a mozgást *egyenes vonalú egyenletes mozgásnak* nevezzük.

Az **egyenes vonalú egyenletes mozgás** olyan mechanikus mozgás, melyben tetszőleges egyenlő időközök alatt a test egyenlő elmozdulásokat végez.

Az egyenes vonalú egyenletes mozgás a legegyszerűbb mozgástípus, mellyel a mindennapi életben nagyon ritkán találkozunk. Példaként felhozhatjuk a gépkocsi mozgását egyenes útszakaszon (fékezés és gyorsulás nélkül), a golyó egyenletes esését a folyadékban, az ejtőernyős ereszkedését az ernyő szétnyílása után.

3 Megfogalmazzuk az egyenletes mozgás sebességének a meghatározását

Reméljük, egyikőtöknek sem jelent gondot meghatározni az egyenletes mozgás sebességét, például egy gyalogosét, amely 30 m-t tett meg 20 s alatt.



8.1. ábra. Az egyenes vonalú egyenletes mozgást végző gépkocsi tetszőleges egyenlő időközök alatt egyenlő elmozdulást végez

A matematikából már tudjátok, hogy ennek érdekében a gyalogos által megtett utat (l = 30 m) elosztjuk az út megtételéhez szükséges idővel (t = 20 s).

Az **egyenletes mozgás sebessége** (v) olyan fizikai mennyiség, amely a test által megtett l útnak és ezen út megtételéhez szükséges t időnek a hányadosával egyenlő:

$$v = \frac{l}{t}.$$

Jegyezzétek meg! Az egyenes vonalú egyenletes mozgás esetében az elmozdulás modulusa egyenlő a megtett úttal (s = l), ezért a sebességet a következő képletek bármelyikével kiszámíthatjuk:

$$v = \frac{s}{t} \text{ vagy } v = \frac{l}{t}.$$

A Nemzetközi Mértékegység-rendszerben az utat méterben mérik, az időt – másodpercekben, ezért a *sebesség mértékegysége* a SI rendszerben a **méter másodpercenként**:

$$[v] = \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ olyan egyenletes mozgás sebessége, amikor a test 1 s alatt 1 m-t tesz meg.

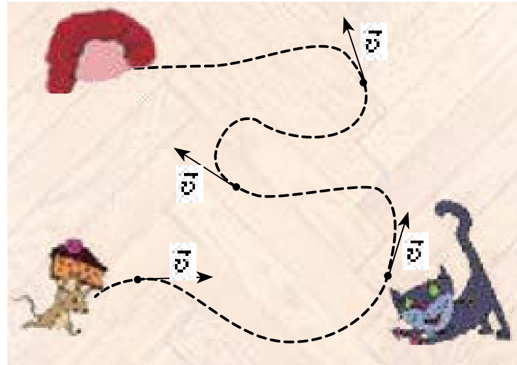
A sebességet *sebességmérővel* mérik.

4 Jellemezzük a sebességet

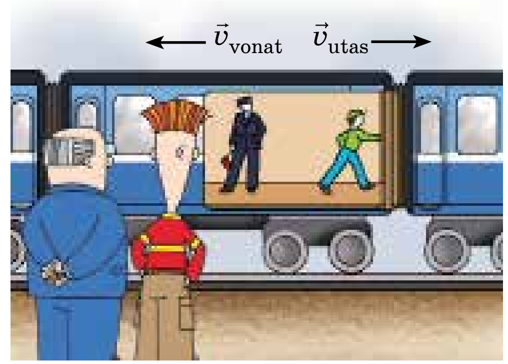
A *sebesség – vektormennyiség*: nemcsak értéke, hanem iránya is van. Az ábrákon a sebesség irányát nyilakkal jelölik (l. a 8.1., 8.2. ábrákat). Ha a test egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, a sebesség értéke és iránya változatlan marad (l. a 8.1. ábrát). Ha a test egyenletesen görbe vonal mentén mozog, akkor a sebesség értéke változatlan marad, az iránya viszont folyton változik (l. a 8.2. ábrát).

A sebesség értéke és iránya attól függ, milyen testhez viszonyítva vizsgálják a mozgást. Képzeljétek el, hogy egy kelet felé tartó vonaton ültök (8.3. ábra). Az állomásokon a vonat sebessége $v_{\text{utas}} = 5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$, ezalatt egy másik utas megy végig a vagonban $v_{\text{utas}} = 0{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel a vonatéval ellentétes irányban.

Szerintetek azonos lesz az utas sebessége hozzátok, illetve a peronon álló emberekhez viszonyítva? Természetesen nem. Hozzátok képest az utas $0{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel halad nyugat felé, míg a peronon álló emberekhez viszonyítva a vonattal együtt $4{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ sebességgel mozog.



8.2. ábra. Görbe vonalú mozgás esetén a sebesség iránya állandóan változik



8.3. ábra. A sebesség értéke és iránya attól függ, hol helyezkedik el a megfigyelő

A sebesség értéke nemcsak méter per másodpercben adható meg, hanem más egységekben is.

Például a gépkocsi 36 kilométeres óránkénti sebességgel halad $\left(v_{\text{a}} = 36\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$, az űrhajó 8 kilométeres másodpercenkénti sebességgel száguld $\left(v_{\text{ű}} = 8\,\frac{\text{km}}{\text{s}}\right)$, a csiga sebessége 18 centiméter percenként $\left(v_{\text{cs}} = 18\,\frac{\text{cm}}{\text{min}}\right)$.

Feladatok megoldásához meg kell tanulnotok átszámítani a sebesség mértékegységét egyik egységből a másikba. Ez hogyan történik? Példán megvizsgáljuk.

A gépkocsi sebessége 36 km/h. Hogy átszámíthassuk méter per másodpercé, felidézzük: 1 h = 3600 s, 1 km = 1000 m. Ekkor:

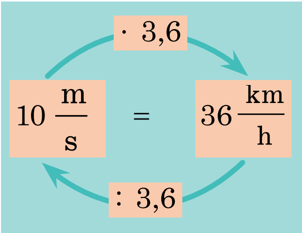
$$\frac{36\text{ km}}{1\text{ h}} = \frac{36 \cdot 1000\text{ m}}{3600\text{ s}} = 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Számítsátok át az űrhajó és a csiga sebességét méter per másodpercbe!

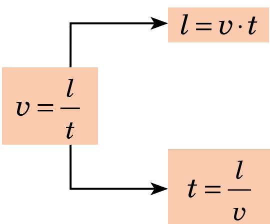
A sebesség mértékegységét akkor a legnehezebb átszámítani, ha az eredetileg méter per másodpercben van megadva, viszont az átszámítás menete akkor is változatlan.

Például a repülőgép sebessége 250 m/s. Átszámítjuk kilométer per órába (felidézzük, hogy 1 m = 0,001 km; 1 s = $\frac{1}{3600}$ h):

$$250\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{250\text{ m}}{1\text{ s}} = \frac{250 \cdot 0{,}001\text{ km}}{\frac{1}{3600}\text{ h}} = 250 \cdot 0{,}001 \cdot 3600\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 250 \cdot 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 900\,\frac{\text{km}}{\text{h}}.$$



8.4. ábra. Sebesség átszámítása méter per másodpercből kilométer per órába, és ellenkezőleg



Hogy a méter per másodpercben megadott sebességet átszámíthassátok kilométer per órába (és ellenkezőleg), használjátok a 8.4. ábrán bemutatott sémát

5 Meghatározzuk a test által megtett utat és a mozgás időtartamát

A matematikából már tudjátok: ha ismert a sebesség és az idő, meghatározható a megtett út – a sebességet meg kell szorozni az idővel:

$$l = vt,$$

ahol l – a megtett út, v – a mozgás sebessége, t – az idő.

Ha ismeretes a test által megtett út és a test sebessége, meghatározható az út megtételéhez szükséges idő – az utat el kell osztani a sebességgel:

$$t = \frac{l}{v}.$$

Az út, a sebesség vagy az idő meghatározásához használhatjátok a 8.5. ábrán látható bűvös háromszöget.

Összefoglaló

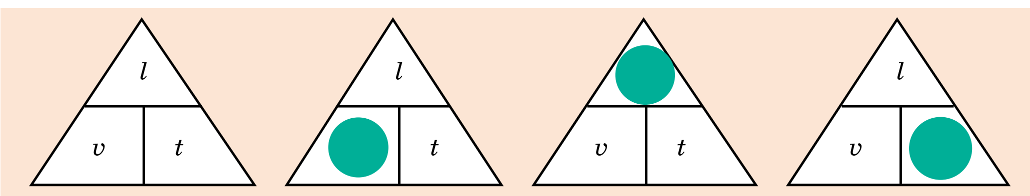
Az egyenletes mozgás olyan mechanikus mozgás, melyben tetszőleges egyenlő időközök alatt a test egyenlő utat tesz meg.

Az egyenes vonalú egyenletes mozgás olyan mechanikus mozgás, melyben tetszőleges egyenlő időközök alatt a test egyenlő elmozdulást végez.

Az egyenletes mozgás sebessége olyan fizikai mennyiség, amely a test által megtett útnak és ezen út megtételéhez szükséges időnek a hányadosával egyenlő: $v = \frac{l}{t}$.

A sebesség mértékegysége a SI rendszerben a méter per másodperc (m/s).

A sebesség mértékét sebességmérővel határozzák meg. A sebesség értéke és iránya a vonatkoztatási rendszer kiválasztásától függ.



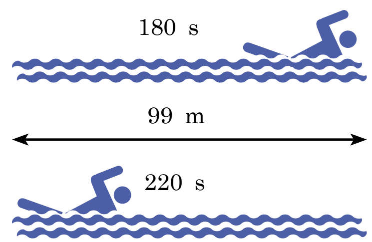
$v = \frac{l}{t}$ $\quad l = v \cdot t$ $\quad t = \frac{l}{v}$

8.5. ábra. Ha a keresett mennyiség betűjelét letakarjátok (az út, idő vagy sebesség), megkapjátok a meghatározására szolgáló képletet

Ellenőrző kérdések

1. Milyen mozgást nevezünk egyenletesnek? 2. Milyen mozgást nevezünk egyenes vonalú egyenletes mozgásnak? 3. Hogyan határozzuk meg az egyenletes mozgást végző test sebességét? 4. Soroljátok fel a sebesség mértékegységeit! 5. A gépkocsi sebességmérő műszerének a beosztása km/h. Hogyan lehet megadni a megmért sebességet m/s-ban? 6. Hogyan határozható meg a test által megtett út, ha ismeretes a test sebessége és az út megtételéhez szükséges idő? 7. Hogyan határozható meg az út megtételéhez szükséges idő, ha ismert a test sebessége és az általa megtett út?

8. gyakorlat



1. Az antilopcsorda viszonylag hosszú ideig képes 80 km/h sebességgel szaladni. Mekkora utat tesz meg a csorda fél óra alatt?
2. Az úszók sebességét állandónak feltételezve (l. a rajzot), határozzátok meg mindegyik úszó sebességét!
3. Melyik sebesség nagyobb: 16 m/s vagy 54 km/h?
4. Adjátok meg méter per másodpercben: 18 km/h; 108 km/min; 72 cm/min!
5. Adjátok meg kilométer per órában: 2 m/s; 30 km/min; 20 cm/s!
6. A csillagászatban használatos a hosszúság jelölésére szolgáló *fényév* kifejezés, amely a csillagok közötti távolság meghatározására szolgál. Egy fényév az a távolság, amelyet a fény 1 év alatt tesz meg vákuumban. Adjátok meg ezt a távolságot kilométerben, ismerve, hogy a fény sebessége a vákuumban 300 000 km/s!
7. Felhasználva az internet és egyéb források nyújtotta lehetőségeket, készítsetek bemutatót a sebességről az élő természetben, vagy a modern közlekedési eszközök sebességéről!

Gyakorlati feladat

Autóverseny. Szervezzetek barátaitokkal autóversenyt. A játékautókhoz cérnát köttök, annak másik végét pedig ceruzához rögzítitek. Az autókat a ceruza forgatásával mozgathatjátok (l. a rajzot). Ki lesz a leggyorsabb? Mekkora az autók sebessége? Milyen eszközök szükségesek a sebesség meghatározásához? A verseny eredményét táblázat formájában adjátok meg!

9. §. GYAKOROLJUK A FELADATOK MEGOLDÁSÁT

A mindennapi életben már találkoztatok fizikai feladatok megoldásával, sőt már oldottatok is ilyen feladatokat. Meg vagytok lepődve? Megvizsgálunk néhány fizikai feladatot, elmagyarázzuk a megoldásuk menetének főbb fázisait, és a továbbiakban már ti is úgy álltok majd a feladatok megoldásához, mint a valódi fizikusok.

1. feladat. Feltételezzük, hogy a tanóra kezdetéig 15 perc maradt. Már tudjátok, hogy a házatok és az iskola közötti távolság 1800 m. Idejében értek-e az órára, ha $3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel fogtok menni az iskolába? Mekkora az a legkisebb sebesség, amellyel még eléritek az óra kezdetét?

A fizikai probléma elemzése. A feladat feltétele szerint meg kell határozni:

1) azt a t_1 időt, ami alatt az iskolába értek a megadott v_1 sebességgel;

2) azt a v_2 sebességet, amellyel haladnotok kell, hogy legkésőbb 15 perc alatt az iskolában legyetek (t_2 = 15 min).

A mozgást egyenletesnek fogadjuk el.

A sebesség $\frac{\text{km}}{\text{h}}$-ban van megadva, az út viszont SI egységben. Átszámítjuk a sebességet és az időt SI egységbe:

15 min = 15 · 60 s = 900 s;

$$3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{3{,}6 \cdot 1000\ \text{m}}{3600\ \text{s}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Befejezve az elemzést, felírjuk a feladat feltételeit.

Adva van: $l = 1800$ m $v_1 = 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ t_2 = 15 p = 900 s *Meghatározni:* t_1 – ? v_2 – ?	*A matematikai modell felállítása.* Mivel a mozgás egyenletes, ezért felhasználjuk az egyenletes mozgás sebességének meghatározására szolgáló képletet: $v = \frac{l}{t}$.

1. fázis – A fizikai probléma elemzése

1. Figyelmesen olvassuk a feladat adatait, tisztázzuk, milyen fizikai szituációt vizsgálunk, milyen fizikai mennyiségekről van szó.

2. Tisztázzuk, milyen egységekben fogunk számolni. Általában a feladatokat SI egységekben oldják meg.

3. Ha szükséges, rajzot készítünk. A rajz gyakran segít a feladat megoldásában.

4. Felírjuk a feladat adatait, az *Adva van* szó után írjuk a mennyiségek betűjelét és azok értékét a kiválasztott egységekben. A *Meghatározni* szó után a keresett fizikai mennyiségek betűjeleit írjuk.

2. fázis – Matematikai modell felállítása

1. A fizikában a számítások előtt felírjuk a felhasználandó képleteket. Ezeket az *Adva van* szótól jobbra írjuk le.

2. Figyelembe vesszük a feladat feltételeit, és megpróbálunk egyéb adatokat találni.

Megoldás. Felírjuk a keresett mennyiségek (t_1 és v_2) meghatározására szolgáló képleteket:

$$v_1 = \frac{l}{t_1},\ \text{ezért}\quad t_1 = \frac{l}{v_1};\ \ v_2 = \frac{l}{t_2}.$$

Ellenőrizzük a keresett mennyiségek mértékegységeit:

$$[t_1] = \text{m} : \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{m} \cdot \text{s}}{\text{m}} = \text{s}\ ;\ \ v_2 = \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Meghatározzuk a keresett mennyiségek számértékeit:

$$t_1 = \frac{1800}{1} = 1800\ (\text{s});\ \ t_1 = 30\,\text{min};$$

$$v_2 = \frac{1800}{900} = 2\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right);\ v_2 = 7{,}2\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right).$$

Vegyétek figyelembe! A keresett mennyiség képletébe a számértékekkel együtt beírhatjuk a mértékegységeket is. Ebben az esetben a következőket kapjuk:

$$t_1 = \frac{1800\ \text{m}}{1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{1800\ \text{m} \cdot \text{s}}{1\ \text{m}} = 1800\ \text{s} = 30\,\text{min};$$

$$v_2 = \frac{1800\ \text{m}}{900\ \text{s}} = 2\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 7{,}2\,\frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

Az eredmények elemzése. Mivel $t_1 > t_2$, ezért a $v_1 = 3{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ sebességgel nem éritek el az óra kezdetét. Hogy ne késsetek el, nagyobb sebességgel kell haladnotok. Megoldásként épp ilyen sebességet kaptunk. Tehát a kapott eredmény hihető.

Felelet: $t_1 = 30$ min; $v_2 = 2\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 7{,}2\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

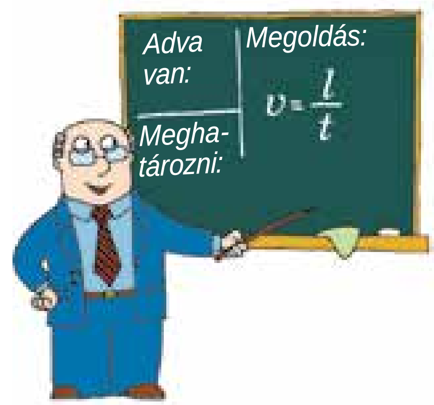
3. fázis – Megoldás. A kapott eredmények elemzése

1. Megoldjuk az ismeretlent meghatározó egyenletet.

2. Ellenőrizzük a keresett mennyiség mértékegységét. A képletbe csak a mértékegységeket helyettesítjük be számok nélkül. Ha a végeredmény más mértékegység lesz, mint a keresett, akkor újra átnézzük a képletet és igyekszünk rájönni, hol hibáztunk.

3. Elvégezzük a szükséges számításokat, majd elemezzük az eredményt, elsősorban a józan logika szerint (az otthontól az iskoláig nem tart az út egy másodpercig, esetleg egy napig).

4. fázis – Beírjuk a feleletet



2. feladat. A tavon egyenes vonalú egyenletes mozgást végezve két jacht halad egymással szemben. A megfigyelés kezdetekor a közöttük lévő távolság 1500 m volt. Az első jacht sebessége 36 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$, a másiké 54 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Mennyi idő múlva találkoznak a jachtok? Mekkora távolságot tesz meg a találkozásig az első jacht?

A fizikai probléma elemzése. A jachtok egymással szemben haladnak. Ez azt jelenti, hogy $v = v_1 + v_2$ sebességgel közelednek egymáshoz, és ezzel a sebességgel teszik meg az $l = 1500$ m távolságot.

A feladatot SI egységekben oldjuk meg.

Adva van:

$v_1 = 36\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 10\,\frac{\text{km}}{\text{s}}$

$v_2 = 54\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = 15\,\frac{\text{km}}{\text{s}}$

$l = 1500$ m

Meghatározni:

t – ?

l_1 – ?

A matematikai modell meghatározása, megoldás. A mozgás sebességének meghatározása szerint $v = \frac{l}{t} \Rightarrow t = \frac{l}{v}$ (*).

Mivel $v = v_1 + v_2$, ezért $t = \frac{l}{v_1 + v_2}$.

Ismerve a t időt és a v_1 sebességet, meghatározzuk az l_1 utat, melyet az első jacht tesz meg a találkozásig: $l_1 = v_1 \cdot t$.

Ellenőrizzük a keresett mennyiségek mértékegységeit:

$$[t] = \frac{\text{m}}{\frac{\text{m}}{\text{s}} + \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{\text{m}}{\frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{\text{m}\cdot\text{s}}{\text{m}} = \text{s}; \quad [l_1] = \frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot\text{s} = \frac{\text{m}\cdot\text{s}}{\text{s}} = \text{m}.$$

Meghatározzuk a keresett mennyiség számértékét:

$$t = \frac{1500}{10+15} = \frac{1500}{25} = 60 \text{ (s)}; \quad l_1 = 10\cdot 60 = 600 \text{ (m)}.$$

Az eredmények elemzése. Mivel az első jacht lassabb a másodiknál, ezért a találkozásuk pillanatáig a másodiknál kisebb távolságot tesz meg. Ilyen eredményt is kaptunk: $l_1 = 600$ m, az l_2 ennek megfelelően 1500 m – 600 m = 900 m. Tehát az eredmény valós.

Felelet: $t = 60$ s; $l_1 = 600$ m.

9. gyakorlat

1. Az AN-158 ukrán gyártmányú repülőgép utazósebessége** 820 km/h. Mennyi idő alatt tesz meg a repülőgép 410 km-t?

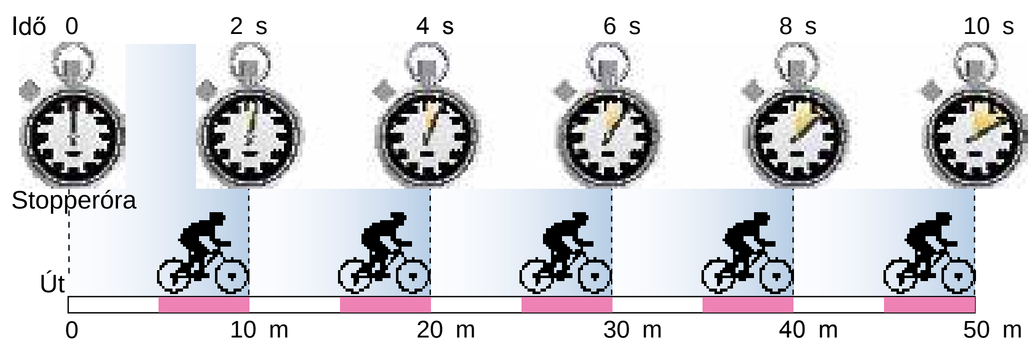
* A ⇒ szimbólum a szöveg leírásának az egyszerűsítését szolgálja. Itt azt jelenti: mivel $v = \frac{l}{t}$, ezért $t = \frac{l}{v}$.

** *Utazósebesség* – a hajó vagy repülőgép optimális sebessége, amelynél legkisebb az üzemanyag-fogyasztás.

2. A hajó egyenletesen halad 7,5 m/s sebességgel. Mekkora utat tesz meg 2 h alatt?
3. A kisfiú változatlan sebességgel haladva 1,5 min alatt tette meg a háza és a stadion közötti távolságot. A visszaút 70 s-ig tartott. Merre haladt a kisfiú gyorsabban – a stadionba vagy haza? Hányszor gyorsabban?
4. A targonca egyenletesen halad a konténerek mellett. A konténerek hossza 12 m és szorosan egymás mellett állnak. Mekkora sebességgel halad a targonca, ha öt konténer mellett 1 min alatt halad el?
5. A futóversenyen az egyik tanuló 10 min-ig 12 km/h sebességgel futott, a második 5 km-t futott fél óra alatt, a harmadik 4 km-t tett meg 12,5 km/h sebességgel. Melyik tanuló futott leggyorsabban? Melyik tett meg nagyobb távolságot? Ki futott hosszabb ideig?
6. A vonat 20 m/s sebességgel halad, a mellette lévő sínpáron egy másik vonat jön vele szembe 36 km/h sebességgel. Mennyi ideig fognak elhaladni egymás mellett a vonatok, ha az egyik hossza 900 m, a másiké – 600 m?
7. Képzeljétek el, hogy kirándulás alkalmával villámlást láttatok, majd a távolban dörgés is morajlott. Meg szeretnétek tudni, felétek jön-e a vihar. Milyen méréseket kell elvégezni, hogy felelni tudjatok a kérdésre? *Súgó*: a villámlás fényét azonnal észlelitek, a hang terjedésének sebessége a levegőben megközelítőleg 340 m/s.

10. §. AZ EGYENLETES MOZGÁS GRAFIKONJA

A sportoló sebességmérővel felszerelt kerékpáron halad az országúton (10.1. ábra). A sebességmérő szerint a sebessége minden pillanatban 5 m/s. Hogyan írhatnánk le a sportoló mozgását és általában bármilyen test mozgását grafikon segítségével? Felidézzük a 6. osztályos matematika tananyagából tanultakat.



10.1. ábra. A kerékpáros egyenletesen halad: bármelyik egyenlő időközben azonos távolságot tesz meg

1 Megszerkesztjük a megtett út és az idő függvényének grafikonját a test egyenletes mozgása esetén

Megszerkesztjük a *kerékpáros által megtett út* és a *megfigyelési idő* közötti összefüggés, vagyis az *út grafikonját* (10.1. ábra).

A szerkesztés érdekében a következő lépéseket tesszük meg.

1. Beírjuk a táblázatba a sportoló t mozgásidejét és az ezen idő alatt megtett l út értékeit.

Érthető, hogy a megfigyelés kezdeti pillanatában (t = 0) a megtett út szintén nulla (l = 0). t = 2 s idő alatt a kerékpáros 10 m-t tesz meg: $l = v \cdot t = 5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2\ \text{s} = 10\ \text{m}$. Hasonlóképpen gondolkodva a következőt kapjuk:

t, s	0	2	4	6	8	10
l, m	0	10	20	30	40	50

2. Megszerkesztünk két kölcsönösen merőleges tengelyt.

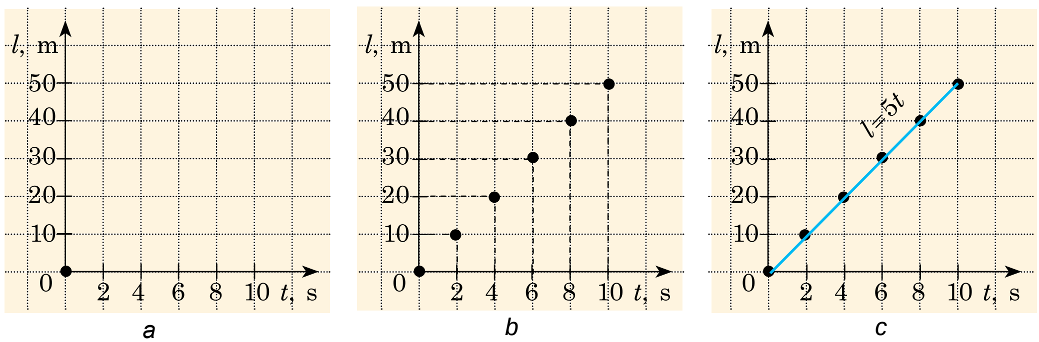
A vízszintes tengelyen – az abszcisszán – felvesszük a kerékpáros haladási idejét másodpercekben (t, s). Egy kocka 2 s-nak felel meg. A függőleges tengelyen – az ordinátán – feltüntetjük a megtett utat méterekben (l, m). Egy kockának 10 m felel meg (10.2. *a* ábra).

3. Feltüntetjük a következő koordinátájú pontokat: (0; 0), (2; 10), (4; 20), (6; 30), (8; 40), (10; 50).

A feltüntetett pontok abszcisszái az időnek felelnek meg, az ordinátái – a kerékpáros által a megfelelő időpontokban megtett útnak (10.2. *b* ábra).

4. A felvett pontokat vonallal kötjük össze (10.2. *c* ábra). A kapott egyenes a kerékpáros *mozgásgrafikonja*.

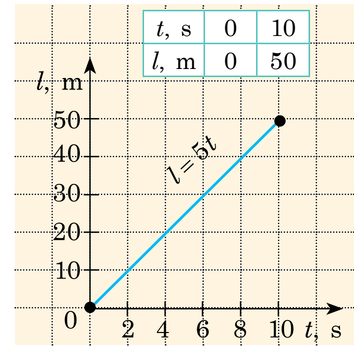
Vegyétek figyelembe! A kerékpáros egyenletesen halad, ezért az általa megtett utat a következő képlettel határozhatjuk meg: $l = v \cdot t$, bármely pillanatban v = 5 m/s, ezért felírhatjuk: $l = 5t$ (m), ahol t másodpercekben van megadva. Az $l = 5t$ egyenlőség a *kerékpáros által megtett útnak és a megfigyelési időnek az összefüggését fejezi ki.*



10.2. ábra. A v = 5 m/s sebességgel egyenletesen haladó kerékpáros által megtett út grafikonja

Egyenletes mozgás esetén a megtett út grafikonja mindig az egyenes egy szakasza, amely meghatározott szöget zár be az idő tengelyével.

Ezért a grafikon megszerkesztéséhez elegendő meghatároznunk a megtett út és az idő két-két értékét, és a feltüntetett két ponton keresztül meghúznunk a grafikont. A kerékpáros esetében elegendő lett volna felhasználnunk a megfigyelés kezdeti (t = 0) és végső (t = 10 s) időpontjait (10.3. ábra).



10.3. ábra. A változatlan 5 m/s sebességgel haladó test mozgásgrafikonja

2 Tisztázzuk, mit tudhatunk meg a mozgásgrafikon alapján

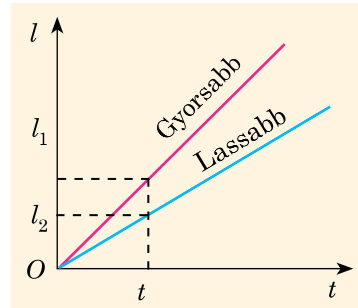
A mozgásgrafikon sok érdekes információt tartalmaz. A grafikon alapján:

1) megállapítható a test mozgásának jellege;

2) meghatározható a test által bizonyos idő alatt megtett út;

3) megállapítható a mozgás sebessége;

4) összehasonlítható a testek mozgási sebessége: *minél nagyobb a test sebessége, annál nagyobb a mozgásgrafikon és az idő tengelye közötti szög* (10.4. ábra).



10.4. ábra. A test azonos idő alatt nagyobb sebességgel nagyobb utat tesz meg ($l_1 > l_2$).

Megvizsgálunk egy példát.

Feladat. A test által 4 óra alatt megtett út grafikonja alapján (10.5. ábra) megtudhatjuk: 1) hogyan mozgott a test; 2) mekkora utat tett meg az első órában; a következő két órában; 3) mekkora volt a test sebessége minden egyes szakaszon.

Megoldás.

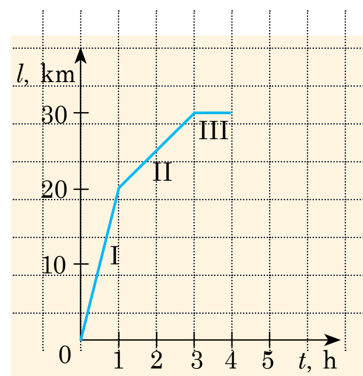
A grafikonból látjuk, hogy a teljes út három szakaszból áll, melyeken a test egyenletesen mozgott (a test által megtett út grafikonja egyenes szakaszokból áll).

1. szakasz. A grafikonon a test által az első órában megtett út 20 km, ezért a test sebessége:

$$v_{\text{I}} = \frac{l_{\text{I}}}{t_{\text{I}}} = \frac{20\ \text{km}}{1\ \text{h}} = 20\,\frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

2. szakasz. A következő 2 órában a test az l_{II} = 30 km – 20 km = 10 km utat tette meg. A test sebessége ebben az esetben:

$$v_{\text{II}} = \frac{l_{\text{II}}}{t_{\text{II}}} = \frac{10\ \text{km}}{2\ \text{h}} = 5\,\frac{\text{km}}{\text{h}}.$$



10.5. ábra. A 10. §-ban található feladathoz.

3. szakasz. Az utolsó órában a megtett út változatlan maradt, tehát a test megállt: l_{III} = 30 km – 30 km = 0; v = 0.

Az eredmények elemzése. A grafikonból látjuk, hogy az út I. szakasza az óra tengelyével nagyobb szöget alkot, mint a II. szakasz. Ez alapján az I. szakaszban nagyobb volt a test sebessége. Az eredmény reális.

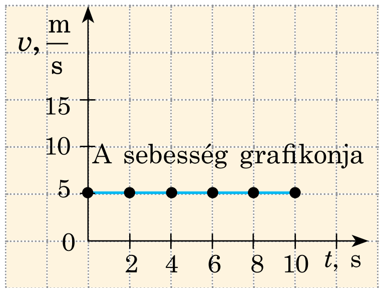
3 Megszerkesztjük az egyenletes mozgás sebességének grafikonját

Visszatérünk a kerékpároshoz, aki egyenletesen, v = 5 m/s sebességgel mozog (l. a 10.1. ábrát). Megszerkesztjük a mozgás sebessége és az idő függvényének a grafikonját, azaz a *mozgási sebesség grafikonját.*

A következő lépéseket végezzük el:

1. Kitöltjük a táblázatot, amelybe a sportoló v sebességét írjuk be a megfelelő t időpontokban:

t, s	0	2	4	6	8	10
v, m/s	5	5	5	5	5	5



10.6. ábra. A v = 5 m/s sebességgel egyenletesen mozgó kerékpáros sebességének grafikonja. A megfigyelési idő t = 10 s

A sportoló egyenletesen mozog, ezért a sebessége a megfigyelés teljes ideje alatt változatlan maradt.

2. Megszerkesztünk két, egymásra merőleges tengelyt. Az abszcisszatengelyen felvesszük az időt másodpercben (t, s), az ordinátatengelyen a sebességet méter per másodpercben $\left(v, \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ (10.6. ábra).

3. Feltüntetjük a következő koordinátájú pontokat: (0; 5), (2; 5), (4; 5), (6; 5), (8; 5), (10; 5). A pontok abszcisszái a sportoló mozgásidejének felelnek meg, az ordináták – a sebességének.

4. Összekötjük a feltüntetett pontokat. A kapott egyenes a kerékpáros *mozgási sebességének* a grafikonja.

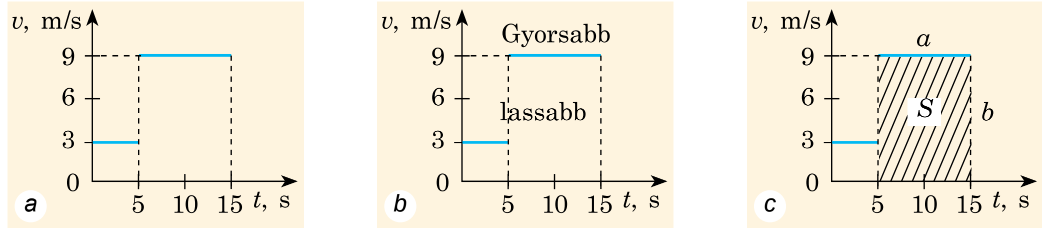
Egyenletes sebesség esetén a test sebességének grafikonja – az egyenesnek az idő tengelyével párhuzamos szakasza.

4 Tisztázzuk, mit tudhatunk meg a test mozgási sebességének grafikonjából

Megvizsgáljuk egy tetszőleges test mozgási sebességének a grafikonját (10.7. *a* ábra), és igyekszünk minél többet megtudni a test mozgásáról.

1. A 0-tól 5 s-ig és az 5-től 10 s-ig tartó időintervallumokban a test egyenletesen mozgott, mivel a grafikon az egyenesnek az időtengellyel párhuzamos szakasza.

2. A test sebessége a megfigyelés utolsó 10 s-ában nagyobb, mint az első 5 s alatt, mivel a grafikon második szakasza magasabban van az időtengelynél, mint annak első szakasza (10.7. *b* ábra).



10.7. ábra. A test mozgási sebessége grafikonjának vizsgálata

Ebben az esetben:

$v_1 = 3\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ — a 0 és 5 s közötti időintervallumban;

$v_2 = 9\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ — az 5 és 15 s közötti intervallumban.

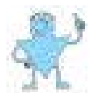
3. Meghatározható a test által megtett út ($l = vt$). Például az 5 és 15 s közötti időintervallumban a test 90 m-t tett meg:

$$l_2 = v_2 t_2 = 9\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot (15\text{ s} - 5\text{ s}) = 90\text{ m}.$$

Ez az út *számbelileg* a besatírozott téglalap területével egyenlő (10.7. *c* ábra):

$$S \quad a \cdot b \quad 10 \cdot 9 \quad 90; \quad l = 90\text{ m}.$$

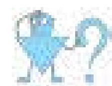
Jegyezzétek meg! Bármilyen mozgás esetén a test által megtett út számértéke egyenlő a test mozgási grafikonja alatti alakzat területével.



Összefoglaló

A test egyenletes mozgása esetén a mozgási grafikon az egyenes szakasza, amely az idő tengelyével bizonyos szöget zár be, a sebesség grafikonja pedig párhuzamos az időtengellyel.

A mozgási grafikon alapján: 1) megtudhatjuk, hogyan mozgott a test; 2) meghatározhatjuk a konkrét időintervallumban megtett utat; 3) meghatározhatjuk és összehasonlíthatjuk a testek mozgásának a sebességét: minél nagyobb a test sebessége, annál magasabban van a grafikon az időtengelynél.



Ellenőrző kérdések

1. Hogyan néz ki az egyenletes mozgás grafikonja? 2. Hogyan hasonlítható össze két test sebessége a megtett út grafikonja alapján? 3. Hogyan néz ki az egyenletesen mozgó test sebességének a grafikonja? 4. Hogyan hasonlítható össze két test sebessége a mozgási sebességük grafikonja alapján? 5. A test mozgási sebességének grafikonja alapján hogyan határozható meg a test által megtett út?

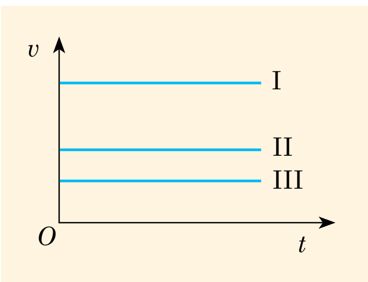
10. gyakorlat

1. Az 1. ábrán lévő grafikonok alapján magyarázzátok el, hogyan mozogtak a testek; melyik test mozgott a leggyorsabban?

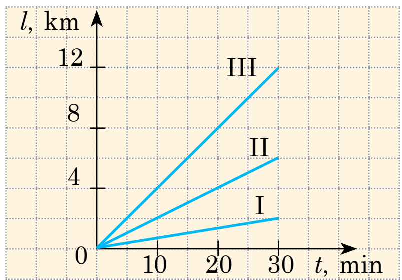
2. A zsákmánya után futó jaguár kis ideig 25 m/s sebességet is képes elérni. Szerkesszétek meg a jaguár sebességének a grafikonját 5 s-nyi megfigyelés alapján! Mutassátok meg a grafikonon, és számítsátok ki az ezen idő alatt megtett utat!
3. A 2. ábrán egy gyalogos, egy kerékpáros és egy traktor mozgásának grafikonja látható, a sebességük rendre 4, 12 és 24 km/h. Melyik grafikon melyik testnek felel meg? Szerkesszétek meg a felsorolt testek sebességének grafikonját!
4. Figyeljétek meg a sas repülésének grafikonját (3. ábra), és határozzátok meg: a) mekkora utat tett meg a megfigyelés ideje alatt; b) mennyi ideig pihent; c) mekkora távolságot tett meg a megfigyelés első 25 s-a alatt! Szerkesszétek meg a sas sebességének a grafikonját!
5. Figyeljétek meg a test sebességének grafikonját (4. ábra), és állapítsátok meg: a) hogyan mozgott a test; b) mekkora volt a test sebessége az út különböző szakaszain; c) mekkora utat tett meg! Szerkesszétek meg a test sebességének a grafikonját!
6. Külön füzetlapra írva fogalmazzatok meg mozgással kapcsolatos feladatot kedvenc rajzfilmhőseitekkel kapcsolatban, majd oldjátok meg azt!

7. A $v = \frac{l_1 + l_2}{t}$ egyenlet alapján számítsátok ki:

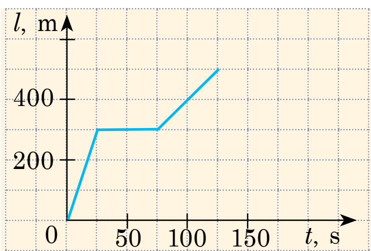
a) v, ha l_1 = 15 m, l_2 = 20 m, t = 10 s;
b) t, ha l_1 = 1 km, l_2 = 9 km, v = 4 km/h;
c) l_1, ha l_2 = 100 m, t = 5 min, v = 25 m/min.



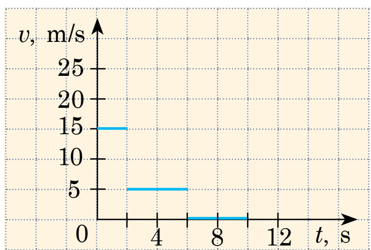
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

11. §. VÁLTOZÓ MOZGÁS. A VÁLTOZÓ MOZGÁS ÁTLAGSEBESSÉGE

Bizonyára utaztatok már autóbusszal, illetve vonattal egyik településről a másikra. Emlékezzetek vissza: a jármű hol lassul, hol ismét felgyorsul. A sebességmérő mutatója állandóan mozog, és nagyon ritkán áll meg hosszabb időre egy helyben. Tekinthetjük-e ezt a mozgást egyenletesnek? Természetesen nem. Hogyan nevezik a mozgásnak ezt a fajtáját? Hogyan írható le? Ez lesz a paragrafus témája.

1 Megfigyeljük a változó mozgást

A mindennapi életben általában változó mozgással találkozunk. Például az autóbusz (11.1. ábra) és egyéb közlekedési eszköz változó mozgása, a zuhanó test viselkedése, a sportoló futása versenyen. Emlékezzetek vissza, hogyan gurul a labda, vagy ti hogyan mozogtok kirándulásokon, a testnevelési órákon.

Változó mozgás esetén a test azonos időközökben különböző távolságokat tesz meg.

Jegyezzétek meg! Változó mozgásnál a sebesség értéke az idővel változik.

Mondjatok példát változó mozgásra!

Most már osztályozhatjuk a *mechanikai mozgás fajtáit* (l. a táblázatot):
- a mozgáspálya formája szerint – egyenes vonalú és görbe vonalú;
- a test mozgásának jellege szerint – egyenletes és változó.

11.1. ábra. Az autóbusz nem egyentesen mozog, hol lassul, hol gyorsul

A mechanikai mozgás fajtái

A mozgáspálya formája szerint		A test mozgásának jellege szerint	
Egyenes vonalú	Görbe vonalú	Egyenletes	Változó
			
A mozgáspálya egyenes vonalú	A mozgáspálya görbe vonalú	A test sebességének az értéke az idővel nem változik	A test sebességének az értéke az idővel változik

11.2. ábra. A vonat átlagsebessége az indulási és a végállomás közötti távolságnak és az úton eltöltött időnek a hányadosa

2 Meghatározzuk a mozgás átlagsebességét

Feltételezzük, hogy a vonat 2,5 h alatt 150 km-t tett meg (a két állomás közötti távolság). Ha elosztjuk a 150 km-t 2,5 h-val, akkor megkapjuk a vonat sebességét – 60 km/h. Viszont a vonat nem egyenletesen mozgott. Ebben az esetben a vonat *átlagsebességéről* beszélünk (11.2. ábra).

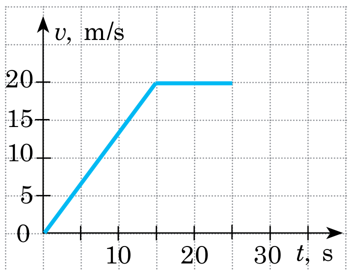
A test $v_{\text{átl}}$ **átlagsebessége** olyan fizikai mennyiség, amely a test által megtett l teljes útnak és az út megtételéhez szükséges t időnek a hányadosával egyenlő:

$$v_{\text{átl}} = \frac{l}{t}$$

Vegyétek figyelembe! Az adott esetben t a test mozgás közben és a megállókon együttesen eltöltött ideje.

3 Elemezzük a változó mozgás grafikonját

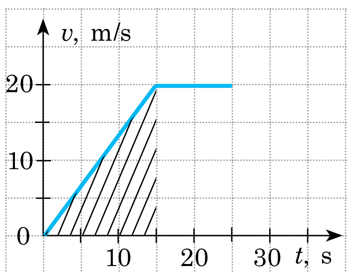
A változó mozgás leírásához célszerű grafikont használni. Megvizsgáljuk valamely változó mozgással haladó test mozgásának grafikonját (11.3. ábra). A grafikon segítségével tisztázzuk: hogyan mozgott a test; mekkora távolságot tett meg a megfigyelés 25 s-a alatt; mennyi volt a vizsgált szakaszon az átlagsebessége.



1.3. ábra. A változó mozgást végző test sebességének grafikonja

A grafikonon látjuk, hogy a vonat sebessége az első 15 s alatt egyenletesen növekedett 0-tól 20 m/s-ig.

A megtett út meghatározásához felidézzük, hogy a *test által megtett út számértéke egyenlő a mozgás grafikonja által határolt alakzat területével*. Tehát kiszámítjuk a bevonalazott háromszög területét (11.4. ábra).



11.4. ábra. A test által a megfigyelés első 15 s-a alatt megtett út számbelileg egyenlő a bevonalazott háromszög területével

Az ábrán láthatjuk, hogy a bevonalazott háromszög területe a fele a 20 m/s hosszúságú és 15 s szélességű téglalap területének, melynek a területe az oldalhosszak szorzatával egyenlő.

Ezért az test által 15 s alatt megtett l_1 út hossza:

$$l_1 = \frac{1}{2}\left(20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot 15\,\text{s}\right) = \frac{300\,\text{m}}{2} = 150\,\text{m}.$$

A következő 10 s-ban a test egyenletesen 20 m/s sebességgel mozgott, ezért az ezen idő alatt megtett l_2 út a következő:

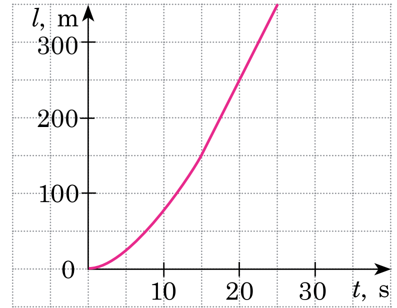
$$l_2 = v\cdot t = 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\cdot 10\,\text{s} = 200\,\text{m}.$$

A test által a megfigyelés 25 s-a alatt megtett út 350 m:

$$l = 150\text{ m} + 200\text{ m} = 350\text{ m}.$$

Ismerve a megtett utat és az út megtételéhez szükséges időt, meghatározzuk a test mozgásának átlagsebességét:

$$v_{\text{átl}} = \frac{l}{t} = \frac{350\,\text{m}}{25\,\text{s}} = 14\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$



11.5. ábra. Változó mozgást végző test mozgási grafikonja (megfelel a 11.3.ábrán lévő út grafikonjának)

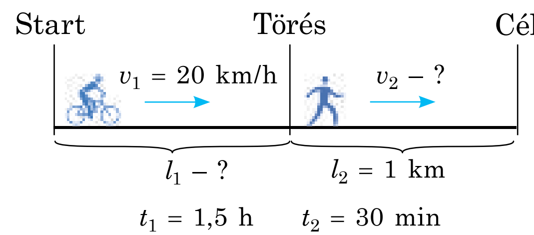
Ennek a mozgásnak a grafikonja a 11.5. ábrán látható.

Vegyétek figyelembe! A megtett út nem csökkenhet, ezért az út grafikonja vagy emelkedik, vagy vízszintes marad, viszont soha nem süllyed.

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A gyerek másfél órán át 20 km/h sebességgel kerékpározott. Miután a kerékpár pedálja eltört, az utolsó kilométert a kisfiú gyalog tette meg. Mennyi volt a kisfiú átlagsebessége a teljes úton, ha fél órát gyalogolt?

A fizikai probléma elemzése. Elkészítjük az elemző ábrát. Az átlagsebesség meghatározásához meg kell tudnunk a megtett út hosszát és a megtételéhez szükséges időt. Az idő órában van megadva, az út – kilométerekben, ezért az átlagsebességet kilométer per órában számítjuk ki.



Adva van:	A matematikai modell keresése, megoldás.
$t_1 = 1{,}5$ h $t_2 = 30$ min $v_1 = 20$ km/h $l_2 = 1$ km	A meghatározás szerint: $v_{\text{átl}} = \frac{l}{t}$. A fiú által megtett út: $l = l_1 + l_2$, ahol $l_1 = v_1 t_1$ – a kerékpárom megtett út; l_2 – a gyalog megtett út. A teljes út megtételéhez szükséges idő: $t = t_1 + t_2$.
$v_{\text{átl}}$ – ?	

Behelyettesítjük az l és t adatait az átlagsebesség képletébe:

$$v_{\text{átl}} = \frac{l}{t} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2} = \frac{v_1 \cdot t_1 + l_2}{t_1 + t_2}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, majd kiszámítjuk a keresett mennyiséget:

$$\left[v_{\text{átl}}\right] = \frac{\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \text{h} + \text{km}}{\text{h} + \text{h}} = \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad v_{\text{átl}} = \frac{1{,}5 \cdot 20 + 1}{1{,}5 + 0{,}5} = \frac{31}{2} = 15{,}5\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right).$$

Az eredmény elemzése. A kisfiú a kerékpáron 20 km/h sebességgel haladt, gyalog a sebessége $v_2 = \frac{l_2}{t_2} = 2\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$ volt. A kiszámított átlagsebessége kevesebb, mint 20 km/h, de több, mint 2 km/h. Tehát az eredmény reális.

Felelet: $v_{\text{átl}} = 15{,}5\,\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Összefoglaló

Változó mozgás esetén a test azonos időközökben különböző távolságokat tesz meg.

A mechanikai mozgás fajtái: a mozgáspálya szerint – egyenes vonalú és görbe vonalú; a sebesség időfüggősége alapján: egyenletes és változó.

A test átlagsebessége olyan fizikai mennyiség, amely a test által megtett teljes útnak és az út megtételéhez szükséges időnek a hányadosával egyenlő: $v_{\text{átl}} = \frac{l}{t}$.

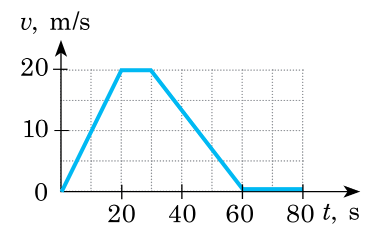
Ellenőrző kérdések

1. Milyen mozgást nevezünk változónak? Mondjatok rá példát! 2. Soroljátok fel a mechanikai mozgás fajtáit! Mondjatok rájuk példát! 3. Mit nevezünk átlagsebességnek? Az hogyan határozható meg? 4. A mozgás sebességének a grafikonja segítségével hogyan határozható meg a test által bizonyos idő alatt megtett út?

11. gyakorlat

1. Mondjatok példákat: a) egyenes vonalú egyenletes mozgásra; b) egyenes vonalú változó mozgásra; c) görbe vonalú egyenletes mozgásra; d) görbe vonalú változó mozgásra!
2. A gyerek elindult haza az iskolából. Az út első kilométerét 0,2 h alatt tette meg, a maradék 2 km-en pedig a barátja felvette a kerékpárjára, és 0,1 h alatt volt otthon. Mekkora volt a gyerek átlagsebessége?

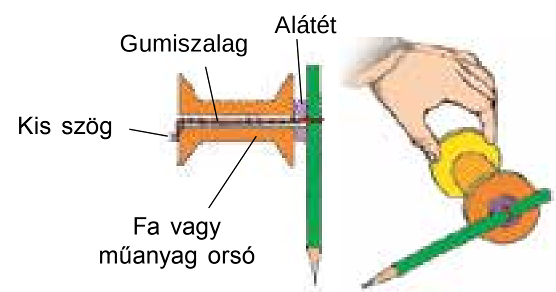
3. A vonat 1 h alatt 60 km-t tett meg. Utána még 30 min-ig 90 km/h sebességgel haladt. Határozzátok meg a vonat átlagsebességét!
4. A test által megtett út grafikonja (l. a 11.5 ábrát) alapján határozzátok meg az átlagsebességét: a) a megfigyelés első 15 s-ában; b) a megfigyelés első 20 s-ában; c) a megfigyelés utolsó 10 s-ában!
5. Az út első részében a repülőgép 600 km/h sebességgel haladt, a fennmaradó időben 800 km/h sebességgel. Határozzátok meg a repülőgép átlagsebességét!
6. Az út első részét a gépkocsi 60 km/h sebességgel tette meg, a másodikat 100 km/h-val. Határozzátok meg a gépkocsi átlagsebességét!
7. Az ábrán a gépkocsi sebességének grafikonja látható. A grafikon segítségével:
   a) írjátok le, hogyan mozgott a gépkocsi;
   b) határozzátok meg az általa megtett utat;
   c) tudjátok meg, mennyi ideig haladt változatlan sebességgel;
   d) határozzátok meg a gépkocsi átlagsebességét a megfigyelés első percében; a megfigyelés teljes ideje alatt;
   e) mondjatok példát, mikor figyelhető meg a gépkocsik hasonló mozgása!



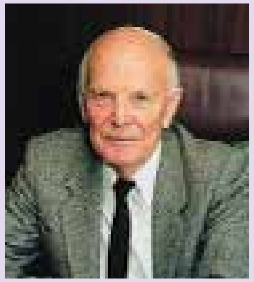
8. Keressétek meg a megyétek vasúti térképét, valamint egy tetszőleges vonat menetrendjét! Az adatok segítségével határozzátok meg néhány helyi érdekű vonat állomások közötti átlagsebességét!

Kísérleti feladatok

1. Határozzátok meg járásotok átlagsebességét!
2. *Gumimotor*. Készítsetek gumimotort (l. az ábrát)! Ceruzára tekerjétek fel a gumiszalagot, és tegyétek az orsót sima felületre! Írjátok le a megfigyelt mozgást! Mi olvasható le a ceruza nyomaiból? Határozzátok meg az orsó átlagsebességét a „gumimotor” működése során!



Tudomány és technika Ukrajnában



Borisz Paton 1918-ban született Kijevben. Az elektromos ívhegesztés terén végzett kutatásai, valamint az automata hegesztőkészülékek megkonstruálása hozta meg számára a világhírt.

1953-ban kinevezik a J. Paton nevét viselő Kijevi Hegesztési Intézet igazgatójává. A tudós megszervezte a kutatásokat, melyek eredményeként teljesen új irányt vett a modern kohászat fejlődése.

B. Paton vezetése alatt kidolgozták a rozsdamentes anyagok minőségét javító eljárást, megalapozták a hegesztési eljárásokat a világűrben. Eljárást dolgoztak ki az emberi szövetek műtétek során történő összeforrasztására. Ez a technológia sok ember életét mentette meg, és számos országban használják.

1958-ban az Ukrán Tudományos Akadémia tagjává választották és 1962-től napjainkig az akadémia elnöki tisztét tölti be.

12. §. AZ ANYAGI PONT EGYENLETES KÖRMOZGÁSA. A FORGÁS PERIÓDUSA

Több mint 5000 évvel ezelőtt az ókori Babilon papjai a Holdat tanulmányozva meghatározták az olyan ismert időegységet, mint a hét. Vajon ez hogyan sikerült nekik? Mi a Hold mozgásának jellegzetessége? Található-e a Földön is hasonló mozgástípus? A következőkben ezt és sok egyéb érdekességet tudhattok meg.

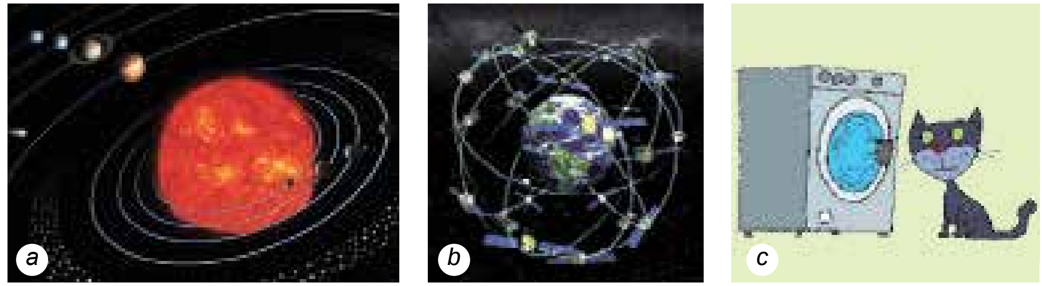
1 Megismerkedünk a körmozgással

Képzeljetek el egy olyan vonalat, amely mentén a körhintában ülő gyerek mozog, a mosógép dobjában lévő zokni forog centrifugáláskor, a turmixgép kése mozog koktél készítésekor. Biztos, hogy rájöttetek: ez a körvonal. Az említett esetekben *körmozgásról* van szó. Ennek legegyszerűbb esete az egyenletes körmozgás. A következőkben, ha a fizikai testek körmozgásáról fogunk beszélni, akkor a testet anyagi pontnak tekintjük.

Egyenletes körmozgást végez például az óriáskerék kabinja. Közel van az egyenletes körmozgáshoz a bolygók* Nap körüli (12.1. *a* ábra), a természetes holdak (Hold) és a műholdak Föld körüli keringése (12.1. *b* ábra).

? Mondjatok példákat körmozgásra! Milyen esetekben tekinthető a körmozgás egyenletesnek? Tekinthető-e a kerékpár felnijén lévő pont mozgása egyenletes körmozgásnak a vázhoz viszonyítva? Indokoljátok meg a választ!

* Valójában a bolygók ellipszis alakú pályán keringenek.



12.1. ábra. Körmozgás példái: *a* – bolygók keringése a Nap körül; *b* – műholdak keringése a Föld körül; *c* – zokni forgása centrifugáláskor a mosógépben

Az **anyagi pont egyenletes körmozgása** olyan görbe vonalú mozgás, melynek során a pont körvonalon mozogva azonos időközönként egyenlő köríveket fut be.

2 Meghatározzuk a forgás periódusát

Az egyenletes körmozgás – *periodikus mozgás*, vagyis olyan mozgás, amely azonos időközönként megismétlődik. Például az óra másodpercmutatójának a hegye az óralapon egyenletesen mozogva minden 60 s-ban megismétli a mozgást (12.2. ábra).

A periodikus mozgás jellemzői a *periódusidő* és a *frekvencia*. Egyenletes körmozgás esetén *keringési időről és fordulatszámról* beszélünk.

A **forgás periódusa** – fizikai mennyiség, amely azzal az időközzel egyenlő, ami alatt az egyenletes körmozgást végző anyagi pont egy teljes fordulatot tesz meg.

A forgás periódusának jele: *T*, *mértékegysége* a *SI* rendszerben – a **másodperc**:

$$[T] = \text{s}.$$

A forgás periódusa 1 s, ha egy másodperc alatt egy fordulat megy végbe.

Az óra másodpercmutatójának a hegye 60 s alatt tesz meg egy fordulatot, ezért a forgási periódusa 60 s (T = 60 s).

? Gondolkozzatok el, mennyi lehet a forgási periódusa az óra kis és nagy mutatójának?

A tejes koktél keverésekor a turmixgép késein lévő összes pont 30 s alatt 6000 fordulatot tesz meg (12.3. ábra). Érthető, hogy egy fordulat idejét úgy határozhatjuk meg, hogy a forgásidőt (t = 30 s) elosztjuk az adott idő alatt történt fordulatok számával

12.2. ábra. Az óramutatókon lévő pontok mozgása periodikus mozgás

(N = 6000): $T=\frac{30\ \text{s}}{6000}=0{,}005\ \text{s}=5\ \text{ms}$. Tehát a turmixgép késének T forgásideje 5 ms.

A T forgási periódus meghatározásához meg kell tudnunk a t idő alatti fordulatok N számát, és a képlet segítségével meg kell határoznunk a keresett mennyiséget:

$$T=\frac{t}{N}.$$

3 Megvizsgáljuk a fordulatszámot

Készülékek jellemzésekor nem a forgás periódusát említik, hanem a fordulatszámot (12.4. ábra).

A **fordulatszám** az egységnyi idő alatt megtett fordulatok számát jelző fizikai mennyiség.

A fordulatszám jele: n és a következő képlettel határozható meg:

$$n=\frac{N}{t},$$

ahol t – a megfigyelési idő; N – a t idő alatt megtett fordulatok száma.

A *fordulatszám mértékegysége a SI* rendszerben – a **másodpercenkénti fordulatszám:**

$$[n]=\frac{\text{ford}}{\text{s}}=\frac{1}{\text{s}}.$$

Figyelembe véve, hogy $T=\frac{t}{N}$ és $n=\frac{N}{t}$, ilyen következtetéshez jutunk: a forgás periódusa és a fordulatszán kölcsönösen fordított (reciprok) mennyiségek:

$$n=\frac{1}{T};\ T=\frac{1}{n}.$$

Minél nagyobb a test forgásának a periódusa, annál kisebb a fordulatszáma, és fordítva.

? Reméljük, minden nehézség nélkül meg tudjátok határozni a turmixgép késén lévő pontok fordulatszámát (12.3. ábra).

12.3. ábra. A turmixgép kése percenként 12 ezer fordulatot tesz meg

12.4. ábra. A számítógép ventilátorának forgórésze 50–60 fordulatot tesz meg másodpercenként

4 Megtudjuk, hogyan keletkezett a nap és a hét mint időegység

Hogyan mérjük az időt? A kérdésre az embereknek a választ a természet adta meg. Arról van szó, hogy a természetben végbemenő mozgások nagy része periodikus, és egy periódus időegységként is szolgálhat. Például a Föld saját tengelye körüli forgása – periodikus mozgás. A napkelte (napnyugta) kézenfekvővé tette őseink számára a természetes időegység, a *nap* használatát, amely megegyezik a Föld saját tengelye körüli forgásának periódusával.

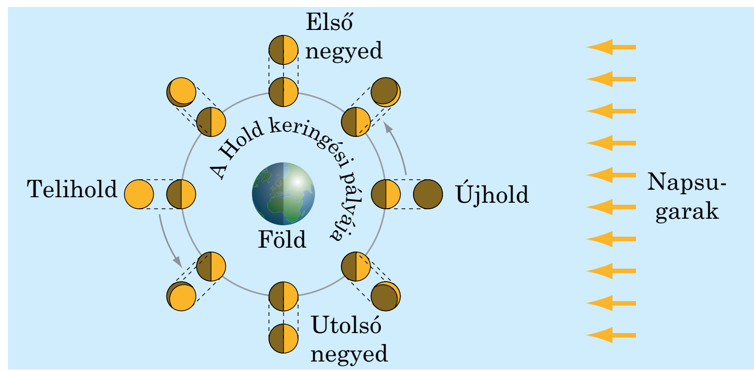
Számos időegységet az ókori Babilonban fedeztek fel. Az éjszakai eget kémlelve a papok megfigyelték, hogy az égen az újhold 28 naponta jelenik meg. A Hold periodikus megújulása sajátságos „örök óraként” szolgált. Így jött létre a *hónap* fogalma*. Ezen idő alatt a Hold a Föld körül keringve, teljes fázisváltozáson megy át: újhold, első negyed, telihold, utolsó negyed (12.5. ábra). Ezért osztották a papok a hónapot (a holdfázisok szerint) négy részre, és ezáltal hét napot kaptak – azt az időegységet, amelyet *hétnek* nevezünk.

* 5 Meghatározzuk az egyenletes körmozgás sebességét

A perióduson és a fordulatszámon kívül a körmozgásnak van még egy fizikai jellemzője, a körmozgás sebessége. Ha a test egyenletesen mozog a körvonal mentén, akkor *a keringési időnek megfelelő idő alatt* $(t = T)$ *a test egy fordulatot végez*, vagyis a *körvonal hosszával megegyező távolságot tesz meg*. A körvonal l hossza meghatározható a matematikából már ismert képlet segítségével: $l = 2\pi R$, ahol π = 3,14 – matematikai állandó; R – a körvonal sugara.

Ismerve az utat és az időt, ami alatt a test megtette az adott utat, megkapjuk az *egyenletes körmozgás sebességének a képletét*:

$$v=\frac{l}{t}=\frac{2\pi R}{T}.$$



12.5. ábra. Az ókorban a hónap elejét és végét a Hold fázisai alapján határozták meg (a Holdnak a külső körön lévő ábrázolását látjuk a Földről)

* A mindennapi életben a *naptári hónap* kifejezést használjuk, ami nem függ a Hold fázisaitól és 28-tól 31 napig tart.

Erről a sebességről van szó például akkor is, amikor a körhintán ülő ember sebességét határozzák meg, a gépkocsi viselkedését vizsgálják a kanyarban, a Föld műholdjainak sebességéről beszélnek.

Összefoglaló

Az anyagi pont egyenletes körmozgása olyan görbe vonalú mozgás, melynek során a pont, körvonalon mozogva, azonos időközönként egyenlő köríveket fut be. Az egyenletes körmozgás – periodikus mozgás, vagyis olyan mozgás, amely azonos időközönként megismétlődik.

A forgás periódusa (T) – fizikai mennyiség, amely azzal az időközzel egyenlő, ami alatt az egyenletes körmozgást végző anyagi pont egy teljes fordulatot tesz meg: $T=\frac{t}{N}$, ahol t – a megfigyelési idő; N – a t idő alatt megtett fordulatok száma. A forgás periódusának a mértékegysége a SI rendszerben – a másodperc (s).

A forgási frekvencia (n) a t időegység alatt megtett N fordulatok számát jellemző fizikai mennyiség: $n=\frac{N}{t}$. A forgási frekvencia mértékegysége a SI rendszerben – a másodpercenkénti fordulatszám (ford/s, vagy 1/s). A forgás periódusa és a fordulatszám kölcsönösen fordított (reciprok) mennyiségek: $n=\frac{1}{T}$.

Ellenőrző kérdések

1. Milyen mozgást nevezünk egyenletes körmozgásnak? 2. Milyen mozgást tekintenek periodikusnak? Miért periodikus az egyenletes körmozgás? 3. Milyen fizikai mennyiségek jellemzik a periodikus mozgást? 4. Mit nevezünk a forgás periódusának? 5. Hogyan határozható meg a forgás periódusa? 6. Mit nevezünk forgási frekvenciának? 7. Hogyan határozható meg a forgási frekvencia, ha ismert a forgás periódusa? 8. Milyen jelenség megfigyelésének eredményeként vezették be az olyan időegységeket, mint a hónap és a hét?

12. gyakorlat

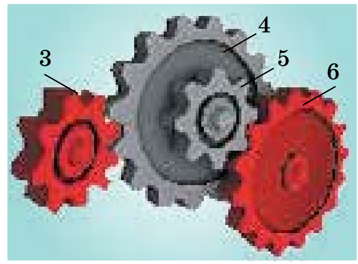
1. A gépkocsi kereke 18 s alatt 24 fordulatot tett meg. Határozzátok meg a kerék felnijén lévő pont forgási periódusát!
2. Milyen a fúró tokmányán lévő pontok fordulatszáma, ha maga a tokmány 900 fordulatot tesz percenként?
3. Tegyük fel, hogy az álló ventilátor lapátjára kis matricát ragasztottatok. Mekkora lesz a matrica fordulatszáma, ha a ventilátor lapátja egy fordulatot 0,2 s alatt tesz meg?
4. Ismeretes, hogy a számítógép mikroprocesszora ventilátorának fordulatszáma 3600 ford/min. Mekkora a ventilátor lapátján lévő pontok forgási periódusa?
5. A tanuló 5 percen át ült a körhintában, mialatt az 100 fordulatot végzett. Milyen esetben állíthatjuk, hogy a forgási periódusának ideje 3 s? A feleletet indokoljátok meg!

*6. Négy fogaskerék az 1. ábra szerint van összekapcsolva. Az 1. fogaskeréknek 9, a 2-nak – 15, a 3-nak – 8, a 4-nek pedig 16 foga van. A 2. és 3. fogaskerék egy tengelyen helyezkedik el. Határozzátok meg a 4. fogaskerék forgási periódusát, ha az 1. fogaskerék fordulatszáma 5 ford/s.

*7. A sarokcsiszoló (2. ábra) korongjának forgási sebessége a megmunkálandó felülettel való érintkezési pontban nem kisebb 80 m/s-nál. Ilyen sebesség mellett mekkora lesz a korong forgási periódusa és fordulatszáma, ha átmérője 160 mm?

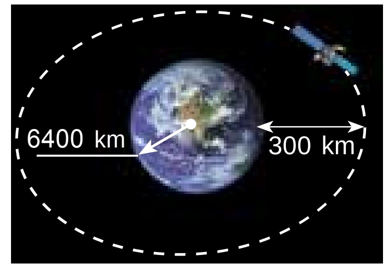
*8. Kiegészítő forrásanyag felhasználásával hasonlítsátok össze a Vénusz, Föld és Mars keringési pályájainak az átlagos sugarait, valamint a Nap körüli keringési idejüket! Határozzátok meg a bolygók mozgási sebességét a Naphoz viszonyítva! Készítsetek bemutatót!

9. Határozzátok meg a Föld körül keringő műhold körpályájának a hosszát (3. ábra), ha az 300 km magasságban kering a Föld felszíne felett! A Föld sugara 6400 km.



1. ábra

2. ábra



3. ábra

Kísérleti feladat

Forgás a mindennapokban. Szüleitek segítségével határozzátok meg a mikrohullámú sütőben forgó, vízzel töltött tál forgási periódusát és fordulatszámát! Milyen méréseket végeztek, hogy végrehajtsátok a feladatot? A mérésetek alapján milyen technikai paramétereit tudnátok felsorolni a berendezésnek? * Tudjátok meg, milyen sebességgel forgott a mikrohullámú sütőben a tál!

4. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma: A forgási periódus és a fordulatszám meghatározása.

A munka célja: az egyenletes körmozgást végző test forgási periódusának és fordulatszámának a meghatározása.

Eszközök: műanyag golyó vagy más kisebb test (gomb, kulcs, egyéb), amit cérnára köthetünk; 15 cm sugarú kört ábrázoló papírlap; 50-60 cm hosszú, erős cérna; stopper; vonalzó.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

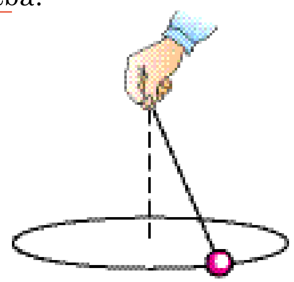
Előkészület a kísérlethez

1. A munka elvégzése előtt győződjetek meg róla, tudjátok-e a válaszokat a következő kérdésekre:
   1) Milyen mozgást neveznek egyenletes körmozgásnak?
   2) Milyen képlet segítségével határozható meg az egyenletes körmozgást végző test forgási periódusa? Milyen képlet segítségével számítható ki a forgási frekvencia?
2. Rögzítsétek a golyót (vagy egyéb apró testet) a cérnához! A cérna szabad végére kössetek hurkot, amelynek a segítségével fogjátok tartani a cérnát, miközben a golyót a vízszintes lap felett forgatjátok!

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

A kísérlet eredményeit azonnal írjátok be a táblázatba!



1. Fogjátok meg a cérnát a huroknál. Kezdjetek forgó mozgásba a körlap középpontja felett! Kezeteket nem mozgatva igyekezzetek olyan köröket leírni, hogy a golyó mozgásvonala egybeessen a lerajzolt körrel! Ne változtassátok a forgási sebességet!
2. Mérjétek meg azt a t időt, amely alatt a test 10 fordulatot tesz meg!

A mozgás ideje t, s	Fordulatszám N	Forgási periódus T, s	Forgási freknencia n, ford/s

A kísérlet eredményeinek feldolgozása

Határozzátok meg az egyenletes körmozgást végző test forgási periódusát és forgási frekvenciáját! Az eredményeket írjátok be a táblázatba!

A kísérlet és az eredmények elemzése

Kielemezve a kísérletet, készítsetek beszámolót, amelyben írjátok le: 1) milyen mozgást tanulmányoztatok; 2) milyen mennyiségeket határoztatok meg; 3) milyen eredményeket kaptatok; 4) milyen tényezők hatottak a kísérlet pontosságára!

Alkotói feladat

A rosszul megvilágított helyiségben az ember, szemfelépítésének köszönhetően, akkor tudja megkülönböztetni az eseményeket, ha azok között legalább 0,2 – 0,3 s idő telik el. Milyen frekvenciával kell forgatni a csillagszórót, hogy összefüggő kört láthassunk?

Csillagos feladat

A forgás periódusának mérésekor kapott adatokat írjátok fel a következő alakban: $T = T_{\text{mér}} \pm \Delta T$. Vegyétek figyelembe, hogy $\Delta t = 0{,}2$ s, és $\Delta T < \Delta t$ annyiszor, ahány fordulatot végzett a test.

13. §. REZGŐMOZGÁS. A REZGÉSEK AMPLITÚDÓJA, PERIÓDUSA ÉS FREKVENCIÁJA

Az ókorban az emberek, a Napot és a Holdat vizsgálva különböző időegységeket határoztak meg: év, hónap, nap és egyebek. Megalkották a napórát, majd feltalálták a vízórát, a tűzórát és a homokórát. Viszont az órakészítésben a valódi előrelépés csak a rezgőmozgás tulajdonságainak a felfedezése után történt meg. Hogy milyen tulajdonságokról van szó, a következőkben megtudhatjátok.

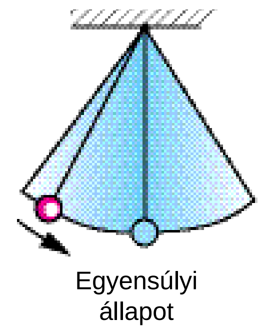
1 Megismerkedünk a rezgőmozgással

Nehezéket kötünk az egyik végén rögzített cérnára, majd kibillentjük azt *egyensúlyi állapotából*. A nehezék *kileng*, vagyis egyik szélső helyzetből másik szélső helyzetbe lendül, meghatározott időközönként megismételve a mozgást. Tehát a rezgőmozgás és az egyenletes körmozgás fontos közös tulajdonsággal rendelkezik: mindkét mozgás periodikus (13.1. ábra).

2 Tanulmányozzuk az ingát

A cérna vagy a rugó végén kilengő nehezék az *inga* legegyszerűbb példája.

Az **inga** olyan szilárd test, amely a Föld nehézségi erejének vagy rugónak a hatására rezgőmozgást végez (a *rezgés* és *lengés* szavak fizikai tartalma azonos, ezért az inga esetében általában a *lengés* szót használjuk).



13.1. ábra. A rezgőmozgás – periodikus mozgás

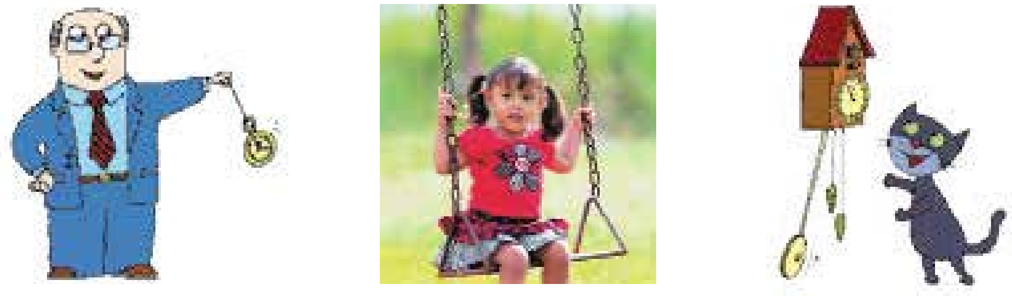
Az inga számtalan fizikai berendezésben megtalálható. Különösen fontos az órákban való felhasználása: a lengések periodikussága lehetőséget ad az idő mérésére.

Azokat az ingákat, amelyekben a test rugó hatására rezeg, *rugós ingáknak* nevezzük (13.2. ábra). Ebben az esetben a rezgés függ a rugó tulajdonságaitól és a test tömegétől.

13.2. ábra. Egyszerű rugós inga

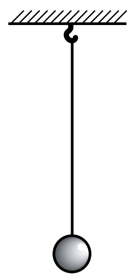
A Föld nehézségi erejének hatására lengőmozgást végző ingákat *fizikai ingáknak* nevezzük (13.3. ábra). A rezgésük összetett, mivel függ a tömegtől, a mértani méretektől, az inga alakjától.

Hogy a test mérete és alakja ne befolyásolja az inga lengését, olyan hosszú fonalra kell rögzíteni, melynek a mérete a test méreténél jelentősen nagyobb. Ebben az esetben a testet anyagi pontnak tekinthetjük. Eközben a fonálnak vékonynak és könnyűnek, valamint szilárdnak kell lennie, hogy a test változatlan távolságra legyen a rögzítési ponttól.



13.3. ábra. Fizikai ingák példái

Az egyik végén rögzített vékony, de szilárd, 1-2 m hosszú fonálra rögzített, 1–2 cm átmérőjű vasgolyót használhatjuk ingaként, melynek a lengésére nincs hatással a golyó mérete, tömege és a fonál tulajdonsága (13.4. ábra)*.



13.4. ábra. A hosszú, szilárd fonalra rögzített golyó segítségével könnyen megfigyelhetjük a rezgések tulajdonságait

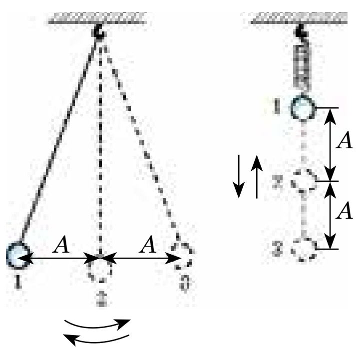
3 Megismerkedünk a rezgések amplitúdójával

Az inga lengéseit figyelve könnyen észrevehetjük, hogy van egy legnagyobb távolság, amelyre elmozdul a rezgőmozgást végző test az egyensúlyi helyzetéhez képest. Ezt a távolságot a *rezgés amplitúdójának* nevezzük (13.5. ábra).

A **rezgés amplitúdója** – fizikai mennyiség, amely megegyezik a rezgő testnek az egyensúlyi helyzetétől mért legnagyobb kitérésével.

A rezgés amplitúdójának jelölése – A, *mértékegysége a SI* rendszerben – a **méter**: $[A] = \text{m}$.

Egy rezgés alatt a test l_0 utat tesz meg, amely megközelítőleg négy amplitúdónak felel meg: $l_0 = 4A$**.



13.5. ábra. A golyó mozgása az *1.* helyzetből a *3.* helyzetbe (a *2.* helyzeten át), majd újra az *1.* helyzetbe – ez egy rezgés; *A* – a rezgés amplitúdója

4 Meghatározzuk a rezgések periódusát és frekvenciáját

A rezgőmozgás periodikus mozgás, tehát olyan fizikai mennyiségekkel jellemezhető, mint a *rezgés periódusa* és a *rezgés frekvenciája*.

* Ebben az esetben a fonál hossza egyben az *inga hossza* is.

** A fonalas inga esetében ez az egyenlőség csak megközelítőleg igaz, mivel a test körív mentén mozog, aminek a hossza nagyobb a rezgés amplitúdójának nevezett távolságtól. Amennyiben a rezgés amplitúdója kicsi (az inga hosszánál jelentősen rövidebb), ezt a különbséget figyelmen kívül hagyják.

A **rezgés periódusa** – fizikai mennyiség, amely egy rezgés idejével egyenlő.

A rezgés periódusát, ahogy az egyenletes körmozgás periódusát, T-vel jelöljük és a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$T = \frac{t}{N},$$

ahol t – a megfigyelési idő; N – a megfigyelési idő alatt történt rezgések száma.

A *rezgés periódusának mértékegysége* a *SI* rendszerben – a **másodperc**: $[T] = \text{s}$.

A **rezgések frekvenciája** – fizikai mennyiség, amely az egységnyi idő alatt történt rezgések számával egyenlő.

A rezgések frekvenciájának a jele ν (nü) és a következő képlettel határozható meg:

$$\nu = \frac{N}{t}.$$

A *rezgések frekvenciájának mértékegysége* a *SI* rendszerben – a **hertz** (Hz) (Heinrich Hertz tiszteletére (13.6. ábra)).

Ha a test egy másodperc alatt egy rezgést végez, akkor rezgésének a frekvenciája egy hertz: $1\,\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$.

A rezgések ν frekvenciája és T periódusa egymás fordított (reciprok) értékei:

$$\nu = \frac{1}{T}.$$

13.6. ábra. Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894) – német fizikus, az elektromos rezgéshullámok elméletének egyik megalapítója

Az ingának van egy nagyon fontos tulajdonsága: *ha az inga rezgésének amplitúdója jelentősen kisebb az inga hosszánál, akkor a rezgések periódusa és frekvenciája független az amplitúdótól.*

A kis rezgéseknek ezt a tulajdonságát Galileo Galilei* fedezte fel, és ez a tulajdonság az alapja a mechanikus órák működésének.

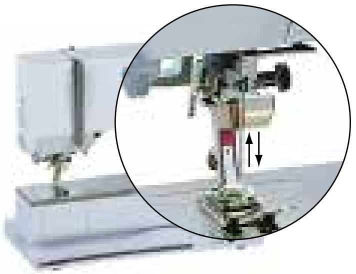
5 Megkülönböztetjük a csillapított és a csillapítatlan rezgéseket

Kibillentjük a hintát az egyensúlyi állapotából, majd elengedjük. A hinta lengeni kezd. Az ilyen kilengést **szabad rezgésnek** nevezik.

Ha a hintára nem hatunk, akkor lengésének az amplitúdója bizonyos idő múlva érezhetően lecsökken, majd a lengés teljesen megszűnik.

Azokat a rezgéseket, amelyeknek az amplitúdója az idő múlásával csökken, **csillapított rezgéseknek** nevezzük.

* Ezt a tulajdonságot Galileo Galileinek fedezte fel, amikor a templomban a hosszú láncra felfüggesztett csillárok mozgását figyelte, és összehasonlította azok lengési frekvenciáját saját pulzusának frekvenciájával.



13.7. ábra. A varrógép tűjének mozgása mint a csillapítatlan rezgés példája

A szabad rezgések mindig csillapítottak. Ilyen rezgést végez a harang ütője, a gitár húrja, a fa ágai.

Mit kell tennünk, hogy a hinta lengésének amplitúdója idővel ne csökkenjen, vagyis csillapítatlan legyen?

A **csillapítatlan rezgés** amplitúdója az idő múlásával nem változik.

Ilyen rezgés például a varrógép tűjének a mozgása: ameddig működik a gép, addig végzi a rezgéseket (13.7. ábra).

6 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Az 1 m hosszú szilárd fonalra rögzített apró vasgolyót kimozdították egyensúlyi helyzetéből, majd elengedték. 30 s alatt a golyó 15 lengést végzett. Mekkora távolságot tesz meg a golyó 36 s alatt, ha a lengések amplitúdója 5 cm? A lengéseket tekintsük csillapítatlannak.

A fizikai probléma elemzése. A lengések amplitúdója sokkal kisebb a fonal hosszánál, ezért úgy tekintjük, hogy a golyó egy lengés alatt négy amplitúdónyi utat tesz meg ($4A$).

Ha meghatározzuk a 36 s alatt történt lengések számát, akkor kiszámíthatjuk a golyó által megtett utat. Meghatározva egy lengés idejét, azaz a lengés periódusát, megkapjuk a lengések számát.

A feladatot az adott mennyiségekkel oldjuk meg.

Adva van:
$t_1 = 30$ s
$N_1 = 15$
$t_2 = 36$ s
$A = 5$ cm

Meghatározni:
l – ?

Matematikai modell keresése, megoldás.

Meghatározzuk a lengés periódusát: $T = \frac{t_1}{N_1} = \frac{30\text{ s}}{15} = 2\text{ s}.$

Meghatározzuk a 36 s alatt végbement lengések számát: $N_2 = \frac{t_2}{T} = \frac{36\text{ s}}{2\text{ s}} = 18.$

Kiszámítjuk a golyó által egy lengés alatt megtett utat:
$l_0 = 4A = 4 \cdot 5\text{ cm} = 20\text{ cm}.$

A golyó által 36 s alatt megtett út:
$l = N_2 \cdot l_0 = 18 \cdot 20\text{ cm} = 360\text{ cm} = 3{,}6\text{ m}.$

Az eredmények elemzése. Egy lengés alatt a golyó 20 cm-t tesz meg; a lengés ideje nagyobb a lengés periódusánál, ezért a golyó által megtett út nagyobb lesz 20 cm-nél. Tehát az eredmény hihető.

Felelet: $l = 3{,}6$ m.

Összefoglaló

A rezgőmozgás (lengés) periodikus mozgás. Megkülönböztetnek csillapított és csillapítatlan rezgéseket.

A rezgés A amplitúdója – fizikai mennyiség, amely megegyezik a rezgő testnek az egyensúlyi helyzetétől mért legnagyobb kitérésével.

A rezgés T periódusa – fizikai mennyiség, amely egy rezgés idejével egyenlő: $T = \frac{t}{N}$. A rezgés periódusának mértékegysége a SI rendszerben – a másodperc (s).

A rezgések ν frekvenciája – fizikai mennyiség, amely az egységnyi idő alatt történt rezgések számával egyenlő: $\nu = \frac{N}{t}$. A rezgések frekvenciájának mértékegysége a SI rendszerben – a hertz (Hz).

A rezgések frekvenciája és periódusa egymás fordított (reciprok) értékei: $\nu = \frac{1}{T}$.

Ellenőrző kérdések

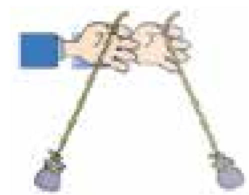
1. Miért periodikus a rezgőmozgás? 2. Mondjatok példákat rezgésekre! 3. Mondjatok példát ingára! 4. Mondjátok el az amplitúdó, periódus és frekvencia meghatározását! Mi a mértékegységük? 5. Milyen kapcsolat van a rezgések frekvenciája és periódusa között? 6. Milyen rezgést nevezünk csillapítottnak és csillapítatlannak?

13. gyakorlat

1. Rezgés közben a test a bal szélső helyzetből a jobb szélsőbe megy át. A két helyzet közötti távolság 4 cm. Határozzátok meg a rezgés amplitúdóját!
2. Az inga egy perc alatt 30 lengést (rezgést) végzett. Számítsátok ki az inga lengésének periódusát!
3. A rezgés periódusa 0,5 s. Határozzátok meg a rezgés frekvenciáját!
4. Hány rezgést végez a test 2 perc alatt, ha a rezgés frekvenciája 4 Hz?
5. Soroljatok fel a paragrafusban nem említett rezgőmozgásokat. Tisztázzátok, hogy azok csillapított vagy csillapítatlan rezgések-e!
6. A vízen lebegő úszóka 3 s alatt 6-szor bukik alá, majd emelkedik fel. Mekkora utat tesz meg az úszóka egy perc alatt, ha a szélső helyzetei közötti távolság 5 cm?
7. „Hány óra van?” – ezt a kérdést évszázadok óta felteszik. A felelet megadásához sok eszköz állt és áll ma is a rendelkezésünkre. Az egyik ezek közül az ingás óra. Tudjatok meg többet a létrehozásáról, és készítsetek beszámolót!

Kísérleti feladat

Rezonancia Kössetek apró nehéz testre 45–50 cm hosszúságú cérnát. Egyik kezetekben tartsátok a cérna szabad végét, a másik kezetekkel billentsétek ki a testet nyugalmi állapotából. Az inga lengeni kezd. Határozzátok meg a szabad lengések frekvenciáját!



Állítsátok meg az ingát, majd lassan mozgassátok a kezeteket az ingával egyik oldalról a másikra (l. a rajzot). Ügyeljetek arra, hogy a lengések amplitúdója ne változzon; a kezeteket elég 1–2 cm-re elmozdítani. Fokozatosan növeljétek a lengések frekvenciáját, és figyeljétek az ingát. Ragadjátok meg azt a pillanatot, amikor az inga nagyon kileng, vagyis rezonancia keletkezik. Határozzátok meg a kezetek rezgésének frekvenciáját abban a pillanatban, amikor az inga lengésének amplitúdója a legnagyobb. Összehasonlítva az inga szabad rezgésének frekvenciáját a kezetek rezgésének a frekvenciájával, derítsétek ki, milyen feltételek mellett jön létre rezonancia!

5. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma. A fonálinga rezgésének tanulmányozása.

A munka célja: meghatározni a fonálinga rezgéseinek amplitúdóját és periódusát; kísérleti úton meggyőződni arról, hogy az inga rezgéseinek periódusa független az amplitúdótól és a nehezék tömegétől, viszont függ a fonal hosszától.

Eszközök: két meghatározott, de eltérő tömegű kis vasgolyó; két egyenként 1,05–1,1 m hosszú erős fonal; vonalzó (mérőszalag); szorítóval és gyűrűvel ellátott laboratóriumi állvány; stopperóra.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

Előkészület a kísérlethez

1. A munka elkezdése előtt győződjetek meg arról, hogy tudjátok a következő kérdésekre a feleletet:
   1) Mit nevezünk a rezgés amplitúdójának?
   2) Milyen képlet segítségével számítható ki a rezgések periódusa?
2. Tisztázzátok a vonalzó skálájának beosztásértékét!
3. Írjátok be a 2. táblázatba a golyók tömegét!
4. Rögzítsétek a golyókat a fonalhoz!

Kísérlet. Az eredmények feldolgozása

Szigorún tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

1. Helyezzétek az állványt az asztal szélére! Rögzítsétek a gyűrűt, majd kössétek rá az egyik fonalat a vasgolyóval úgy, hogy az így kapott inga hossza 1 m legyen! A gyűrűt a rögzítőcsavar segítségével olyan magasságban állítsátok be, hogy a vasgolyó 3–5 cm távolságra legyen a padlón elhelyezett vonalzótól (l. a rajzot)!
2. Vizsgáljátok meg, hogyan függ a rezgések periódusa az amplitúdótól. Ennek érdekében:
   1) lendítsétek ki az ingát az egyensúlyi állapotából 2–3-cm-re, majd engedjétek el és mérjétek le azt az időt, amely alatt az inga 20 lengést végez, határozzátok meg a rezgés periódusát;
   2) ismételjétek meg a kísérletet, megnövelve a lengések amplitúdóját 5–6 cm-re;

   3) a mérések és számítások eredményeit írjátok be az 1. táblázatba!

1. táblázat

A kísérlet sorszáma	A fonal hossza l, m	A rezgések amplitúdója A, m	A rezgések száma N	A rezgések ideje t, s	A rezgések periódusa T, s
1	1				
2	1				

3. Vizsgáljátok meg, hogyan függ az inga rezgésének periódusa a tömegétől. Ennek érdekében:
   1) az 1. kísérlet eredményeit írjátok át az 1. táblázatból a 2. táblázatba;
   2) ismételjétek meg a kísérletet a másik ingával (eltérő tömeggel), a lengések amplitúdója 2–3 cm legyen. *Vegyétek figyelembe*: a két inga hosszának egyenlőnek kell lenni.
   3) a mérések és számítások eredményeit írjátok be a 2. táblázatba!

2. táblázat

A kísérlet sorszáma	A fonal hossza l, m	A golyó tömege m, kg	A rezgések száma N	A rezgések ideje t, s	A rezgések periódusa T, s
1	1				
3	1				

4. Vizsgáljátok meg, hogyan függ az inga rezgésének periódusa a hosszától! Ennek érdekében:
   1) az 1. kísérlet eredményeit az 1. táblázatból írjátok át a 3. táblázatba;
   2) ismételjétek meg a kísérletet, lecsökkentve az első inga hosszát 25 cm-re; a rezgések amplitúdójának 2–3 cm-nek kell lennie;
   3) a mérések és számítások eredményeit írjátok be a 3. táblázatba!

3. táblázat

A kísérlet sorszáma	A fonal hossza l, m	A rezgések száma N	A rezgések ideje t, s	A rezgések periódusa T, s
1	1			
4	0,25			

A kísérlet és az eredmények elemzése

Fogalmazzátok meg a következtetéseket a következő vázlat szerint: 1) milyen mennyiségeket határoztatok meg; 2) milyen tényezők befolyásolták a mérések pontosságát; 3) függ-e az inga rezgésének periódusa az amplitúdótól, a nehezék tömegétől, az inga hosszától!

Alkotói feladat

Mérések végzése nélkül határozzátok meg a 4 m hosszú inga rezgésének periódusát, ha a rezgések amplitúdója 10 cm, a tömeg 300 g! A válaszotokat indokoljátok meg!

A 2. FEJEZET ÖSSZEFOGLALÁSA. Mechanikai mozgás

A 2. fejezetben tanulmányoztátok a mechanikai mozgás és annak tulajdonságait, megismerkedtetek a mechanikai mozgás következő típusaival – egyenes vonalú mozgás, körmozgás, rezgőmozgás.

1. Megismerkedtetek a *mechanika néhány alapfogalmával.*

MECHANIKAI MOZGÁS
a testnek vagy egyes részeinek idővel történő helyzetváltoztatása a térben más testekhez viszonyítva

Vonatkoztatási rendszer

Koordináta-rendszer

Vonatkoztatási test

Időmérő szerkezet

Anyagi pont

A test fizikai modellje azon feltételeknél, amikor figyelmen kívül hagyhatók a test méretei

Az anyagi pont mozgáspályája

A térben mozgó pont által leírt elképzelt vonal

Elmozdulás – az egyenes irányított szakasza, amely összeköti a test kezdeti és végső helyzetét

Az *út* a mozgáspálya hosszával egyenlő fizikai mennyiség

2. Megtanultátok megkülönböztetni a *mechanikai mozgás típusait.*

A MECHANIKAI MOZGÁS TÍPUSAI

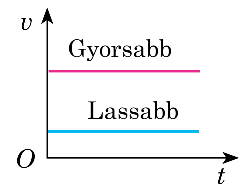
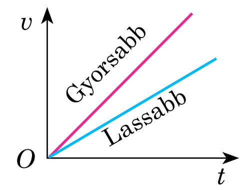
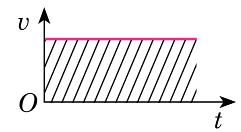
A mozgáspálya alakja szerint

- Egyenes vonalú
- Görbe vonalú

A mozgás jellege szerint

- Egyenletes
- Változó

3. Megtanultátok elemezni az egyenletes mozgást a *mozgásgrafikon és a sebesség grafikonja* segítségével.

A sebesség grafikonja	A megtett út grafikonja	A sebesség és a megtett út grafikonjai közötti kapcsolat
		 Az út számszerűleg megegyezik a sebesség grafikonja által határolt alakzat területével

4. Megvizsgáltatok néhány *mechanikai mozgást.*

A mozgáspálya alakja	A mechanikai mozgást jellemző fizikai mennyiségek		
	megtett út l $[l] = \text{m}$	mozgásidő t $[t] = \text{s}$	sebesség v $[v] = \text{m/s}$
Egyenletes mozgás			
Tetszőleges vonal	$l = vt$	$t = \frac{l}{v}$	$v = \frac{l}{t}$
Egyenes vonalú egyenletes mozgás			
Egyenes vonal	$l = s = vt$	$t = \frac{l}{v} = \frac{s}{v}$	$v = \frac{l}{t} = \frac{s}{t}$
Változó mozgás			
Tetszőleges vonal	$l = l_1 + l_2 + \ldots + l_n$	$t = t_1 + t_2 + \ldots + t_n$	$v = \frac{l}{t} = \frac{l_1 + l_2 + \ldots + l_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}$

A mozgáspálya alakja	A mechanikai mozgást jellemző fizikai mennyiségek		
	periódus T $[T] = \text{s}$	frekvencia n vagy ν $[n] = \text{ford/s}$; $[\nu] = \text{Hz}$	a periódus alatt megtett út l $[l] = \text{m}$
Egyenletes körmozgás			
Kör	$T = \frac{t}{N}$, $T = \frac{1}{n}$	$n = \frac{N}{t}$, $n = \frac{1}{T}$	$l = 2\pi R$, ahol R – a kör sugara
Rezgőmozgás			
Az egyenes szakasza, körív	$T = \frac{t}{N}$, $T = \frac{1}{n}$	$\nu = \frac{N}{t}$, $\nu = \frac{1}{T}$	$l_0 = 4A$, ahol A – a rezgés amplitúdója

Feladatok önellenőrzésre a *Mechanikai mozgás* című 2. fejezethez

Az 1–9. feladatokban válasszatok ki egy helyes választ!

1. *(1 pont)* Az egyik állomásról a másikra közlekedő vonat mihez viszonyítva van nyugalmi állapotban:
a) a Föld középpontjához;
b) a vagonban ülő utashoz;
c) a vonat kerekének egy pontjához;
d) a vasúti talpfákhoz?

2. *(1 pont)* Az egyenletes mozgás sebessége – fizikai mennyiség, amely számbelileg egyenlő:
a) a test által megtett út és a mozgás idejének szorzatával;
b) a mozgás idejének és a test által megtett útnak a hányadosával;
c) a kezdeti és végső sebességek félösszegével;
d) a megtett út és a mozgás idejének hányadosával.

3. *(1 pont)* Forgási frekvencia – fizikai mennyiség és számbelileg egyenlő:
a) egy fordulat idejével;
b) az időegység alatti fordulatok számával;
c) a mozgás teljes ideje alatti fordulatok számával;
d) 10 fordulat megtételének az idejével.

4. *(1 pont)* A fonalinga kis rezgéseinek periódusa függ:
a) a fonál hosszától;
b) a nehezék tömegétől;
c) a rezgések amplitúdójától;
d) a nehézségi erőtől.

5. *(2 pont)* Az űrhajó 20 s-on át 10 000 m/s sebességgel haladt. Mekkora távolságot tett meg?
a) 5 km; b) 20 km; c) 200 km; d) 500 km.

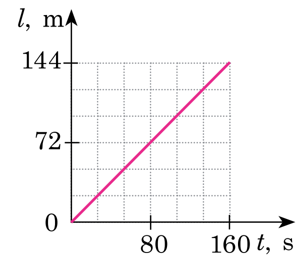
6. *(2 pont)* A vonat átlagsebessége 40 m/s. Mennyi idő alatt tette meg az egymástól 624 km-re lévő városok közötti távolságot?
a) 1 h 34 min; b) 4,2 h; c) 4 h 20 min; d) 15,6 h.

7. *(2 pont)* A helikopter propellere 0,5 p alatt 600 fordulatot végez. Mennyi a propeller forgási periódusa?
a) 0,8 ms; b) 50 ms; c) 5 s; d) 2 min.

8. *(2 pont)* A fonalinga rezgési frekvenciája 2 Hz. Hány rezgést végez az inga 1 min alatt?
a) 0,5; b) 2; c) 30; d) 120.

9. *(3 pont)* A kisfiú a kerékpárján fél órán át 24 km/h sebességgel haladt, majd 6 km-t gyalogolt 4 km/h sebességgel. Határozzátok meg a kisfiú átlagsebességét!
a) 9 km/h; b) 14 km/h; c) 20 km/h; d) 28 km/h.

10. *(3 pont)* Az egyenletes mozgás során megtett út és az idő összefüggésének grafikonja (1. ábra) segítségével határozzátok meg a test mozgási sebességét! A feleletet m/s-ban és km/h-ban is adjátok meg!

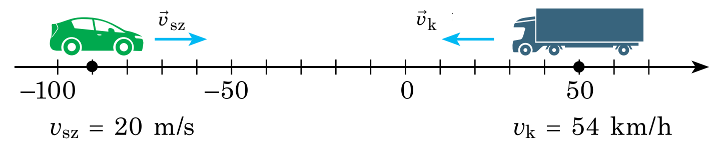


1. ábra

11. *(3 pont)* A 250 km-es tengeri kiránduláson lévő hajó kabinjában egy óra van. Hány rezgést végez az óra ingája a kirándulás ideje alatt, ha annak rezgési periódusa 0,5 s, a hajó átlagsebessége pedig 10 m/s?

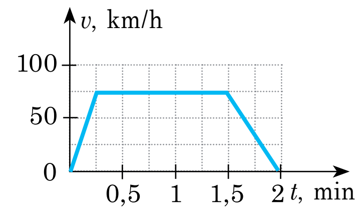
12. *(3 pont)* A turista a hegyi ösvényen 2 km/h sebességgel haladt, majd 6 km/h sebességgel gyalogolva visszatért a kiindulási ponthoz. Mekkora volt a turista átlagsebessége a teljes úton?

13. *(4 pont)* A 2. ábra adatait felhasználva határozzátok meg, mennyi idő múlva találkoznak a gépkocsik!



2. ábra

14. *(4 pont)* A 3. ábrán a gépkocsi sebességének grafikonja látható. Határozzátok meg az út során elért maximális sebességét!



3. ábra

15. *(5 pont)* A gépkocsi 400 km-t tett meg. Tudjuk, hogy az út megtételéhez szükséges idő első felében a sebessége 90 km/h volt, a második felében pedig 175 km-t tett meg. Mekkora volt a gépkocsi sebessége a második útszakaszon? Határozzátok meg a gépkocsi sebességét a teljes úton. A gépkocsi mozgását mindkét szakaszon egyenletesnek tekintjük.

A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes válaszokat, és számoljátok össze az elért pontszámot, majd az összeget osszátok el hárommal. A kapott szám jelenti a tudásszinteteket.

A gyakorló tesztfeladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

Rakétaindító központ az egyenlítőn

Az elmúlt száz év alatt megjelent technikai újdonságokat egy séma szerint alkották meg: *1. fázis – a tudósok új jelenségeket fedeznek fel; 2. fázis – a mérnökök olyan berendezéseket (műszereket) hoznak létre, amelyek működési elve a felfedezett jelenségeken alapul.*

Így a gépészmérnökök új, tökéletesített gépkocsik és szerszámgépek, az optikus mérnökök modern fényképezőgépek és teleszkópok, az elektromérnökök tökéletesebb akkumulátorok és villanymotorok létrehozásán fáradoznak.

A tankönyv enciklopédia-oldalait olvasva meggyőződhettek arról, hogy a mérnököknek nemcsak a saját szakirányukat kell ismerniük, hanem széles körben kell tudniuk alkalmazni más tudományágak eredményeit is.

Hogyan dobható legtávolabbra a kő, avagy miért építenek rakétaindító központokat az egyenlítőhöz közel

Az emberek többségének fogalma sincs arról, miből áll egy űrhajó, vagy hogyan épül fel az űrállomás, de majdnem mindenki tisztában van vele, hogy az űrkutatás nagyon költséges. Tudják ezt az űrhajót építő mérnökök és konstruktőrök is. Ezért például a tehernek az űrbe való feljuttatásához a költségek csökkentése érdekében különféle módszereket és technológiákat dolgoznak ki. Erre vizsgálunk meg néhány példát.

Az űrhajót a Ciklon-4 rakétahordozó állítja Föld körüli pályára

Emlékeztek a körhintára, amelyet gyerekkorotokban felpörgettetek, majd felugrottatok rá? A szélén volt a legnehezebb megkapaszkodni – egy „láthatatlan erő” folyton le akart taszítani a körhintáról. Ezt a fizikai jelenséget használják ki a kalapácsvető sportolók, akik a sodronyra rögzített súlyt megpörgetve dobják azt el (érdekes, hogy a kalapácsvetés világcsúcsa négyszer nagyobb a súlylökés világcsúcsánál – megközelítőleg 86 m és 22 m); ezen az elven alapszik az ókorban használt hajítófegyver, a parittya működése is.

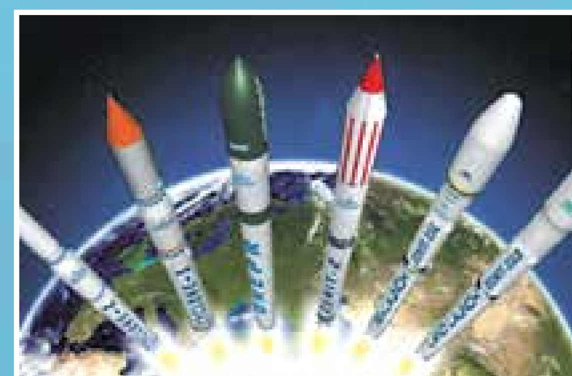
A rakétakonstruktőrök nagyon jól ismerik a fizikát, mivel a kilövés „megkönnyítése” érdekében felhasználják a Föld forgását. Ez a következőképpen történik. Ismeretes, hogy a Föld forog a saját tengelye körül és a forgási sebesség az egyenlítő mentén a legnagyobb. Ha az űrhajókat az egyenlítőről lövik ki, akkor ennek köszönhetően közel 20%-kal több hasznos terhet tud feljuttatni például az űrállomásra. Ezért az Európai Űrügynökség indítóközpontja az egyenlítői Francia Guyana-ban található Kourouban van. Mihez kezdjenek azok az országot, amelyek távol vannak az egyenlítőtől, mint például Ukrajna?

A brazil Alcantara kilövőállomás helye

Közel 20 évvel ezelőtt indítottak be egy grandiózus programot, amelynek Ukrajna is résztvevője, a megnevezése Sea Launch (angolból fordítva *tengeri start*). A mérnökök úgy döntöttek: ha valamely ország nem rendelkezik szárazföldi területtel az egyenlítő mentén, akkor űrhajóik kilövését megoldhatják a tengerről is. Hogyan vitték ezt véghez?

Érthető, hogy egy rakétakilövő állomáshoz nagy földterületre van szükség, egy teljes mesterséges szigetre. Szerencsére már hasonló mesterséges szigetek léteztek, melyeket az olajkitermelésben használtak. A Sea Launch programban rakétahordozóként ukrán gyártmányú Zenit rakétákat használtak, ami jelenleg az egyik legjobb a világon. A program során eddig 36 kilövést végeztek.

Ezzel a programmal egy időben az ukrán tudósok egy ukrán-brazil közös projekten is dolgoznak, amely alapján a Brazília déli részén fekvő Alcantara városban (300 km-re az egyenlítőtől) kilövőállomást hoznak létre. Itt ugyancsak az ukrán Ciklon-4 rakétahordozókat fogják felhasználni.



Ukrán gyártmányú rakétahordozók

Referátumok és beszámolók témái

1. Az időmérő eszközök evolúciója0
2. Az idő mérésének módjai. Naptár0
3. A világ leggyorsabb vonatai0
4. A gyorsaság világrekorderei az élőlények és a gépek között. A teljesítmények összehasonlítása0
5. "'A hajók gyorsasági rekordjainak története0
6. 'A gépkocsik gyorsasági rekordjainak története0
7. "'Milyen lesz a jövő közlekedési eszközeA
8. Ukrajna mint kozmikus hatalom0
9. 'Marskutató tudományos laboratórium: a Curiosity marsjáró0'
10. "" A Csurjumov-Geraszimenko üstökös0
11. "'Forgómozgás a természetben és a technikában0
12. "'Az inga szerepe a Föld fizikai tulajdonságainak tanulmányozásában0

Kísérleti kutatások témái

1. 'Az ember reakcióidejének meghatározása0
2. 'Az ember mozgási sebességének meghatározása séta közben0
3. "'Az elrúgott labda átlagsebességének meghatározása0
4. "'A papírrepülő mozgásgrafikonjának megszerkesztése és átlagsebességének meghatározása0
5. "Rezgőfolyamatok az élő természetben0
6. "Rezgőfolyamatok a technikában0
7. "Rezgőfolyamatok az élettelen természetben0

3. FEJEZET

TESTEK KÖLCSÖNHATÁSA. ERŐ

- Meg tudjátok mérni a testek tömegét, megtanuljátok mérni azok súlyát
- Tisztában vagytok vele, hogy a test mozgását a súrlódás gátolja, a következendőkben megtanuljátok, miért idézi elő a súrlódás a test mozgását
- Tudjátok, hogy a súlytalanság állapotát csak az űrhajóban tapasztalhatjátok, most megtanuljátok, hogy ki sem lépve a szobából hogyan lehettek súlytalanok
- Láttátok, hogyan emelkedik a levegőbe az ember léggömbbel, itt kiszámíthatjátok annak a léggömbnek a méretét, amely titeket is felemelhet
- Tudjátok, hogy a halak úsznak, itt megtudhatjátok, miért, és hogyan úszik a tengeralattjáró

1. RÉSZ. **ERŐ. AZ ERŐ FAJTÁI**

14. §. A TEHETETLENSÉG JELENSÉGE

A gépkocsi suhan az országúton, a levegőben madár repül, a tekegolyó gurul a gurítódeszkán. Vajon minek a hatására jöttek létre ezek a mozgások? Van-e valamilyen oka a keletkezésüknek? Szükség van-e valamire a mozgások fenntartásához? Miért csökken egyes testek mozgásának a sebessége, míg másoké változatlan marad? Megpróbálunk felelni a feltett kérdésekre.

1 Meggyőződünk a testek kölcsönhatásáról

A mindennapi életben folyton találkozunk a testek kölcsönhatásának egyes formáival. Az ajtó kinyitásakor kézzel hatunk rá; a lábunk hatására repül az elrúgott labda; a széken ülve hatást gyakorlunk rá.

Ugyanakkor az ajtók nyitogatásakor kezünkkel megérezzük a ránk irányuló hatást; a labda hatását a lábunkra főleg mezítláb érezhetjük jól; a szék ránk irányuló hatása meggátolja, hogy a földre essünk. Tehát a hatás egyben kölcsönhatás is: *ha egy test hat a másikra, akkor a másik test is hat az elsőre* (14.1. ábra).

14.1. ábra. Testek kölcsönhatásának példái

14.2. ábra. A hatás egyben kölcsönhatás: bárki húzza a kötelet, mindketten mozgásba lendülnek

Végezzetek el egy kísérletet! Gördeszkán állva a barátotokkal próbáljatok meg kötelet húzni. Melyikőtök lendül mozgásba? Magyarázzátok el az eredményt a 14.2. ábra alapján!

2 Tisztázzuk, milyen feltételek mellett van a test nyugalmi állapotban

A padlón lévő labda nyugalmi állapotban van. Elég kézzel megtolnunk a labdát, és a nyugalmi állapot megszűnik – a kézzel való kölcsönhatás eredményeként a labda

14.3. ábra. A labda nyugalomban van, mivel a Föld hatását a padló kiegyenlíti

14.4. ábra. A csillár nyugalmi állapotban van, mert a Föld hatását a felfüggesztés kompenzálja

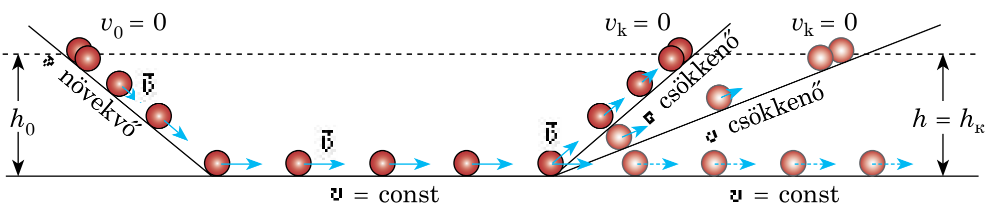
14.5. ábra. Tapasztalatból tudjuk: ahhoz, hogy a bevásárlókocsi változatlan sebességgel haladjon, valakinek tolnia kell

mozgásba lendül. Kölcsönhatásban volt-e valamivel a labda eddig a pillanatig? Természetesen igen. Jól tudjátok, hogy a földfelszín közelében lévő testek kölcsönhatásban vannak a Földdel. Ha „eltüntetnénk” a padlót, akkor a Föld vonzásának hatására a labda rögtön mozogni kezd. Eddig csakis azért volt nyugalmi állapotban, mert a padló kompenzálta (kiegyenlítette) a Föld hatását.

A test akkor van nyugalomban, ha a vele kölcsönhatásban lévő testek hatása kiegyenlítődik (14.3., 14.4. ábra).

3 Tisztázzuk, milyen feltételek mellett végez a test egyenes vonalú egyenletes mozgást

2500 évvel ezelőtt *Arisztotelész* görög filozófus, miközben a testek mozgásának az okain gondolkodott, arra a mindennapi élet szempontjából talán helyes, de a fizika szemszögéből helytelen következtetésre jutott, hogy a testek mozgásának a fenntartásához másik testek hatására van szükség (14.5. ábra). A XVI. század végén *Galileo Galilei* olasz tudós, a ferde csatornán leeresztett golyók mozgását vizsgálva és *elméleti kísérletet** végezve (14.6. ábra) arra a következtetésre jutott, hogy Arisztotelész elméletével lehetetlen helyesen megmagyarázni a test mozgásának okait.



14.6. ábra. Galilei elméleti kísérlete. Amikor a golyó lefelé gurul a csatornában, felgyorsul; amikor felfelé gurul, csökken a sebessége. Galileiben felmerült a kérdés: „Miként fog a golyó gurulni a vízszintes, sima padlójú csatornában, amikor semmi nem fogja gátolni?” A válasz váratlan volt: a golyó bármekkora ideig gurulhat változatlan sebességgel.

* Azt a kísérletet, melyet elméletben folytatnak le feltételezések formájában, a fizikában *elméleti kísérletnek* nevezik. Az elméleti kísérletek lehetőséget adnak a találgatások megindoklására, amit a későbbiekben reális kísérletek segítségével megerősítenek vagy megcáfolnak.

Mi is elvégzünk egy elméleti kísérletet. Képzeljetek el egy hosszú jégpályán sikló gyereket (14.7. ábra). Ha senki nem tolja és nem húzza, akkor a tapasztalatunk azt súgja, hogy egy idő után meg fog állni. A gyerek mozgásának ideje a külső feltételektől függ. Például, ha a jégre ráfagyott a hó, akkor a kisfiú már 2–3 méteren belül megáll; ha a jég teljesen sima, úgy 20 méter megtétele sem lehetetlen; ha a kisfiú korcsolyát húz fel, akkor akár 100 métert is megtehet.

Elmélkedünk tovább. Képzeljétek el, hogy „fékezés" egyáltalán nincs és a fiút semmilyen külső hatás nem éri. Ebben az esetben *változatlan sebességgel* csúszik tovább a *végtelenségig*. Eközben a Föld és a jégpálya hatásai kiegyenlítik (kompenzálják) egymást.

A test változatlan sebességgel való mozgásának a feltételét a mechanikában a **tehetetlenség törvénye** határozza meg:

Minden test megtartja egyenes vonalú egyenletes mozgását vagy nyugalmi állapotát mindaddig, míg nem hatnak rá más testek, vagy a rá ható testek hatása kiegyenlítődik.

4 Megismerkedünk a tehetetlenséggel

A test egyensúlyban maradásának vagy egyenes vonalú egyenletes mozgása megtartásának jelenségét *tehetetlenségnek* nevezzük.

Tehetetlenségnek azt a jelenséget nevezzük, amikor a test más testek hatásának hiányában vagy azok hatásának kiegyenlítődése esetén képes megtartani a sebességét.

A fizikában *a test mozgását ideális körülmények között (amikor nem hatnak rá más testek)* **tehetetlenségi (inerciális) mozgásnak** *nevezik.*

A valóságban lehetetlen olyan feltételeket teremteni, hogy a testre más testek ne hassanak. Ezért a mindennapi életben tehetetlenségi mozgásnak azokat az eseteket tekintik, amikor a külső tényezők hatása a testre gyenge, és a test sebességének a megváltozásáig viszonylag hosszú utat tesz meg (14.8. ábra).

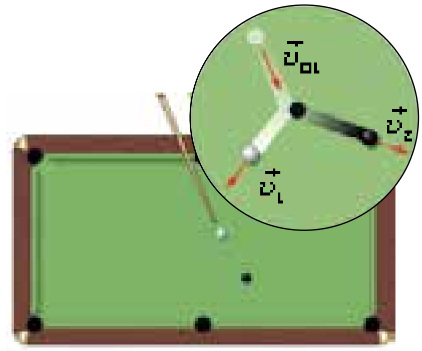
14.7. ábra. Megáll-e a fiú, ha semmi nem gátolja a mozgását?

14.8. ábra. A korong mozgását a jégen tehetetlenségi mozgásnak tekinthetjük

5 Megfigyeljük az egyik test másikra váló hatásának eredményét

Vajon hogyan mozog az a test, melyre más testek hatnak és ez a hatás nincs kiegyenlítve? Például hogyan viselkedik a biliárdgolyó, ha nekiütközik egy másik golyó, melynek hatását semmi nem kompenzálja? Hogyan fog mozogni a cérnán függő nehezék, miután elvágtuk a cérnát, és a Föld hatása nem lesz kiegyenlítve? Mi történik, ha kerékpározás közben nem fogjátok hajtani a pedált, és az úttest részéről ható ellenállás nem lesz kompenzálva?

A felsorolt esetekben a testek megváltoztatják sebességüket: a biliárdgolyók megváltozott sebességgel különböző irányokba gurulnak (14.9. ábra); a nehezék növekvő sebességgel esik lefelé; a kerékpár lelassul, majd megáll.



14.9. ábra. A biliárdgolyók az ütközés következtében megváltoztatják a sebességüket és mozgásirányukat

Tehát levonhatjuk a következtetést: *ha a testre ható más testek hatása nem kompenzálódik, akkor megváltozik a test sebességének az értéke vagy az iránya, vagy egyszerre mindkettő**.

Összefoglaló

A test akkor tartja meg egyenes vonalú egyenletes mozgását vagy nyugalmi állapotát, ha nem hatnak rá más testek, vagy a vele kölcsönhatásban lévő testek hatása kiegyenlítődik.

Tehetetlenségnek azt a jelenséget nevezzük, amikor a test más testek hatásának hiányában vagy azok kompenzálódása esetén képes megtartani a sebességét.

Ha a testre ható más testek hatása nem kompenzálódik, akkor megváltozik a test sebességének az értéke vagy az iránya, vagy egyszerre mindkettő.

Ellenőrző kérdések

1. Mondjatok példákat a testek kölcsönhatására! **2.** Milyen feltételek mellett van a test nyugalmi állapotban? Végez egyenes vonalú egyenletes mozgást? **3.** Hogyan mozog a test külső hatás hiányában? **4.** Mi a tehetetlenség? **5.** Mi történik a testtel, ha más testek hatása nem egyenlítődik ki?

* Megjegyezzük, hogy más testek hatásának eredményeként a testnek nemcsak a sebessége változik, hanem deformálódhat is, azaz megváltozhat az alakja és a méretei. Bővebb információt a 19. §-ban találtok.

14. gyakorlat

1. A széken ülve ti is és a szék is nyugalmi állapotban van a Földhöz viszonyítva. Milyen testek hatnak a székre? Rátok? Mit tudtok mondani ezekről a hatásokról?
2. A légbuborék változatlan sebességgel emelkedik a tó vizében. Mi hat a buborékra? Kompenzálva lesznek-e ezek a hatások?
3. Milyen feltételek mellett végez a bevásárlókocsi (14.5. ábra) egyenes vonalú egyenletes mozgást? Növekszik a sebessége? Csökken a sebessége?
4. Tekinthető-e a biliárdgolyó mozgása ütközés után tehetetlenségi mozgásnak? A választ indokoljátok meg!
5. Az űrben nincs mitől elrugaszkodni, de az űrhajók minden gond nélkül repülnek és változtatgatják a sebességüket. Vajon mitől „rugaszkodnak” el, amikor változtatják a sebességüket?
6. Írjatok rövid fogalmazást *Tapasztalataim a testek kölcsönhatásáról* címmel (lehet akár vers formájában is)! Írjátok le külön lapra, és illesszetek hozzá fényképet!
7. Számítsátok át kilogrammokba, és írjátok fel normál alakban a következő mennyiségeket: a) 5,3 t; b) 0,25 t; c) 4700 g; d) 150 q!
8. Nézzétek meg a videofilmet! Mikor mozognak a rajzfilmhősök a tehetetlenség folytán? Magyarázzátok meg a válaszotokat!

Kísérleti feladat

Reaktív mozgás. Végezzétek el a következő elméleti kísérletet! Képzeljétek el, hogy gördeszkán haladva a mozgásotokkal ellentétes irányban eldobtatok egy nehéz tárgyat. Hogyan változik meg a sebességetek? Mi történik akkor, ha a mozgás irányába dobjátok el a tárgyat? Ha van rá lehetőségetek, végezzétek el a valóságban is a kísérletet! Hol használható fel (vagy esetleg már használják) a megfigyelt jelenség?

Fizika és technika Ukrajnában

Mikola Bogoljubov (1909-1992) – XX. századi ismert fizikus és matematikus, akadémikus, a nemlineáris mechanika és elméleti fizika tudományos iskolájának megalapítója.

Már 13 éves korában akkora matematikai és fizikai tudással rendelkezett, mint egy végzős egyetemi hallgató. 19 éves korában megvédte a kandidátusi disszertációját, 21 éves korában pedig megkapta a matematika doktora tudományos címet disszertáció védése nélkül.

Az 1913-1950 közötti években Bogoljubov Kijevben élt és dolgozott. Ő volt az alapítója és igazgatója az Ukrán Tudományos Akadémia kijevi Elméleti Fizikai Intézetének. Az intézet ma az ő nevét viseli.

Az Ukrán Tudományos Akadémia megalapította a Bogoljubov nevét viselő díjat.

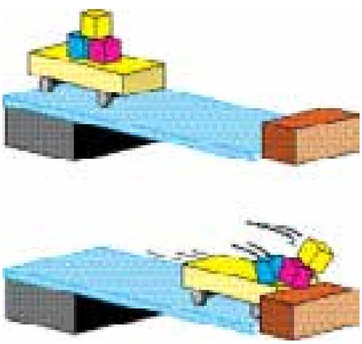
15. §. A TEST TEHETETLENSÉGE. TÖMEG

Képzeljétek el, a megállóban beszálltok a buszba. Minden hely foglalt, néhányan állnak. Az ajtók bezáródnak, az autóbusz hirtelen elindul, és nektek nagy erőfeszítésetekbe telik, hogy ne essetek el. A következő megállónál ismét fogódzkodnotok kell, mert a jármű hirtelen lefékez. Miért lökdös valami előre-hátra benneteket? Ebből a paragrafusból megtudhatjátok, a fizikai testek milyen tulajdonsága miatt mozdultok el hátrafelé, ha indul a busz, és dőltök előre, ha hirtelen lefékez (15.1. ábra).

1 Megtudjuk, mi a tehetetlenség

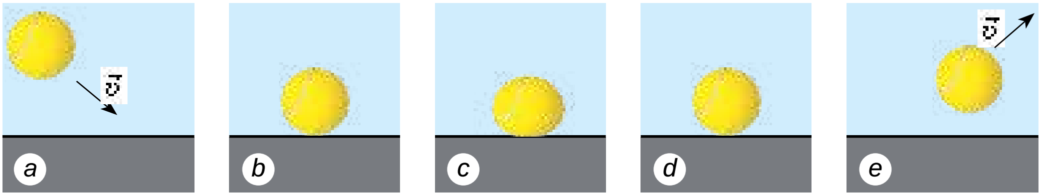
Mindnyájan játszottatok már fogócskát. Voltak olyan helyzetek, amikor hirtelen meg kellett állni, irányt változtatni, felgyorsulni, elfordulni. Sikerült ezeket a mozdulatokat egy pillanat alatt elvégezni? Természetesen nem. Vagy elkaptatok valakit és belekapaszkodtatok, vagy megálltatok és úgy folytattátok a manővert. Időbe telt a felgyorsulás is.

Megvizsgálunk még egy példát. Testnevelésórán labdajáték közben úgy tűnik, hogy a földre eső labda abban a pillanatban visszapattan. Valójában ez nem így van. Ha lassított felvételeket készítünk a labda mozgásáról, akkor megláthatjuk, hogy a visszapattanása eltart egy ideig (15.2. ábra).

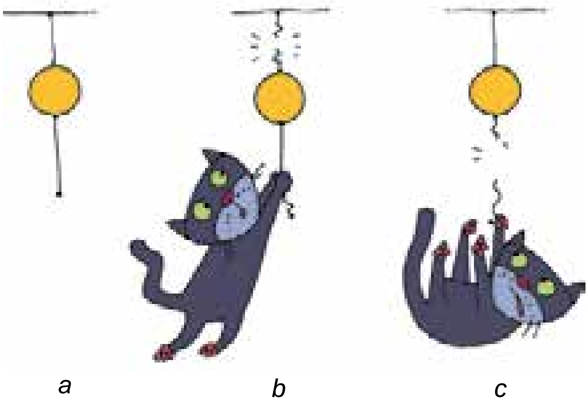


15.1. ábra. Miután a kiskocsi megállt, a rajta lévő kockák tovább mozognak. Nem emlékeztet ez a buszon történt esetre?

A **tehetetlenség** a test tulajdonsága, ami abban nyilvánul meg, hogy bármely más testtel való kölcsönhatása közben sebességének a megváltozásához időre van szükség.



15.2. ábra. A labda padlóra csapódásának vázlata: miután a bizonyos sebességgel mozgó labda (*a*) nekiütközött a padlónak (*b*), összenyomódik, megáll (*c*), majd újra felveszi eredeti alakját *(d)* és visszapattan (*e*)



15.3. ábra. *Végezzétek el az ábrán bemutatott kísérletet!* A testet vékony cérnával fent rögzítették és az alsó részére is kötöttek egy darab cérnát (*a*).
Ha a cérnát lassan kezditek húzni, idővel elszakad a test feletti részén (*b*).
Ha viszont hirtelen megrántjátok, akkor alul szakad el (*c*)

A test tehetetlensége akkor nyilvánul meg, amikor meg akarjuk változtatni a sebességét (15.1–15.3. ábrák).

2 Meghatározzuk a test tömegének fogalmát

Ugyanannak a hatásnak az eredményeként egyes testek gyorsabban változtatják meg sebességüket, míg más testek jóval lassabban. Például, ha evezők segítségével fel akarjuk gyorsítani a könnyű kajakot, akkor sokkal kevesebb időre van szükség, mint a nehéz csónak felgyorsításához. Ebben az esetben azt mondjuk, hogy a csónak *tehetetlenebb* a kajaknál.

A testek tehetetlenségének fizikai jellemzője – a *tömeg*.

A **test tömege** a test tehetetlenségének mértékéül szolgáló fizikai mennyiség.

A test tömegének a jele: *m*. A *mértékegysége a SI rendszerben* – **kilogramm**:

$$[m] = \text{kg}.$$

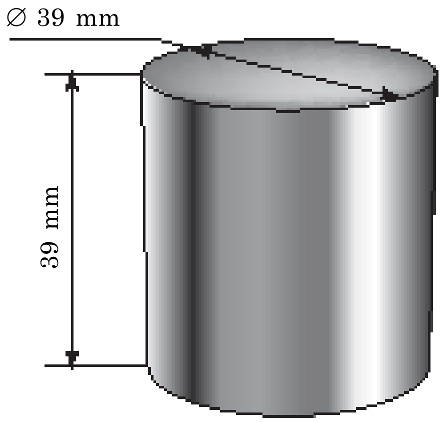
A kilogrammon kívül egyéb tömegegységeket is használnak, például *tonna* (t), *gramm* (g), *milligramm* (mg):

$$1\ \text{t} = 1000\ \text{kg} = 1 \cdot 10^3\ \text{kg}$$
$$1\ \text{g} = 0{,}001\ \text{kg}$$
$$1\ \text{mg} = 0{,}000\ 001\ \text{kg}.$$

A *tömeg a SI rendszer egyik alapegysége*, ezért számára létezik **etalon**.

A kilogramm nemzetközi etalonját (mintapéldányát) 1880-ban hozták létre* és napjainkban is ez használatos. Az etalon egy henger alakú, platina-irídium ötvözetből készített test (15.4. ábra). A henger tömege *pontosan* 1 kg.

* Eleinte a kilogramm etalonjaként 1 *l* +4 °C fokos vizet használtak. De ez az etalon kényelmetlen és pontatlan volt.



a

b

15.4. ábra. A kilogramm nemzetközi etalonja: *a* – méretei; *b* – tárolásának feltételei

A kilogramm nemzetközi etalonját Franciaországban, Párizs egyik külvárosában, Sevresben, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban őrzik. Az etalont a tárolóból 15 évenként egyszer veszik elő. Ukrajnában, a Nemzeti Metrológiai Tudományos Központban (Harkiv) őrzik az etalon pontos mását.

3 Megmérjük a test tömegét

A fizikai testeknek a tehetetlenségen kívül van még egy tulajdonságuk: az *általános tömegvonzás* következtében képesek egymással kölcsönhatni*. A testek *kölcsönhatásának a mértékéül a tömeg* szolgál.

A tömegvonzás elvén alapul a *tömeg meghatározásának legegyszerűbb* és a mindennapokban leggyakrabban használt *módja*, a *mérlegelés*: *minél nagyobb a test tömege, annál nagyobb erővel vonzódik a Földhöz,* és ezért nagyobb nyomást gyakorol a mérleg karjára.

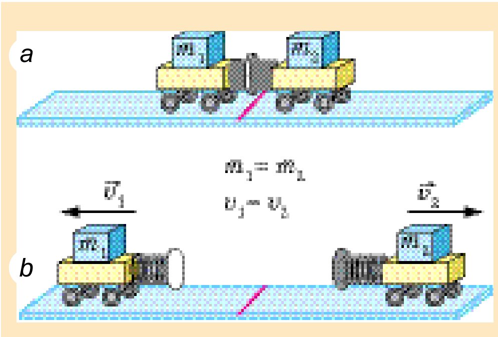
A testek tömegének méréséről többet a 6. számú laboratóriumi munka végzésekor fogtok megtudni.

15.5. ábra. A mérés a tömeg megállapításának legegyszerűbb módja

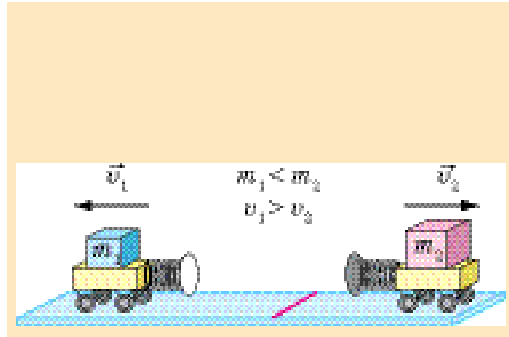
4 Megismerkedünk a tömeg mérésének egyéb módszereivel

A testek tömegét a tehetetlenségük folytán más módszerekkel is meghatározhatjuk. Két kiskocsit sima oldalukon összeszorított

* Az általános tömegvonzással a 20. §-ban fogtok találkozni.



15.6. ábra. Az egyenlő tömegű kiskocsik a rugók hatására azonos mértékű sebességre tesznek szert



15.7. ábra. A különböző tömegű kocsik a rugók hatására különböző mértékű sebességre tesznek szert

rugóval vízszintes felületre helyezünk (15.6. *a* ábra). A rugók megnyúlásával a kocsik elmozdulnak.

Ha a két kocsinak azonos lesz a sebessége, és a megállásukig azonos távolságokat tesznek meg, akkor a tömegük egyenlő (15.6. *b* ábra).

Ha az egyik kocsi például a 2., kisebb sebességre tesz szert, és ennek folytán kisebb távolságot tesz meg, akkor a tömege nagyobb a másik kocsiénál (15.7. ábra). Ahányszor kisebb a 2. kocsi sebessége, annál nagyobb lesz az 1. kocsinál a tömege:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2},$$

ahol m_1 és m_2 – a kocsik tömege; v_1 és v_2 – a kocsik kölcsönhatás utáni sebessége.

A kapott egyenlőség segítségével meghatározható a kölcsönható testek tömegének aránya a kölcsönhatás eredményeként elért sebesség mérése által. Ha ismert az egyik test tömege m_1, akkor meghatározható a másik test tömege (m_2):

$$m_2 = m_1 \cdot \frac{v_1}{v_2}.$$

Első látásra ez a módszer kényelmetlennek tűnik, de abban az esetben, amikor a tömeg mérése lehetetlen, akkor ez az egyetlen lehetséges módszer*.

* Azokban az esetekben a képletbe nem a testek sebességét, hanem a kölcsönhatás által létrejött sebességváltozás értékét helyettesítik be.

Összefoglaló

A tehetetlenség a test tulajdonsága, ami abban nyilvánul meg, hogy bármely más testtel való kölcsönhatása közben sebességének a megváltozásához időre van szükség.

A test tömege (*m*) a test tehetetlenségének a mértékéül szolgáló fizikai mennyiség.

A tömeg mértékegysége a SI rendszerben a kilogramm (1 kg).

A test tömege meghatározható mérlegeléssel (ez a módszer az általános tömegvonzás elvén alapul), valamint a testek kölcsönhatásának következtében történt sebességváltozás összehasonlításával (ennek a módszernek az alapja az a tény, hogy a testek kölcsönhatásának a mértéke a tömeg).

Ellenőrző kérdések

1. Mondjatok példákat arra, hogy a test sebességének változásához időre van szükség! **2.** Mi a tehetetlenség? **3.** A test mely tulajdonságait jellemzi a tömeg? **4.** Mi a tömeg mértékegysége a SI rendszerben? **5.** Mit tudtok mondani a tömeg etalonjaként szolgáló testről? **6.** Soroljátok fel a tömeg megállapításának módjait! Milyen tulajdonság az alapja mindegyiknek?

15. gyakorlat

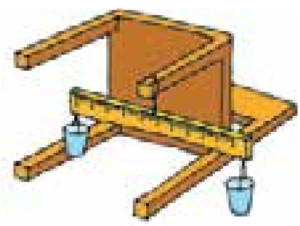
1. Az autóbusz vezetője, hogy kikerülje az akadályt, hirtelen jobbra rántotta a kormányt. Milyen irányba dőlnek az utasok?
2. Az üveg tömege a benne lévő gyümölcslével 340 g 270 mg. Határozzátok meg az üvegben lévő gyümölcslé tömegét, ha ismeretes, hogy az üres üveg tömege 150 g 530 mg!
3. A fiú a nyugalomban lévő 180 kg tömegű csónakból a vízbe ugrott. A fiú sebessége eközben 4 m/s volt. Határozzátok meg a fiú tömegét, ha a csónak 1 m/s sebességre tett szert!
4. A közlekedési balesetek közel fele a gyalogosok hibájából történik. Milyen érvekkel győznéd meg a barátaidat, hogy tartsák be a közlekedési szabályokat?
5. Az egyensúlyban lévő mérleg bal serpenyőjében van a megmérendő test, a jobb serpenyőjében pedig a következő súlyok: két 20 g-os, egy 5 és egy 100 g-os, és egy-egy 10, 20 és 200 mg-os. Határozzátok meg a test tömegét, és adjátok meg grammokban!
6. Mint emlékeztek rá, a szőnyeget kétféleképpen tisztíthatjuk: porolással és rázással. A testek milyen tulajdonságán alapulnak ezek a módszerek? Mi a különbség közöttük a fizika szemszögéből?
7. Az állatvilág rendkívül sokszínű. Az osztály tanulói számára válasszatok ki néhány állatcsoportot (madarak, halak, rovarok, emlősök), és különböző forrásanyagok felhasználásával készítsetek beszámolót arról, hogy a kiválasztott csoportokon belül kik viszik a rekordot a tömeget illetően!

8. Adjátok meg kilogrammokban:
a) 5,3 t; b) 0,25 t; c) 4700 g; d) 150 g!

9. Adjátok meg grammokban:
a) 5 kg 230 g; b) 270 g 840 mg; c) 56 g 91 mg!

Kísérleti feladat

Mérleg saját kezűleg. Készítsetek saját kezűleg szék, vonalzó, két műanyag pohár és cérna felhasználásával mérleget (l. a rajzot)! Súlyok gyanánt különböző érméket használjatok (a tömegüket a táblázatban találjátok)! Az elkészült mérleg segítségével mérjétek meg néhány kis test tömegét.



Az érme értéke	1 kop	2 kop	5 kop	10 kop	25 kop	50 kop
Az érme tömege, g	1,5	1,8	4,3	1,7	2,9	4,2

6. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma: Testek tömegének meghatározása mérlegeléssel.
A munka célja: gyakorolni a mérleg használatát, és megmérni a különböző testek tömegét.
Eszközök: karos mérleg; súlykészlet; két ismeretlen tömegű test; két egyforma üvegpohár: az egyik üres, a másikban víz van.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

I **Előkészület a kísérlethez**

Figyelmesen olvassátok el a mérlegelés szabályait!

A mérlegelés szabályai

1. A karos mérleget helyezzétek középre, tőle jobbra a súlykészletet! Balkezesek a súlyokat bal oldalra teszik.
2. Mérlegelés előtt állítsátok be a mérleg egyensúlyát. Ha nincs egyensúlyban, a könnyebb tányérra helyezzetek papírfecniket!
3. A mérendő testet óvatosan tegyétek a bal oldali tányérra!
4. A súlyokat speciális csipesszel kiveszitek a tartóból, és a jobb oldali tányérra helyezitek.
5. Akkora súlyokat helyeztek a tányérra, amelyek tömege megközelíti a mérendő test tömegét. Ha a súly tömege nagyobb, visszateszitek a dobozba, és kisebb súlyt választotok. Addig teszitek a súlyokat a tányérra, amíg a mérleg karja egyensúlyba nem kerül.

6. Miután a mérleg egyensúlyba került, összeszámoljátok a tányéron lévő súlyok értékét, majd visszarakjátok őket a dobozba.
7. A mérlegelés végén ellenőrzitek, minden súly a dobozban van-e, és mindegyik a helyére került-e.

   Jegyezzétek meg! A mérleg tányérjára nem szabad nedves, forró, piszkos tárgyakat helyezni, folyadékot önteni; az ömlesztett anyagokat papírlapra kell szórni, de előtte a papírlappal egyensúlyba kell hozni a mérleget.

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

1. Tartsátok be a mérlegelés szabályait, és a következő tárgyak tömegét mérjétek le:
   a) a két adott testet;
   b) az üres poharakat;
   c) a vízzel telt poharat!
2. A kapott eredményeket írjátok a táblázatba!

A kísérlet sorszáma	Mért test	A tányéron lévő súlyok	A test tömege m_0, g

A kísérlet eredményeinek feldolgozása

Határozzátok meg a pohárban lévő víz tömegét a vízzel telt pohár és az üres pohár tömegének a különbségeként!

A kísérlet és az eredmények elemzése

Kielemezve a kísérletet, készítsetek beszámolót a következő vázlat szerint: 1) milyen eszköz segítségével milyen fizikai mennyiséget határoztatok meg; 2) milyen tényező befolyásolta a mérés pontosságát; 3) melyik test tömegét állapítottátok meg a legpontosabban!

Alkotói feladat

Mérjétek meg egy érme tömegét! Hogyan lehet a legpontosabban elvégezni a mérést?

Csillagos feladat

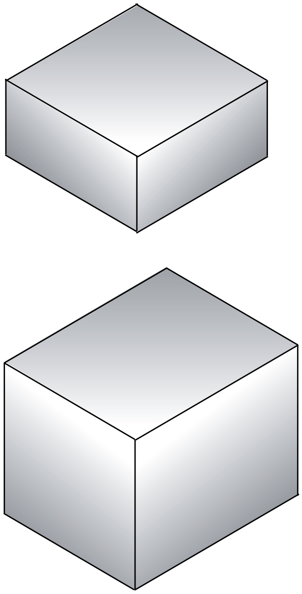
Figyelembe véve, hogy a tömeg mérésekor az abszolút hiba mértéke $\Delta m = 0{,}02$ g, írjátok fel a mért testek tömegét a következő alakban:

$$m = m_0 \pm \Delta m!$$

16. §. SŰRŰSÉG. A SŰRŰSÉG MÉRTÉKEGYSÉGEI

Gyakran használjuk a *könnyű, mint a levegő*, *nehéz, mint az ólom* kifejezéseket. De tudjátok-e, hogy a levegő tömege egy bevásárlóközpont belsejében közel 5000 kg? Ekkora tömeget egy erőművész sem emel fel. De egy horgászbot ólomnehezékét a kisgyerek is könnyen felemeli. Akkor helytelenek a fenti állítások? Megvizsgáljuk, miről is van valójában szó.

1 Elvégzünk néhány mérést és számítást



16.1. ábra. Két valós méretekben ábrázolt ólomhasáb

A 16.1. ábrán két különböző térfogatú, tömör ólomhasábot láthattok. A tömegük szintén eltérő. A mi feladatunk – meghatározni mindegyik *hasáb tömegének és térfogatának az arányát*, vagyis megállapítani 1 cm³ *ólom térfogatát.*

1) Mérjétek meg a hasábok szélességét, hosszúságát és magasságát, és számítsátok ki azok térfogatát (V_1 és V_2)!

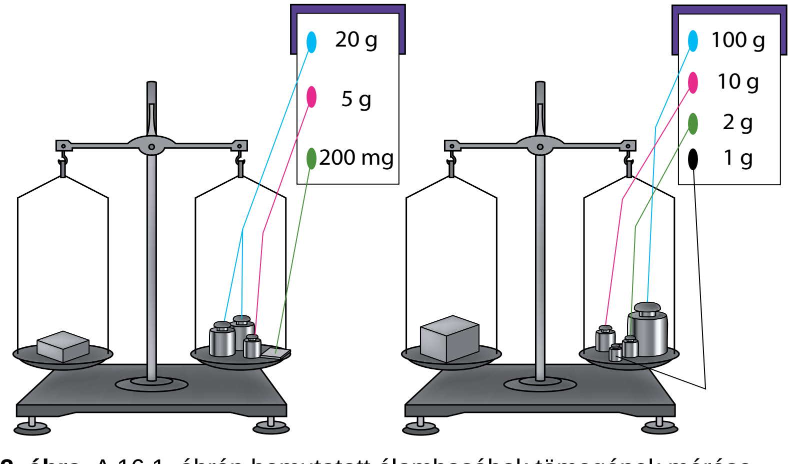
2) Határozzátok meg a hasábok tömegét (m_1 és m_2) (16.2. ábra)! A mérlegek egyensúlyban vannak, tehát össze kell számolni a súlyok tömegét.

3) Határozzátok meg mindkét hasáb tömegének és térfogatának arányát ($\frac{m_1}{V_1}$ és $\frac{m_2}{V_2}$), vagyis tisztázzátok, mennyi lesz 1 cm³ térfogatú ólom tömege mindkét hasáb esetében!

Reméljük, mindenki helyesen számolt, és mindkét esetben azonos eredményeket kaptatok:

$$\frac{m_1}{V_1} = \frac{m_2}{V_2} = 11{,}3\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}.$$

Tehát, kiderítettük, hogy az 1 cm³ térfogatú ólom tömege 11,3 g.



16.2. ábra. A 16.1. ábrán bemutatott ólomhasábok tömegének mérése

Szerintetek megváltozott volna az eredmény, ha a kísérletben kétszer ekkora tömegű egynemű ólomhasábokat használunk? Ha igen, hányszorosára?

2 Megfogalmazzuk, mi a sűrűség

A méréseket és a számításokat az ólomból készült testek esetében végeztük el. Ha más egynemű anyagból készült tömör testet, mondjuk alumíniumot szeretnénk a kísérletünkhöz felhasználni, akkor szintén azonos de az ólomtól eltérő eredményeket kapnánk. A test tömegének és térfogatának aránya nem a test, hanem a testet alkotó anyag jellemzője. Ezt a mennyiséget az *anyag sűrűségének* nevezzük**.**

Az **anyag sűrűsége** az anyagot jellemző fizikai mennyiség, amely az adott anyagból készült tömör test tömegének és térfogatának az arányával egyenlő:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

ahol ρ (ro) – az anyag sűrűsége; *m* – a test tömege; *V* – a test térfogata (az anyag által elfoglalt térfogat).

A *SI* rendszerben a tömeg mértékegysége a kilogramm, a térfogaté – köbméter, ezért a *sűrűség mértékegysége a SI rendszerben* a **kilogramm per köbméter:**

$$[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Használatos még a *gramm per köbcentiméter* (g/cm^3). A kilogramm per köbméter és a gramm per köbcentiméter között a következő a kapcsolat:

$$1\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{1\cdot 1000\,\text{g}}{100\,\text{cm}\cdot 100\,\text{cm}\cdot 100\,\text{cm}} = 0{,}001\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}.$$

$$1\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0{,}001\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$1\,\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

3 Összehasonlítjuk különböző anyagok sűrűségét

Az anyagok sűrűsége nagy mértékben eltérő. Ezért más a különböző, de azonos méretű, eltérő anyagokból készült testek tömege. Megvizsgálunk néhány példát.

A 16.3. ábrán bemutatott kockák természetes méretűek. Mindegyikük térfogata 1 cm^3, tömegük pedig a rajzon van feltüntetve.

16.3. ábra. Az anyagok sűrűsége különböző, ezért, függetlenül azonos térfogatuktól (1 cm^3), a tömegük jelentősen különbözik egymástól

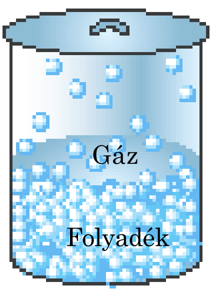
Az első kocka parafából készült. A parafa sűrűsége $0,2\ \frac{g}{cm^3}$, ami azt jelenti, hogy az $1\ cm^3$ térfogatú parafa tömege 0,2 g.

A jég sűrűsége $0,9\ \frac{g}{cm^3}$, vagyis az $1\ cm^3$ térfogatú jégdarab tömege 0,9 g.

Az ólom sűrűsége $11,3\ \frac{g}{cm^3}$, ezért a tömör $1\ cm^3$ térfogatú ólomtest tömege 11,3 g.

? A 16.3. ábra segítségével határozzátok meg az arany sűrűségét. Az **anyagok sűrűségének táblázata** alapján (a tankönyv 249. oldala) határozzátok meg az $1\ cm^3$ térfogatú sárgaréz kocka tömegét!

4 Tisztázzuk, milyen tényezőktől függ az anyag sűrűsége



16.4. ábra. A folyadék molekulái közötti távolság jóval kisebb, mint a gázmolekulák közötti távolság

A sűrűség lényegesen függ az anyag halmazállapotától és hőmérsékletétől.

Ha megváltozik az anyag halmazállapota vagy hőmérséklete, a tömege változatlan marad, hiszen az őt alkotó részecskék (molekulák, atomok) száma változatlan marad. De megváltozik az anyag térfogata, mivel megváltozott a részecskék közötti távolság átlagértéke.

Ha például a cseppfolyós halmazállapotú anyag gázneművé alakul, az anyag sűrűsége megváltozik, mert a részecskék közötti távolság növekedésével megnövekszik az anyag térfogata (16.4. ábra).

A *hőmérséklet növekedésével* megnő a részecskék közötti távolság, és ennek megfelelően *növekszik az anyag térfogata,* és *csökken a sűrűsége.* És fordítva, minél alacsonyabb az anyag hőmérséklete, annál kisebb a részecskék közötti távolság, tehát kisebb az anyag térfogata, de nagyobb a sűrűsége*.

5 Megtanuljuk kiszámítani a test sűrűségét**, tömegét és térfogatát

A testet alkotó anyag felismerésének egyik módja sűrűségének a meghatározása, majd a sűrűségek táblázatából kapott mennyiséggel való összehasonlítása. *A test sűrűségének a meghatározásához elegendő megmérni annak tömegét és térfogatát, majd meghatározni a tömeg és a térfogat hányadosát.*

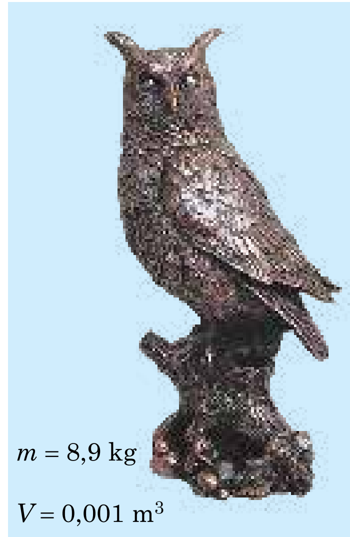
* Kivételt képez ez alól a víz, az öntöttvas és néhány más anyag. Például a víz térfogata 0 °C fokról 4 °C fokra való felmelegítésekor csökken.

** Természetesen a sűrűség az anyag jellemzője, de egyes esetekben használható a *test sűrűsége* kifejezést is.

Például, ha az tömör, $V = 0{,}001\ \text{m}^3$ térfogatú test tömege $m = 8{,}9$ kg, akkor anyagának sűrűsége:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8{,}9\ \text{kg}}{0{,}001\ \text{m}^3} = 8900\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

A sűrűségek táblázata alapján megállapítható, hogy az anyag sűrűsége, amelyből a szobrot készítették, megegyezik a réz sűrűségével (16.5. ábra).



16.5. ábra. Az anyag sűrűsége, amelyből a tömör szobor készült, 8900 kg/m^3. Valószínűleg rézből öntötték

A paragrafusban említett példákban a tömör egynemű testeket vizsgáltuk, vagyis azokat, amelyekben nincs üreg és egyfajta anyagból állnak (ólomkocka, réz szobor).

Ha a test üreges vagy különféle anyagok ötvözetéből készült (például a futball-labda, hajó, ember), akkor az átlagsűrűségéről beszélünk, amit a következő képlet segítségével határozhatunk meg:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

ahol ρ – a test átlagsűrűsége; V – a test térfogata; m – a test tömege.

Az emberi test átlagsűrűsége például $1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Ismerve a test térfogatát és sűrűségét (a testet alkotó anyag sűrűségét vagy a test átlagsűrűségét), mérés nélkül meghatározható a test tömege. Valóban, ha $\rho = \frac{m}{V}$, akkor $m = \rho V$.

Ennek megfelelően, ismerve a test tömegét és sűrűségét, meghatározható a térfogata: $V = \frac{m}{\rho}$.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad m = \rho V$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rightarrow \quad V = \frac{m}{\rho}$$

Összefoglaló

Az anyag sűrűsége az anyagot jellemző fizikai mennyiség, amely az adott anyagból készült tömör test tömegének és térfogatának az arányával egyenlő.

A sűrűséget a $\rho = \frac{m}{V}$ képlet segítségével határozhatjuk meg

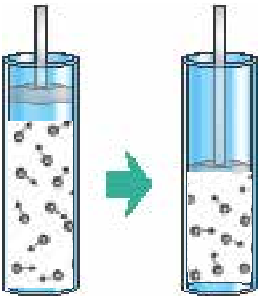
A sűrűség mértékegysége a *SI* rendszerben a kilogramm per köbméter (kg/m^3). Használatos még a gramm per köbcentiméter (g/cm^3). A közöttük lévő összefüggés: 1000 kg/m^3 = 1 g/cm^3.

Ismerve a test térfogatát és sűrűségét, meghatározható annak tömege: $m = \rho V$. Ha ismert a tömeg és a sűrűség, meghatározható a térfogat: $V = \dfrac{m}{\rho}$.

Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk az anyag sűrűségének? 2. Milyen méréseket kell elvégeznünk az anyag sűrűségének meghatározásához? **3.** A sűrűség milyen mértékegységeit ismeritek? **4.** Hogyan adható meg a sűrűség gramm per köbcentiméterben (g/cm^3), ha ismeretes a kilogramm per köbméterben (kg/m^3) kifejezett értéke? 5. Függ-e a sűrűség az anyag hőmérsékletétől és halmazállapotától? Ha igen, akkor hogyan? A feleletet magyarázzátok meg! **6.** Miként határozható meg a test tömege sűrűsége és térfogata alapján? **7.** Ismerve a test sűrűségét és tömegét, hogyan határozható meg a térfogata?

16. gyakorlat



1. A hengerben a dugattyú alatt oxigén van. A dugattyú süllyedni kezd (l. a rajzot). Hogyan változik eközben: a) a gáz tömege? b) a gáz térfogata? c) a gáz sűrűsége?

2. A platina sűrűsége 21 500 kg/m^3. Mekkora az 1 m^3 térfogatú platina sűrűsége? Az 1 cm^3 térfogatú platináé?

3. Valójában melyik mértékegységet hasonlítjuk össze, amikor azt mondjuk: „könnyű, mint a levegő”, „nehéz, mint az ólom”?

4. Milyen esetekben egyenlő az azonos térfogatú testek tömege?

5. Két egyforma edény egyikében folyékony méz, a másikban olaj van. Melyik folyadék tömege nagyobb, és hányszor?

6. Két kockának azonos a tömege. Az egyik kocka plexiből, a másik tölgyfából készült. Melyik kocka térfogata a kisebb, és mennyivel?

Kísérleti feladat

Ki a sűrűbb. Ismerve saját tömegeteket, határozzátok meg testetek átlagsűrűségét. A test térfogata meghatározható a fürdőkádból fürdés közben kiszorított víz térfogata alapján. *Tanács*: a fürdőkádon kívül szükségetek lesz ismert térfogatú mérőedényre (fazék, műanyag flakon) és egy segédre.

7. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma. Szilárd test és folyadék sűrűségének meghatározása.

A munka célja: az adott szilárd testek és folyadékok sűrűségének meghatározása.

Eszközök: mérleg súlykészlettel; vonalzó; vizsgálandó szilárd testek (fahasáb, cérnához rögzített fém test); vízzel teli mérőpohár; pohár a mérendő folyadékkal; üres pohár; papírszalvéták.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

Előkészület a kísérlethez

1. A mérés elkezdése előtt idézzétek fel:
1) a sűrűség meghatározására szolgáló képletet;
2) a szilárd test térfogatának meghatározására szolgáló eszközöket;
3) hogyan olvassuk le helyesen a mérőpohár beosztásait;
4) a karos mérleg helyes használatát;

2. Állapítsátok meg, és írjátok le a vonalzó és a mérőpohár beosztásértékeit!

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

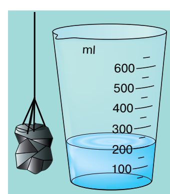
A mérések és számítások eredményeit írjátok a táblázatba!

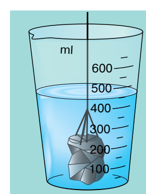
1. Mérjétek meg vonalzóval a hasáb szélességét, hosszúságát és magasságát! Számítsátok ki a térfogatát!

2. Karos mérleggel mérjétek meg a hasáb tömegét!

3. Karos mérleggel mérjétek meg a fém test tömegét!

4. Mérőpohár segítségével határozzátok meg a fém test térfogatát (l. a rajzot)! Utána öntsétek a mérőpohárból a vizet az üres pohárba!





5. Határozzátok meg a vizsgálandó folyadék tömegét és térfogatát:
- mérjétek meg a pohár tömegét a vizsgálandó folyadékkal;
- öntsétek a folyadékot a mérőpohárba, és határozzátok meg a térfogatát;
- mérjétek meg az üres pohár tömegét;
- számítsátok ki a folyadék tömegét!

A vizsgált test vagy folyadék	Tömeg m, g	Térfogat V, cm^3	Sűrűség ρ		Az anyag megnevezése
			g/cm^3	kg/m^3	

A kapott eredmények feldolgozása

1. Határozzátok meg a hasáb anyagának sűrűségét!

2. Határozzátok meg a fém test anyagának sűrűségét!

3. Határozzátok meg a vizsgált folyadék sűrűségét!
4. A sűrűségi táblázat segítségével (249. oldal) határozzátok meg a vizsgált anyagok és a folyadék megnevezését!

A kísérlet és az eredmények elemzése

Készítsetek elemzést, amelyben leírjátok: 1) milyen fizikai mennyiséget, és milyen eszközök segítségével mértetek meg; 2) milyen eredményeket kaptatok; 3) milyen tényezők gyakorolhattak hatást az eredmények pontosságára!

Alkotói feladat

Ajánljatok olyan elméleti és gyakorlati módszereket, amelyek segítségével meghatározható a vízbe süllyesztett, 3 cm élhosszúságú alumínium kocka által kiszorított víz tömege.

17. §. GYAKOROLJUK A FELADATOK MEGOLDÁSÁT

Emlékeztetünk rá, mielőtt a fizikai feladat megoldásához kezdenétek, figyelmesen olvassátok el néhányszor annak szövegét, hogy megérthessétek, milyen folyamatot ír le, milyen testet vizsgál. Vagyis először képzeljétek el a feladat által felvázolt problémát, és csak azután kezdjetek a megoldásba.
Tehát figyelmesen olvastok, gondolkodtok. Először próbáljatok meg önállóan dolgozni, majd ellenőrizzétek, helyesen jártatok-e el.

1. feladat. A tömör 2 cm élhosszúságú kocka tömege 20 g. Milyen anyagból készülhetett?

A fizikai probléma elemzése. Hogy felelni tudjunk a feltett kérdésre, meghatározzuk a kocka anyagának sűrűségét, majd megkeressük a kapott adatot a sűrűségek táblázatában. A feladatot az adott mértékegységekben oldjuk meg.

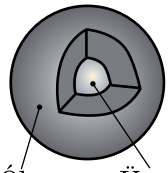
Adva van: $a = 2$ cm $m = 20$ g *Meghatározni:* ρ – ?	*A matematikai modell felállítása, megoldás.* A sűrűség meghatározása szerint: $\rho = \frac{m}{V}$. A kocka térfogatának képlete: $V = a^3$. Tehát: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{a^3}$. Ellenőrizzük a keresett mennyiség mértékegységét: $[\rho] = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$; $\rho = \frac{20}{2^3} = \frac{20}{8} = 2{,}5\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$.

Az eredmény elemzése. A táblázatból megtudjuk, hogy $2{,}5\ \frac{g}{cm^3}$ sűrűsége az üvegnek van.

Felelet: a kocka üvegből készülhetett.

2. feladat. A 60 cm³ térfogatú ólomgolyó tömege 0,565 kg. Határozzátok meg, hogy a golyó tömör vagy üreges!

A fizikai probléma elemzése. Magyarázó rajzot készítünk. Ha az ólom ($V_ó$) térfogata kisebb a golyó (V_g) térfogatánál, akkor a golyó üreges, és az üreg térfogata: $V_ü = V_g - V_ó$.



Meghatározzuk az ólom térfogatát, feltételezve, hogy a tömege megegyezik a golyó tömegével: $m_ó = m_g$.

Megkeressük az ólom térfogatát a táblázatban. Ebben a feladatban a tömeget grammokban, a térfogatot köbcentiméterekben, a sűrűséget gramm per köbcentiméterekben kelt megadni.

Adva van:

$V_g = 60\ cm^3$

$m_ó = 0{,}565\ kg = 565\ g$

$\rho_ó = 11{,}3\ \frac{g}{cm^3}$

Meghatározni:

$V_ü$ – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.

1. Meghatározzuk az ólom térfogatát.

A sűrűség meghatározása alapján: $\rho_ó = \frac{m_ó}{V_ó}$, ezért $V_ó = \frac{m_ó}{\rho_ó}$.

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[V_ó] = \frac{g}{\frac{g}{cm^3}} = \frac{g \cdot cm^3}{g} = cm^3.;$$

$$V_ó = \frac{565}{11{,}3} = \frac{565}{11{,}3} = 50\ cm^3.$$

Az eredmények elemzése: $V_g > V_ó$, tehát a golyó üreges.

2. Meghatározzuk az üreg térfogatát:

$V_ü = V_g - V_ó = 60\ cm^3 - 50\ cm^3 = 10\ cm^3$.

Felelet: $V_ü = 10\ cm^3$.

3. feladat. Hány 25 m³ térfogatú vasúti tartálykocsira van szükség 1080 t olaj szállításához?

A fizikai probléma elemzése. A tartálykocsik számát kiszámíthatjuk, ha az olaj (V_o) térfogatát osztjuk egy tartálykocsi (V_t) térfogatával.

Az olaj teljes térfogatát a tömege és sűrűsége alapján határozzuk meg. Az olaj sűrűségét a táblázatban találjátok.

A feladatot SI egységekben oldjuk meg.

Adva van:
m = 1080 t = = 1 080 000 kg
$\rho = 800\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
$V_t = 25\ \text{m}^3$

Meghatározni:
N – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás. A sűrűség meghatározása alapján kiszámoljuk az olaj teljes térfogatát:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}.$$

Meghatározzuk a tartálykocsik számát:

$$N = \frac{V}{V_t} = \frac{m}{\rho} : V_t = \frac{m}{\rho V_t}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

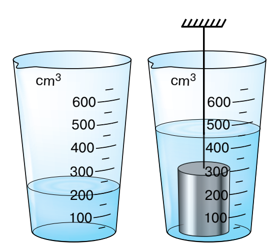
$$[N] = \frac{\text{kg}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m}^3} = 1; \quad N = \frac{1\,080\,000}{800 \cdot 25} = 54.$$

Az eredmények elemzése. A tartálykocsik száma reális.

Felelet: N = 54.

17 . gyakorlat

1. Milyen anyagból készült a kocka, melynek térfogata 250 cm^3, tömege 110 g?
2. Az autóbusz üzemanyagtartályába 84 kg dízelolaj fér. Határozzátok meg a tartály kapacitását! A feleletet literben adjátok meg!
3. Határozzátok meg mindegyik esetben az ismeretlen mennyiséget (m, V vagy ρ)! Ügyeljetek a mértékegységekre!
   a) m=18 kg, V=0,02 m^3;
   b) m=140 g, ρ=700 kg/m^3;
   c) V=10 m^3, ρ=2,5 g/cm^3.
4. Az ezüst szobrocska tömege 707 g, a térfogata 0,7 dm^3. Állapítsátok meg, a szobrocska üreges vagy tömör! A választ indokoljátok meg!
5. A vasúti tartálykocsi térfogata 30 m^3. Hány tonna olajat szállít az 50 ilyen kocsiból álló szerelvény?
6. Mi a nagyobb, a tornatanár tömege vagy a tornaterem levegőjének tömege, ha a tanár tömege 80 kg, a tornaterem méretei pedig 20×10×5 m? A teremben lévő sportszerek térfogatát ne vegyétek figyelembe.
7. A mérőpohárban lévő vízbe (1. ábra) 675 g tömegű fémhengert sütlyesztettek (2. ábra). Milyen anyagból készülhetett a henger?



1. ábra 2. ábra

8. Oldjátok meg a 17. §-ban található 3. feladatot másképpen!

9. Az 1,35 kg tömegű alumínium hengert egy szesszel színig töltött edénybe süllyesztették. Határozzátok meg a kiszorított szesz tömegét!

10. A mindennapi életből mondjatok példákat a testek kölcsönhatására! Milyen változások történnek eközben a testekkel?

Kísérleti feladat

Fizika a konyhában. A 3. ábrán látható tárgyak felhasználásával határozzátok meg a nyers burgonya sűrűségét!
Meghatározhatjátok más zöldségek sűrűségét is. Jegyezzétek meg: a térfogat helyes meghatározása érdekében a testet teljesen bele kell meríteni a vízbe!

3. ábra

18. §. AZ ERŐ – A KÖLCSÖNHATÁS MÉRTÉKE. AZ ERŐK GRAFIKUS ÁBRÁZOLÁSA. ERŐK ÖSSZEADÁSA

Az erő fogalmával nap mint nap találkozunk. A mindennapi életben az erő szóból alkotott erős, erőművész szavak az ember, élőlények, mechanizmusok vagy természeti jelenségek lehetőségeire utalnak. Mondjuk még, hogy legerősebb ember, erős érzelmek, erős fagy, erős hajtómű, akaraterő. Milyen értelmet kap vajon az *erő* szó a fizikában?

1 Megtudjuk, mit jelent az erő fogalma a fizikában

Már említettük, hogy a *test sebességváltozásának az oka a más testekkel való kölcsönhatás.*

Hogy a teniszlabda az ellenfél felé repüljön, meg kell ütnötök azt az ütővel, de a labda is megüti az ütőt. Hogy megállhassatok a kerékpárral, meghúzzátok a féket, miközben érzitek, hogy az nyomja a tenyereteket.

Figyeljétek meg! Az eredmény minden esetben a *kölcsönhatás erejétől* függ: ha erősebben ütitek meg a labdát, az nagyobb sebességet ér el (18.1. ábra); erősebben húzzátok meg a fékkart – a kerékpár hamarabb áll meg.

Az egyik test másikra való hatásának a mértéke az *erő.*

Az **erő** – az egyik test másikra való hatását kifejező fizikai mennyiség (a testek kölcsönhatásának mértéke).

18.1. ábra. A felnőtt teniszező a labdát akkora sebességgel üti el, amekkora egy versenyautó sebessége (*a*); a gyerek nem tudja olyan erősen megütni a labdát, hogy az nagy sebességgel repüljön (*b*)

Az erőt általában F betűvel jelölik. Az *erő mértékegysége a SI rendszerben* – a **newton** (Isaac Newton tiszteletére):

$$[F]=\mathrm{N}.$$

1 N *azzal az erővel egyenlő, amely* 1 kg *tömegű test sebességét* 1 s *alatt* 1 *méter per szekundummal változtatja meg*: $1\,\mathrm{N}=1\dfrac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$.

Minél nagyobb az erő és minél tovább hat a testre, annál érezhetőbben változik meg a test sebessége (l. a 18.1. ábrát). Hogy a különböző tömegű testek azonos idő alatt egyenlően változtassák meg a sebességüket, eltérő nagyságú erőknek kell rájuk hatniuk (18.2. ábra).

2 Ábrázoljuk az erőt

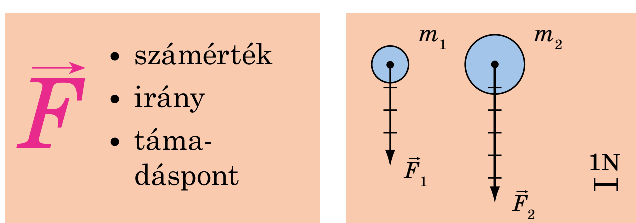
Az erő a sebességet mind mennyiségében, mind irányában megváltoztatja, ezért az *erőt az értéke és az iránya jellemzi*.

Emlékezzetek vissza: az értékkel és iránnyal rendelkező fizikai mennyiséget vektornak nevezzük. Tehát az *erő vektormennyiség*.

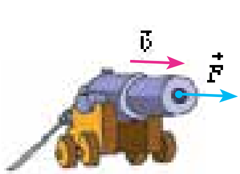
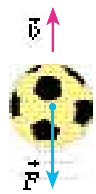
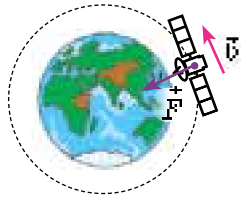
Az ábrákon az erő vektora az erő támadás pontjából indul ki, és hatásának az irányába mutat. A hosszát az erő értékével arányosan választják meg (18.3. ábra).

A test sebességének változása (nagyságban és irányban) az erő irányától függ (l. a 123. oldalon lévő táblázatot).

18.2. ábra. Hogy a nagy tömegű gépkocsi (*a*) is olyan hirtelen gyorsuljon, mint a motorkerékpár (*b*), nagy teljesítményű hajtóművel kell ellátni



18.3. ábra. Az m_1 = 400 g tömegű testre a Föld részéről F_1 = 4 N erő hat, az m_2 = 600 g tömegű testre pedig F_2 = 6 N. Az erőket jelképező nyilak léptéke megegyezik az erők mértékével

Az erő iránya megegyezik a test mozgásának irányával	Az erő iránya ellentétes a test mozgásának irányával	Az erő iránya merőleges a test mozgásának irányával	Az erő szöget zár be a test mozgási irányával
			
Növekszik a test sebessége	Csökken a test sebessége	Megváltozik a sebesség iránya	Megváltozik a sebesség nagysága és iránya

3 Összeadjuk az egy egyenes mentén ható erőket

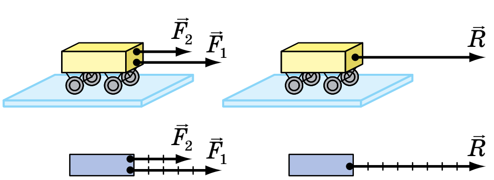
Általában a testre nem egy, hanem két, három, esetleg több erő is hat.

Megvizsgáljuk azt az esetet, amikor a testre két egyirányú és két különböző irányú erő hat.

Az asztalon lévő kiskocsihoz két szál cérnát rögzítünk. Az egyik cérnát 5 N erővel, a másikat 3 N erővel húzzuk azonos irányban (18.4. ábra). A kiskocsi fokozatosan gyorsulva mozgásba lendül. A gyorsulása akkora lesz, mintha egy 8 N-os erő hatna rá. A 8 N nagyságú erőt, ami ebben az esetben az 5 és 3 N-os erőket helyettesíti, a két erő *eredőjének* nevezzük, és R (vagy F) betűvel jelöljük.

Azt az erőt, amelynek hatása a testre ugyanolyan, mint több egyidejűleg ható erőé, az adott erők **eredőjének** nevezzük.

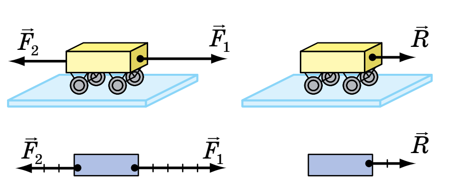
Ha a két cérnával a kiskocsit egy időben ellenkező irányba húzzuk (18.5. ábra), akkor a két erő nem „segíteni”, hanem ellenkezőleg, „zavarni” fogja egymást. Ebben az esetben a kiskocsi úgy fog mozogni, mintha egy 2 N-os



$F_1 = 5\,\mathrm{N}$
$F_2 = 3\,\mathrm{N}$

$R = F_1 + F_2$
$R = 5\,\mathrm{N} + 3\,\mathrm{N} = 8\,\mathrm{N}$

18.4. ábra. Amikor a testre ható $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$, erők egyirányúak, akkor az $\vec{R}$ eredő iránya egybeesik a hatóerők irányával



$F_1 = 5\,\mathrm{N}$
$F_2 = 3\,\mathrm{N}$

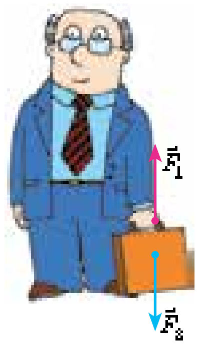
$R = F_1 - F_2$
$R = 5\,\mathrm{N} - 3\,\mathrm{N} = 2\,\mathrm{N}$

18.5. ábra. Amikor a testre ható $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erők ellentétes irányúak, akkor az $\vec{R}$ eredő iránya megegyezik a nagyobbik erő irányával erő hatna rá az 5 N-os erővel megegyező irányban. Tehát itt az 5 és 3 N-os erők eredője 2 N.

Hogy gondoljátok, mekkora lesz az eredő, ha a kiskocsit a két végére kötött cérnák mentén 5 N nagyságú erővel húzzuk ellentétes irányban? Megváltozik-e ebben az esetben a kiskocsi sebessége?

a

b



18.6. ábra. Ha a testre ható erő nagysága egyenlő, iránya ellentétes, akkor a test egyenes vonalú egyenletes mozgást végez (*a*), vagy nyugalomban van (*b*)

4 Tisztázzuk az erők kiegyenlítésének feltételét

Reméljük, az előző pontban feltett kérdést illetően önállóan jöttetek rá a helyes válaszra: *ha egy testre ható két erő nagysága egyenlő, de irányuk ellentétes, akkor az erők eredője nulla*, vagyis az erők kiegyenlítik egymást, és a test sebessége változatlan marad.

A gépkocsi az országút egyenes szakaszán egyenletesen halad (18.6. *a* ábra), ha a motor tolóereje legyőzi a haladást gátló erőket (ha a motor nem dolgozik, akkor a haladást gátló erők gyorsan megállítják a gépkocsit). Az aktatáska a kézben nyugalomban van, ha a Föld gravitációs erejét kiegyenlíti a kézről a táskára ható erő (18.6. *b* ábra).

Összefoglaló

Az $\vec{F}$ erő – az egyik test másikra való hatását kifejező fizikai mennyiség (a testek kölcsönhatásának mértéke). Az erő a test sebességváltozásának az oka.

Az erő mértékegysége a SI rendszerben – a newton (N). 1 N azzal az erővel egyenlő, amely 1 kg tömegű test sebességét 1 s alatt 1 méter per sekundummal változtatja meg.

Az erő – vektormennyiség. Az erő jellemzéséhez meg kell adni annak nagyságát, irányát és támadási pontját.

Ha a testre több erő hat, akkor azok közös hatását egy erőnek a hatásával – az eredőjével – helyettesíthetjük.

A testre az egyenes mentén egy irányban ható erők eredőjének nagysága egyenlő a hatóerők összegével, iránya pedig megegyezik azok irányával.

Ha a testre ható erők különböző irányúak, az eredő iránya megegyezik a nagyobbik erő irányával, a nagysága pedig az erők különbségével.

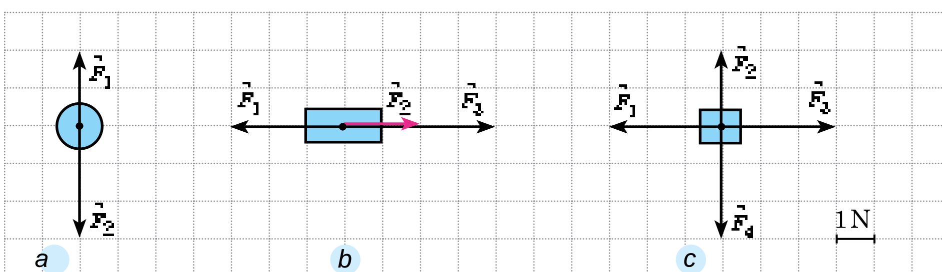
Az egy testre ható két erő akkor egyenlíti ki egymást, ha a nagyságuk egyenlő, de az irányuk ellentétes.

Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk erőnek? 2. Mi az erő mértékegysége a SI rendszerben? 3. Miért nemcsak a nagyság, hanem az irány is jellemzi az erőt? 4. Hogyan ábrázolják az erőt? 5. Mit nevezünk eredő erőnek? 6. Hogyan határozzuk meg a testre egyenes mentén egy irányba ható erők eredőjét? A különböző irányba ható erőkét? 7. Milyen feltételek mellett egyenlíti ki egymást két erő?

18. gyakorlat

1. Válasszatok léptéket, és rajzoljátok be a füzetbe a következő erőket: 3,2 N; 5,6 N; 8 N! Rajzotokat hasonlítsátok össze a többiekével! Megegyeznek? Miért?
2. A két ember által ellenkező irányban húzott kötél egyensúlyban van. Az egyik ember 300 N erővel húzza a kötelet. Mekkora erővel húzza a másik? Mivel egyenlő az erők eredője?
3. Két fiú vízszintesen, egyenes mentén ható 50 N és 70 N erővel húzza a szánkót. Mekkora lehet az erők eredője?
4. Az ábrákon testek és rájuk ható erők vannak ábrázolva (1 kocka = 1 N). Rajzoljátok át a füzetbe az ábrát, és határozzátok meg, majd rajzoljátok le az eredőket!



5. Az ember 800 N erővel hat a padlóra. Mekkora erővel fog hatni a padlóra, ha a kezében olyan tárgyat tart, amelyik 200 N erővel hat rá? A feleletet rajzzal egészítsétek ki!
6. Tud-e haladni a gépkocsi, ha a rá ható erők eredője ellentétes haladásának irányával? Ha igen, mondjatok rá példát!
7. A testre három, egyenes mentén ható erő hat. Két erő nagysága 30 és 50 N. Mekkora lehet a harmadik erő, ha az eredő 100 N? A feladatnak hány megoldása létezhet? Készítsetek a füzetbe sematikus rajzot!

Kísérleti feladat

Tervezzetek olyan eszközt, amelynek segítségével demonstrálhatjátok a testre egyenes mentén ható erők összeadását! Készítsétek is el a kigondolt eszközt!

19. §. A TEST DEFORMÁCIÓJA. RUGALMASSÁGI ERŐ. HOOKE TÖRVÉNYE

Ivan Kotljarevszkij *Natalka Poltavka* című regénye kezdő soraiban a következőt olvashatjuk: „Süvítenek a szelek, a buja szelek, még a fák is hajladoznak…” A fizikusok azt mondják, hogy a fák deformálódnak. Minél erősebben fúj a szél, annál erősebben hajladoznak a fák. Amikor a szél alábbhagy, a fák felveszik kezdeti formájukat – a deformáció megszűnik. Ha nagyon erős szél fúj, az ágak, sőt a fa törzse is letörhet. A következő paragrafusban arról olvashattok, mi a deformáció, milyen feltételek mellett jön létre, milyen fajtáit különböztetjük meg, és mikor nyilvánul meg azok hatása.

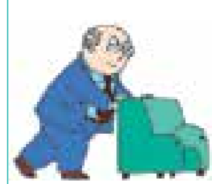
1 Megismerkedünk a deformáció fajtáival

Már említettük, hogy a testre ható erő hatásának eredményeként megváltozhat a test sebessége, esetleg deformálódhat. Például, ha elrúgjuk a labdát, az mozogni kezd, egyes pontjai viszont a rúgás hatására elmozdulhatnak egymáshoz viszonyítva – a labda *deformálódik*.

A **deformáció** a test alak- és (vagy) méretváltozása.

Annak alapján, hogy a test mely részei mozdulnak el egymáshoz képest, a deformáció következő fajtáit különböztetjük meg: *nyúlás, összenyomódás, hajlítás, tekerés, tolás* (l. a táblázatot).

A deformáció fajtái

Nyúlás	Összenyomódás	Hajlás	Tekerés	Tolás
				
Hangoljuk a gitárt – *megnyújtjuk* a húrt	Beülünk a gépkocsiba – *összenyomódik* a lengéscsillapító rugója	Ráállunk a deszkára – *behajlik*	Behúzzuk a csavart – *tekerjük* a csavarhúzót	Mozgatjuk a bútort – *tolási* deformáció történik

2 Megkülönböztetünk rugalmas és plasztikus deformációt

Vegyetek egy ekszpandert (vagy gumit), és nyomjátok össze – az ekszpander összenyomódik. Ha megszüntetjük a nyomást, felveszi eredeti alakját – *megszűnik a deformáció* (19.1. ábra).

Azt a deformációt, amely teljesen megszűnik a testre ható külső erők hatásának a megszűntével, **rugalmas** deformációnak nevezzük.

19.1. ábra. Ha kezünk hatása megszűnik, az ekszpander az eredeti alakját veszi fel

19.2. ábra. Az agyag megtartja a mester által megformált alakját

A mester a kezével alakítja az agyagszobrocskát, és az agyag megtartja a kapott formáját (19.2. ábra). A pénzverdében a nehéz présgép fém korongokból alakít ki pénzérméket, amelyek a gépből kikerülve nem nyerik vissza eredeti formájukat. Sem az agyag, sem a fém nem „emlékszik" a deformáció előtti alakjára, és nem veszi azt fel újra.

Azt a deformációt, amely nem szűnik meg a testre ható külső erők hatásának megszűntével, **plasztikus** deformációnak nevezzük.

Mondjatok példákat rugalmas és plasztikus deformációkra!

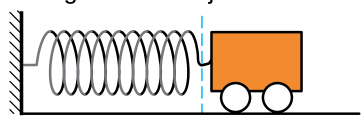
3 Bevezetjük a rugalmassági erő fogalmát

Deformáció közben minden alkalommal létrejön egy olyan erő, amelyik a testet vissza akarja állítani a deformáció előtti állapotába. Ezt az erőt *rugalmassági erőnek* nevezzük (19.3. ábra).

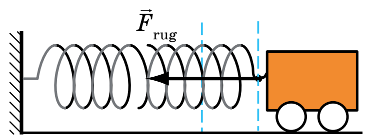
A **rugalmassági erő** az az erő, amely a test deformációja következtében jön létre, és iránya ellentétes a test részecskéinek az elmozdulás irányával.

A rugalmassági erő jelölése általában $\vec{F}_{rug}$, de néha használnak más jelölést is.

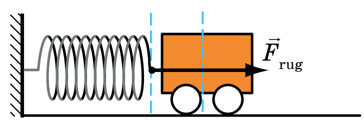
Ha a test nyomást gyakorol a támasztékra, akkor a támaszték deformálódik (elhajlik). A támaszték deformációja eredményeként rugalmassági erő jön létre, amely a *támaszték felszínére merőleges irányban* hat a testre. Ezt az erőt a **támaszték normál reakciójának** nevezzük és $\vec{N}$-nel jelöljük (19.4. ábra).



A rugó nincs deformálva – nem hat rá rugalmassági erő

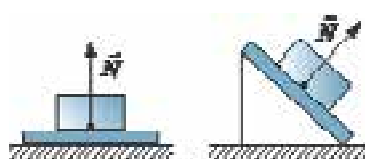


A rugó meg van nyúlva – a rugalmassági erő a rugó összenyomására törekszik

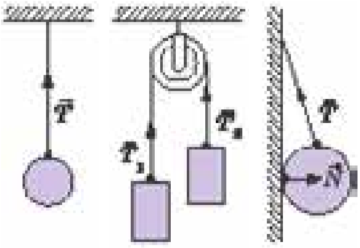


A rugó össze van nyomva – a rugalmassági erő meg akarja nyújtani a rugót

19.3. ábra. A rugalmassági erő iránya nyúlás és összenyomás esetén



19.4. ábra. A támaszték normál reakciójának ereje ($\vec{N}$) mindig merőleges a támaszték felületére



19.5. ábra. A felfüggesztés nyújtóereje ($\vec{T}$) mindig a felfüggesztés mentén hat

Ha a test a felfüggesztést (cérnát, fonalat, gumit) nyújtja meg, akkor a *felfüggesztés mentén ható* rugalmassági erő jön létre. Ezt az erőt a *felfüggesztés nyújtóerejének* nevezzük és $\vec{T}$-vel jelöljük (19.5. ábra).

4 Felfedezzük Hooke törvényét

A testek nyúlásának és összenyomódásának a folyamatait tudományosan *Robert Hooke* kezdte tanulmányozni a XVII. században (19.6. ábra). Az ő tudományos kutatásainak az eredményeként fogalmazódott meg a róla elnevezett **Hooke törvénye**:

19.6. ábra. Robert Hooke (1635-1703), neves angol természettudós, a kísérleti fizika egyik megalapítója

Kis rugalmassági deformáció esetén a rugalmassági erő egyenesen arányos a test meghosszabbodásával és mindig a test deformáció előtti állapotába való visszaállítására törekszik:

$$F_{rug} = kx,$$

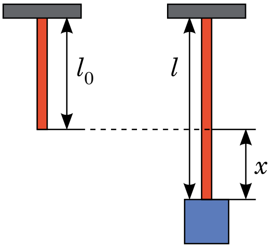
ahol $\vec{F}_{rug}$ – rugalmassági erő; x – a test meghosszabbodása; k – arányossági tényező, amelyet a **test merevségének** nevezünk.

A **meghosszabbodás** *a nyúlási és összenyomódási deformációt jellemző fizikai mennyiség, amely egyenlő a test hosszának deformáció következtében létrejött változásával.*

A meghosszabbodást a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$x = |l - l_0|,$$

ahol l – a deformált test hossza; l_0 – a nem deformált test hossza (19.7. ábra).



19.7. ábra. Ha gumiszalagra nehezéket rögzítünk, megnő a hossza

A test merevségét Hooke törvénye alapján határozhatjuk meg:

$$F_{rug} = kx \Rightarrow k = \frac{F_{rug}}{x}.$$

A merevség mértékegysége a SI rendszerben – **newton per méter**:

$$[k] = \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

A merevség a test jellemzője, ezért nem függ sem a rugalmassági erőtől, sem a meghosszabbodástól. A merevség a test alakjától és méreteitől, valamint az anyagától függ.

Mivel a rugalmassági erő egyenesen arányos a test meghosszabbodásával, ezért az $F_{rug}(x)$ függvény grafikonja egyenes vonal (19.8. ábra). *Minél nagyobb a test merevsége, annál magasabban helyezkedik el a grafikon.*

A 19.8. ábrán lévő grafikon segítségével határozzátok meg az I–III. testek merevségét, és indokoljátok meg az utolsó állítást.

5 Tisztázzuk, miért jön létre a rugalmassági erő

Már tudjátok, hogy a testek részecskékből (atomokból, molekulákból, ionokból) állnak. A szilárd testekben a részecskék az egyensúlyi állapot körül mozognak és vonzási, valamint taszító *intermolekuláris erőkkel* kölcsönhatnak egymással. Egyensúlyi állapotban ezek az erők kiegyenlítik egymást.

Deformáció esetén a test részecskéinek elhelyezkedésében változások történnek. Ha a részecskék közötti távolság megnő, akkor a közöttük fellépő intermolekuláris vonzási erők nagyobbak lesznek a taszító erőknél. Ha a részecskék közelednek egymáshoz, akkor ellenkezőleg, az intermolekuláris taszító erők erősödnek fel. Más szavakkal: *deformáció esetén a részecskék az egyensúlyi állapot visszaállítására „törekszenek”.*

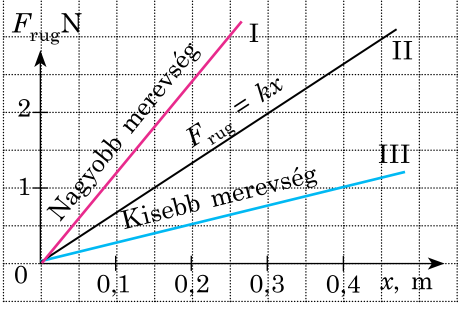
Az egy részecske helyzetének megváltozásakor létrejövő erők nagysága jelentéktelen. Viszont ha a test deformálódik, akkor óriási mennyiségű részecske kölcsönös helyzete változik meg. Az erők összeadása eredményeként jelentős mértékű eredő erő jön létre, amely ellenáll a test deformációjának. Ez a rugalmassági erő. Tehát, *a rugalmassági erő létrejötte az intermolekuláris erők hatásának eredménye.*

6 Megismerkedünk az erő mérésére szolgáló eszközökkel

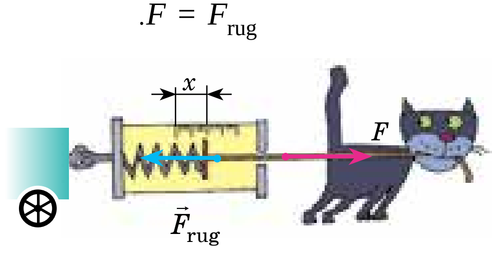
Az erő – fizikai mennyiség, ezért mérhető.

Az erő mérésére szolgáló eszközt **dinamométernek** nevezzük.

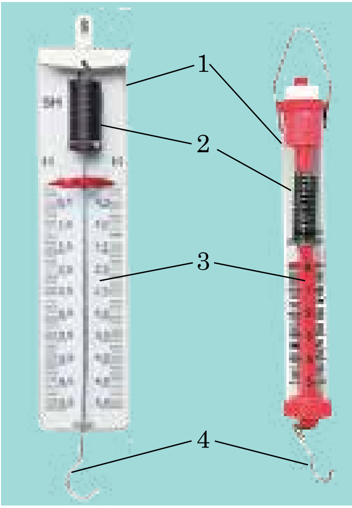
A legegyszerűbb dinamométer fő alkotóeleme a rugó. Egyszerű példa segítségével megvizsgáljuk a dinamométer működési elvét. Hogy a k merevségű rugó segítségével megmérhessük azt az F erőt, amellyel a macska a szekeret húzza, a következőt kell tennünk:



19.8. ábra. A rugalmassági erő és a test meghosszabbodása összefüggésének $F_{rug}(x)$ grafikonja egyenes vonal

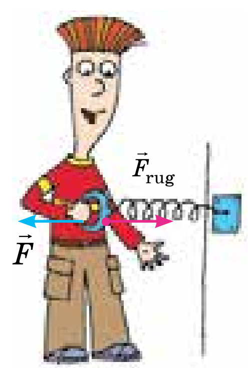


19.9. ábra. Az erő, amellyel a macska húzza a szekeret, rugó segítségével megmérhető



19.10. ábra. Iskolai rugós dinamométerek:
1 – panel; műanyag burkolat;
2 – rugó; *3* – skála;
4 – kampó

19.11. ábra. Nagy erők (pl. traktorok húzóerejének) mérésére szolgáló mutatós dinamométer



19.12. ábra. A 19. § 1. feladatához

1) megmérni a rugó x meghosszabbodását;

2) Hooke törvénye alapján meghatározni a macskára a rugó felől ható rugalmassági erőt ($F_{rug} = kx$), amely egyenlő a macska F húzóerejével: $F = F_{rug}$.

Érthető, hogy célszerűtlen minden alkalommal újból megmérni a meghosszabbodást, majd kiszámítani az erőt. Ezért az erő mérésére a rugót skálával ellátott panelhez rögzítik. Pontosan ilyen a legegyszerűbb iskolai laboratóriumi dinamométerek felépítése (19.10. ábra). Léteznek más szerkezetű dinamométerek is (l. a 19.11. ábrát).

7 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

1. feladat. A tanuló a rugót 40 N erővel 8 cm-nyire nyújtotta meg. Határozzátok meg a rugó merevségét! Mekkora erőt kell kifejtenie a tanulónak, hogy a rugót még 6 cm-nyire megnyújtsa? A deformációt rugalmasnak tekintjük.

A fizikai probléma elemzése. A tanuló által kifejtett erő egyenlő a rugó széthúzásakor létrejövő rugalmassági erővel: $F = F_{rug}$ (19.12. ábra). Mivel a deformáció rugalmas, és feltételezve, hogy a rugó merevsége nem változik, felhasználjuk Hooke törvényét. A feladatot SI egységekben oldjuk meg.

Adva van:
$F_1 = 40$ N
$x_1 = 8$ cm $= 0{,}08$ m
$x_2 - x_1 = 6$ cm $= 0{,}06$ m

Meghatározni:
k – ?
F_2 – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.

1. Meghatározzuk a rugó merevségét:

$$F_{rug1} = kx_1,$$

ezért $k = \dfrac{F_{rug\,1}}{x_1} = \dfrac{F_1}{x_1}$;

$$k = \frac{40\ \text{N}}{0{,}08\ \text{m}} = 500\ \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

2. Meghatározzuk azt az erőt, amelyre szüksége van a gyereknek a rugó további széthúzásához:

$$F_2 = F_{rug2} = kx_2.$$

A feltétel szerint $x_2 - x_1 = 0{,}06$ m, ezért $x_2 = x_1 + 0{,}06$ m $= 0{,}08$ m + + 0,06 m = 0,14 m.

Tehát $F_2 = 500\,\frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0{,}14\text{ m} = 70$ N.

Az eredmények elemzése. A tanuló a rugó 8 cm-es megnyújtásához 40 N-os erőt fejt ki; további 6 cm-nyi megnyújtáshoz a kifejtett erőt 30 N-nal kell megnövelni. Ez reális eredmény.

Felelet: $k = 500\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$; $F_2 = 70$ N.

2. feladat. A laboratóriumi munka végzésekor a lány növelte a gumizsinór terhelését, és közben mérte a zsinórra ható erőt, valamint a zsinór meghosszabbodását. A lány által kapott táblázat segítségével rajzoljátok meg a rugalmassági erő és a zsinór meghosszabbodása közötti $F_{rug}(x)$ függvény grafikonját! A grafikon segítségével határozzátok meg:

1) a gumizsinór merevségét;

2) a gumizsinórnak az 5 N erő által kiváltott meghosszabbodását;

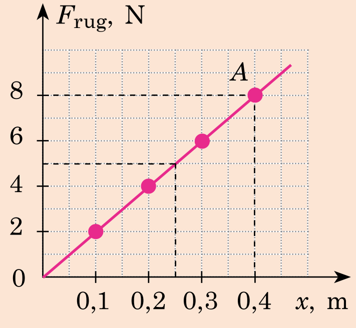
3) a gumizsinór 60 cm-nyi megnyújtásához szükséges erőt!

F erő, N	2	4	6	8
x meghosszabbodás, m	0,1	0,2	0,3	0,4

A fizikai probléma elemzése. A zsinór nyújtásakor rugalmassági erő keletkezik, amely nagyságát tekintve megegyezik a zsinórra ható erővel: $F_{rug} = F$.

Az $F_{rug}(x)$ összefüggés grafikonjának a megszerkesztéséhez rajzolunk két egymásra merőleges tengelyt. A vízszintes tengelyre a zsinór x meghosszabbodását, a függőleges tengelyre pedig az F_{rug} rugalmassági erő megfelelő értékeit tüntetjük fel.

Megoldás. Feltüntetve az adott pontokat (l. a rajzot) láthatjuk, hogy minden pont egy egyenesen fekszik, tehát a grafikon bármely pontja esetében: $F_{rug} = kx$.



1) Kiválasztva a grafikon A pontját meghatározzuk a zsinór merevségét: $k = \frac{F_{rug}}{x} = \frac{8\text{ N}}{0{,}4\text{ m}} = 20\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

2) A zsinórnak az 5 N erő hatására történt meghosszabbodását megtaláljuk a grafikon alapján: ha $F_{rug} = 5$ N, akkor $x = 0{,}25$ m.

3) A zsinór 0,6 m-nyi megnyújtásához szükséges erőt Hooke törvénye alapján határozzuk meg: $F = F_{rug} = kx = 20\,\frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0{,}6\text{ m} = 1{,}2$ N.

Felelet: $k = 20\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$; $x = 0{,}25$ m; $F = 1{,}2$ N.

Összefoglaló

A deformáció a test alak- és (vagy) méretváltozása. Ha a testre ható külső erők hatásának megszűntével a deformáció is megszűnik, akkor ez rugalmas deformáció; ha a deformáció megmarad, akkor plasztikus deformációról beszélünk.

A rugalmassági erő az az erő, amely a test deformációja következtében jön létre, és iránya ellentétes a test részecskéinek az elmozdulási irányával.

A rugalmassági erő létrejötte az intermolekuláris erők hatásának eredménye. Kis rugalmassági deformáció esetén a rugalmassági erő egyenesen arányos a test meghosszabbodásával, és mindig a testnek a deformáció előtti állapotába való visszaállítására törekszik: $F_{rug} = kx$.

Az erő mérésére szolgáló eszközöket dinamométereknek nevezik. Legegyszerűbb a rugós dinamométer.

Ellenőrző kérdések

1. Mi a deformáció? Mi okozza a létrejöttét? **2.** A deformáció milyen fajtáit ismeritek? Mondjatok példákat! **3.** Milyen deformációt nevezünk rugalmasnak? Plasztikusnak? Mondjatok példákat! **4.** Mit nevezünk rugalmassági erőnek? **5.** Miért jön létre rugalmassági erő? **6.** Fogalmazzátok meg Hooke törvényét! 7. Milyen eszköz szolgál erőmérésre? **8.** Írjátok le a legegyszerűbb laboratóriumi dinamométer felépítését!

19. gyakorlat

1. Az asztalra nehéz hasábot helyeztek. Mi történik az asztallappal? Hova irányul az asztallap rugalmassági ereje? Készítsetek rajzot, és tüntessétek fel a hasábra ható rugalmassági erőt!

2. A rugó hossza széthúzott állapotban 12 cm. Mennyi a nem deformált rugó hossza, ha a meghosszabbodás 20 mm?

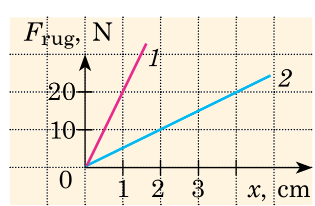
3. A rugó merevsége 20 N/m. Mekkora erő szükséges a rugó 0,1 m-nyi széthúzásához?

4. Minden esetben határozzátok meg a rugó merevségét:
a) F_{rug} = 10 N, x = 0,2 m; b) F_{rug} = 3 kN, x = 0,15 m; c) F_{rug} = = 2,1 N, x = 3,5 mm.

5. Hooke törvénye alapján határozzátok meg a fizikai mennyiségeket (F_{rug}, k vagy x): a) x = 2 cm, F_{rug} = 13 N; b) k = 2 N/cm, x = 4 mm; c) F_{rug} = 1,8 kN, k = 600 N/m.

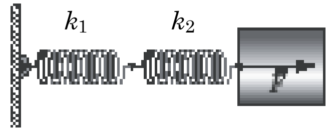
6. A rugó 7 cm-nyi összenyomásakor 2,8 kN rugalmassági erő jön létre. Mekkora erő jön létre e rugó 4,2 mm-nyi összenyomásakor?

7. Számos gyártó grafikon segítségével adja meg a legyártott rugók jellemzőit. Az 1. ábrán két rugó esetében van megadva az $F_{rug}(x)$ összefüggés grafikonja. Határozzátok meg mindegyik rugó merevségét! Számítsátok ki mindkét rugó meghosszabbodását, ha 50 N erő hat rájuk!



2. ábra

8. Sorban összekötöttek két, egyenként 40 N/m és 50 N/m merevségű rugót (2. ábra). Mekkora lesz a rugók meghosszabbodása, ha F = 10 N erő hat rájuk? Vegyétek figyelembe: rugók soros összekötése esetén a rugalmassági erő a rendszer bármely pontjában azonos: $F_{rug} = F_{rug1} = F_{rug2}$.



2. ábra

Fizika és technika Ukrajnában

A Dnyipropetrovszki Olesz Honcsar Nemzeti Egyetem (DNE) egyike Ukrajna vezető egyetemeinek. Az egyetemet 1918-ban alapították. Első rektora *Volodimir Karpov* (1870-1943) neves biológus volt.

A DNE olyan fizikus tudósok egész sorával büszkélkedhet, mint G. Kurgyumov, V. Danilov, O. Dinnik, V. Budnik, V. Mosszakovszkij és sokan mások. A vezető tudósok erőfeszítéseinek köszönhetően az egyetemen ismert tudományos iskolák működnek a matematika, mechanika, radiófizika, kozmikus-rakétatechnika, neuronkibernetika terén.

A hazai és nemzetközi porondon elért sikereinek köszönhetően a dnyipropetrovszki egyetemnek odaítélték a nemzeti státuszt.

8. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma: testek rugalmasságának vizsgálata.

A munka célja: gumizsinórok rugalmassági tulajdonságainak a vizsgálata nyúlási deformáció esetén.

Eszközök: laboratóriumi állvány szorítóval; három egyforma, 15–20 cm hosszú gumizsinór; 100 g tömegű nehezékek; vonalzó.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

I Előkészület a kísérlethez

1. A munka elkezdése előtt győződjetek meg róla, tudjátok-e a válaszokat az alábbi kérdésekre.

1) Mi a deformáció? Milyen fajtái léteznek?

2) Milyen deformációt nevezünk rugalmasnak? Plasztikusnak?

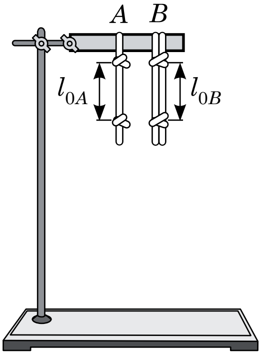
3) Milyen képlet segítségével határozható meg a rugalmassági erő?

2. Határozzátok meg a vonalzó beosztásértékét!
3. Állítsátok össze a kísérlethez szükséges eszközt!
1) Az egyik zsinórra (*A* zsinór) egymástól 8 cm-re kössetek két hurkot!
2) Kössétek egymáshoz a másik két zsinórt az ábrán bemutatott módon, és a kapott kettős zsinórra (*B* zsinór) egymástól 8 cm-re kössetek két hurkot!
3) Az *A* és *B* zsinórokat akasszátok az állvány karjára (1. ábra)!

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!
A mérések és számítások eredményeit írjátok a táblázatba!

1. A huroknál fogva, nem megnyújtva, egyenesítsétek ki az *A* zsinórt. Mérjétek le a hurkok közötti távolságot – az *A* zsinór hosszát nem deformált állapotban!

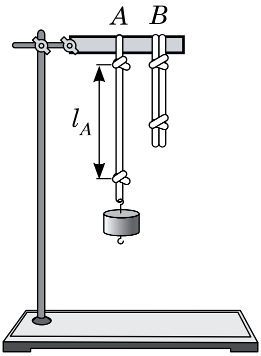


1. ábra

2. Az *A* zsinór végére akasszatok egy 100 g-os súlyt (2. ábra). Mérjétek meg a hurkok közötti l_A távolságot – a deformált zsinór hosszát!
Megjegyzés. Ha a zsinórra akasztott 100 g-os súly nyugalmi állapotban van, akkor azt 1 N-os erővel nyújtja meg.

3. Vegyétek le a súlyt! Tisztázzátok, az alsó hurok visszaállt-e az eredeti helyzetébe, vagyis rugalmas volt-e a deformáció!

4. Az *A* zsinórra fokozatosan akasszatok 2, 3, 4 súlyt. Minden esetben mérjétek meg a deformált zsinór hosszát!
Vegyétek figyelembe: minden egyes kísérlet után vegyétek le a súlyokat, és állapítsátok meg, visszatért-e a zsinóron lévő hurok az eredeti helyzetébe! Amennyiben a zsinór deformációja nem rugalmas (a súlyok levétele után is deformált marad), szakítsátok félbe a kísérletet!



2. ábra

5. Ismételjétek meg az 1–4. pontokban leírtakat a *B* zsinórral is.

A kapott eredmények feldolgozása

1. Minden kísérlet alkalmával:
1) határozzátok meg a zsinórok meghosszabbodását: $x_A = l_A - l_{0A}$ és $x_B = l_B - l_{0B}$; a kapott adatokat méterekben írjátok le;
2) határozzátok meg a hányadosokat: $\frac{F_{\text{rug}}}{x_A}$; $\frac{F_{\text{rug}}}{x_B}$!

A kísérlet sorszáma	A súly tömege m, g	Rugalmassági erő F_{rug}, N	*A* zsinór				*B* zsinór			
			Hossza		Meghosszabbodás x_A, m	Hányados $\frac{F_{rug}}{x_A}$, $\frac{N}{m}$	Hossza		Meghosszabbodás x_B, m	Hányados $\frac{F_{rug}}{x_B}$, $\frac{N}{m}$
			l_{0A}, cm	l_A, cm			l_{0B}, cm	l_B, cm		
1	100	1								
2	200	2								
3	300	3								
4	400	4								

A kísérlet és az eredmények elemzése

Hasonlítsátok össze minden kísérlet alkalmával az $\frac{F_{rug}}{x}$ hányadost! Készítsetek összefoglalót, amelyben leírjátok: 1) milyen anyagokhoz sorolnátok a gumit, amelyből a zsinór készült (rugalmas vagy plasztikus); 2) hatással van-e a deformáció fajtájára (rugalmas vagy plasztikus) a terhelés; 3) rugalmas deformáció esetén függ-e a zsinór merevsége $\left(k = \frac{F_{rug}}{x}\right)$ a meghosszabbodástól; 4) hogyan változott a zsinór merevsége vastagságának a duplájára történt növekedésével!

+ Alkotói feladat

Megváltozik-e a munka során kapott $\frac{F_{rug}}{x}$ hányados, ha a zsinórt kétszer akkora hosszúságúra cseréljük ki? Elméleti feltevéseitek eredményét ellenőrizzétek kísérlettel!

20. §. NEHÉZSÉGI ERŐ. A TEST SÚLYA. SÚLYTALANSÁG

Ha elejtünk például egy ceruzát, az okvetlenül leesik. Ha padra tesszük a hátizsákot, akkor a pad (ha szabad szemmel nem is láthatóan) meghajlik. Ha gumizsinórra akasztunk valamilyen tárgyat, az megnyúlik. Ez mind a Föld tömegvonzásának a következménye. De az űrállomásokról közvetített adások alkalmával a gravitáció „eltűnését" figyelhetjük meg – mind az űrhajósok, mind a fedélzeten lévő tárgyak a súlytalanság állapotában vannak. Ebben a paragrafusban részletesebben megismerkedtek a gravitációval és megtudjátok, létrehozható-e súlytalanság odahaza?

1 Megismerkedünk a gravitációs kölcsönhatással

Miért esik minden tárgy, a kezünkből kiengedett ceruza, az esőcsepp, a falevél lefelé? Miért nem repül a kilőtt nyílvessző folyamatosan egyenesen, hanem végül a földre esik? Miért kering a Hold a Föld

20.1. ábra. A Föld vonzza a testeket

körül? A jelenségek oka az, hogy a *Föld minden tárgyat magához vonz* (20.1. ábra).

Minden tárgy is vonzza a Földet. Például a Hold vonzása okozza a Földön az apály és dagály jelenségét (20.2. ábra). A Nap vonzása következtében a Földünk és a Naprendszer összes bolygója meghatározott pályákon kering a Nap körül.

1687-ben *Isaac Newton* fogalmazta meg azt a törvényt, amely szerint a *Világmindenség minden teste kölcsönösen vonzza egymást*. Ezt a kölcsönös vonzást *gravitációs kölcsönhatásnak* vagy *általános tömegvonzásnak* nevezik.

Kutatásokra és matematikai számításokra alapozva Newton bebizonyította, hogy a *kölcsönható testek tömegének növekedésével a gravitációs kölcsönhatás intenzitása is növekszik.* Ezért könnyű meggyőződni arról, hogy a Föld vonz minket, de a padtársunk vonzását nem érzékeljük.

20.2. ábra. Az apály és a dagály az eredménye a Föld Holdhoz való vonzódásának

2 Megismerkedünk a nehézségi erővel

A fizikában a Földnek a felszín közelében* lévő testekre ható gravitációs vonzását *nehézségi erőnek* nevezzük.

Az $\vec{F}_{\text{rug}}$ **nehézségi erőnek** azt az erőt nevezzük, amivel a Föld vonzza a felszínén és a felszíne közelében lévő testeket.

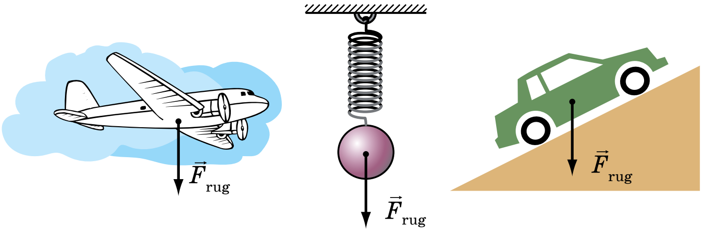
A testre ható nehézségi erő a Föld középpontja felé irányul (20.3. ábra).

Számtalan kísérlettel bebizonyították, hogy a testre ható nehézségi erő egyenesen arányos a test tömegével. Ezt az összefüggést a következő képlet fejezi ki:

$$F_{\text{n}} = mg,$$

ahol F_{n} – a nehézségi erő; m – a test tömege; g – arányossági tényező, amelyet a **szabadesés gyorsulásának neveznek**.

* Amikor a *Föld felszínének közelében lévő* kifejezést használjuk, akkor a néhány tíz kilométert nem meghaladó távolságról beszélünk.

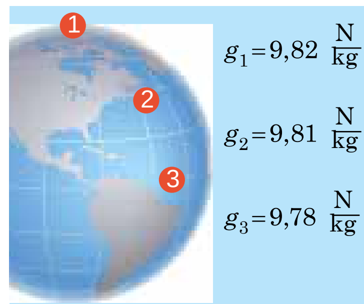


20.3. ábra. A nehézségi erő a testtől függőlegesen lefelé irányul

A Föld felszínének a közelében a szabadesés gyorsulása megközelítőleg 9,8 newton per kilogramm:

$$g = 9{,}8\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}.^{*}$$

A szabadesés gyorsulásának értéke csekély mértékben változik az egyenlítő és a sarkok közelében (20.4. ábra) emelkedés, és a Föld belsejébe történő ereszkedés alkalmával.

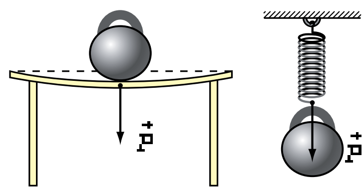


20.4. ábra. A szabadesés gyorsulása az egyenlítő környékén (g_3) némileg kisebb, mint a sarkon (g_1).

❓ A 20.4. ábra segítségével állapítsátok meg, mennyivel kisebb a rátok ható nehézségi erő az egyenlítő környékén, mint a sarkokon!

3 Megtudjuk, mit neveznek a fizikusok a test súlyának

A testek a Föld vonzásának a hatására meghajlítják a támasztékot, vagy megnyújtják a felfüggesztést. Az ilyen hatást jellemző erőt a *test súlyának* nevezzük (20.5. ábra).



20.5. ábra. A támasztékra és a felfüggesztésre a test erővel hat, amit a test súlyának nevezünk

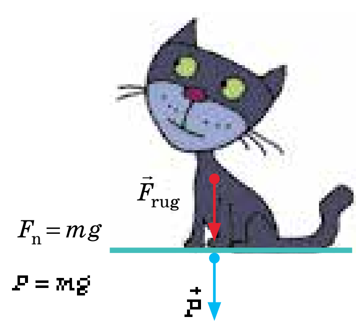
A test súlya $\vec{P}$ az az erő, amellyel a Föld vonzása következtében a test nyomja a vízszintes támasztékot vagy húzza a felfüggesztést.

A súly mértékegysége a SI rendszerben, mint ahogyan egyéb erőé is – a **newton** (1 N) : [P] = N.

Ha a test nyugalmi állapotban van vagy egyenes vonalú egyenletes mozgást végez, akkor a súlya megegyezik a nehézségi erő irányával, és megegyezik annak számbeli értékével:

$$P = mg.$$

A testre ható nehézségi erőtől eltérően a *test súlya a támasztékra vagy a felfüggesztésre hat* (20.6. ábra).



20.6. ábra. A nehézségi erő a testre, míg a test súlya az támasztékra hat

* A számítások egyszerűsítése érdekében, ha nincs szükség nagy pontosságra, úgy tekintjük, hogy $g = 10$ N/kg.

4 Megpróbálunk súlytalanságot létrehozni

Bizonyára már ismeritek a súlytalanság fogalmát, de annak értelmét sokan félreértik. Úgy gondolják, hogy a súlytalanság állapota kizárólag az űrben figyelhető meg, ahol nincs levegő, vagy ott, ahol nincs gravitáció.

Ez nem így van! A levegő hiánya nem okoz súlytalanságot, a gravitáció elől pedig lehetetlen elbújni – a Világmindenségnek egy olyan pontja sem létezik, ahol ne hatna a gravitációs erő*. Valójában a *súlytalanság* – a súly hiánya. Vegyük el a testtől a támasztékot vagy a felfüggesztést, és az a súlytalanság állapotába kerül. (*Vegyétek figyelembe*: a levegő ellenállása szintén egy sajátságos támaszték.)

A **súlytalanság** a test azon állapota, amikor a test nem hat a támasztékra vagy a felfüggesztésre.

A Föld felszínének a közelében lévő test súlytalansági állapotban van, ha csak egyetlen erő, a nehézségi erő hat rá.

Rövid időre könnyen hozhatunk létre súlytalanságot otthon, az iskolában, az utcán. Fel tudtok például ugrani, és egy pillanatra a súlytalanság állapotába kerültök. Ebben az esetben, amíg estek lefelé, a légellenállás anynyira csekély, hogy elhanyagolható, és csak a nehézségi erő fog hatni rátok.

Az űrállomások és a rajta lévő összes tárgy és személy állandó súlytalansági állapotban van (20.7. ábra). Ez azzal magyarázható, hogy az űrhajók „állandóan esnek" a Föld felé annak vonzása következtében, de óriási sebességüknek köszönhetően tovább keringenek.

A felkészületlen embernél a súlytalanság hányingerhez, az izmok és az egyensúlyérzékelő** rendszer működésének a felbomlásához, idegösszeomláshoz vezethet, ezért az űrhajósok komoly fizikai felkészítésben vesznek részt (20.8. ábra).

20.7. ábra. Az űrállomások a Föld körül csak a nehézségi erő hatására keringenek, ezért a súlytalanság állapotában vannak

20.8. ábra. Hogy hosszabb ideig dolgozhassanak a súlytalanság állapotában, az űrhajósok különleges felkészítésben vesznek részt

* Érdekes, hogy a Világmindenségünkben a matéria sűrűsége meglehetősen kicsi (2–3 hidrogénatom 1 m-ben), ezért itt átlagosan ennyire kicsi a gravitáció is. Ezt *mikrogravitációnak* nevezzük.

** Egyensúlyérzékelő rendszer – az ember és a gerincesek érzékelési rendszere, amely a fej és a test térbeli helyzetének változását, valamit a mozgásirányt érzékeli. Ez a rendszer felel például az ember tájékozódási képességéért, aminek segítségével sötétben is megállapíthatja, hol van lent és hol van fent.

Összefoglaló

A Világmindenségben az összes test vonzza egymást. Ezt a vonzást általános tömegvonzásnak nevezzük.

A nehézségi erő az az erő, amivel a Föld vonzza a felszínén vagy a felszíne közelében lévő testeket. A nehézségi erő az $F_n = mg$ képlet segítségével határozható meg, és függőlegesen a Föld középpontja felé irányul.

A test $\vec{P}$ súlya az az erő, amellyel a Föld vonzása következtében a test nyomja a támasztékot vagy húzza a felfüggesztést. Meg kell különböztetni a nehézségi erőt és a test súlyát: a nehézségi erő a testre, míg a test súlya a támasztékra hat; a test súlya nyugalmi állapotban vagy egyenes vonalú egyenletes mozgás esetén számbelileg megegyezik a nehézségi erővel ($P = mg$).

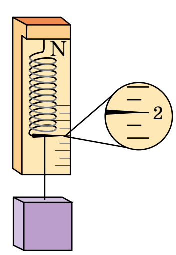
Ha a test kizárólag nehézségi erő hatására mozog, akkor súlytalanság állapotában van (a súlya nullával egyenlő).

Ellenőrző kérdések

1. Hat-e rátok a Hold vonzóereje? **2.** Ki fogalmazta meg azt a törvényt, amely szerint a Világmindenség minden teste között általános tömegvonzás létezik? 3. Mit nevezünk nehézségi erőnek? Milyen képlet segítségével határozható meg? **4.** Mire, és milyen irányban hat a nehézségi erő? **5.** Határozzátok meg a súly fogalmát! Milyen esetekben határozható meg a $P = mg$ képlet segítségével? 6. Mi a súlytalanság? **7.** Milyen feltételek mellett kerül a test a súlytalanság állapotába?

20. gyakorlat

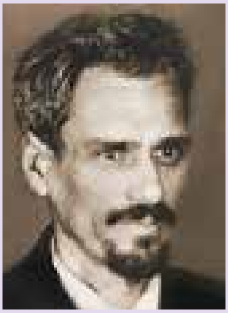
1. Vonzza-e a Földet a parkolóban álló gépkocsi? Az űrben keringő űrállomás?
2. Melyik testre hat az asztalon fekvő könyv súlya?
3. Határozzátok meg a 600 g tömegű testre ható nehézségi erőt!
4. Mekkora a test tömege, ha a súlya 600 N?
5. Mekkora az 1 l térfogatú méz súlya?
6. Az 1,5 kg tömegű vedérbe 5,5 l vizet öntöttek. Mekkora erő szükséges a vedér kézben tartásához? Készítsetek rajzot, és tüntessétek fel rajta a vedérre ható erőket!
7. Állítsátok össze az 5. feladat fordítottját, és oldjátok meg!
8. Határozzátok meg a 200 N/m merevségű rugón függő súly tömegét, ha a rugó meghosszabbodása 0,5 cm!
9. Határozzátok meg a kocka anyagának sűrűségét és a dinamométer merevségét (l. a rajzot)! A kocka éle 4 cm, a rugó meghosszabbodása – 5 cm.
10. Mint ismeretes, Naprendszerünk bolygóinak a felszínén ható nehézségi erő eltér a Föld felszínén ható nehézségi erőtől. Forrásanyagok felhasználásával határozzátok meg azt a nehézségi erőt, amely az űrbéli kirándulások alkalmával hatna rátok ezeken a bolygókon! Gondolkozzatok el, milyen következményekhez vezetne ez!



Kísérleti feladat

Határozzátok meg a karkötő fonásához szükséges gumiszalag merevségét. A gumi megnyújtásához használjatok ismert tömegű testeket, például 50 kopijkás érméket (a tömege 4,2 g) vagy kis tábla csokoládét! Írjátok le a végrehajtás menetét!

Fizika és technika Ukrajnában



Jurij Kondratyuk (*Olekszandr Sarge*) (1897–1941) – a rakétatechnika egyik úttörője. A majdani tudós még gimnáziumi tanulmányai alatt érdeklődött az űrutazás iránt. Először a poltavai gimnáziumban, majd a Petrográdi Műszaki Főiskola mechanikai karán tanult.

Azoknak, akik azért olvasnak, hogy építhessenek című könyvében (1919) Kondratyuk lerajzolta a négyfokozatú, oxigén-hidrogén üzemanyaggal működő rakéta tervét, leírta a hajtómű égésterének belsejét. A *Bolygóközi terek meghódítása* c. könyvében (1929) a Holdra szállás lehetőségéről ír, az űrhajó meghajtásához a napenergiát javasólja (!).

Neil Armstrong amerikai űrhajós, aki elsőként lépett a Holdra, a Kondratyuk háza mellől vett marék földre azt mondta: „Ez a maréknyi föld nem kevésbé fontos számomra, mint a Hold talaja.” Az egyik amerikai tudós, aki részt vett a Hold felderítésére irányuló NASA-programban, azt a kijelentést tette: „Ráakadtunk egy kis könyvecskére… Szerzője, J. Kondratyuk, aki megindokolta és kiszámította a Holdra szállás lehetőségét a következő séma szerint: Hold körüli pályára állás – leszállás a Hold felszínére – visszatérés a Hold körüli pályára – visszatérés a Földre.” Az amerikai szakemberek javaslatára a Hold felszínére irányuló útvonalat *Kondratyuk útvonalnak* nevezték el.

21. §. SÚRLÓDÁS. SÚRLÓDÁSI ERŐ

Guillaume Amontons (ejtsd *Gijom Amonton*) (1663–1705) francia fizikus a súrlódásról a következőket írta: „Mindnyájunkkal előfordult már, hogy ónos esőben járkáltunk: mekkora erőfeszítésünkbe kerül, hogy ne essünk el, milyen nevetséges mozgást kell végeznünk ahhoz, hogy lábon maradhassunk… Képzeljük el, hogy eltűnik a súrlódás. Akkor semmilyen test, legyen az szikladarab vagy homokszem, nem állnak meg egymáson. Ha nem lenne súrlódás, a Föld egy sima, egyenetlenségek nélküli, vízcseppre hasonlító gömb lenne.” A következő paragrafusban erről a súrlódási erőről fogunk tanulni.

1 Megismerjük a nyugalmi súrlódási erőt

Ha megpróbáltok eltolni egy nehéz testet, például egy nagy ládát, de nem tudjátok elmozdítania helyéről, ez azt jelenti, hogy az általatok kifejtett erőt kiegyenlíti a láda alja és a padló között létrejövő nyugalmi súrlódás (21.1. ábra).

A **nyugalmi súrlódási erő** $\vec{F}_{nys}$ a szilárd testek kölcsönhatásakor az érintkezési felületek között létrejövő erő, amely abban az irányban hat, amerre elmozdulna a test, ha nem lenne súrlódás.

A nyugalmi súrlódási erő a testek érintkezési felületén hat, és *egyenlő a test elmozdítására törekvő* $\vec{F}$ *erővel* (21.2. ábra):

$$F_{nys} = F.$$

A test elmozdítására törekvő $\vec{F}$ erő növekedése esetén növekszik a nyugalmi súrlódás is. Amikor az $\vec{F}$ erő olyan értéket ér el, hogy a test már-már elmozdul, a nyugalmi súrlódás maximális lesz. Az elmozdulás pillanatában a nyugalmi súrlódás *csúszó súrlódássá* alakul át.

A nyugalmi súrlódási erő nem lehet nagyobb egy meghatározott maximális értéknél.

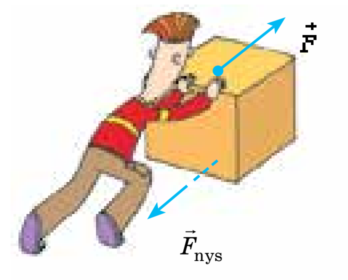
Általában a nyugalmi súrlódás kimondottan „hasznos": ennek köszönhető, hogy a tárgyak nem csúsznak ki a kezünkből, a csomók nem oldódnak szét; ez az erő tartja össze a homokszemeket egy halomban, a köveket a hegyoldalon, a növények gyökerét a földben. A *nyugalmi súrlódásnak köszönhetően mozognak* az emberek, élőlények, közlekedési eszközök (21.3. ábra).

A technikában, a közlekedési eszközökben, a mindennapokban sokat tesznek annak érdekében, hogy az egyik test felülete ne mozduljon el a másik test felületéhez képest. Például télen a jeges járdát homokkal szórják fel, a gépkocsikra téli gumikat szerelnek a nyugalmi súrlódás megnövelése érdekében.

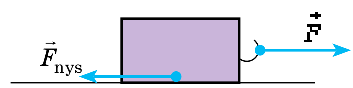
? Soroljatok fel még néhány példát

2 Tisztázzuk, mitől függ a csúszó súrlódási erő

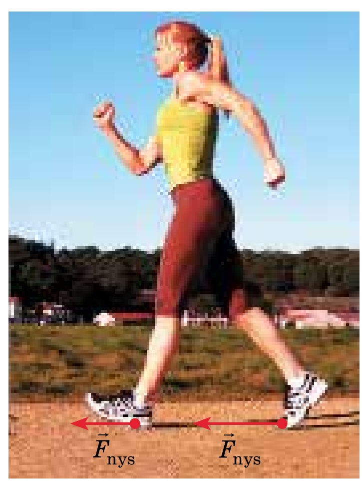
A **csúszó súrlódási erő** $\vec{F}_{css}$ az egymáson csúszó felületek között létrejövő és a mozgással ellentétes irányban ható erő.



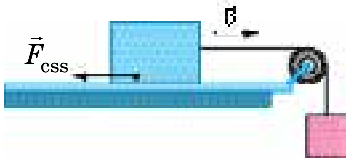
21.1. ábra. Nem sikerül elmozdítani a ládát – gátolja a nyugalmi súrlódási erő ($\vec{F}_{nys}$)



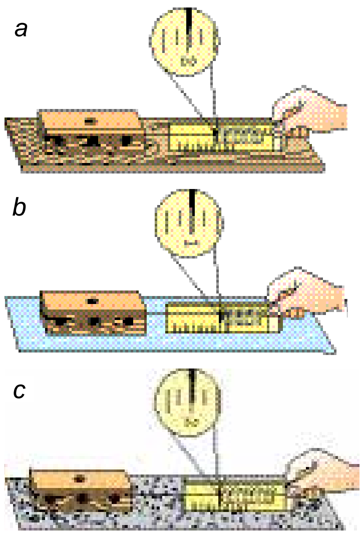
21.2. ábra. A test elmozdítására törekvő $\vec{F}$ erő és az eközben fellépő $\vec{F}_{nys}$ nyugalmi súrlódási erő kiegyenlíti egymást – a test nyugalomban van



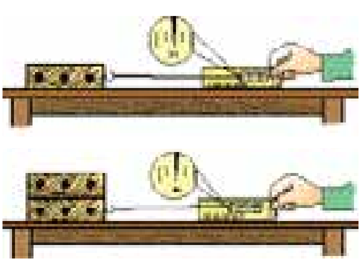
21.3. ábra. Az ember lába az úttal való érintkezés pillanatában hátrafelé mozog. Ezért jön létre az előre irányuló nyugalmi súrlódási erő – a hajtóerő



21.4. ábra. A csúszó súrlódási erő a test és a támasztási felület között hat és ellentétes a test mozgásának irányával



21.5. ábra. Azonos test különböző felületeken való csúszásakor különböző nagyságú csúszó súrlódási erők keletkeznek: a fahasáb fatáblán (*a*), üvegen (*b*) és csiszolópapíron (*c*) csúszik



21.6. ábra. A csúszó súrlódási erő növekszik, ha növeljük a testet az asztallap felületéhez nyomó erőt

A csúszó súrlódási erő a testek érintkezési felületén hat (21.4. ábra), és valamivel kisebb a nyugalmi súrlódási erő legnagyobb értékénél. Ez az oka a testek nehézkes elmozdulásának: elindulni nehezebb, mint utána haladni. Ez főleg nagy tömegű testeknél vehető észre.

A hozzáerősített dinamométer segítségével a hasábot egyenletesen húzzuk az asztallap vízszintes felszínén (21.5. ábra). A mozgás irányában a hasábra a dinamométer részéről rugalmassági erő, az ellenkező irányban pedig a csúszó súrlódási erő hat. A hasáb *egyenletesen* mozog, ezért a rugalmassági erő *kiegyenlíti* a csúszó súrlódási erőt. Tehát a dinamométer a csúszó súrlódási erő mértékét mutatja.

? Figyeljétek meg a 21.5. ábrát, és magyarázzátok el, hogyan függ a csúszó súrlódási erő az érintkező felületek tulajdonságaitól!

Vegyétek figyelembe: ha a hasábot a kisebbik oldalára fordítva megismételjük a kísérletet, ugyanazt az eredményt kapjuk, tehát a csúszó súrlódási erő nem függ az érintkező felületek területétől.

Elvégzünk még egy kísérletet. A hasábra súlyt helyezünk, megnövelve ezzel a támaszték részéről ható reakcióerőt (21.6. ábra). A kapott eredmény a csúszó súrlódási erő növekedését mutatja.

*A csúszó súrlódási erő egyenesen arányos a támaszték részéről ható reakcióerővel**:

$$F_{css} = \mu N.$$

ahol N – a támaszték reakcióereje**; μ – arányossági együttható, melyet **csúszó súrlódási együtthatónak** neveznek.

* Ezt a törvényt Amontons francia tudós fogalmazta meg, majd honfitársa, C. Coulomb (ejtsd *kulom*) bizonyította be, ezért a törvény az Amontons-Coulomb nevet kapta.

** $N = mg$, ha a testre a vízszintes felületen függőleges irányban nem hatnak erők, kivéve a nehézségi erőt és a támaszték reakcióerejét.

Mivel a csúszó súrlódási erőt és a támaszték részéről ható reakcióerőt is newtonokban mérjük, a *csúszó súrlódási együttható mértékegység nélküli mennyiség*:

$$\mu = \frac{F_{css}}{N} \Rightarrow [\mu] = \frac{N}{N} = 1.$$

A csúszó súrlódási együtthatót az érintkező testek anyaga és a megmunkálásuk minősége határozza meg.

A súrlódási együttható értékét kizárólag kísérleti úton határozzák meg. Az együtthatók táblázatában általában hozzávetőleges átlagértékeket tüntetnek fel néhány anyag esetében (lásd a táblázatot).

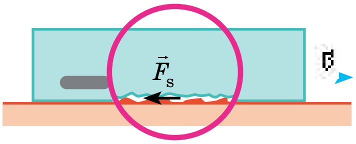
Anyag neve	Csúszási súrlódási együttható
Acél a jégen	0,02
Acél az acélon	0,15
Bronz a bronzon	0,20
Fa a fán	0,25
Papír (karton) a fán	0,40
Bőr az öntöttvason	0,56
Gumi a betonon	0,75

3 Tisztázzuk a súrlódási erő megjelenésének okait és a csökkentésének módjait

A szilárd testek felszíne minden esetben durva, egyenetlen. Mozgás vagy annak szándéka esetén az egyenetlenségek megakaszkodnak egymásban, esetleg le is kophatnak. Ennek eredményeként létrejön a test mozgását gátló erő (21.7. ábra). A *súrlódási erő*, ahogyan a rugalmassági erő is, a *molekuláris erők kölcsönhatásának megnyilvánulása*.

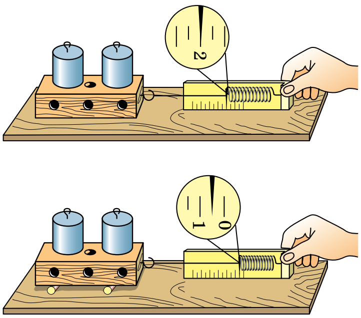
Úgy tűnhet, hogy a súrlódási erő csökkentése érdekében elég lecsiszolni az érintkezési felületeket, ezzel minimálisra csökkentve az egyenetlenségek méretét. Viszont ebben az esetben nagyszámú molekula kerül olyan közelségbe egymással, hogy fellép a molekulák közötti vonzás. Ez a súrlódási erő növekedéséhez vezet*.

A csúszó súrlódási erő a felületek kenésével csökkenthető. Az általában folyékony kenőanyag, az érintkező felületek közé kerülve, eltávolítja azokat egymástól. Vagyis nem a testek, hanem a közöttük lévő kenőanyag rétegei csúsznak. A csúszó súrlódás (ún. száraz súrlódás) átalakul belső (folyékony) súrlódássá, amely esetében a súrlódási erő jelentősen kisebb.



21.7. ábra. A súrlódási erő létrejöttét az érintkező testek felszínén található egyenetlenségek okozzák

* A súrlódás vizsgálata és létrejötte okainak a magyarázata meglehetősen bonyolult és az iskolai fizika nem foglalkozik azokkal.



21.8. ábra. Ha a fahasáb alá gömbölyű ceruzákat helyezünk, azt jóval könnyebben húzhatjuk tovább

4 Megismerkedünk a gördülő súrlódással

Az emberiség ősi tapasztalata azt mutatja, hogy a nehéz szikladarabot könnyebb gerendákon odébb görgetni, mint egyszerűen a földön húzni (21.8. ábra).

Ha egy test a másik felszínén gördül, akkor **gördülő súrlódással** van dolgunk. *A gördülő súrlódási erő jelentősen kisebb a csúszó súrlódási erőnél* (21.9. ábra). Éppen ezért használ az emberiség a súrlódási erő csökkentésére kereket, a gépekben és a különféle berendezésekben pedig csapágyat (21.10. ábra).

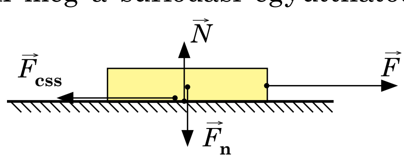
21.9. ábra. A tolás görgetésre való cseréjével csökken a súrlódási erő

5 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Az 1 kg tömegű könyv asztalon való egyenletes mozgatásához 2 N-nyi vízszintes erőt kell kifejtenünk. Mivel egyenlő a könyv és az asztal súrlódási együtthatója?

A fizikai probléma elemzése. Elkészítjük a magyarázó rajzot, amelyen feltüntetjük a könyvre ható összes erőt: $\vec{F}_n$ – nehézségi erő; $\vec{N}$ – a támaszték részéről ható reakcióerő; $\vec{F}$ – az erő, amelynek a hatására a könyv mozog az asztalon; $\vec{F}_{css}$ – csúszó súrlódási erő.

A könyv egyenletesen mozog, tehát a rá ható erők párosan kiegyenlítik egymást: $F = F_{css}$, $N = F_n$. Ezen feltételek alapján határozzuk meg a súrlódási együtthatót!



21.10. ábra. Golyós- és görgőscsapágy

Adva van: $F = 2$ N $m = 1$ kg $g = 10\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$	*A matematikai modell felállítása, megoldás.* A csúszó súrlódási erő képlete alapján: $F_{css} = \mu N \Rightarrow \mu = \frac{F_{css}}{N}$. Mivel $F_{css} = F$, és $N = F_n = mg$, ezért $\mu = \frac{F}{mg}$.
Meghatározni: μ – ?	

Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[\mu] = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}} = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{N}} = 1; \quad \mu = \frac{2}{1\cdot 10} = \frac{2}{10} = 0{,}2.$$

Az eredmények elemzése: a 0,2 súrlódási együttható megfelel az olyan párosításnak, mint a fa a fán, tehát az eredmény reális.

Felelet: $\mu = 0{,}2$.

Összefoglaló

A nyugalmi súrlódási erő (F_{nys}) a szilárd testek kölcsönhatásakor az érintkezési felületek között létrejövő erő. A nyugalmi súrlódási erő a testek érintkezési felületén hat, és egyenlő a test elmozdítására törekvő F erővel: $F_{nys} = F$.

A csúszó súrlódási erő (F_{css}) az egymáson csúszó felületek között létrejövő és a mozgással ellentétes irányban ható erő. A csúszó súrlódási erő egyenesen arányos a támaszték részéről ható N reakcióerővel: $F_{css} = \mu N$, ahol μ – csúszó súrlódási együttható, amely az egymáson csúszó testek anyagától és azok felületeinek a megmunkálásától függ. A megkent felület jelentősen csökkenti a súrlódást.

Az egyik test másik felszínén való gördülésekor gördülő súrlódási erő jön létre, amely jelentősen kisebb a csúszó súrlódási erőnél.

Ellenőrző kérdések

1. A súrlódás milyen fajtáit ismeritek? 2. Milyen erő akadályozza a nagy szekrény elmozdítását? Milyen irányban hat ez az erő? **3.** Miért nevezik a nyugalmi súrlódási erőt mozgató erőnek? 4. Miért szórják le télen a járdákat homokkal? 5. Hol figyelhető meg csúszási súrlódás, és milyen tényezőktől függ? **6.** A súrlódási együttható értékeinek táblázatában miért párosan adták meg az anyagokat és nem egyenként? 7. Miért jön létre csúszó súrlódási erő? **8.** Hogyan csökkenthető a csúszó súrlódási erő? **9.** Miért könnyebb a gömbölyű testet görgetni, mint húzni?

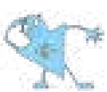
21. gyakorlat

1. Hat-e súrlódási erő a vízszintes asztalon fekvő könyvre?

2. Az anyacsavar letekeréséhez erőt kell kifejteni. Miért egyszerűbb letekerni az anyacsavart a menet megkenése után?

3. A vízszintes asztalon fekvő hasábra dinamométer segítségével vízszintes irányban 3 N erőt fejtünk ki. A hasáb eközben egyenletesen mozog az erő hatásának irányába.
a) Mivel egyenlő a hasábra ható súrlódási erő?
b) Hogyan viselkedik a hasáb, és mennyi lesz a súrlódási erő, ha a dinamométer 2 N-t mutat?

4. A szekrény elmozdítása céljából vízszintes, fokozatosan növekvő erővel hatnak rá. A szekrény akkor mozdult el, amikor az erő mértéke 175 N lesz.
   a) Hogyan változott a súrlódási erő a szekrény és a padló között?
   b) Mi történik, ha tovább növelik az erőt?
   c) Mennyi a csúszó súrlódás együtthatója a szekrény és a padló között, ha a szekrény tömege 70 kg?
5. 96 N/m merevségű rugó segítségével a 2,4 kg tömegű hasábot egyenletesen húzzák az asztalon. Mekkora lesz a rugó meghosszabbodása, ha a hasáb és az asztal közötti súrlódási együttható 0,2?
6. Állítsátok össze a paragrafusban lévő feladat fordítottját, és oldjátok meg! Jegyezzétek meg, hogy a megadott fizikai mennyiségek értékeinek, valamint a megoldásban kapott eredményeknek reálisaknak kell lenniük!
7. Az egymáson csúszó felületek közé behelyezett kemény görgőkkel nagymértékben csökkenthető a súrlódás. Egyéb információforrás felhasználásával készítsetek beszámolót a módszer felhasználásáról a történelem során!



8. Töltsétek ki a táblázatot!

A test tömege m, kg	A test térfogata V, m^3	A test átlagsűrűsége ρ, kg/m^3	A test súlya P, N
7,8	0,001		
	0,5	600	
		2500	50

9. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma: A csúszó súrlódási együttható meghatározása.

A munka célja: meghatározni a súrlódási együtthatót fahasábnak fatáblán való csúszásakor.

Eszközök: fahasáb; deszka (tribométer); súlykészlet; dinamométer.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

Előkészület a kísérlethez

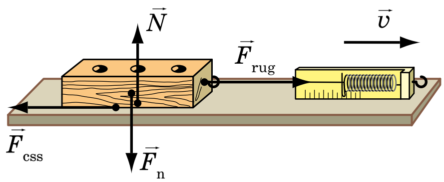
1. A munka elkezdése előtt emlékezzetek vissza a következő kérdések feleleteire!
   1) Milyen tényezőktől függ a csúszó súrlódási erő, és milyen irányban hat?
   2) Milyen képlet segítségével számítható ki a csúszó súrlódási erő?
2. Állapítsátok meg a dinamométer beosztásértékét!

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

A mérések és számítások eredményeit írjátok a táblázatba!

1. Dinamométer segítségével mérjétek meg a hozzá rögzítettt hasáb súlyát, amely a kísérlet alatt megegyezik a támaszték reakcióerejével ($N = P$)!
2. A dinamométerhez rögzített hasábot szélesebbik oldalával fektessétek a vízszintes táblára! Mozgassátok egyenletesen a táblán a hasábot (lásd az ábrát)! A dinamométer mutatója alapján határozzátok meg a csúszó súrlódási erőt ($F_{css} = F_{rug}$)!



3. Ismételjétek meg a kísérletet háromszor, először egy, majd kettő és végül három súlyt helyezve egyszerre a hasábra ($N = P_h + P_s$)!

A kísérlet sorszáma	Csúszó súrlódási erő F_{css}, N	A támaszték reakcióereje N, N

A kapott eredmények feldolgozása

Minden alkalomra számítsátok ki a csúszó súrlódási együtthatót a következő képlet segítségével: $\mu = \dfrac{F_{css}}{N}$!

A kísérlet és az eredmények elemzése

Készítsetek összefoglalót, amelyben leírjátok: 1) milyen fizikai mennyiséget határoztatok meg; 2) függ-e a csúszó súrlódási együttható a test súlyától; 3) a kapott eredmény megegyezik-e a súrlódási együttható táblázatában feltüntetett adatokkal; 4) milyen tényezők befolyásolták a kísérlet pontosságát!

+ Alkotói feladat

Írjátok le annak a kísérletnek a menetét, amellyel bebizonyíthatjátok, hogy a súrlódási tényező nem függ az érintkezési felületek nagyságától. Végezzétek el a kísérletet!

* *Csillagos* feladat

Az 1. kísérlethez:

a) határozzátok meg a csúszó súrlódási erő és a támaszték reakcióereje mérésének viszonylagos hibáját: $\varepsilon_F = \dfrac{\Delta F}{F}$, $\varepsilon_N = \dfrac{\Delta N}{N}$! Ebben az esetben $\Delta F = \Delta N$ – a dinamométer skálájának beosztásértéke;

b) számítsátok ki a súrlódási tényező meghatározásának abszolút és relatív hibáját: $\varepsilon_\mu = \varepsilon_F + \varepsilon_N$; $\Delta\mu = \varepsilon_\mu \cdot \mu$!

Feladatok önellenőrzésre a *Testek kölcsönhatása. Erő* című 3. fejezethez. 1. rész. Erő. Az erő fajtái

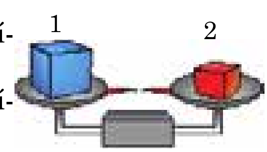
Az 1–8. feladatokban egy helyes választ jelöljetek meg!

1. *(1 pont)* Ha a testre nem hat mást test, akkor a test mozgása:
a) egyenes vonalú, csökkenő sebességű;
b) egyenes vonalú, növekvő sebességű;
c) egyenletes görbe vonalú;
d) egyenes vonalú egyenletes.

2. *(1 pont)* A deformáció eredményeként jön létre a:
a) nehézségi erő; b) rugalmassági erő;
c) csúszó súrlódási erő; d) nyugalmi súrlódási erő.

3. *(1 pont)* A nehézségi erő:
a) a Földnek a testekre ható vonzási ereje;
b) bármely deformáció során létrejövő erő;
c) a testnek a támasztékra és a felfüggesztésre ható ereje;
d) a test csúszásakor létrejövő erő.

4. *(1 pont)* Az egyensúlyban lévő mérleg tányérjain két kocka van (1. ábra). Megegyezik-e a kockák anyagának sűrűsége?
a) igen;
b) nem, az 1. kocka sűrűsége kisebb a 2. kocka sűrűségénél;
c) nem, az 1. kocka sűrűsége nagyobb a 2. kocka sűrűségénél;
d) lehetetlen megállapítani.



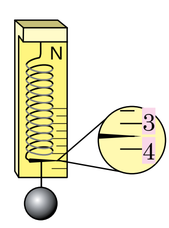
1. ábra

5. *(2 pont)* Az egyik legnagyobb rovar Új-Zélandon él (2. ábra). A tömege 80 g. Milyen erővel vonzza a Föld a rovart?
a) 8 mN; b) 80 mN; c) 0,8 N; d) 8 N.


2. ábra

6. *(2 pont)* A deformálatlan rugó 5 cm-nyire való széthúzásához 15 N erőre van szükség. Mekkora a rugó merevsége?
a) 0,3 N/m; c) 75 N/m;
b) 3 N/m; d) 300 N/m.

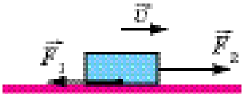
7. *(2 pont)* A golyót a dinamométerhez rögzítették (3. ábra). Mekkora a golyó tömege?
a) 3,5 g; b) 35 g; c) 350 g; d) 3,5 kg.



3. ábra

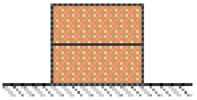
8. *(2 pont)* Az aranyból készült 1 cm^3 térfogatú test tömege nagyobb az azonos térfogatú ólomból készült test tömegénél:
a) 8,0 g-mal; c) 8 kg-mal;
b) 11,3 g-mal; d) 11,3 kg-mal.

9. *(2 pont)* A 4. ábrán a testre ható erőket ábrázolták, amelyek dinamométer segítségével egyenletesen vízszintes irányban húzzák az asztalon a testet. Nevezzétek meg ezeket az erőket és hasonlítsátok őket össze!



4. ábra

10. *(3 pont)* A padlón fekvő 8 kg tömegű téglára ráhelyeztek még egy ugyanolyan téglát (5. ábra). Készítsetek a füzetben sematikus rajzot, és tüntessétek fel az alsó téglára ható erőket! Lépték: 1 cm – 40 N.



5. ábra

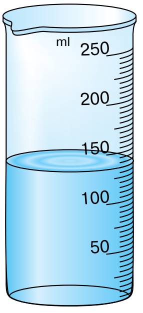
11. *(3 pont)* Rendeljétek az erő megnevezéséhez az általa létrehozott jelenséget!

A Rugalmassági erő
B Csúszó súrlódási erő
C Nyugalmi súrlódási erő
D Nehézségi erő

1 A gepárd felgyorsul a vadászaton
2 A repülő repül
3 A korcsolyázó fékez a célban
4 A vízcseppek leperegnek a tetőről
5 A kilőtt nyíl felgyorsul

12. *(3 pont)* A 12 l térfogatú vedrét egyharmadáig vízzel töltötték meg. Milyen erővel hat a vedér a padlóra? A vedér tömegét figyelmen kívül hagyjuk.

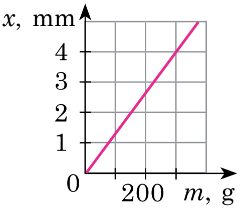
13. *(3 pont)* Az üres mérőhengerbe folyadékot öntöttek (6. ábra). A folyadékra ható nehézségi erő 1,75 N. Határozzátok meg, milyen folyadékot töltöttek a hengerbe!



6. ábra

14. *(4 pont)* A vízszintes úton történő egyenletes mozgás érdekében a szánkóra vízszintes irányban 500 N erővel kell hatni. Határozzátok meg a szánkó tömegét, ha a közte és az út közötti súrlódás együtthatója 0,2.

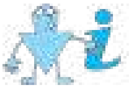
15. *(4 pont)* A 7. ábrán a rugó meghosszabbodása és a rá rögzített súly tömege közötti összefüggés grafikonja látható. Határozzátok meg a rugó merevségét!



7. ábra

16. *(4 pont)* Hogy sárgarezet kapjanak, felolvasztottak 0,2 m^3 térfogatnyi rezet és 50 dm^3 cinket. Mekkora a kapott sárgaréz sűrűsége? Az ötvözet térfogata a két összetevő térfogatának az összegével egyenlő.

A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes válaszokat, és számoljátok össze az elért pontszámot, majd az összeget osszátok el hárommal! A kapott szám jelenti a tudásszinteteket.



A gyakorló tesztfeladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

2. RÉSZ. NYOMÁS. ARKHIMÉDESZ TÖRVÉNYE. TESTEK ÚSZÁSA

22. §. SZILÁRD TESTEK NYOMÁSA A FELÜLETRE. NYOMÓERŐ

Miért használnak sítalpat az északi félteke lakói a havon való közlekedéshez? Miért hagy a felforrósodott aszfalton a tűsarkú cipőt viselő nő észrevehető és mély nyomokat? Miért kell időnként megélezni a kést? Miért van a szögnek hegye? Megpróbálunk választ adni a feltett kérdésekre.

1 Megfigyeljük az erő hatásának következményeit

Az erő hatásának egyik következménye a testek deformációja: minél nagyobb erő hat a testre, annál nagyobb lesz a deformáció.

A deformáció más tényezőktől is függ, többek között a felszín területétől, amelyre az erő hat. Az esetek többségében érvényes a szabály, miszerint *minél nagyobb a felület területe, amelyre az erő hat, annál kisebb a deformáció*.

Ezt egy egyszerű példával illusztrálhatjuk. Leteszünk a hóra egy fahasábot, először az egyik, majd a másik, nagyobb felületű oldalára (22.1 ábra). Az első esetben a hó erősebben deformálódik (a hasáb mélyebbre süllyed a hóba), noha a hasáb részéről ható erő (vagyis a hasáb súlya) mindkét esetben azonos.

Elvégezhetünk még egy kísérletet: gyakoroljatok nyomást nagyjából azonos erővel a homokra, először tenyérrel, majd egy ujjatokkal, és meglátjátok, melyik esetben lesz mélyebb a lenyomat a homokban (22.2. ábra).

22.1. ábra. A fahasáb jobban lesüllyed a hóba, ha a kisebbik oldalára teszik

22.2. ábra. Ha a homokba lenyomatot készítünk, annak mélysége attól függ, tenyérrel vagy az ujjunkkal tettük-e azt (azonos nyomás mellett)

2 Meghatározzuk a nyomás fogalmát

Az erőhatás eredménye és az erőhatásnak kitett felület területe közötti összefüggés jellemzésére bevezették a *nyomás* fogalmát.

A **nyomás** az erő hatását jellemző fizikai mennyiség, amely a felületre merőlegesen ható erőnek és a felület területének a hányadosával egyenlő:

$$p = \frac{F}{S},$$

ahol p – a nyomás; F – a felületre merőlegesen ható nyomóerő; S – ennek a felületnek a területe.

A *nyomás mértékegysége a SI rendszerben* – a **pascal** (Pa); Blaise Pascal francia tudós tiszteletére nevezték el (22.3. ábra):

$$[p] = \text{Pa}.$$

1 Pa *az a nyomás, amit* 1 N *erő az irányára merőleges* 1 m²*-nyi felületre kifejt*:

$$1\ \text{Pa} = \frac{1\ \text{N}}{1\ \text{m}^2}.$$

Az 1 Pa nem nagy nyomás (nagyjából ekkora nyomást fejt ki az asztallapra egy rajzfüzet), ezért a gyakorlatban gyakrabban az egység többszörösét használják: hektopascal (1 hPa = 100 Pa), kilopascal (1 kPa = 1000 Pa), megapascal (1 mPa = 1 000 000 Pa).

Figyeljétek meg a táblázatot és gondolkozzatok el, hogyan lehetséges, hogy például a traktor lánctalpai kisebb nyomást fejtenek ki a talajra, mint a személygépkocsi kerekei!

3 Tisztázzuk, hogyan növelhető vagy csökkenthető a nyomás

A nyomás meghatározásából $\left(p = \frac{F}{S}\right)$ következik, hogy a szilárd testek nyomása kétféleképpen változtatható meg.

Első módszer: a meghatározott felületre ható erő növelése. Az erő növekedésével növekszik, a csökkenésével csökken a nyomás.

Második módszer: az erőhatásnak kitelt felület területének megváltoztatása. A nyomás növelése érdekében csökkenteni kell a területet (ez az oka, hogy az eszközöket – olló, kés, ár –

22.3. ábra. Blaise Pascal (1623–1662) – francia matematikus, fizikus, filozófus, író. Rendkívül széleskörű érdeklődése a későbbiekben a reneszánsz korra volt jellemző

Néhány test által létrehozott nyomás

A nyomást létrehozó test	Nyomás p, kPa
A padlón álló ember	20–30
A traktor lánctalpai a talajon	40–50
A személygépkocsi kerekei a talajon	200–300
Az ásó éle a talajon	1000–2000
A varrótű az anyagon	100 000-ig
A vasúti kocsi kereke a sínen	300 000
A kutya fogai a csonton	150 000-ig
A darázs fullánkja a bőrön	33 000 000

22.4. ábra. Kisebb erő kifejtése érdekében a szerszámokat megélezik

22.5. ábra. Az ember besüppedt a hóba, a terepjáró viszont a hó felszínén maradt

kifenik) (22.4. ábra). A nyomás csökkentéséhez ellenkezőleg, növelni kell a területet.

Figyeljétek meg a 22.5. ábrát, és magyarázzátok meg, miért nagyobb az ember lába által létrehozott nyomás a nagy terepjáró által kifejtelt nyomásnál?

2 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Hasonlítsátok össze a turista és a síelő hóra gyakorolt nyomását! Mindkét személy tömege felszereléssel együtt 63 kg. A turista talpának területe 210 cm^2, a sítalpé megközelítőleg 1800 cm^2.

A fizikai probléma elemzése. A két személy által létrehozott nyomás az erő nagyságának és az erőhatásnak kitett felület területének a segítségével határozható meg. A nyomóerő mindkét esetben a személyek súlya, amely a két talp vagy a két síléc között oszlik meg. Úgy tekintjük, hogy a sílécek (talpak) mindegyike egyenlően van megterhelve. A feladatot SI egységekben oldjuk meg.

Adva van:

$m_1 = m_2 = 63$ kg

$S_{01} = 210$ cm^2 $=$

$= 0{,}021$ m^2

$S_{02} = 1800$ cm^2

$= 0{,}18$ m^2

$g = 10\ \dfrac{\text{N}}{\text{kg}}$

Meghatározni:

p_1 – ?

p_2 – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.

A nyomás meghatározása szerint: $p = \dfrac{F}{S}$. Ebben az esetben $F = P = mg$ és $S = 2S_0$.

Az F és S kifejezéseit behelyettesítjük a nyomás képletébe: $p = \dfrac{mg}{2S_0}$.

Ellenőrizzük a mértékegységet, és kiszámítjuk a keresett mennyiséget: $[p] = \dfrac{\text{kg} \cdot \dfrac{\text{N}}{\text{kg}}}{\text{m}^2} = \dfrac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}$.

A turista esetében: $p_1 = \dfrac{63 \cdot 10}{2 \cdot 0{,}021} = \dfrac{30}{0{,}002} = 15\,000$ (Pa);

$p_1 = 15$ kPa.

A síelő esetében: $p_2 = \dfrac{63 \cdot 10}{2 \cdot 0{,}18} = \dfrac{70}{0{,}04} = 1750$ (Pa); $p_2 = 1{,}75$ kPa.

Az eredmények elemzése. A turista által létrehozott nyomás közel 8,6-szer nagyobb a síelő által létrehozott nyomásnál $\left(\dfrac{p_1}{p_2} = \dfrac{15\,\text{kPa}}{1{,}75\,\text{kPa}} \approx 8{,}6\right)$.

Ez valós eredmény, mivel két azonos erő esetén az fejt ki nagyobb nyomást, amelyik kisebb területen hat.

Felelet: $p_1 = 15$ kPa; $p_2 = 1{,}75$ kPa; $p_1 > p_2$ megközelítőleg 8,6-szer.

Összefoglaló

A nyomás az erő hatását jellemző fizikai mennyiség, amely egyenlő a felületre merőlegesen ható erőnek és a felület területének a hányadosával: $p = \dfrac{F}{S}$. A nyomás mértékegysége a SI rendszerben – a pascal $\left(1\,\text{Pa} = \dfrac{1\,\text{N}}{1\,\text{m}^2}\right)$.

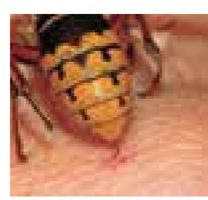
A nyomás növelése érdekében csökkenteni kell annak a felületnek a területét, amelyikre a nyomás hat, vagy növelni kell a nyomóerőt.

A nyomás csökkentése érdekében növelni kell annak a felületnek a területét, amelyikre a nyomás hat, vagy csökkenteni kell a nyomóerőt.

Ellenőrző kérdések

1. Mitől függ az erőhatás eredménye? **2.** Mit nevezünk nyomásnak? **3.** Mi a nyomás mértékegysége a SI rendszerben? **4.** Hogyan értelmezzük a nyomás mértékegységét? **5.** Hogyan növelhető a nyomás? Hogyan csökkenthető? Soroljatok fel példákat!

22. gyakorlat



1. ábra

1. Az ülő ember nyomást gyakorol a rekamiéra. Hogyan változik a nyomás, ha lefekszik rá?
2. Miért hozhat létre a darázs a fullánkjával nagyobb nyomást (1. ábra), mint a padlón álló ember a padlóra?
3. Az ásó vágóélének területe 70 mm^2. Mekkora nyomást fejt ki az ásó a talajra, ha az ember 210 N nyomással hat az ásóra?
4. A lánctalpas traktor 45 kPa nyomást gyakorol a talajra. Mit jelent ez? Mekkora erővel hat a traktor a talajra, ha a lánctalpak összterülete 1,5 m^2?
5. A felsorolt nyomásokat adjátok meg pascalokban: 0,35 kN/m^2; 1,5 N/m^2; 36 mN/m^2!
6. A kisfiú a hóval borított mezőn síel. A hóréteg 2 kPa nyomást bír ki. A sítalpak szélessége 10 cm, hosszuk – 1,5 m. Mekkora lehet a kisfiú maximális tömege, hogy ne süppedjen be a hóba?


2. ábra

7. Senki sem lehet teljes biztonságban a víztározó jegén. Hogyan kell viselkednie a vízbe beszakadt embernek és a segítségére siető mentőknek (2. ábra)? A válaszotokat indokoljátok meg!
8. Változatlan területen a nyomás egyenesen arányos a nyomóerővel. Szerkesszétek meg a 0,25 m^2 területű felületen lévő nyomás és a felületre merőlegesen ható erő összefüggésének grafikonját!
9. Egyéb információforrás felhasználásával határozzátok meg az állatok nyomását a talajra! Miként függ ez a nyomás az állatok életfeltételeitől? Hogyan növelik vagy csökkentik az állatok a nyomást?

Kísérleti feladat

Lábbal felfelé. Állapítsátok meg, hányszorosára csökken az íróasztalotok által kifejtett nyomás, ha lapjával fektetitek a padlóra!

Fizika és technika Ukrajnában

Sztepan Timosenko (1878–1972) – neves ukrán tudós, egyike az Ukrán Tudományos Akadémia létrehozóinak, az Akadémia Mechanikai Intézetének, az amerikai alkalmazott matematikai iskolának a megalapítója.

Sz. Timosenko munkásságának főbb irányai: az anyagok ellenállásának, a mechanikai rendszerek rezgéseinek elmélete, az építési mechanika elmélete. Különösen nagy jelentőségű a rugalmasság alkalmazott elmélete, a rugók és rétegelt rendszerek stabilitásának elmélete terén végzett munkája. Timosenko fejlesztette ki a mechanikai rendszerek stabilitása meghatározásának energetikai módszerét, amelyet ma *Timosenko-féle módszernek* neveznek.

23. §. GÁZOK ÉS FOLYADÉKOK NYOMÁSA. PASCAL TÖRVÉNYE

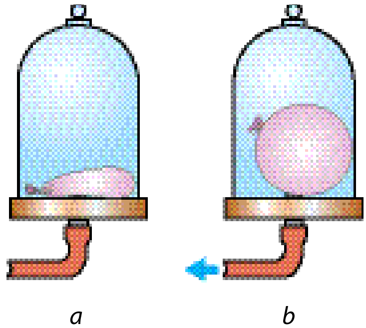
Miért növekszik a léggömb térfogata, amikor felfújjuk? A válasz egyértelmű: a léggömbbe levegőt préselünk. Növelhető-e a léggömb nyomása fújás nélkül? Miért hoz létre a folyadék nyomást nemcsak az edény aljára, hanem annak falára is? Miért tudja megállítani a nehéz gépkocsit a vezető lábának csekély nyomásával?
A gázok és folyadékok ezen rejtélyeit megkíséreljük megfejteni.

1 Tisztázzuk, miért hoznak létre nyomást a gázok

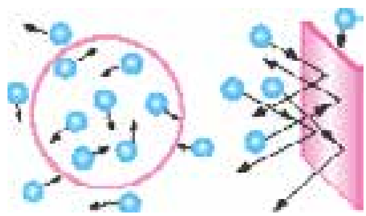
A kissé felfújt léggömböt légszivattyú burája alá tesszük (23.1. *a* ábra). Ha a bura alól elkezdjük kiszivattyúzni a levegőt, a léggömb nagyobbodni kezd (23.1. *b* ábra). Miért van ez így?

A léggömb belsejében és kívül is levegő (gáz) van. A gáz *minden irányban* állandóan mozgó részecskékből (atomokból és molekulákból) áll, amelyek „bombázzák" a léggömb oldalát, ezzel nyomást hozva létre (23.2. ábra). Érthető, hogy egy részecske ütközésének ereje csekély, viszont a gázban nagyszámú részecske található, és a léggömbbel egy másodperc alatt végbemenő ütközések számát 23 nullát tartalmazó számmal tudnánk csak leírni! Tehát, a nagyszámú részecske által végrehajtott ütközések ereje jelentős.

A levegő a léggömb külső és belső falára egyaránt nyomást gyakorol. Ha ezek a nyomások egyenlők, a léggömb nem növekszik. Ha viszont a belső nyomás megnő, a léggömb térfogata szintén növekszik.



23.1. ábra. A kissé felfújt léggömb (*a*) térfogata megnő a külső nyomás csökkenésével (*b*)



23.2. ábra. A gáz nyomását a felületre a gázmolekulák nagyszámú ütközése hozza létre

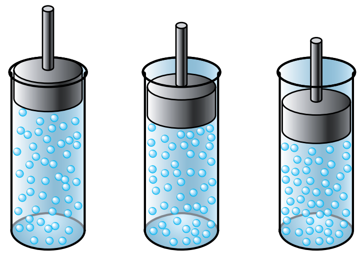
Reméljük, most már meg tudjátok magyarázni, miért gömbölyödik a léggömb felfújáskor, és a körülötte lévő levegő kiszivattyúzásakor is.

2 Megtudjuk, mitől függ a gáz nyomása

A gáz nyomását a gáz részecskéinek ütközése hozza létre, ezért a meghatározott felülettel történő *ütközések számának* vagy *erejének* növelése a gáz nyomásának növekedését eredményezi.

Tehát *a gázok nyomása kétféleképpen növelhető.*

Első mód – *a gáz sűrűségének növelése* $\left(\rho = \frac{m}{V}\right)$. Ennek érdekében több gázt juttatnak az edény belsejébe (növekszik a gáz *m* tömege), vagy csökkentik az edény *V* térfogatát (23.3. ábra).



23.3. ábra. Ha dugattyú segítségével csökkentik a gáz térfogatát, akkor megnő a molekulák ütközésének egységnyi területre jutó száma – a nyomás növekszik

Második mód – a *gáz hőmérsékletének növelése*. Minél nagyobb a gáz hőmérséklete, annál gyorsabban mozognak a részecskéi. Az edény falával való ütközések száma növekszik, az ütközések ereje nagyobb lesz és ennek megfelelően növekszik az edény belsejében a nyomás. Következésképpen, *a gáz nyomása csökken a gáz sűrűségének vagy hőmérsékletének csökkenésével*.

23.4. ábra. A folyadék nyomást hoz létre az edény oldalán

3 Megvizsgáljuk a folyadékok nyomását

A folyadékok megtartják térfogatukat, de a szilárd testektől eltérően könnyen megváltoztatják az alakjukat – annak az edénynek az alakját veszik fel, amelyben vannak, vagyis a *folyadékok folyékonyak*. A szilárd test súlyával csak arra a felületre hat, amelyiken éppen van, a folyadék viszont mind az edény fenekére, mind a falára nyomást gyakorol. Ha a folyadékot tartalmazó edény oldalába lyukakat fúrunk, a folyadék kifolyik rajtuk (23.4. ábra).

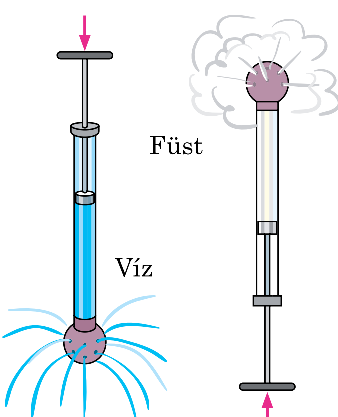
A folyadékok folyékonyságának eredményeként *a folyadékba merített bármely testre a folyadék nyomást gyakorol*.

23.5. ábra. A víz a nyomást minden irányban továbbadja, ezért a víz egy része a lyukakon keresztül kilövell

4 Felfedezzük Pascal törvényét

Folyékonysága következtében a folyadék képes átadni a nyomást az edény teljes térfogatában. Készítsünk a műanyag tasakon tűvel néhány lyukat, majd engedjünk bele vizet, és kössük be. Megnyomva a tasakot, a víz az összes lyukon kilövell (23.5. ábra). Ez a kísérlet elvégezhető levegővel vagy egyéb gázzal is (23.6. ábra). Hasonló megfigyelésekre alapozva Pascal francia fizikus megfogalmazta azt a törvényt, melyet később a tiszteletére Pascal törvényének neveztek el.

A mozdulatlan folyadékban létrejött nyomást a folyadék minden irányban egyenlően adja tovább.



23.6. ábra. A gáz, akár a folyadék, a nyomást minden irányban továbbadja

5 Alkalmazzuk Pascal törvényét

A folyadékoknak és gázoknak azt a tulajdonságát, hogy képesek minden irányban továbbítani a nyomást, a mindennapi életben mi is gyakran megfigyelhetjük, és a technikában is széles körben alkalmazzák. Ennek a tulajdonságnak köszönhetjük, hogy a levegő továbbítja a hangot, működik a szív- és érrendszerünk, hiszen annak ellenére, hogy abban számtalan kanyar található, a szív által létrehozott nyomás a test minden szervébe eljut.

Pascal törvényén alapszik sok jármű fékrendszerének, az emelőnek, szivattyúknak és egyéb *hidraulikus szerkezetnek* a működése.

Megvizsgáljuk a hidraulikus gépek működését a *hidraulikus prés* példáján, amelyet furnér és karton összenyomására, étolaj előállítására, gépek és mechanizmusok alkatrészeinek a gyártására használnak.

A **hidraulikus prés** (sajtó) a legegyszerűbb hidraulikus gép, amelyet nagy nyomás előállítására használnak.

A hidraulikus prés egymással összekötött két különböző átmérőjű hengerből áll, melyekbe munkafolyadékot (általában gépolajat) töltöttek, és mozgó dugattyúkkal zárták le (23.7. ábra).

Ha a kisebbik henger dugattyújára $\vec{F}_1$ erővel hatnak (l. a 23.7. *b* ábrát), akkor ez az erő a folyadék felszínén p nyomást hoz létre:

$$p = \frac{F_1}{S_1},$$

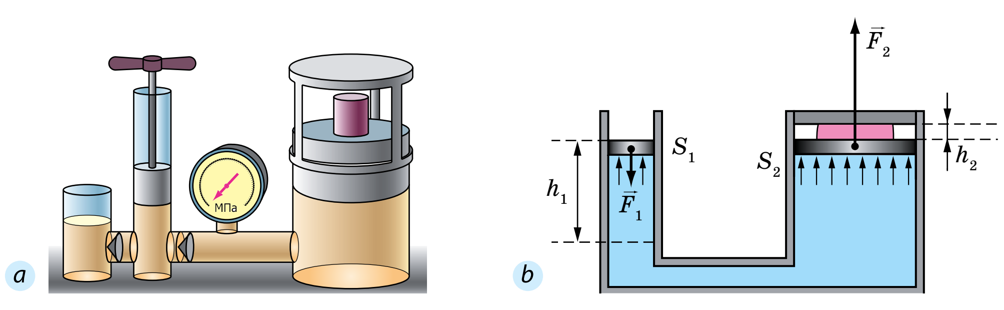
ahol S_1 – a kisebbik dugattyú területe.

Pascal törvénye szerint ez a nyomás átadódik a hengert betöltő folyadék minden pontjába. Tehát a folyadék a nagyobbik henger dugattyújára $\vec{F}_2$ erővel kezd hatni:

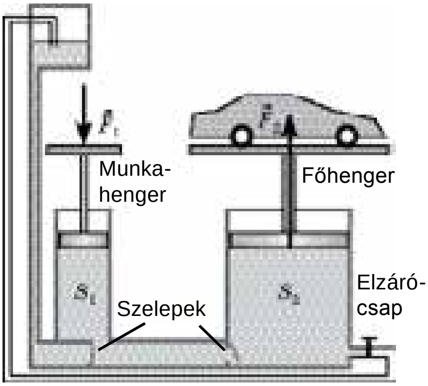
$$F_2 = pS_2,$$

ahol S_2 – a nagyobbik dugattyú területe; p – a nagyobbik hengerben létrejött pótnyomás.

Mivel $p = \frac{F_1}{S_1}$, ezért: $F_2 = \frac{F_1}{S_1} \cdot S_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$.



23.7. ábra. A hidraulikus prés erőnyereséget eredményez: az S_1 területű kis dugattyúra kis F_1 erővel hatva jelentősen nagyobb F_2 erővel préselhető össze az S_2 területű nagy dugattyú felett lévő tárgy



23.8. ábra. Hidraulikus emelő – a hidraulikus gép példája

A folyadék részéről a nagyobbik dugattyúra ható erő annyiszor nagyobb a kis dugattyúra ható erőnél, ahányszor a nagy dugattyú területe nagyobb a kis dugattyúénál:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Az $\frac{F_2}{F_1}$ arány az *erőnyereség.*

A hidraulikus prés jelentős erőnyereséget képes nyújtani: *minél nagyobb a dugattyúk közötti különbség, annál nagyobb erőnyereséget kapunk* (23.7. ábra).

Hasonló elv szerint működnek más hidraulikus eszközök és berendezések is. Például hidraulikus emelő segítségével kis erő alkalmazásával nehéz gépkocsi is felemelhető (23.8. ábra), a hidraulikus fékkel kis erő alkalmazásával megállítható a gépkocsi.

? A 23.8. ábra alapján igyekezz megérteni, hogyan működik a hidraulikus emelő.

Összefoglaló

A gázok részecskéik ütközéseinek eredményeként az edény teljes belső felszínén nyomást hoznak létre. A sűrűség és a hőmérséklet növekedésével növekszik a gázok nyomása, és ellenkezőleg, a gázok nyomása csökken a sűrűség és a hőmérséklet csökkenésével.

A folyékonyság következtében a folyadék nyomást gyakorol az edény aljára, falaira, valamint a folyadékba merített testre is.

A mozdulatlan folyadékban létrejött nyomást a folyadék minden irányban egyenlően adja át (Pascal törvénye).

A hidraulikus gépekben és szivattyúkban a folyadékoknak azt a tulajdonságát használják fel, hogy képesek minden irányban továbbítani a nyomást.

A folyadék részéről a hidraulikus gépek nagy dugattyújára ható erő annyiszor nagyobb a kis dugattyúra ható erőnél, ahányszor a nagy dugattyú területe nagyobb a kis dugattyúénál: $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$.

Ellenőrző kérdések

1. Hogyan bizonyítható kísérletileg, hogy a gázok nyomást gyakorolnak annak az edénynek a falára, amelyben vannak? **2.** Mi az oka a nyomás létezésének a gázokban? **3.** Miért növekszik a gázok nyomása sűrűségük növekedésével? **4.** Hogyan változik a gázokban lévő nyomás a hőmérséklet növekedésével vagy csökkenésével? A feleletet indokoljátok meg! **5.** Miért gyakorol nyomást a folyadék nemcsak az edény aljára, hanem annak falára is? **6.** Fogalmazzátok meg Pascal törvényét! **7.** Bizonyítsátok be, hogy a folyadékok és gázok azon tulajdonságának, hogy képesek minden irányban átadni a nyomást, óriási jelentősége van az életünkben! **8.** Mi a hidraulikus prés, és hol használják?

23. gyakorlat

1. Hogyan változik a léggömbben a nyomás, ha először felfújuk, majd erősen szilárd tárgyhoz szorítjuk? Meg lehet-e előre határozni, mikor durran szét a léggömb?

2. Miért kell óvakodnunk a gázzal teli tartályok felmelegedésétől (még abban az esetben is, ha nem éghető gáz található bennük)?

3. Megváltozik-e, és hogyan a kerékpár kerekeinek nyomása, ha felül rá a barátod is (1. ábra)?

4. Az olajiparban kőolaj felszínre hozatalához sűrített levegőt használnak, melyet kompresszorokkal az olajhordozó réteg felszínére pumpálnak. Milyen törvényen alapszik ez a módszer? Magyarázzátok meg, mit gondoltok!

5. Miért veszélyes a víz élővilágára a víz alatti robbantás?

6. Ha kiskaliberű fegyverrel belelőnek egy főtt tojásba, akkor a tojásban lyuk keletkezik. Ha nyers tojásba lőnek – az szétfröccsen. Magyarázzátok meg a jelenség okát!

7. A hengerben a 80 cm^2 területű dugattyú alatt víz van. Milyen tömegű súlyt kell tennünk a dugattyúra, hogy a henger aljára ható nyomás 2 kPa-nyit növekedjen?

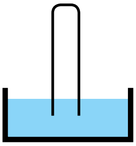
8. A hidraulikus gép kis dugattyújának területe 15 cm^2, a nagy dugattyúé – 3 dm^2. Határozzátok meg, mekkora tömegű teher emelhető fel ezzel a géppel, ha a kis dugattyúra 200 N erő hat?

9. Milyen változások mennek végbe a beforrasztott csőben lévő folyadék felszínén (2. ábra), ha a csövet felmelegítjük; lehűtjük?

10. 300 N erő hatására a hidraulikus gép kis dugattyúja 4 cm-t süllyedt, a nagy pedig 1 cm-t emelkedett. Határozzátok meg a nagy dugattyúra ható erőt!

11. Egyéb információforrás felhasználásával ismerjétek meg egyes hidraulikus berendezések működési elvét (a gépkocsi hidraulikus fékrendszere, hidraulikus vágó, pneumatikus permetező). Készítsetek beszámolót ilyen gép működéséről!

1. ábra



2. ábra

Kísérleti feladatok

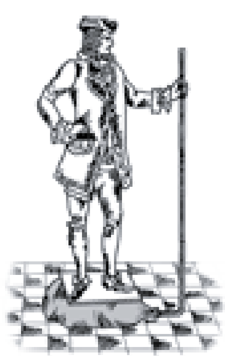
1. *Gyors javítás*. Vegyetek egy olyan műanyaglabdát, melynek az oldala be van horpadva, majd tegyétek forró vízbe, és várjátok meg, míg a horpadás kiugrik. Mi nyomta ki belülről a horpadást?
2. *Szappanbuborékok*. Fújjatok szappanbuborékokat! Miért gömbölyűek?

Fizika és technika Ukrajnában

Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia Sz. Timosenko nevét viselő Mechanikai Intézete (Kijev), melyet 1918-ban alapítottak, Ukrajna legnagyobb és a világon is elismert kutatóközpontja. Működésének főbb irányai: a nem egynemű közegek mechanikája, a mechanikai rendszerek dinamikája és stabilitása, az anyagok roncsolódásának és fáradásának mechanikája.

A tudósok kutatásainak elméleti és gyakorlati eredményeit az űrhajózásban, a polgári repülésben, a hajógyártásban és sok más iparágban hasznosítják. Az intézetben működik a számos országban elismert és nagyra értékelt Krilov–Bogoljubov–Mitropolszkij nemlineáris rezgések iskolája, a Guz-iskola.

24. §. HIDROSZTATIKUS NYOMÁS



24.1. ábra. A bőrtömlőben lévő víz nyomása elegendő, hogy megtartsa a felnőtt embert

A 24.1. ábrán Pascal kortársa látható, amint egy vízzel teli bőrtömlőn áll. A tömlővel összekötötték egy felső végén nyitott csövet, amit a kutató a kezében tart. Miért nem nyomja teljesen össze a deszkadarab, amin a férfi áll, a tömlőt, és nem préseli ki belőle a vizet? Erre és sok más kérdésre is megtudhatjátok a feleletet a következő paragrafusból.

1 Megkapjuk a hidrosztatikus nyomás kiszámítására szolgáló képletet

Már tudjátok, hogy a Föld nehézségi erejének és a folyadék folyékonyságának a következtében a folyadék az edény aljára és falaira is nyomást gyakorol. A folyadék a belemártott testet is nyomja.

A mozdulatlan folyadék nyomását **hidrosztatikus nyomásnak** nevezzük.

Meghatározzuk az edény aljára ható hidrosztatikus nyomást. Hogy leegyszerűsítsük a képlet felállítását, veszünk egy henger alakú edényt. Aljának a területe S. Legyen az edényben lévő folyadék sűrűsége ρ, a folyadékoszlop magassága pedig h (24.2. ábra).

Hogy meghatározhassuk az edény alján lévő nyomást, az edény aljára ható F erőt el kell osztanunk az edény aljának S területével:

$$p = \frac{F}{S}.$$

Ebben az esetben a fenékre ható F erő megegyezik a folyadék P súlyával. Mivel az edényben lévő folyadék mozdulatlan, annak súlya az m tömegnek és a szabadesés g gyorsulásának a szorzatával egyenlő:

$$F = P = mg.$$

A folyadék tömegét a sűrűség és térfogat alapján határozzuk meg: $m = \rho V$; az edényben lévő folyadék tömegét a h magasság és az S alapterület alapján: $V = Sh$. Vagyis a folyadék tömege az alábbi képlet segítségével határozható meg:

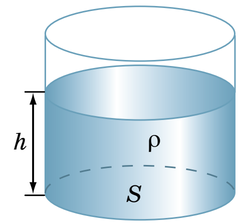
$$m = \rho Sh.$$

Behelyettesítve az F és m kifejezéseit a nyomás képletébe, a következőt kapjuk:

$$p = \frac{mg}{S} = \frac{\rho g S h}{S} = \rho g h.$$

Megkaptuk a **hidrosztatikus nyomás** – *a mozdulatlan folyadék által létrehozott nyomás* – **meghatározására szolgáló képletet**:

$$\boxed{p = \rho g h.}$$



24.2. ábra. A nehézségi erő hatására a víz nyomást gyakorol az edény aljára

24.3. ábra. 1648-ban Blaise Pascal egy pohár vízzel széttört egy hordót

Mint látjuk, a *hidrosztatikus nyomás kizárólag a folyadék sűrűségétől és az edényben lévő folyadékoszlop magasságától függ.*

2 Kísérleteket végzünk, és következtetéseket vonunk le

A hidrosztatikus nyomás és a folyadékoszlop magassága közötti összefüggést először Blaise Pascal mutatta ki. A vízzel telt hordót hermetikus fedővel zárta le, amit hosszú, vékony csővel látott el. A lakóház második emeleti erkélyéről tölcséren keresztül beleöntött a csőbe egy pohár vizet. A víz, a csövet kitöltve, a hordó aljára és falára akkora nyomást gyakorolt, hogy a hordó dongái között rések keletkeztek (24.3. ábra).

24.4. ábra. A víz mindkét búvárra azonos nyomást gyakorol, mivel egy szinten helyezkednek el

Jegyezzétek meg! Pascal törvénye szerint a folyadék nyomása minden irányban hat, tehát a $p = \rho gh$ képlettel meghatározható a h magasságú vízoszlop által a *vízbe meghatározott mélységbe merített testre és az edény falára ható nyomás is.*

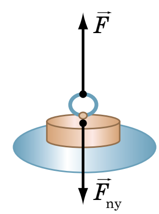
Pascal törvényéből és a hidrosztatikus nyomás képletéből az is következik, hogy a mozdulatlan egynemű folyadékban az egy szinten lévő nyomás azonos*.

Figyeljétek meg a 24.4. ábrát! Úgy tűnhet, hogy a víz alatti barlangban a víz nyomása kisebb, mint a nyílt tengerfenéken. Ha ez így lenne, a nagy nyomás hatására a víz a tengerből a barlangba áramolna. Viszont ez nem történik meg.

3 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A medence alján egy 5 cm átmérőjű dugóval lezárt nyílás található. Mekkora erőt kell kifejteni a dugó kihúzásához, ha a vízoszlop magassága a medencében 2 m? A dugó tömegét és a dugó, valamint a nyílás közötti súrlódást ne vegyétek figyelembe!

A fizikai probléma elemzése. A dugó kihúzását a víz medencében lévő nyomása gátolja. Mivel a dugó tömegét és a súrlódási erőt figyelmen kívül hagyjuk, a dugó kihúzásához szükséges erő számbelileg nem lehet kisebb a víznek a dugóra ható hidrosztatikus nyomásánál: $F = F_{ny}$ (l. az ábrát).



Adva van:	*A matematikai modell felállítása, megoldás.*
$r = 5\ \text{cm} = 0{,}05\ \text{m}$ $h = 2\ \text{m}$ $\rho = 1000\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $g = 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ *Meghatározni:* F – ?	A nyomás meghatározása alapján: $p = \frac{F_{ny}}{S} \Rightarrow F_{ny} = pS$. Ebben az esetben $p = \rho gh$ – hidrosztatikus nyomás; $S = \pi r^2$ – a körlap területe. Behelyettesítve a p és S kifejezéseit az F_{ny} nyomás képletébe, a következőt kapjuk: $F_{ny} = \rho gh \cdot \pi r^2.$ Mivel $F = F_{ny}$, ezért $F = \rho gh \cdot \pi r^2$. Ellenőrizzük a mértékegységet, és meghatározzuk a keresett értéket:

* Bármilyen vízszintes felszínt szintnek nevezünk.

$$[F] = \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{N}{kg} \cdot m \cdot m^2 = N; \;\; F = 1000 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}05)^2 = 157 \;\; (N).$$

Felelet: legalább 157 N erőt kell kifejteni.

Összefoglaló

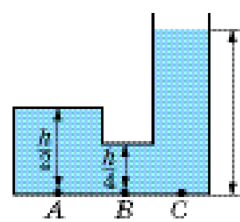
A nehézségi erő hatására a folyadék nyomást gyakorol az edény aljára és falára, valamint bármilyen bele merített testre. A mozdulatlan folyadék ρ nyomását hidrosztatikus nyomásnak nevezzük, amely kizárólag a folyadék ρ sűrűségétől és a vízoszlop h magasságától függ. A hidrosztatikus nyomást a $p = \rho g h$ képlet segítségével határozhatjuk meg.

A mozdulatlan egynemű folyadékban az egy szinten lévő nyomás azonos.

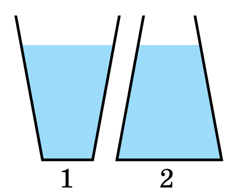
Ellenőrző kérdések

1. Mi okozza a folyadékban az edény aljára ható nyomás létrejöttét? **2.** Milyen képlet segítségével határozható meg a hidrosztatikus nyomás? **3.** Hogyan változik a folyadékban a nyomás a vízoszlop magasságának függvényében? A folyadék sűrűségének függvényében? **4.** Magyarázzátok meg Pascal kísérletét, amellyel bebizonyította, hogy a víz hidrosztatikus nyomása függ a vízoszlop magasságától! **5.** Miért azonos a nyomás az egynemű folyadék azonos szintjén?

24. gyakorlat



1. ábra



2. ábra

1. A víznek az edény aljára ható nyomása az A pontban 200 Pa (1. ábra). Mennyi lesz a víz nyomása az edény alján lévő B pontban; C pontban?

2. Egyes freediving (angol, *szabad merülés*) rajongók képesek elérni a 100 m-es mélységet. Határozzátok meg, mekkora maximális hidrosztatikus nyomás hat eközben a búvárra!

3. Megváltozik-e az edény aljára ható nyomás, ha ujjunkat belemártjuk a vízbe, miközben nem érjük el az edény alját? Ha változik, akkor hogyan?

4. Az olajban milyen mélységben lesz 8 kPa nyomás?

5. Két edénybe azonos szintig egyforma folyadékot öntöttek (2. ábra). Hasonlítsátok össze az edények aljára ható nyomást és a nyomóerőt! Vonjátok le a következtetést!

6. Állítsátok össze a paragrafusban található feladat fordítottját, majd oldjátok meg!

7. Kitti a háromszintes épület felső szintjén lakik. Sikerülhet-e lezuhanyoznia, ha az első szint padlóján lévő szivattyú 80 kPa nyomással pumpálja a vizet, egy szint magassága 3 m, a zuhanyrózsa pedig a padlótól 1,5 m magasságban van?

8. Mekkora a kutató tömege (l. a 24.1. ábrát), ha a deszka és a tömlő érintkezési felületének területe 800 cm^2, a vízoszlop magassága a csőben 1 m? Mit kell tennie a kutatónak, hogy a csövet egyenesen tartva kipréselje a tömlőből az összes vizet?
9. Határozzátok meg a Pascal kísérletében használt hordó aljára ható nyomást (l. a 24.3. ábrát), ha a vízoszlop magassága a csőben 4 m, a hordó átmérője és magassága egyaránt 0,8 m. Határozzátok meg annak a testnek a tömegét, amely ekkora erővel hat a hordó aljára, ha a test és a hordó érintkezési felülete egyenlő a hordó aljának a területével!
10. Egyéb információforrás segítségével nézzetek utána, milyen mélységre ereszkednek le a búvárok, búvárgömbök, tengeralattjárók és batiszkáfok (mélytengeri tengeralattjárók)! Készítsetek beszámolót!

25. §. LÉGNYOMÁS. A LÉGNYOMÁS MÉRÉSE. BAROMÉTER

Amikor teát kortyolgatunk, nem gondolkodunk el annak fizikai folyamatán. De ez is, mint számos más folyamat, a körülöttünk lévő légnyomásnak köszönhető. Felfedezzük a légnyomás néhány fontos tulajdonságát, valamint megtanuljuk megmérni az értékeit.

1 Felidézzük az atmoszféráról tanultakat

Jól tudjátok, hogy Földünket hatalmas légbuborék veszi körül, amit *atmoszférának* vagy *légkörnek* nevezünk (a görög *atmosz* – pára, *szphaira* – gömb szavakból) (25.1. ábra).

Miért van a Földnek légköre?

A levegő, csakúgy, mint más anyagok, molekulákból és atomokból áll. A molekuláknak és atomoknak tömegük van, ezért hat rájuk a Föld nehézségi ereje.

Mindezek mellett az atmoszférát alkotó gázok nagyszámú molekulái végtelen kaotikus mozgásban vannak – állandóan ütköznek, lepattannak egymásról, változtatják sebességüket és irányukat. Ezért nem esnek le a Földre, hanem a fölötte található térben vannak.

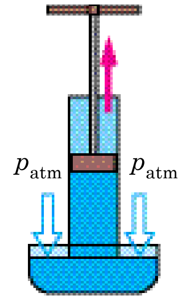
25.1. ábra. Az atmoszféra a Föld felszínén kezdődik és megközelítőleg 100 km-re nyúlik az űrbe

2 Bebizonyítjuk a légköri nyomás létezését

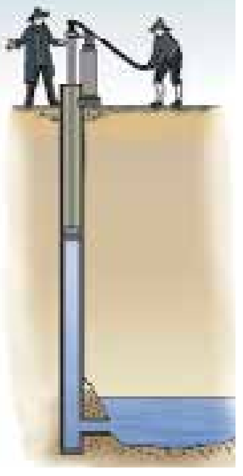
Számítások szerint a Föld légkörének tömege $5 \cdot 10^{18}$ kg. A nehézségi erő hatására a légkör felső rétegei nyomják az alsó rétegeket, ezért a Föld felszínéhez közel van a legnagyobb mértékben összenyomva, ami Pascal törvénye alapján nyomást gyakorol a Föld felszínére és a közelében lévő testekre. Ez a *légnyomás* (p_{atm}).

A légnyomás az oka a felszívódásnak – a folyadék emelkedésének a dugattyú után (pumpában, injekciós tűben) (25.2. ábra). Ha emelkedik a dugattyú, a légnyomás hat a folyadék szabad felszínére és a dugattyú után maradt üres részbe préseli azt. Kívülről úgy látszik, mintha a folyadék magától követné a dugattyút.

Hosszú időn át a folyadék dugattyú utáni emelkedését *Arisztotelész* ismert elvével magyarázták, miszerint „a természet nem tűri az ürességet”. A XVII. század közepén Firenzében szökőkutak építése közben érthetetlen problémával találkoztak. Kiderült, hogy a szivattyúk által felszívott víz nem emelkedik 10,3 m fölé (25.3. ábra). *Galileo Galilei* a probléma megoldását tanítványaira – *Evangelista Torricellire* (1608–1647) és *Vincenzo Vivianira* (1622–1703) – bízta. Megoldva az előtte álló problémát, Torricelli elsőként bizonyította be a légnyomás létezését.



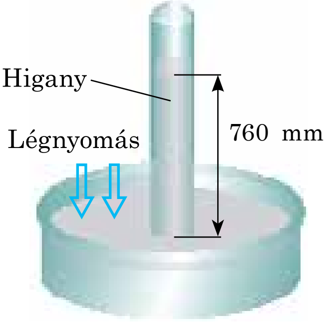
25.2. ábra. A folyadék felemelkedik a dugattyú után, mivel a szabad felszínére légköri nyomás hat



25.3. ábra. 1638-ban nem sikerült Firenze kertjeit szökőkutakkal megszépíteni, mivel a víz nem emelkedett 10,3 m fölé

3 Megmérjük a légnyomást

Hogy a víz emelkedésének rejtélyes határa kevesebb legyen 10,3 m-nél, Torricelli a vizet jóval nagyobb sűrűségű folyadékra cserélte. Az 1 m hosszú, egyik végén beforrasztott üvegcsőbe Torricelli higanyt töltött, majd a nyitott végét bedugaszolta, és ezzel a végével lefelé fordítva a cső végét egy szélesebb edényben lévő higanyba merítette. A higany egy része kifolyt a tálba. A csőben megközelítőleg 760 mm magas higanyoszlop maradt, felette pedig üresség alakult ki (25.4. ábra).



25.4. ábra. A Torricelli-cső modellje: a higanyoszlop h magassága állandóan 760 mm körüli

Miután elvégezte a számításokat, Torricelli a következőt állapította meg: a csőben maradt higanyoszlop magassága nem függ sem a cső hosszától, sem annak átmérőjétől. A higanyoszlop magassága csak némiképp az időjárástól függően változik.

Torricelli arra is megtalálta a választ, hogy miért éppen ekkora a higanyoszlop magassága.

A csőben és a tálban lévő egynemű anyag nem mozog, ami azt jelenti, hogy Pascal törvénye szerint a *légkör részéről a higany felszínére ható nyomás, valamint a csőben lévő higanyoszlop hidrosztatikus nyomása azonos.* Vagyis a 760 mm magas higanyoszlop nyomása egyenlő a légnyomással.

A 760 mm magas higanyoszlop által létrehozott nyomást **normális légnyomásnak** nevezzük:

$$p_{\text{atm.ny}} = 760 \text{ Hgmm.}$$

Adott esetben a *légnyomás mértékegysége* az egy **higanymilliméter** (1 Hgmm).

Felírjuk a *normális légnyomást SI egységben* – **pascalban**. A 24. §-ból már tudjátok, hogy a hidrosztatikus nyomás a $p = \rho g h$ képlettel számítható ki.

Figyelembe véve, hgy a higany sűrűsége $\rho_{hg} = 13\,600 \text{ kg/m}^3$, $g = 9{,}8 \text{ N/kg}$, a higanyoszlop magassága $h = 0{,}76$ m, a következőt kapjuk:

$$p_{\text{atm. ny}} = \rho_{\text{hg}} g h = 13\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9{,}8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0{,}76 \text{ m} =$$

$$= 101\,325 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 101\,325 \text{ Pa} \approx 100 \text{ kPa}.$$

Jegyezzétek meg: a légnyomás pascalba való átszámításánál $g = 9{,}8 \dfrac{\text{N}}{\text{kg}}$.

A fizikában és a technikában használatos a *mértékrendszeren kívüli légnyomás-mértékegység* – a **fizikai atmoszféra** (1 atm).

Egy fizikai atmoszféra egyenlő a normális légnyomással: 1 atm ≈100 kPa.

4 Tanulmányozzuk az aneroid barométer felépítését

Ha a Torricelli-csőhöz függőleges skálát (vonalzót) csatlakoztatunk, egyszerű *barométert* kapunk.

A **barométer** — légnyomásmérő készülék.

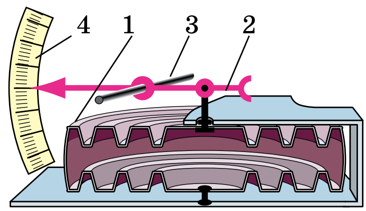
Torricelli barométere eléggé pontos műszer, de nagy a mérete, a mérgező higanygőz és az üvegcső nem teszik lehetővé mindennapi használatát. Ezért napjainkban leggyakrabban az úgynevezett **aneroid barométert** – a *légnyomás mérésére szolgáló és folyadékot nem tartalmazó műszert* (25.5. ábra) – használják.

Az aneroid barométer fő alkotóeleme a bordázott felszínű, könnyű és rugalmas, légritkított fémdoboz (*1*). A dobozban alacsony nyomású levegő van.

A doboz külső falához (*2*) mutatót rögzítettek, amely (*3*) tengelyen forog. A mutató vége higanymilliméter beosztású (*4*) skálán mozog. A barométer összes alkotóeleme üveggel lezárt fémházban helyezkedik el.

A légnyomás változásával módosul a dobozra ható erő, és ennek megfelelően változik a doboz oldalainak íve. Ez átadódik a mutatóra, ami mozgásba lendül.

Az aneroid barométerek használata egyszerűbb, mint a higanyosoké: könnyű, kompakt és biztonságos.



25.5. ábra. Aneroid barométer:
a – külalak;
b – felépítés

5 Megállapítjuk a légnyomás és az időjárás, valamint a magasság közötti összefüggést

A barométert megfigyelve megállapíthatjuk, hogy az időjárás változásával megváltozik a mutató állása. A légnyomás általában rossz idő előtt csökken, napsütéses idő előtt növekszik.

A barométer állása viszont nemcsak az időjárástól függ, hanem a vizsgálódás helyszínének tenger feletti magasságától is. Minél magasabban vagyunk, annál kisebb a légnyomás. A Föld felszínének közelében a légnyomás értéke 11 m-ként csökken 1 Hgmm-rel.

A légnyomás magasságfüggőségének köszönhetően a barométert el lehet látni a tengerszint feletti magasság megállapítására szolgáló skálával. Így találták fel az **altimétert** – a *magasság megállapítására szolgáló műszert* (25.6. ábra).

25.6. ábra. Altiméter az ejtőernyős kezén

Összefoglaló

A levegő tömeggel rendelkezik. A Föld nehézségi erejének hatásaként a légkör – atmoszféra – felső rétegei nyomják az alsó rétegeket. A levegőnek a Föld felszínére és a közelében lévő tárgyakra ható nyomását légnyomásnak nevezzük.

A légnyomás higanybarométer segítségével állapítható meg pontosan (Torricelli-barométer).

A 760 mm magas higanyoszlop nyomását (101 325 Pa ≈ 100 kPa) normális légnyomásnak nevezzük.

A gyakorlatban aneroid barométereket használnak annak egyszerűsége, kis mérete és biztonságossága miatt. Barométerrel előre jelezhetők az időjárás változásai, valamint magasság mérhető: a légnyomás rossz idő előtt és a magasság növekedésével is csökken.

Ellenőrző kérdések

1. Mi az atmoszféra, és mivel magyarázható a létezése? **2.** Miért van légnyomás? 3. Milyen tények igazolják a légnyomás létezését? **4.** Magyarázzátok meg a higanyos barométer felépítését és működési elvét. **5.** Mi a légnyomás mértékegysége? **6.** Mit nevezünk normális légnyomásnak? Adjátok meg a normális légnyomást pascalban! **7.** Magyarázzátok el az aneroid barométer felépítését és működési elvét! **8.** Az aneroid barométerek milyen tulajdonságai vezettek széles körű elterjedésükhöz? **9.** Miért lehet a barométerrel előre látni az időjárás változását, és magasságot mérni?

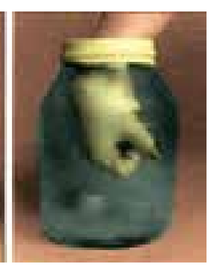
25. gyakorlat

1. Hat-e az akváriumban úszkáló halakra a légnyomás? Miért?
2. Miért emelkedik fel a víz a szívószálban?
3. Miért nem lehetséges kiszámítani a légnyomást a $p = \rho g h$ képlet segítségével, ahol ρ – a levegő sűrűsége, h – az atmoszféra magassága?
4. Adjátok meg pascalban az 1 Hgmm nyomást!
5. Adjátok meg az 550 Hgmm nyomást kilopascalban; a 93 324 Pa nyomást higanymilliméterben!
6. Magyarázzátok meg, miért csökken a légnyomás a tengerszint feletti magasság növekedésével!
7. Milyen magasan van a tévétorony kilátója, ha a lábánál a légnyomás 760 Hgmm, a kilátón – 740 Hgmm?
8. Egyéb információforrás felhasználásával keressetek adatokat a légnyomás szerepére az emberek és állatok életében! Készítsetek rövid beszámolót!
9. Miért hoznak létre a gázok és folyadékok nyomást?

Kísérleti feladatok

1. Keressetek olyan információkat, amelyek a légnyomás bizonyítására szóló kísérleteket írják le! Próbáljatok néhányat egyedül is elvégezni! Készítsetek fényképes beszámolót!
2. *Kézcsapda.* Húzzatok a háromliteres befőttes üvegre gumikesztyűt az 1. ábra szerint. Ragasztószalag segítségével zárjátok le hermetikusan az üveg és a kesztyű találkozásának helyét, majd dugjátok bele a kesztyűbe a kezeteket (2. ábra)! Próbáljátok meg kihúzni a kezeteket! Valami gátolja? Könnyebb lesz kihúzni a kezeteket, ha a kesztyűre kis lyukat készíttek? Miért?


1. ábra


2. ábra

Videokísérlet. Nézzétek meg a filmet, és magyarázzátok meg a megfigyelt jelenséget!

26. §. KÖZLEKEDŐEDÉNYEK. MANOMÉTEREK

Reggel, felkelés után sietünk mosakodni. Tudjátok egyáltalán, miért folyik a csapból a víz, ha megnyitjátok? Miért folyik ki a víz a teafőző edény kiöntőjén? Hogyan működik az artézi kút? Bizonyára már valaki tudja közületek, hogy ezek mind közlekedőedények. A következő paragrafusban a közlekedőedényekről, azok tulajdonságairól és felhasználásukról fogunk tanulni.

1 Elkészítjük és tanulmányozzuk a közlekedőedényeket

Az alsó részükön egymással összekötött edényeket, amelyekben a folyadék szabadon átfolyhat, **közlekedőedényeknek** nevezzük.

A legegyszerűbb közlekedőedény egymással összekötött két cső. Ha az egyik csőbe vizet öntünk, az átfolyik a másikba is. Mikor a víz mozgása abbamarad, akkor mindkét csőben (a közlekedőedények mindkét ágában) azonos szinten lesz a víz felszíne (26.1. *a* ábra). Ha megdöntjük vagy felemeljük a közlekedőedények egyik ágát, akkor a víz a magasabban lévő ágból addig folyik át az alacsonyabban lévőbe, míg mindkét ágban ki nem egyenlítődik a szintje (26.1. *b* ábra).

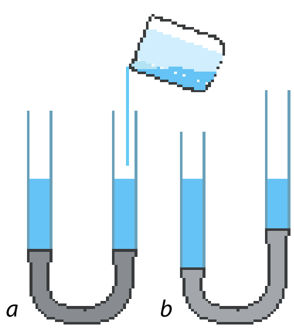
Ezzel elértünk a **közlekedőedények legfontosabb tulajdonságához**:

A közlekedőedényekben az egynemű, nyugvó folyadék szabad felszíne minden edényben egy szinten áll be.

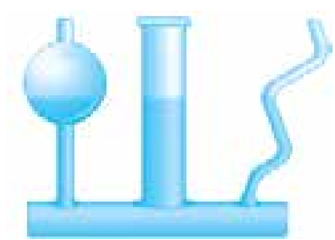
Jegyezzétek meg! A folyadékok szabad felszíne nemcsak két, hanem bármekkora számú közlekedőedényben egyenlő szinten áll be, függetlenül azok formájától és térbeli helyzetétől (26.2. ábra).

Ha a közlekedőedények ágaiba különböző sűrűségű folyadékot öntenek, például vizet és petróleumot, az eredmény más lesz (26.3. ábra). Valóban, a *CD* szinten a folyadékoszlopok nyomása az edényekben egyenlő:

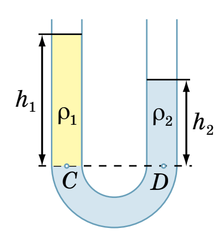
$$p_C = p_D \text{ vagy } \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 .$$



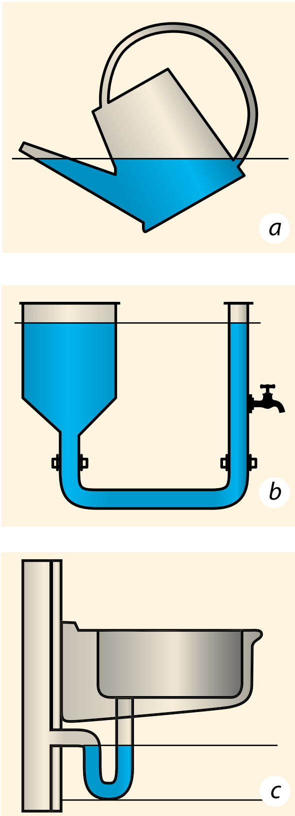
26.1. ábra. Nyitott, alul összekötött edényekben az egynemű folyadék szintje azonos



26.2. ábra. A nyitott közlekedőedények alakjától függetlenül a folyadék szintje azonos



26.3. ábra. A nyitott közlekedőedényekben a kisebb sűrűségű folyadék szintje magasabban lesz ($\rho_1<\rho_2$, $h_1>h_2$)



26.4. ábra. Közlekedőedények felhasználása a mindennapokban: *a* – locsoló; *b* – vízvezetékrendszer; *c* – lefolyócső

Leegyszerűsítve g-re a következőt kapjuk: $\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$. Tehát, ha $\rho_1 < \rho_2$, akkor $h_1 > h_2$.

Ebből következik a **közlekedőedények** még egy **tulajdonsága**:

A nyitott közlekedőedényekben a nyugalomban lévő kisebb sűrűségű folyadék szintje magasabban lesz, mint a nyugalomban lévő nagyobb sűrűségű folyadéké. A folyadékok felszínének magassága fordítottan arányos a folyadékok sűrűségével:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}.$$

A közlekedőedényeket felhasználják a mindennapokban, az orvostudományban, technikában, építőiparban. A folyókon és csatornákon lévő zsilipek, a vízvezeték, a kazánokon lévő vízállás-mutató, artézi kutak, szökőkutak, teafőzők, locsolók, csepegtetők – a közlekedő edények példái.

Figyeljétek meg a 26.4. ábrát, és próbáljátok elmagyarázni egyes berendezések működési elvét!

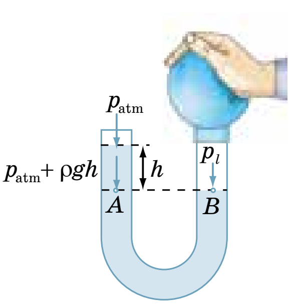
2 Nyitott csövű folyadékos manométert készítünk

Az egynemű folyadékkal megtöltött U alakú cső jobb oldali ágára gumilabdát húzunk és enyhén megnyomjuk. A csőben lévő folyadék úgy állapodik meg, hogy a jobb oldali ágban a folyadék felszínének a magassága h-val kisebb, mint a bal oldaliban (26.5. ábra).

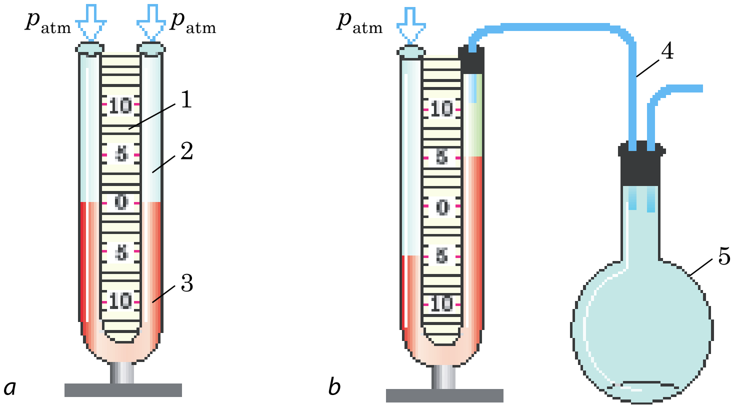
Meghatározzuk a levegő p_L nyomását a cső jobb oldali ágában. Az AB szinten a folyadék nyomása ($p_A = p_B$) azonos. A B pontban ez a nyomás p_l – a levegő nyomása a gumilabdában, az A pontban – a p_l légnyomás és a h magasságú folyadékoszlop hidrosztatikus nyomásának összege. Tehát:

$$p_l = p_{atm} + \rho g h.$$

Az egynemű, ismert ρ sűrűségű folyadékkal feltöltött U alakú cső és vonalzó segítségével, amellyel megmérhető a folyadék szintkülönbsége (h), meghatározható a labdában lévő levegő (vagy egyéb gáz) nyomása. Ez az eszköz a *nyitott csövű folyadékos manométer* (26.6. ábra).



26.5. ábra. A légnyomás p_{atm} és a levegő nyomása p_l közötti különbséget a h magasságú folyadékoszlop egyenlíti ki



26.6. ábra. A folyadékkal töltött és skálával ellátott U alakú cső – nyitott csövű folyadékos manométer

A **manométer** – gázok és folyadékok nyomásának a mérésére szolgáló eszköz.

A nyitott csövű folyadékos manométer (26.6. *a* ábra) függőleges lapos törzsből áll, amelyre U alakú (*2*) üvegcső, valamint a folyadékszintek állásának leolvasására szolgáló (*1*) skála van felszerelve. A csőben megfestett (*3*) folyadék található, melynek a szintje a 0 beosztásnál áll.

Mérés közben (26.6. *b* ábra) a cső egyik ága nyitott, a másik ágát (*4*) gumicső segítségével összekötötték a gázt tartalmazó (*5*) lombikkal, amelynek meg kell mérni a nyomását.

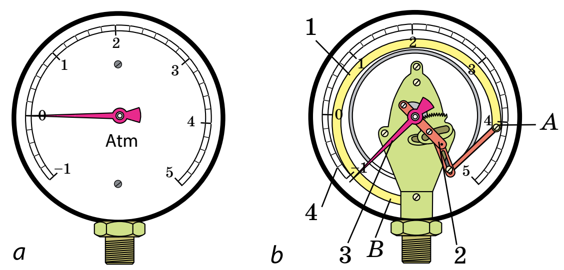
Például a 26.6. *b* ábrán a festett folyadék felszíne közötti különbség 10 cm (h = 0,1 m). Ha a csőben víz van, akkor az *5* lombikban lévő gáz nyomása 980 Pa-lal kisebb a légnyomásnál:

$$\rho_{víz}\, gh = 1000\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\cdot 9{,}8\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}\cdot 0{,}1\,\text{m} = 980\ \text{Pa}.$$

3 Lecseréljük a folyadékos manométert fém manométerre

A folyadékos manométer nem használható minden esetben: elő kell készíteni a mérésre (feltölteni folyadékkal a megfelelő szintig), majd számításokat kell végezni. Ezért a technikában *csőrugós (deformációs) manométert* használnak (26.7. ábra).

A csőrugós manométer fő eleme a félkör alakban meghajlított, egyik végén (*A*) zárt *1* cső. A másik vége (*B*) ahhoz az edényhez csatlakozik, amelyben mérik a nyomást. A működési elve a következő. Ha a cső belsejében

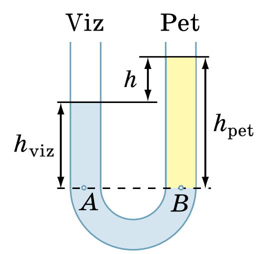


26.7. ábra. Fém csőrugós (deformációs) manométer: *a* – külalak; *b* – felépítés: *1* csőrugó a *2* mechanizmus segítségével össze van kötve a mutatóval *3*. A nyomás a *4* skáláról olvasható le a nyomás nagyobb a légnyomásnál, a rugalmas cső kihajlik, a mozgás a *2* mechanizmuson átadódik a *3* mutatóra, amely a *4* műszer skálája mentén mozog. A nyomás csökkenésével a cső visszatér eredeti (nem deformált) helyzetébe, a mutató pedig a 0-án áll meg. A fém manométer a nyomás értékét atmoszférában vagy pascalban adja meg.

Vegyétek figyelembe! A manométer minden esetben azt mutatja, menynyivel kisebb vagy nagyobb a nyomás a légnyomásnál.

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A nyitott végű folyadékos manométer jobb oldali ágába, amelyben víz volt, 12,5 cm magas réteg petróleumot öntöttek (l. az ábrát). Határozzátok meg a víz és a petróleum szintje közötti különbséget az U alakú cső jobb és bal ágában! A petróleum és a víz nem keveredik.



A fizikai probléma elemzése. Az egynemű folyadékokban a nyomás azonos szinten egyenlő. Az *AB* szinten mindkét ágban víz van, ezért itt a légnyomás és a folyadékok által létrehozott nyomás azonos.

A folyadékok hidrosztatikus nyomásának a megállapításához ismernünk kell azok sűrűségét. A feladatot SI egységekben oldjuk meg.

Adva van:

$h_{pet} = 12{,}5$ cm $= 0{,}125$ m

$\rho_{víz} = 1000\ \dfrac{kg}{m^3}$

$\rho_{pet} = 800\ \dfrac{kg}{m^3}$

Meghatározni:

h – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás. A petróleum- és vízoszlop magasságának a különbsége:

$$h = h_{pet} - h_{víz}.$$

Meghatározzuk a vízoszlop magasságát. Megkeressük az *A* és *B* pontokban lévő nyomást:

$p_A = p_{atm} + \rho_{víz}\, g h_{víz}$; $p_B = p_{atm} + \rho_{pet}\, g h_{pet}$.

Mivel $p_A = p_B$, ezért:

$$p_{atm} + \rho_{víz}\, g h_{víz} = p_{atm} + \rho_{pet}\, g h_{pet},$$

vagy $\rho_{víz}\, g h_{víz} = \rho_{pet}\, g h_{pet}$.

Kifejezzük a vízoszlop magasságát:

$$h_{viz} = \frac{\rho_{pet}\, g h_{pet}}{\rho_{viz}\, g} = \frac{\rho_{pet}\, h_{pet}}{\rho_{viz}}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységet, meghatározzuk a vízoszlop magasságát:

$$\left[h_{viz}\right] = \frac{\dfrac{kg}{m^3}\cdot m}{\dfrac{kg}{m^3}} = m;\quad h_{viz} = \frac{800\cdot 0{,}125}{1000} = \mathbf{0{,}1}\ (m).$$

Mint látható, a petróleum és víz oszlopai magasságának a különbsége a jobb és bal ágakban:

$$h = 12{,}5\ cm - 10\ cm = 2{,}5\ cm.$$

Felelet: $h = 2{,}5$ cm.

Összefoglaló

Egymással az alsó részükön összekötött edényeket, amelyekben a folyadék szabadon átfolyhat, közlekedőedényeknek nevezzük.

A különböző formájú és méretű nyitott közlekedőedényekben az egynemű, nyugvó folyadék szabad felszíne minden edényben egyenlő szinten áll be: ha az ágakban lévő folyadékok sűrűsége különböző, akkor a kisebb sűrűségű folyadék oszlopa lesz magasabb a nagyobb sűrűségű folyadékénál.

A manométer a gázok és folyadékok nyomásának mérésére szolgáló készülék. A nyitott végű folyadékos manométer a gáz p nyomását a készülék bal és jobb oldali ágában lévő folyadékoszlopok h magasságának a különbségével határozza meg: ha $p_q < p_{atm}$, $p_q = p_{atm} - \rho g h$; ha $p_q > p_{atm}$, akkor $p_q = p_{atm} + \rho g h$, ahol p_{atm} – légnyomás.

A gyakorlatban széles körben használatosak a fém csőrugós manométerek.

Ellenőrző kérdések

1. Mondjatok példákat közlekedőedényekre! **2.** Fogalmazzátok meg a közlekedőedények legfontosabb tulajdonságát! **3.** Hogyan viselkednek az eltérő sűrűségű folyadékok a közlekedőedényben? **4.** Mi a manométer? **5.** Mi a működési elve a nyitott csövű folyadékos manométernek? **6.** Magyarázzátok meg a fém csőrugós manométer felépítését és működési elvét!

26. gyakorlat

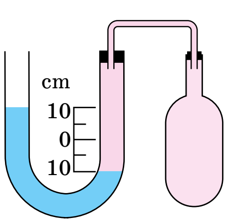
1. A folyadékos manométerben víz van (1. ábra). A manométer bal oldali ága nyitott. Melyik nyomás a nagyobb – a légnyomás vagy a palackban lévő nyomás?

2. Mennyivel különbözik a palackban lévő nyomás (1. ábra) a légnyomástól?

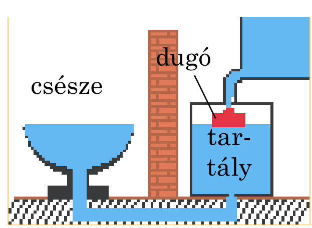
3. Az ókori Görögország egyes templomaiba ún. kifogyhatatlan csészéket állítottak (2. ábra). Az ábra alapján magyarázzátok meg, hogyan működött ez a „csoda”!

4. A folyadékos manométerben (3. ábra) higany van. A manométer bal ága nyitott. Mekkora nyomás van a palackban, ha a légnyomás 100 kPa?

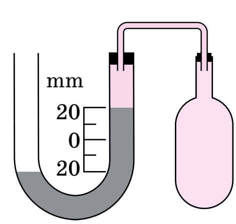
5. Állítsátok össze a 26. §-ban lévő feladat fordítottját, és oldjátok meg!



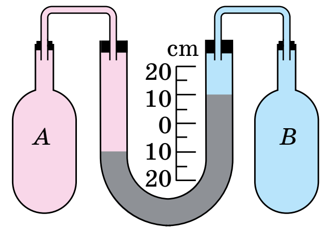
1. ábra



2. ábra



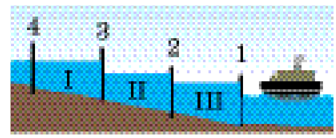
3. ábra



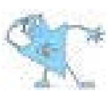
4. ábra

6. Mekkora a B tartályban lévő gáz nyomása (4. ábra), ha az A tartályban a nyomás értéke 100 gPa?

7. Egyéb információforrás felhasználásával olvassátok el a zsilipek működési elvét. Képzeljétek el, hogy ti irányítjátok a zsilip működését. Állítsátok össze azoknak a parancsszavaknak a sorát, melyek segítségével átvezetitek a hajót a zsilipkamrákon (5. ábra)! A következő parancsszavakat használhatjátok: felnyitni (lezárni) a kapukat (1, 2, 3, 4); kiengedni a vizet a kamrákból (I, II, III); beengedni a vizet a kamrákba (I, II, III); átmenni a következő kamrákba (I, II, III).



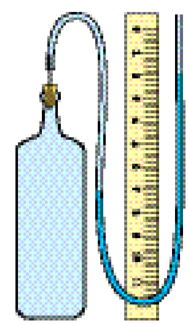
5. ábra



8. Határozzátok meg a léket kapott folyami hajó maximális merülési mélységét, ha a 80 kg tömegű matróznak sikerült lezárnia a léket egy 200 cm²-es lappal, amire ráállt! A lap tömegét hagyjátok figyelmen kívül!

Kísérleti feladat

Manométer saját kezűleg. Átlátszó, hajlékony cső és vonalzó segítségével készítsetek manométert, amellyel megméritek a légnyomás és a flakonban lévő nyomás közötti különbséget (l. az ábrát). A nyomáskülönbség változását figyeljétek meg egy hét folyamán!



Fizika és technika Ukrajnában

A Dnyiprogesz a korszak szimbóluma. Miután elkészült (a XX.század 30-as éveiben), a vízierőmű sok ezer lakást és gigantikus gyárakat látott el elektromos árammal Zaporizzsjában, Krivij Rih-ben és Ukrajna sok más városában. Miután az 50 m magas gát elzárta a Dnyepert, a folyó mélysége jelentősen megnőtt. Ez elősegítette a hajóforgalom fejlődését. Hogy a hajók tovább tudjanak közlekedni a Fekete-tenger felé, a mérnökök speciális berendezést – *zsilipet* – építettek az erőmű közelébe.

A zsilip egymást sorban követő „termekből" áll, melyeket kamráknak neveznek. Minden kamrának két „ajtaja" van, viszont nincs „teteje". A kamrák mérete óriási, egyszerre több hajó fér el bennük. A zsilip a következőképpen működik. A hajó az első kamrába ér, és az ajtó bezárul mögötte. A víz szintje kiegyenlítődik a második kamra vízszintjével (a közlekedőedények elvén). A következő lépésben kinyílik az első és második kamra közötti ajtó – a hajó a második kamrába megy át, és így tovább.

27. §. A FOLYADÉKOK ÉS GÁZOK FELHAJTÓEREJE. ARKHIMÉDESZ TÖRVÉNYE

Miért lövell fel a víz alá lenyomott labda, miután elengedték? Miért könnyű felemelni a vízben az olyan követ, amelyet a parton meg sem tudunk mozdítani? Miért nem tud önállóan elmozdulni a zátonyra futott hajó? Megpróbáljuk ezeket tisztázni.

1 Bebizonyítjuk a felhajtóerő létezését

A karos mérleg karjaira két egyforma gömböt rögzítünk (27.1. *a* ábra). A jobb oldali gömb alá üres edényt helyezünk (27.1. *b* ábra). Vizet öntünk az edénybe és azt látjuk, hogy a mérleg egyensúlya felborult (27.1. *c* ábra), valamilyen erő ki akarja taszítani a gömböt a vízből.

Honnan jön ez az erő? Hogy tisztázzuk, megvizsgáljuk a folyadékba merített kockát, amelyre minden oldalról hat a folyadék hidrosztatikus nyomása (27.2. ábra).

A kocka oldalaira ható $\vec{F}_3$ és $\vec{F}_4$ hidrosztatikus nyomás ereje egyenlő, de ellentétes irányú, mivel az oldallapok területe azonos, és azok azonos mélységben vannak. Az ilyen erők kiegyenlítik egymást.

Viszont a kocka alsó és felső lapjára ható $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erő nem egyenlíti ki egymást.

A kocka felső lapjára $\vec{F}_1$ erő hat:

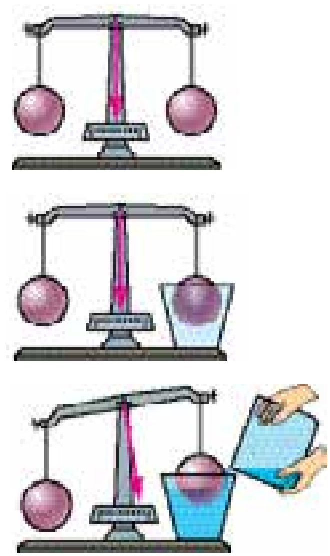
$$F_1 = p_1 S = \rho_f g h_1 S,$$

ahol $p_1 = \rho_f g h_1$ – a folyadék hidrosztatikus nyomása; S – az oldallap területe.

Hasonlóképpen a kocka alsó lapjára $\vec{F}_2$ hat:

$$F_2 = \rho_f g h_2 S.$$

A kocka alsó lapja mélyebben van, mint a felső $(h_2 > h_1)$, ezért az F_2 erő nagyobb az F_1 erőnél. Az erők eredője az F_2 és F_1 erők

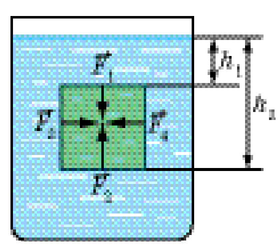


a

b

c

27.1. ábra. A gömbre a vízben felfelé irányuló erő hat



27.2. ábra. A kocka oldallapjaira ható $\vec{F}_3$ és $\vec{F}_4$ erők kiegyenlítik egymást ($F_3 = F_4$). Az alsó lapra ható $\vec{F}_2$ erő nagyobb a felső lapra ható $\vec{F}_1$ erőnél ($F_2 > F_1$)

27.3. ábra. A jéghegy a felhajtóerőnek (arkhimédeszi erőnek) köszönhetően úszik a víz felszínén

különbségével egyenlő, és a nagyobb erő mentén hat, vagyis függőlegesen felfelé.

A folyadékba merített kockára függőlegesen felfelé az alsó és felső lapjára ható nyomások különbségének a hatására létrejött erő – a felhajtóerő – hat:

$$F_{fh} = F_2 - F_1.$$

A gázban lévő testre szintén hat felhajtóerő, de annak mértéke jelentősen kisebb a folyadékban fellépő felhajtóerőnél, mivel a gáz sűrűsége jóval kisebb a folyadék sűrűségénél.

A testre a folyadékokban és gázokban ható felhajtóerőt (27.3. ábra) még **arkhimédeszi erőnek** is nevezik (Arkhimédesz görög tudós tiszteletére, aki elsőként figyelt fel a felhajtóerő létezésére és annak jelentőségére).

2 Meghatározzuk az arkhimédeszi erőt

Meghatározzuk, mekkora archimédeszi (felhajtó) erő hat a vízbe helyezett kockára (27.2. ábra).

Már megtudtuk, hogy az arkhimédeszi erő a kocka alsó és felső lapjára ható nyomóerők különbségével egyenlő:

$$F_A = F_2 - F_1,$$

ahol $F_1 = \rho_f g h_1 S$ – a folyadék részéről a felső lapra ható erő; $F_2 = \rho_f g h_2 S$ – a folyadék részéről a kocka alsó lapjára ható erő.

Ismerve az F_2 és F_1 erőket, meghatározzuk a felhajtóerőt:

$$F_A = \rho_f g h_2 S - \rho_f g h_1 S = \rho_f g S(h_2 - h_1).$$

A mélységek $h_2 - h_1$ különbsége, amelyeken a kocka alsó és felső lapja helyezkedik el, a kocka h magassága, tehát $F_A = \rho_f gSh$.

A kocka S alapjának és h magasságának a szorzata a kocka V térfogata: $V = Sh$, tehát az arkhimédeszi erő meghatározására szolgáló képlet:

$$F_A = \rho_f gV.$$

Ebben az esetben $\rho_f V$ – a kocka térfogatában lévő folyadék tömege, azaz a kocka térfogatával megegyező térfogatnyi folyadék tömege. Mivel $\rho_f V = m_f$, ezért:

$$F_A = m_f g = P_f.$$

Az archimédeszi erő egyenlő a kocka térfogatával megegyező térfogatnyi folyadék súlyával: $F_A = P_f$.

Azt az esetet vizsgáltuk meg, amikor a kocka teljes terjedelmével a folyadékban volt. Viszont a kapott eredmény azokra az esetekre is érvényes, amikor a testek csak részben vannak a folyadékban – ebben az esetben a számításokhoz csak a test *vízben lévő részének a térfogatára* van szükség. Az eredmény gázok esetében is érvényes.

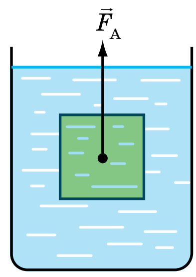
Most pedig megfogalmazzuk **Arkhimédesz törvényét.**

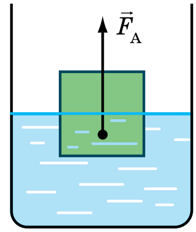
A vízbe vagy gázba merülő testre olyan felhajtóerő hat, amely az általa kiszorított víz vagy gáz súlyával egyenlő:

$$F_A = \rho_{f(g)} g V_m,$$

ahol F_A – arkhimédeszi erő; $\rho_{f(g)}$ – a folyadék vagy gáz térfogata; V_m – a test folyadékban (gázban) lévő részének térfogata.

Az arkhimédeszi erő a test folyadékban lévő részének a közepére hat, és függőlegesen felfelé irányul (27.4. ábra).



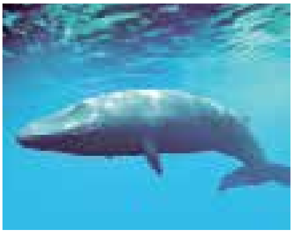


27.4. ábra. Az arkhimédeszi erő támadáspontja és iránya

3 Tisztázzuk, hogy a folyadékba merült testre minden alkalommal hat-e arkhimédeszi erő

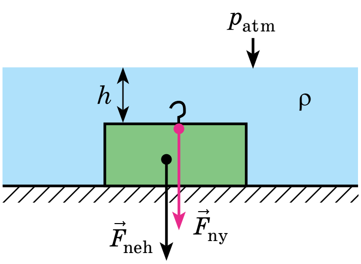
Cérna segítségével a dinamométerre kis követ rögzítünk. A dinamométerről leolvashatjuk a kő súlyát. A követ vízzel telt pohárba engedjük, mégpedig úgy, hogy a víz teljesen ellepje. A dinamométer kevesebbet mutat. Úgy tűnik, hogy a kő „elveszítette" súlyának egy részét. Viszont *semmi ilyesmiről nincs szó*: a súly eloszlott a felfüggesztés (cérna) és a támaszték (víz) között. Ha a testre ható arkhimédeszi erő elegendő lenne a test megtartásához, és a felfüggesztés nem nyúlna meg, a test akkor sem lenne súlytalan, hiszen hat a támasztékra – a vízre.

Megjegyezzük: amikor a test úszik, a súlya eloszlik a testet körülvevő vízben. Ezért tűnik úszás közben úgy, hogy súlytalanok vagyunk. A test fenntartásának ezek a kényelmes feltételei ahhoz vezettek, hogy Földünk legnagyobb élőlényei az óceánban élnek (27.5. ábra).



27.5. ábra. Földünk legnagyobb élőlénye a bálna, melynek tömege 150 t, hossza 35 m

Az arkhimédeszi erő segít a vízben felemelni a nehéz köveket és egyéb tárgyakat, mivel a testekre ható nehézségi erő egy részét nem a kezünk ereje egyenlíti ki, hanem a felhajtóerő.



27.6. ábra. A szorosan a tengerfenékhez tapadó testre nem hat az arkhimédeszi erő. Ráadásul a testet még a fölötte lévő vízoszlop nyomása és a légnyomás is leszorítja: $F_{ny} = pS$, ahol $p = p_{atm} + \rho gh$

Vannak esetek, amikor a víz nem segíti, hanem gátolja a testek emelését. Ez abban az esetben van így, ha a test szorosan tapad a fenékhez. A víz nem tud a test alsó részéhez férni és nyomással segíteni a test emelését. Hogy felemelhessék a testet, le kell győzni a nehézségi erőt és a víz nyomóerejét (27.6. ábra). Megjegyezzük, hogy a leírt jelenség tragédiához is vezethet: ha a tengeralattjáró leereszkedik az agyagos tengerfenékre és kiszorítja maga alól a vizet, önállóan nem tud a felszínre emelkedni.

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Az 540 g tömegű tömör alumínium henger teljes egészében vízben van, és nem ér sem az edény falához, sem annak az aljához. Határozzátok meg a hengerre ható arkhimédeszi erőt!

A fizikai probléma elemzése. Az arkhimédeszi erő meghatározásához ismernünk kell a víz sűrűségét és a henger térfogatát. A henger térfogatát megtudjuk a tömege és a sűrűsége segítségével. Az alumínium sűrűségét a táblázatban találjuk meg.

Adva van:

$m = 540\ \text{g} = 0{,}54\ \text{kg}$

$\rho_{al} = 2700\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\rho_v = 1000\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$g = 10\ \dfrac{\text{N}}{\text{kg}}$

Meghatározni:

F_A – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.

Arkhimédesz törvénye alapján: $F_A = \rho_v gV_h$.

A sűrűség meghatározása alapján:

$$\rho_{al} = \frac{m}{V_h} \Rightarrow V_h = \frac{m}{\rho_{al}}.$$

A henger térfogatának képletét behelyettesítjük az arkhimédeszi erő képletébe: $F_A = \dfrac{\rho_v gm}{\rho_{al}}$.

Ellenőrizzük a mértékegységeket, és megoldjuk a feladatot:

$$[F_A] = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{kg}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \text{N};$$

$$F_A = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 0{,}54}{2700} = 2\ \ (\text{N}).$$

Felelet: $F_A = 2$ N.

Összefoglaló

A folyadékban vagy gázban lévő testre felhajtóerő (arkhimédeszi erő) hat. Létrejöttének az oka, hogy a folyadéknak vagy gáznak a test alsó és felső részére ható hidrosztatikus nyomása eltérő.

Arkhimédesz törvénye szerint: a vízbe vagy gázba merülő testre olyan felhajtóerő hat, amely az általa kiszorított víz vagy gáz súlyával egyenlő: $F_A = \rho_{f(g)}\ gV_m$.

Ellenőrző kérdések

1. Milyen irányú a folyadék vagy gáz részéről a belemerített testre ható erő? **2.** Mi az oka a felhajtóerő létrejöttének? **3.** Hogyan nevezik másképpen a felhajtóerőt? **4.** Fogalmazzátok meg Arkhimédesz törvényét! **5.** Veszít-e a súlyából a folyadékba vagy gázba mártott test? **6.** Milyen esetekben nem hat felhajtóerő a folyadékba merített testekre? Miért?

27. gyakorlat

1. Hasonlítsátok össze a tömör golyókra ható felhajtóerőt a következő esetekben:
a) egyforma vasgolyók vízzel telt edényben (1. ábra);
b) egyforma vasgolyók különböző folyadékokkal telt edényekben (2. ábra);
c) eltérő méretű vasgolyók vízzel telt edényben (3. ábra);
d) azonos méretű, különböző anyagokból készült golyók vízzel telt edényben (4. ábra)!

2. Hogy a vízfenéken iszapba ragadt csónakot a felszínre hozhassák, a búvárok gödröt ásnak alá. Miért?

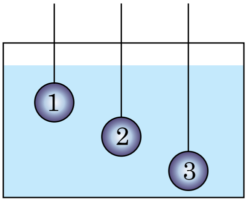
3. A 400 cm³ térfogatú acélgolyó petróleumban van. Határozzátok meg a golyóra ható arkhimédeszi erőt!

4. A teljesen higanyba merült golyóra 136 N arkhimédeszi erő hat. Határozzátok meg a golyó térfogatát!

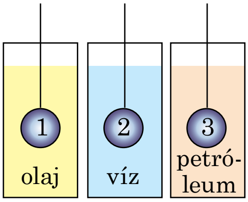
5. A 2,7 kg tömegű alumíniumhengert részben vízbe mártották. A hengerre 2,5 N arkhimédeszi erő hat. A henger mekkora része van a vízben?

6. Mit mutat a dinamométer, ha a ráfüggesztett 1,6 kg tömegű és 1000 cm³ térfogatú súlyt a vízbe engedjük?

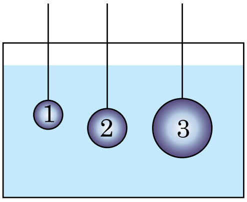
7. Ha a dinamométerre rögzített hengert vízbe engedik, a dinamométer 34 N-t mutat, ha petróleumba – 38 N-t. Határozzátok meg a henger tömegét és térfogatát!



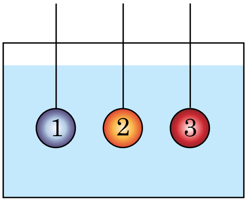
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

8. Érvényes-e a Föld körüli pályán keringő műhold fedélzetén Pascal és Arkhimédesz törvénye?

9. A 3 MN/m merevségű acélsodrony segítségével egyenletesen emelik fel a tó aljáról az elsüllyedt 0,5 m^3 térfogatú szobrot. Amíg a szobor a víz alatt volt, a sodrony 3 mm-nyit megnyúlott. Határozzátok meg a szobor tömegét! A víz ellenállását ne vegyétek figyelembe.

10. Egy Arkhimédesz idejéből való legenda elmeséli azt az eseményt, amelynek köszönhetően Arkhimédesz felfedezte a később róla elnevezett törvényt. Internet és egyéb forrás segítségével próbáljátok kideríteni, hogyan is szól ez a legenda!

Kísérleti feladat

Táncoló mazsolák. Készítsétek el a következő dolgokat: magas, átlátszó edény, szódavíz, néhány szem mazsola. Végezzétek el a következő kísérletet!

1. Öntsétek tele az edényt szódavízzel!
2. Dobjátok a mazsolákat a vízbe (l. az ábrát).
3. Figyeljétek meg a mazsolákat és a felületükön felgyülemlett buborékokat. Mi történik a mazsolákkal? Hogyan változik a buborékok mérete és mennyisége? Milyen erők hatnak a mazsolákra? Miért mozognak a mazsolák?

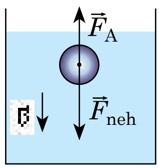
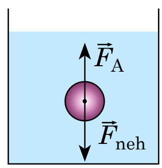
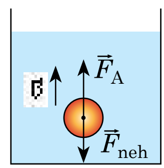
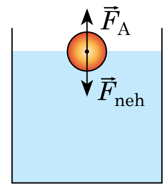
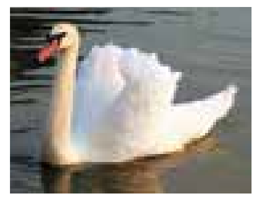
28. §. A TESTEK ÚSZÁSÁNAK FELTÉTELEI

Háziasszonyok meghatározott sűrűségű sóoldatot a következő módon készítenek. Az oldatba nyers tojást tesznek, és ha az oldat még nem elég sűrű, a tojás elsüllyed, ha elég sűrű – a tojás úszik. Hasonlóképpen határozzák meg befőzéskor a cukorszirup sűrűségét. Ma megtudjátok, mikor úsznak a testek a folyadékokban vagy gázokban, és mikor süllyednek el.

1 Megalapozzuk a testek úszásának feltételeit

Mindnyájan számtalan példát tudnátok felhozni a testek úszására. Úsznak a hajók és csónakok, fa játékok és léggömbök, halak, delfinek, egyéb élőlények. Vajon mitől függ az úszóképesség?

Elvégzünk egy kísérletet. Veszünk egy vízzel telt edényt és néhány, különböző anyagból készült golyót. Mindegyiket fokozatosan a vízbe mártjuk, majd elengedjük. Ezután a golyók sűrűségétől függően különböző fejlemények történhetnek (l. a táblázatot).

Lemerülés	Lebegés	Felemelkedés	Úszás a folyadék felszínén
			
$F_{neh} > F_A$	$F_{neh} = F_A$	$F_{neh} < F_A$	$F_{neh} = F_A$
$\rho_t > \rho_f$	$\rho_t = \rho_f$	$\rho_t < \rho_f$	
			
A kő elsüllyed a vízben	A hal meghatározott mélységben úszik	A tengeralattjáró felemelkedik a mélyből	A hattyú a víz felszínén úszik

1. eset. **Lemerülés**. A test süllyedni kezd, majd leereszkedik az edény aljára. Tisztázzuk az okát. A testre két erő hat:

1) nehézségi erő $F_{neh} = m_t g = \rho_t V_t g$ (mivel $m_t = \rho_t V_t$), amely lentről függőlegesen lefelé hat;

2) felhajtóerő $F_A = \rho_f gV_t$, amely merőlegesen felfelé irányul. A test elsüllyed, ami azt jelenti, hogy a lefelé irányuló erő nagyobb:

$$F_{neh} > F_A.$$

Mivel $F_{neh} = \rho_t V_t g$, és $F_A = \rho_f gV_t$, ezért $\rho_t V_t g > \rho_f gV_t$. A gV_t-vel való egyszerűsítés után:

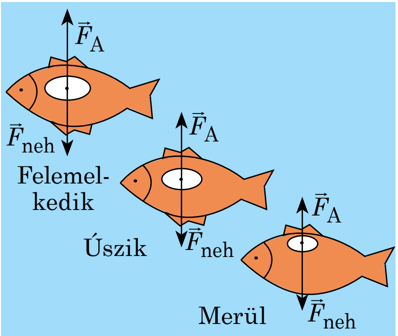
$$\rho_t > \rho_f.$$

A test elmerül a folyadékban vagy gázban, ha a sűrűsége nagyobb a folyadék vagy gáz sűrűségénél.

2. eset. **Lebegés**. A test nem süllyed el és nem is úszik, hanem lebeg a folyadékban.

Próbáljátok meg bebizonyítani, hogy ebben az esetben a test sűrűsége egyenlő a folyadék sűrűségével:

$$\rho_t = \rho_f!$$



28.1. ábra. Az úszóhólyag térfogatát változtatva a hal képes merülni, úszni, felemelkedni, lebegni

28.2. ábra. A csigáspolip testüregei térfogatának a növelése és csökkentése által úszik

28.3. ábra. A vízipók hasán lévő légbuborék segít a felszínre emelkedésben

A test lebeg a folyadékban vagy gázban, ha a sűrűsége megegyezik a folyadék vagy gáz sűrűségével.

3. eset. **Úszás.** A test felemelkedik a folyadék felszínére és lebegni kezd. Eközben egy része a folyadék felszíne alatt marad.

Érthető, hogy amíg a test a felszín felé tart, az arkhimédeszi erő nagyobb a nehézségi erőnél:

$$F_{neh} < F_A \Rightarrow \rho_t g V_t < \rho_f g V_t \text{ vagy:}$$

$$\rho_t < \rho_f.$$

Miután a test megáll a folyadék felszínén, az archimédeszi erő és a nehézségi erő kiegyenlíti egymást:

$$F_{neh} = F_A.$$

A test felemelkedik a folyadék vagy gáz felszínére, ha a sűrűsége kisebb a folyadék vagy gáz sűrűségénél.

i 2 Megfigyeljük a testek úszását az élő természetben

A tengerek és folyók lakóinak testében nagy mennyiségű víz található, ezért testük átlagsűrűsége megegyezik a víz sűrűségével. Hogy szabadon mozoghassanak a folyadékban, „vezérelni” kell testük átlagsűrűségét. Erre különböző lehetőségeik vannak. Megvizsgálunk néhány példát.

Az úszóhólyaggal rendelkező halak a hólyag térfogatának a változtatásával oldják meg a sűrűség szabályozásának a problémáját (28.1. ábra).

A trópusi tengerekben elő csigáspolip (28.2. ábra) a gyors felemelkedést és süllyedést testüregeik térfogatának a növelése és csökkentése által hajtják végre.

Az Európában elterjedt vízipók (28.3. ábra) a hasa alatt légbuborék van, ami segíti a mélyből való felemelkedésben.

3 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Fog-e úszni a vízben a 445 g tömegű rézgolyó, ha belsejében 450 cm^3 térfogatú üreg található?

A fizikai probléma elemzése. Hogy megállapíthassuk, hogyan viselkedik a golyó a vízben, a sűrűségét (ρ_g) össze kell hasonlítanunk a víz sűrűségével (ρ_v).

A golyó átlagsűrűségének meghatározásához tudnunk kell a térfogatát és a tömegét. A levegő tömege a golyó belsejében elhanyagolható a réz tömegéhez viszonyítva, ezért $m_g = m_{réz}$. A golyó térfogata a rézhéj $V_{réz}$ és az üreg $V_{üreg}$ térfogatából tevődik össze. A rézhéjnak a térfogatát meghatározhatjuk, ismerve a réz tömegét és sűrűségét.

A réz és a víz sűrűségét a táblázatban találhatjátok.

A feladatot az adott egységekben oldjuk meg.

Adva van:

$m_{réz} = m_g =$
$= 445$ g

$V_{üreg} = 450\ cm^3$

$\rho_{réz} = 8{,}9\ \dfrac{g}{cm^3}$

$\rho_{víz} = 1\ \dfrac{g}{cm^3}$

Meghatározni:

ρ_g – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás. A sűrűség meghatározása alapján: $\rho_g = \dfrac{m_g}{V_g}$.

A golyó térfogata: $V_g = V_{réz} + V_{üreg}$, ahol $V_{réz} = \dfrac{m_{réz}}{\rho_{réz}}$ a rézhéj térfogata.

Tehát: $V_g = \dfrac{m_{réz}}{\rho_{réz}} + V_{üreg}$.

A feladatot műveletenként oldjuk meg.

1. Meghatározzuk a gömb térfogatát:

$$V_g = \frac{445\ g}{8{,}9\ \dfrac{g}{cm^3}} + 450\ cm^3 = 50\ cm^3 + 450\ cm^3 = 500\ cm^3.$$

2. Ismerve a gömb tömegét és térfogatát, meghatározzuk az átlagsűrűségét:

$$\rho_g = \frac{445\ g}{500\ cm^3} = 0{,}89\ \frac{g}{cm^3}.$$

Az eredmény elemzése: a golyó sűrűsége kisebb a víz sűrűségénél, tehát a golyó úszni fog a víz felszínén.

Felelet: a golyó úszni fog a víz felszínén.

Összefoglaló

A test elmerül a folyadékban vagy gázban, ha sűrűsége nagyobb a folyadék vagy gáz sűrűségénél ($\rho_t > \rho_f$). A test lebeg a folyadékban vagy gázban, ha sűrűsége megegyezik a folyadék vagy gáz sűrűségével ($\rho_t = \rho_f$). A test felemelkedik a folyadék vagy gáz felszínére, ha sűrűsége kisebb a folyadék vagy gáz sűrűségénél ($\rho_t < \rho_f$).

Ellenőrző kérdések

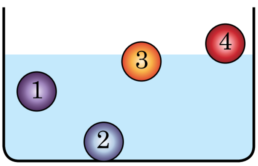
1. Milyen feltételek mellett süllyed el a test a folyadékban vagy gázban? Mondjatok példákat! **2.** Milyen feltételeknek kell ahhoz teljesülniük, hogy a test lebegjen a folyadékban vagy gázban? Mondjatok példákat! **3.** Fogalmazzátok meg a test felszínre emelkedésének feltételeit a folyadékban vagy gázban! Mondjatok példákat! **4.** Mi a folyadék felszínén való úszás feltétele? **5.** Hogyan változtatják a tengerek és folyók lakói a sűrűségüket?

28. gyakorlat

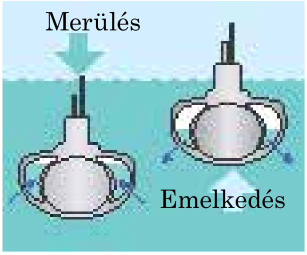
1. Fog-e úszni a higanyban a tömör ólomhasáb? Vízben? Olajban?
2. Rakjátok sorba az 1. ábrán átható golyókat sűrűségük növekedésének sorrendjében!
3. Fog-e úszni a vízben a 120 g tömegű, 150 cm^3 térfogatú fahasáb?
4. A 2. ábra alapján magyarázzátok el, hogyan viszi végbe a tengeralattjáró a merülést és az emelkedést!
5. A test teljes terjedelmével elmerülve úszik a petróleumban. Határozzátok meg a test tömegét, ha a térfogata 250 cm^3!
6. Az edénybe összekeverés nélkül három különböző folyadékot töltöttek – higanyt, vizet és petróleumot (3. ábra). Ezután az edénybe három – acél, habszivacs, tölgyfa – golyót tettek. Hogyan helyezkednek el a folyadékrétegek az edényben? Állapítsátok meg, melyik golyó hol található! Feleleteteket indokoljátok meg!
7. Határozzátok meg a kétéltű jármű víz alatti részének térfogatát és a jármű tömegét, ha 140 kN arkhimédeszi erő hat rá!
8. Állítsátok össze a paragrafusban megoldott feladat fordítottját, és oldjátok meg!
9. Állítsatok fel összefüggést a vízben úszó test sűrűsége és a testnek a víz felett lévő része között!

A	ρ_t = 400 kg/m^3	**1**	0
B	ρ_t = 600 kg/m^3	**2**	0,1
C	ρ_t = 900 kg/m^3	**3**	0,4
D	ρ_t = 1000 kg/m^3	**4**	0,6
		5	0,9

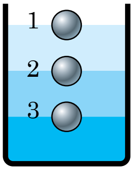
10. A sűrűség mérésére szolgáló készüléket *areométernek* hívják. Forrásanyagok segítségével tisztázzátok az areométer felépítését és működési elvét! Írjatok használati útmutatót az areométer használatához!



1. ábra



2. ábra



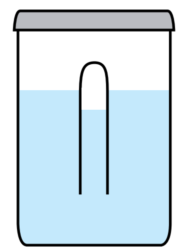
3. ábra

11. Töltsétek ki a táblázatot! Tekintsétek úgy, hogy a test minden esetben teljes méretével a vízben van.

Fizikai mennyiségek					A keresett mennyiségek meghatározására szolgáló képletek
A test tömege	A test térfogata	A test sűrűsége	A folyadék sűrűsége	Arkhimédeszi erő	
20 kg	0,008 m^3		1000 kg/m^3		
		4000 kg/m^3	900 kg/m^3	180 N	
100 g		0,4 g/cm^3		2 N	

Kísérleti feladat

Lebegő búvár. Készítsetek fizikai játékot, melynek elvét *René Descartes* francia tudós találta ki. A hermetikusan záródó műanyag edénybe öntsetek vizet, és helyezzetek bele nyitott részével lefelé laboratóriumi kémcsövet (esetleg kis orvosságos üveget), melybe előzőleg kevés vizet öntöttetek (l. az ábrát). A kémcsőben annyi víz legyen, hogy éppen csak a víz felszínén maradjon. Szorosan zárjátok le a műanyag edényt, és nyomjátok össze az oldalait. Figyeljétek meg a kémcső viselkedését. Magyarázzátok meg a látottakat!



10. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma. A testek folyadékban való úszása feltételeinek tisztázása.

A munka célja: kísérleti úton meghatározni, milyen feltételek mellett úszik a test a folyadék felszínén; folyadékban; milyen feltételek mellett süllyed le.

Eszközök: kémcső (üres orvosságos üveg) gumidugóval; 20–25 cm hosszúságú cérna (vékony drót); edényben száraz homok; vízzel félig feltöltött mérőhenger; mérleg súlykészlettel; papírtörlők.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

Előkészület a kísérlethez

1. A munka elvégzése előtt győződjetek meg róla, hogy tudjátok-e a feleletet a következő kérdésekre!

1) Milyen erők hatnak a folyadékba merített testre?
2) Milyen képlet segítségével határozható meg a nehézségi erő?
3) Milyen képlet segítségével határozható meg az arkhimédeszi erő?
4) Milyen képlet segítségével határozható meg a test átlagsűrűsége?

2. Határozzátok meg a mérőhenger beosztásértékét!

3. A kémcsövet úgy rögzítsétek a cérnára, hogy be lehessen engedni a mérőhengerbe, majd onnan ki lehessen venni.
4. Idézzétek fel a mérleg használatának szabályait, és készítsétek elő a munkához!

A munka menete

Szigorún tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat! A kísérlet eredményét azonnal írjátok be a táblázatba!

1. kísérlet. Tisztázzuk a test elmerülésének feltételét.

1) Mérjétek meg a víz V_1 térfogatát a mérőhengerben!
2) Töltsétek meg a kémcsövet homokkal, és dugaszoljátok be!
3) Engedjétek a kémcsövet a mérőhengerbe! A kémcsőnek a mérőedény alján kell maradnia.
4) Mérjétek meg a víz V_2 térfogatát a mérőhengerben, határozzátok meg a kémcső térfogatát: $V_k = V_2 - V_1$!
5) Húzzátok ki a mérőhengerből a kémcsövet, és töröljétek meg!
6) A mérleg segítségével mérjétek meg a kémcső tömegét 0,5 g pontossággal!

2. kísérlet. Tisztázzuk a test lebegésének a feltételeit.

1) A kémcsőből addig öntsétek ki a homokot, míg az bizonyos mélységben lebegni nem kezd.
2) Végezzétek el az 1. kísérlet 5. és 6. pontjában leírtakat!

3. kísérlet. Tisztázzuk a test felszínen való úszásának feltételeit.

1) Öntsétek ki a kémcsőből a homok egy részét. Győződjetek meg róla, hogy a vízbe helyezés után a kémcső felemelkedik a felszínre, és úszni fog!
2) Végezzétek el az 1. kísérlet 5. és 6. pontjában leírtakat!

A kísérlet sorszáma	Térfogat			A kémcső tömege homokkal m, g	Sűrűség			A jelenség neve
	folyadék V_1, cm^3	folyadék és kémcső V_2, cm^3	kémcső $V_k = V_2 - V_1$, cm^3		átlag kémcső homokkal ρ_k, g/cm^3	folyadék ρ_f, g/cm^3	Összehasonlítás ρ_k és ρ_f (=, >, <)	
1							ρ_k ρ_f	Merülés
2							ρ_k ρ_f	Lebegés
3							ρ_k ρ_f	Úszás

Az eredmények feldolgozása

1. Minden kísérlet esetében:
   1) készítsetek magyarázó ábrákat, amelyeken feltüntetitek a kémcsőre ható erőket;
   2) határozzátok meg a kémcső átlagsűrűségét a homokkal!
2. Írjátok be a táblázatba a mérések és számítások eredményeit!

Az eredmények elemzése

Elemezve a kísérletet, készítsetek beszámolót, amelyben leírjátok, a test milyen feltételek mellett: 1) merül el a folyadékban; 2) lebeg a folyadékban; 3) úszik a folyadék felszínén!

Alkotói feladat

Ajánljatok két módszert a tojás sűrűségének megállapítására! Írjátok le a kísérletek menetét!

29. §. HAJÓZÁS ÉS LÉGHAJÓZÁS

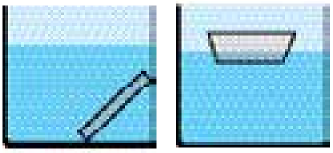
Az acélhenger elmerül a vízben, viszont az óriási acélhajók úsznak. A nylonszövet leesik a földre, de a belőle készített léggömb felrepül és a gondolával embereket emel fel. Miért képes az acélhajó úszni, a levegőnél könnyebb léggömb felszállni? A következőkben ezekre a kérdésekre igyekszünk választ kapni.

1 Tisztázzuk, miért úsznak a hajók

Első látásra az acél nem felel meg úszó tárgyak gyártásához: a sűrűsége jóval nagyobb a víz sűrűségénél, ezért az acéllap rögtön elmerül. Viszont ha a lemezből csónakot készítünk és a víz felszínére helyezzük, úszni fog (29.1. ábra). Vajon miért?

Arról van szó, hogy a csónak vízben lévő része elég vizet szorít ki ahhoz, hogy az arkhimédeszi erő kiegyenlítse a csónakra ható nehézségi erőt. Más szóval, a csónak átlagsűrűsége a benne lévő levegőnek köszönhetően jelentősen kisebb a víz sűrűségénél. Ezért tud úszni a csónak, és csak alig merül a vízbe.

Ez a tulajdonság az alapja a hajók felépítésének.



29.1. ábra. Az acéllemez elmerül, a belőle készített csónak úszik

A hajó átlagsűrűsége jóval kisebb a víz sűrűségénél, ezért a hajók úsznak a víz felszínén, és térfogatuk csekély része merül a víz alá.

2 Tisztázzuk a hajók jellemzőit

29.2. ábra. A hajók testét két színűre festik. Általában a vízvonal felett a test fekete vagy fehér, a vízvonal alatt – piros vagy fekete

Amikor új hajót bocsátanak vízre, az lassan merülni kezd. A hajó alsó része kezdi kiszorítani a vizet, melynek következtében arkhimédeszi erő jön létre. Amikor az arkhimédeszi erő kiegyenlíti a hajóra ható nehézségi erőt, abbahagyja a merülést.

Azt a mélységet, ameddig a hajótest a vízbe merül, a *hajó merülésének* nevezik. *A hajó merülése a terhelésével változhat, de attól is függ, hogy a hajó tengervízben vagy folyóvízben úszik.* Érthető, hogy a *hajót nem szabad túlterhelni.*

A hajó testén található a *vízvonal*, amely a hajó megengedett legnagyobb, még biztonságosnak mondható merülését jelzi (29.2. ábra). Teljes megterhelés esetén a hajó a vízvonal szintjéig merül.

A vízvonalig merült hajó által kiszorított víz súlyát, vagyis a teljesen megterhelt hajóra ható arkhimédeszi erőt a **hajó teljes vízkiszorításának nevezik**.

Mivel a megrakott hajó a víz felszínén úszik, a rá ható arkhimédeszi erő egyenlő a megrakott hajóra ható nehézségi erővel:

$$F_A = F_{neh} = (m_{hajó} + m_{teher})g.$$

A legnagyobb hajók – az olajszállító tankhajók – vízkiszorítása 5 millió kN, vagyis a tömege teherrel 500 000 t. Ha a teljes vízkiszorítás értékéből kivonjuk a hajó súlyát, akkor a hajó *teherbírását* – a *hajóra rakható teher maximális súlyát* – kapjuk.

A **hajó teherbírása** a hajóra rakható teher maximális súlya, ami a hajó vízkiszorítási értékének és a hajó súlyának a különbségével egyenlő.

Ukrajna tengeri hatalom. Az országban tengeri és folyami flotta is van. Nagy gazdasági jelentőségük van a tengeri kikötőknek (Odessza, Bergyanszk). Több jelentős kapacitású hajógyárral is rendelkezik az ország (Mikolajiv, Kijev, Herszon, Odessza).

3 Megtudjuk, hogyan vált valóra az ember repülési vágya

Az emberek régóta használnak léggömböket, amelyek a bennük lévő forró levegőnek vagy könnyű gáznak köszönhetően emelkednek a magasba.

A léggömbre a levegőben felhajtó erő hat. A *léggömb átlagsűrűsége kisebb a levegő sűrűségénél, ezért a felhajtóerő meghaladja a nehézségi erőt és a léggömb felemelkedik.*

Jelenleg a léggömböket meteorológiai és egyéb kutatásokra, versenyzésre, személyszállításra, turisztikai kirándulásra használják.

A könnyű gázzal (általában héliummal) töltött léggömböket *heliosztátoknak* nevezik. Az utóbbi időben elterjedtek a forró levegővel töltött *hőlégballonok* (29.3. ábra), amit a francia Montgolfier fívérek tiszteletére *montgolfiereknek* neveznek.

Mivel a magasság növekedésével csökken a levegő sűrűsége, a légballonok nem emelkedhetnek fel bármilyen magasságba.

A légballonok addig a magasságig emelkedhetnek, amelyben a levegő sűrűsége kiegyenlítődik a légballon átlagsűrűségével.

29.3. ábra. A forró levegővel működő hőlégballonokat manapság is montgolfiereknek nevezik a XVIII. században élt francia Montgolfier fívérek tiszteletére, akik elsőként építettek hőlégballont

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

1. feladat. A folyami kikötőben a hajóra 100 t terhet rakodtak, aminek következtében 0,2 m-rel nőtt a hajó merülése, és elérte a maximális értéket. Mennyi a hajó keresztmetszetének a területe a vízvonal szintjén?

A fizikai probléma elemzése. Amikor a hajót megrakták, megnőtt a merülése és több vizet szorított ki. Archimédesz törvénye alapján a teher súlya megegyezik a kiszorított víz súlyával:

$$P_{\text{teher}} = P_{\text{kisz.víz}}.$$

A hajó merülésének 20 cm-rel való növekedésétől a hajó vízvonal menti keresztmetszetének a területe nem változott jelentősen, tehát a rakodás után kiszorított víz térfogata $V_{\text{kisz.víz}} = hS$, ahol h – a merülés növekedése; S – a hajó vízvonal menti keresztmetszetének a területe, mivel a hajó elérte a maximális merülési szintet.

A felhajtóerő (arkhimédeszi erő) és a nehézségi erő közötti különbség adja az **emelőerőt**.

A kikötő folyami, tehát a víz sűrűsége 1000 kg/m^3.

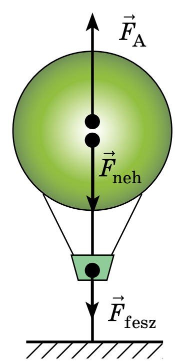
A feladatot SI egységekben oldjuk meg.

Adva van: $m_{teher} = 100\ \text{t} =$ $= 100\ 000\ \text{kg}$ $h = 0{,}2\ \text{m}$ $\rho_{víz} = 1000\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	*A matematikai modell felállítása, megoldás.* 1. Meghatározzuk az utólag kiszorított víz tömegét. Arkhimédesz törvénye alapján: $P_{teher} = P_{kisz.víz}$. $P_{teher} = m_{teher}\,g$, $P_{kisz.víz} = m_{kisz.víz}\,g$, tehát $m_{kisz.víz} = m_{teher} = 100\ 000\ \text{kg}$. 2. Meghatározzuk az utólag kiszorított víz térfogatát: $V_{kisz.\,víz} = \dfrac{m_{kisz.\,víz}}{\rho_{víz}} = \dfrac{100\,000\ \text{kg}}{1000\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 100\ \text{m}^3$. 3. A hajó keresztmetszetének területét a vízvonal szintjén a kiszorított víz térfogata segítségével határozzuk meg: $V_{kisz.víz} = hS \Rightarrow S = \dfrac{V_{kisz.\,víz}}{h} = \dfrac{100\ \text{m}^3}{0{,}2\ \text{m}} = 500\ \text{m}^2$. *Felelet*: $S = 500\ \text{m}^2$.
Meghatározni: S – ?	

? Az 1. feladatot műveletek szerint oldottuk meg. Oldjátok meg a feladatot általános alakban (vezessétek le az általános képletet, ellenőrizzétek az egységeket, határozzátok meg a keresett mennyiség értékét).

2. feladat. A léggömb térfogata 400 m³. A gömb egy földhöz rögzített sodronyhoz van kikötve, melyre 800 N erővel hat. Miután megszabadult a sodronytól, a léggömb bizonyos magasságig emelkedett. Milyen a levegő sűrűsége ezen a magasságon, ha a kikötőhely közelében a légsűrűség 1,3 kg/m³?

A fizikai probléma elemzése. A léggömb egy meghatározott szintnel nem tudott feljebb emelkedni, mert az átlagsűrűsége kiegyenlítődött a levegő sűrűségével (ρ_{lev}). Hogy megkapjuk a léggömb sűrűségét, meg kell határoznunk a tömegét. A tömeget a léggömbre ható nehézségi erő segítségével számítjuk ki.



A nehézségi erő meghatározásához rajzot készítünk, és feltüntetjük rajta a léggömbre a kikötőhelyen ható erőket: $\vec{F}_{neh}$ – nehézségi erő; $\vec{F}_A$ – arkhimédeszi erő; $\vec{F}_{fesz}$ – a sodrony feszítőereje. A léggömb rögzítése mozdulatlan volt, ezért az arra ható erőket figyelmen kívül hagyjuk.

A feladatot SI egységekben oldjuk meg.

Adva van: $V_{gömb} = 400\ \text{m}^3$ $F_{fesz} = 800\ \text{N}$ $\rho_{0lev} = 1{,}3\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $g = 10\ \dfrac{\text{N}}{\text{kg}}$	*A matematikai modell felállítása, megoldás.* A földhöz rögzített léggömbre ható erők kiegyenlítették egymást, tehát $F_{neh} + F_{fesz} = F_A \Rightarrow F_{neh} = F_A - F_{fesz}$. 1. Meghatározzuk a kikötött léggömbre ható arkhimédeszi erőt: $F_A = \rho_{0\ lev}\,gV_{gömb}$; $F_A = 1{,}3\ \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10\ \dfrac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 400\ \text{m}^3 = 5200\ \text{N}$. 2. Kiszámítjuk a léggömbre ható nehézségi erőt: $F_{neh} = F_A - F_{fesz}$; $F_{neh} = 5200\ \text{N} - 800\ \text{N} = 4400\ \text{N}$.
Meghatározni: ρ_{lev} – ?	

3. Meghatározzuk a léggömb tömegét:

$$F_{neh} = mg \Rightarrow m = \frac{F_{neh}}{g}; \quad m = \frac{4400\ \mathrm{N}}{10\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}} = 440\ \mathrm{kg}.$$

4. A léggömb tömege és térfogata ismeretében kiszámítjuk az átlagsűrűségét: $\rho_{gömb} = \frac{m}{V_{gömb}}$; $\rho_{gömb} = \frac{440\ \mathrm{kg}}{400\ \mathrm{m}^3} = 1{,}1\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

5. A levegő sűrűsége a léggömb által elért maximális magasságban egyenlő a léggömb átlagsűrűségével, tehát: $\rho_{lev} = 1{,}1\ \mathrm{kg/m}^3$.

Felelet: $\rho_{lev} = 1{,}1\ \mathrm{kg/m}^3$.

Ellenőrző kérdések

1. Miért úszik a fém hajó a víz felszínén? **2.** Mit nevezünk a hajó merülésének? **3.** Hogyan jelölik a hajó testén a maximális merülést? **4.** Mit nevezünk a hajó vízkiszorításának és teherbírásának? **5.** Hogyan határozható meg a léggömb emelőereje? **6.** Miért korlátozott a léggömb emelkedési magassága?

29. gyakorlat

1. Édesvízben a hajó 15 000 m^3 vizet szorít ki. Határozzátok meg: a) a hajó vízkiszorítását; b) a rakomány súlyát, ha az üres hajó súlya 5 000 000 N!

2. Mekkora tömegű terhet bír el a 100 kg tömegű és 1 m^3 térfogatú tutaj?

3. A 100 g tömegű léggömb 1 N erővel feszíti a cérnát. Határozzátok meg: a) a léggömbre ható nehézségi erőt; b) a léggömbre ható arkhimédeszi erőt!

4. Megváltozik-e a hajóra ható felhajtóerő és a hajó merülése, amikor a folyóról kiúszik a tengerre?

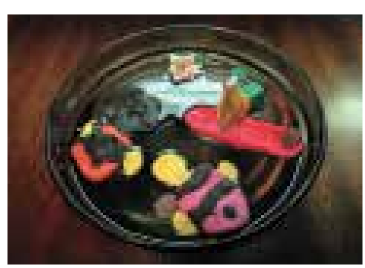
5. A folyón a hajó 20 000 m^3 vizet szorít ki. Hogyan változik meg a kiszorított víz térfogata, ha a hajó kiúszik a tengerre?

6. A földfelszín közelében a levegő sűrűsége 1,29 kg/m^3. Mennyinek kell lennie a léggömb belsejében lévő forró levegő sűrűségének, hogy a léggömb emelkedni kezdjen? A léggömb térfogata 500 m^3, burkolatának és rakományának a tömege 150 kg.

7. Készítsetek beszámolót vagy bemutatót a következő témák egyikéből: *A repülés története*, *A hajózás története*!

Kísérleti feladat

Csónak. Készítsetek gyurmából csónakot, és bocsássátok vízre (l. az ábrát)! Fém pénzérmék segítségével (lásd a 15. § kísérleti feladatát) határozzátok meg csónakotok vízkiszorítását és teherbírását!



Feladatok önellenőrzésre a *Testek kölcsönhatása. Erő* című 3. fejezethez. 2. rész. Nyomás. Arkhimédesz törvénye. A testek úszása

Az 1–7. feladatokban válasszatok ki egy helyes választ!

1. *(1 pont)* A test nyomása a támasztékra annál nagyobb, minél:
a) nagyobb a test súlya és nagyobb a támasztási felület;
b) nagyobb a test súlya és kisebb a támasztási felület;
c) kisebb a test súlya és kisebb a támasztási felület;
d) kisebb a test súlya és nagyobb a támasztási felület.

2. *(1 pont)* Kézi pumpa segítségével a kisfiú felpumpálta a kerékpár kerekét. A kerék belsejében a nyomás növekedésének előidézője:
a) a kerék térfogatának növekedése;
b) a kerékben lévő levegő tömegének növekedése;
c) a kerékben lévő levegő sűrűségének csökkenése;
d) a levegőmolekulák sebességének csökkenése a kerék belsejében.

3. *(1 pont)* Az edényben lévő folyadék nyomása:
a) minden pontban egyenlő;
b) növekszik a mélység növekedésével;
c) csökken a mélység növekedésével;
d) növekszik a folyadék sűrűségének csökkenésével.

4. *(1 pont)* A kerekek lecserélése lánctalpra növeli a traktor terepjáróképességét. Ennek az oka a:
a) motor teljesítményének növekedése;
b) traktor tömegének növekedése;
c) traktor talajra ható nyomásának csökkenése;
d) traktor sebességének a növekedése.

5. *(1 pont)* A légnyomás mérésére szolgáló eszköz neve:
a) areométer;
b) dinamométer;
c) barométer;
d) manométe.

6. *(1 pont)* Az asztal vízszintes lapján három egyforma, tömör kocka van, melyek anyagai: réz, alumínium és öntöttvas. Melyik kocka hat nagyobb erővel az asztalra?
a) réz;
b) alumínium;
c) öntöttvas;
d) mindhárom azonos erővel hat.

7. *(2 pont)* Mekkora a petróleumoszlop magassága a tartályban, ha az aljára ható hidrosztatikus nyomás 30 N?
a) 1 mm; b) 1 cm; c) 1 dm; d) 1 m.

8. *(2 pont)* Mekkora nyomást gyakorol a szög hegye a deszkára, ha a hegy területe 0,6 mm^2, a deszkára ható ereje pedig 30 N?

9. *(2 pont)* Rendeljétek a fizikai mennyiségekhez a meghatározásukhoz szükséges képletet!

A m_{test}/V_{test}
B $\rho_{foly}gh$
C $\rho_{test}gV_{test}$
D $\rho_{foly}gV_{merülés}$

1 arkhimédeszi erő
2 nehézségi erő
3 hidrosztatikus nyomás
4 a szilárd test nyomása
5 a test sűrűsége

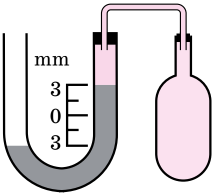
10. *(2 pont)* A folyadék ρ sűrűsége és a folyadékoszlop h magasságának az értékpárjait helyezzétek az általuk az edény aljára ható hidrosztatikus nyomásuk csökkenési sorrendjébe.

a) $\rho = 0{,}8\ \mathrm{g/cm^3}$, $h = 2\ \mathrm{dm}$;
b) $\rho = 1{,}0\ \mathrm{g/cm^3}$, $h = 0{,}5\ \mathrm{m}$;
c) $\rho = 710\ \mathrm{kg/m^3}$, $h = 25\ \mathrm{cm}$;
d) $\rho = 900\ \mathrm{kg/m^3}$, $h = 150\ \mathrm{mm}$.

11. *(3 pont)* La Paz, amelyet Bolívia nem hivatalos fővárosának tekintenek, a tengerszint felett 4500 m magasan terül el. Ez a földkerekség legmagasabban fekvő fővárosa. Ezen a magasságon a normális légnyomás 430 Hgmm. Adjátok meg a légnyomás értékét kilopascalban!

12. *(3 pont)* Számítsátok át a 136 kPa nyomást higanymilliméterbe!

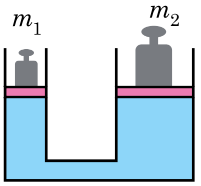
13. *(3 pont)* A folyadékos manométerben higany van (1. ábra). A manométer jobb boldali ágát gázpalackhoz kötötték, a bal oldali ága nyitott. Mekkora a nyomás a palackban, ha a légnyomás 750 Hgmm? A feleletet kilopascalban adjátok meg!



1. ábra

14. *(3 pont)* Milyen mélységben lesz a tó vizében a nyomás 250 kPa?

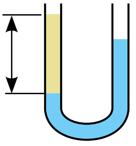
15. *(3 pont)* A hidraulikus gép kis dugattyújára 10 kg tömegű súlyt helyeztek, a nagy dugattyúra 160 kg tömegüt (2. ábra). A kis dugattyú átmérője 4 cm. Mekkora a nagy dugattyú átmérője, ha a dugattyúk egyensúlyban vannak, és a tömegüket figyelmen kívül hagyjuk?



2. ábra

16. *(3 pont)* A 3. ábrán közlekedőedényt láttok. Először vizet öntöttek bele, majd a bal ágába 20 mm-nyi petróleumot. Mennyivel nagyobb a petróleum felszínének magassága vízénél.

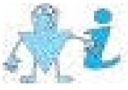
17. *(4 pont)* Az egynemű, 0,7 $\mathrm{g/cm^3}$ sűrűségű hasáb a vízen úszik, miközben a víz felett testének 60 $\mathrm{cm^3}$ térfogatú része látható. Határozzátok meg a hasáb térfogatát!



3. ábra

18. *(4 pont)* Ha a cérnához rögzített golyót teljes egészében a vízbe engedik, a cérna húzóereje 3,2 N. Határozzátok meg a golyó anyagának a sűrűségét!

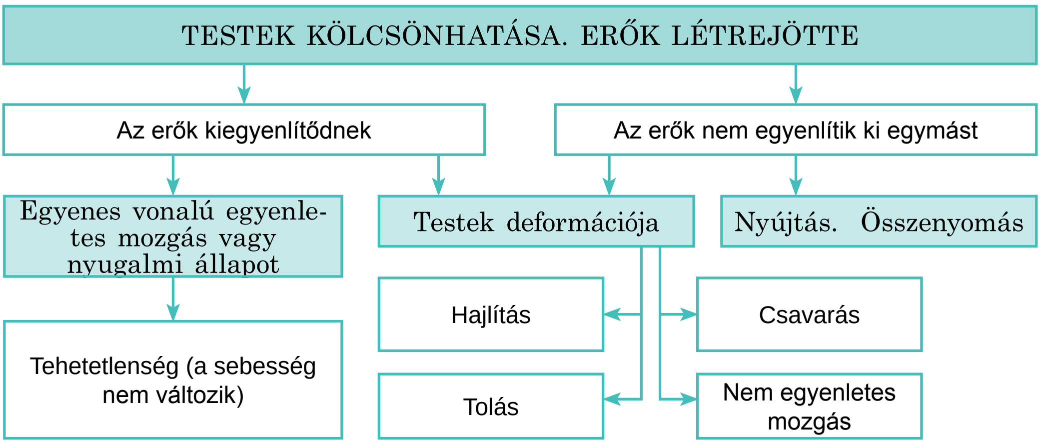
A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes válaszokat és számoljátok össze az elért pontszámot, majd az összeget osszátok el hárommal. A kapott szám jelenti a tudásszinteteket.



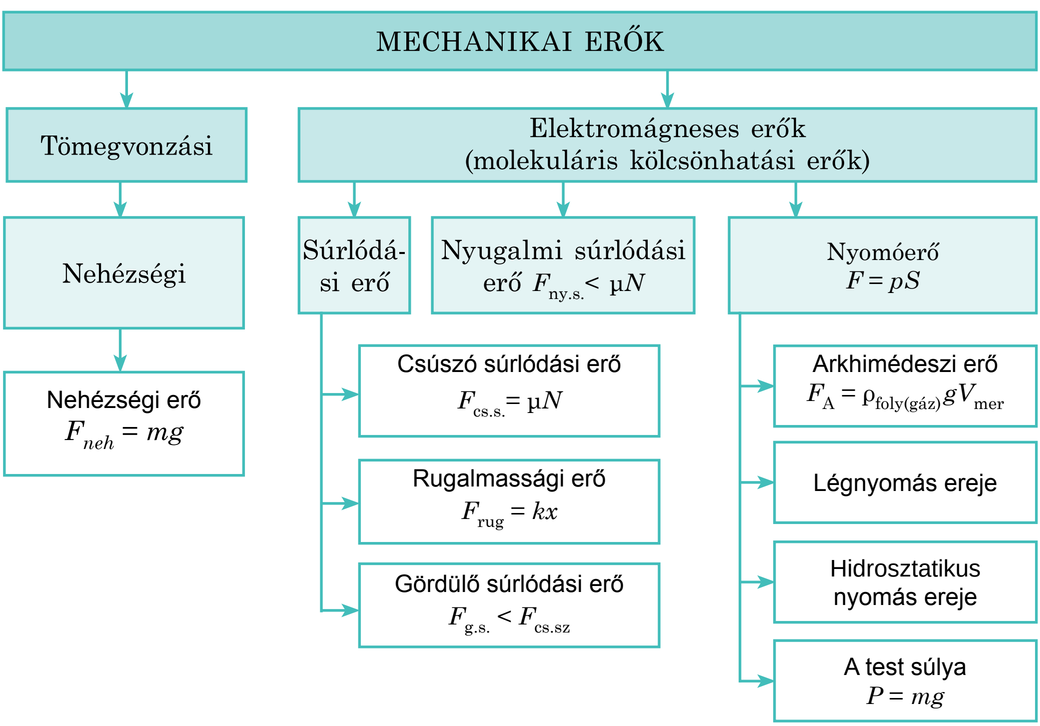
A gyakorló tesztfeladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

A 3. FEJEZETET ÖSSZEFOGLALÁSA
Testek kölcsönhatása. Erők

1. A 3. fejezetet tanulva megtudhattátok, hogy a *testek sebesség-, alak- és térfogatváltozásának oka a kölcsönhatás.*



2. Megismerkedtetek a *mechanika különböző erőivel.*



3. Folytattátok az ismerkedést a fizikai testekkel és anyagokkal, megismerhettétek *a testet, folyadékot és kölcsönhatást jellemző fizikai mennyiségeket.*

Fizikai mennyiség						
Megnevezés	Mit jellemez	Jelölése	Egysége a SI rendszerben	Képlet	Mérésének módja	Jellemzője
Tömeg	Testet (testek tehetetlenségének mértéke)	m (em)	kg (kilogramm)	$\frac{m_1}{m_2} = \frac{F}{S}$	Mérlegeléssel. A test sebességének változása kölcsönhatás eredményeként	A gravitáció és energia mértéke is
Sűrűség	Anyagot	ρ (ro)	kg/m^3 kilogramm per köbméter	$\rho = \frac{m}{V}$	A tömeg és térfogat alapján. Areométer (folyadék sűrűsége)	Függ az anyag hőmérsékletétől és fizikai állapotától
Erő	Kölcsönhatást	$\vec{F}$ (ef)	N (newton)	Attól függ, milyen erőről van szó	Dinamométer. Képletek segítségével	Megemlítendő: értéke; iránya; támadáspontja.
Nyomás	Erőhatást	p (pé)	Pa (pascal)	$p = \frac{F}{S}$	Az erő és terület alapján. Manométer (gázok és folyadékok nyomása) Barométer (légnyomás)	A hidrosztatikus nyomás csak a folyadékoszlop magasságától függ: $\pi = \rho g h$

4. Megismerkedtetek a *folyadékok és gázok nyomásával*, *Pascal és Arkhimédesz törvényeivel*, bebizonyítottátok a *légnyomás létezését*.

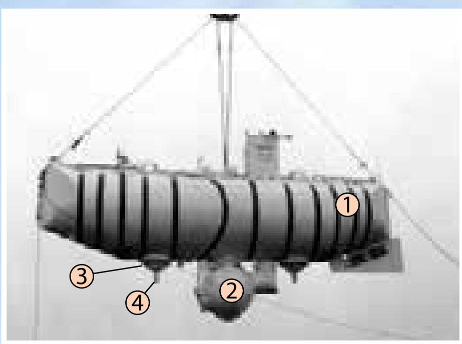
FOLYADÉKOK ÉS GÁZOK NYOMÁSA

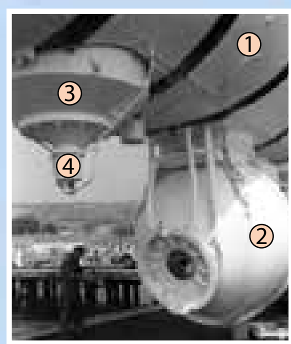
- Pascal törvénye
  - Közlekedőedények: $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$
  - Hidraulikus gépek: $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$
- Arkhimédesz törvénye: $F_A = \rho_{foly(gáz)} g V_{mer}$
  - Hajózás: $\rho_{test} < \rho_{foly}$
  - Léghajózás: $\rho_{test} < \rho_{gáz}$
- **Légnyomás**
  - Torricelli barométere
  - Aneroid barométer
  - Altiméter

Miért kell a búvárnak léggömb

A maga idejében a léggömböt azzal a céllal hozták létre, hogy az ember a „felhők fölé” szállhasson. A technika fejlődésének köszönhetően a léggömböket és léghajókat ma már nem közlekedési eszközként használják, hanem főként szórakozási célból. Ennek az ötletnek a továbbfejlesztésével sikerült megépíteni a mélytengeri kutatásra szolgáló eszközöket, a *batiszkáfokat*. A legismertebb közülük a Trieszt, amelyik 1960-ban elérte a Föld legmélyebb pontját, a Mariana-árkot.

Megkíséreljük elképzelni a batiszkáf konstruktőreinek gondolatmenetét. Ha léggömböt helyezünk a tenger felszínére és súlyokkal (ballaszttal) rakjuk meg olyan mértékben, hogy az egész szerkezet nehezebb legyen a víznél, akkor a léggömb süllyedni kezd és hamarosan eléri a tengerfenéket. Ha odalenn eltávolítják a súlyokat, akkor a léggömb a felszínre emelkedik. Viszont ez csak ötlet volt. Hogyan lehetne ezt a gyakorlatban is végrehajtani? A mérnököknek sikerült megoldaniuk a problémát és létrehozni a Triesztet. A képen látható a batiszkáf felépítése.





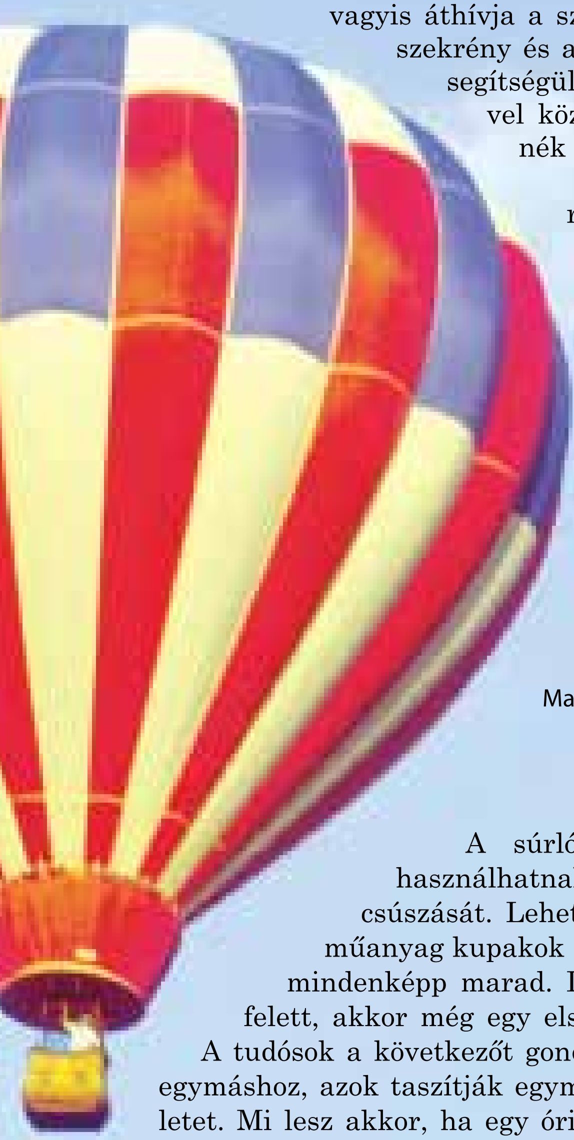
Trieszt batiszkáf

A szerkezet fő eleme a „léggömb” (*1*). A gömböt nincs értelme levegővel feltölteni, mert a nagy mélységben a nyomás szétlapítja. A gömbbe benzint öntöttek: a benzin könnyebb a víznél és a levegőhöz hasonlóan elősegíti a szerkezet felemelkedését. Ebben az esetben a gömb falait vékonyra hagyhatják, mivel az összenyomódástól megóvja a benne lévő folyadék. A szerkezet vastag falú (127 mm) gondolája (*2*) biztonságot nyújt a benne helyet foglaló kéttagú legénységnek. A ballaszt (vasreszelék) a feje tetejére állított kannára hasonlító tartályban található (*3*), amely elektromágneses zárakkal van lezárva (*4*).

A batiszkáf áramellátását akkumulátorok biztosítják, melyeknek korlátozott a töltésük. Ez azt jelenti, hogy baleset esetén bizonyos idő elteltével az akkumulátorok nem látják el az elektromágneses zárakat villamos energiával és a zárak kinyitódnak. A ballaszt a tengerfenékre hullik, a batiszkáf pedig felemelkedik a felszínre. Szerencsére még nem történt hasonló eset.

A Trieszt első merülése óta fél évszázad telt el. Ez idő alatt az emberiség számtalan új fejlesztést dolgozott ki, de a Trieszt konstrukcióját nem tudták felülmúlni.

Repülés vonattal, avagy Mi az a maglev



Ha az embernek nincs elég ereje ahhoz, hogy elmozdítson egy nehéz szekrényt, akkor szabványos döntést hoz – megnöveli az erőt, vagyis áthívja a szomszédot. Esetleg eszébe jut, hogy a szekrény és a padló között nagy a súrlódási erő és segítségül hív egy hetedik osztályos diákot, akivel közösen kitalálják, hogyan csökkenthetnék ezt az erőt.

Tehetnek a szekrény lábai alá egyszerű műanyag kupakokat, ami némileg csökkenti a súrlódást, és talán már egy ember is képes elmozdítani a bútordarabot. De hogyan oldhatók meg a hasonló problémák, ha bonyolult berendezésekről van szó?

Maglev-vonat
Kínában

A súrlódás csökkentésére kenőanyagot is használhatnak, ami elősegíti a felületek könnyebb csúszását. Lehet egyéb anyagokat is használni (pl. a műanyag kupakok a szekrény esetében). Viszont súrlódás mindenképp marad. De ha a szekrény repülhetne a padló felett, akkor még egy első osztályos tanuló is odébb tolhatná.

A tudósok a következőt gondolták ki. Ha két mágnest közelítünk egymáshoz, azok taszítják egymást. Végezzünk el egy elméleti kísérletet. Mi lesz akkor, ha egy óriási mágnest állványra rögzítünk, egy kisebbet pedig közelítünk hozzá? Ha a másik mágnes elég könnyű lesz, vagyis a taszítás meghaladja a nehézségi erőt, akkor a mágnes a levegőben fog lebegni.

A leírt módszeren alapuló eszközöket *maglevnek* nevezik (az angol *magnetic levitation* kifejezés rövidítése, jelentése – *mágneses lebegtetés*). A legérdekesebbek a maglev-vonatok. Haladás közben a vonat nem ér a sínekhez, erős mágnesek a levegőben tartják. Ebben az esetben a súrlódási erő nincs jelen, és a maglev-vonatokra kizárólag a légellenállás hat (mint a repülőgépek esetében). Az ilyen vonatok sebessége elérheti az 500 km/h-t.

Referátumok és beszámolók témái

1. Tehetetlenség a technikában és a mindennapokban.
2. A mérlegek fejlődése.
3. G. Galilei, I. Newton. A mechanika törvényeinek felfedezése.
4. Mi a szilárd kenőanyag?
5. Zavarja-e mindennapi életünket a súlytalanság?
6. Súrlódás nélkül nincs élet.
7. A súrlódási erő csökkentésének és növelésének módjai az élő természetben.
8. Hogyan csökkenthető a légellenállás?
9. Blaise Pascal élete és munkássága.
10. A légnyomás létezésének bizonyítása: Magdeburg polgármesterének, Otto von Guerickének a tanulságos kísérlete.
11. Hidraulikus gépek.
12. A gépkocsik fékrendszere mint a hidraulikus gépek példája.
13. A búvárok által meghódított mélység. Biztonsági előírások búvárkodás közben.
14. A tengerek és óceánok mélységének tanulmányozására szolgáló berendezések.
15. Az Arkhimédesz életéről szóló mítoszok és legendák.
16. Az atmoszféra összetétele és a légnyomás szerepe Naprendszerünk bolygói számára.
17. A léghajózás története.
18. A léggömböktől a modern repülőgépekig.
19. Az ókori vitorlásoktól a modern óceánjárókig.
20. Az ukrán származású neves konstruktőr, I. Szikorszkij.
21. Internet-léghajók.

Kísérleti kutatások témái

1. Sűrűség mérése mindennapi eszközökből összeállított areométer segítségével.
2. Ömlesztett építőanyag részecskéi közötti súrlódási együttható meghatározása.
3. Lavinák képződésének modellezése ömlesztett anyagok – köles, gríz, gabona – segítségével.
4. Működő szökőkút-modell építése.
5. „Horgász-barométer" készítése.
6. Hajók úszásának modellezése konyhai edények segítségével.
7. Pascal törvényének bemutatása modell segítségével.

4. FEJEZET

MECHANIKAI MUNKA ÉS ENERGIA

- Tudjátok, hogyan mérhető meg az erő és a megtett út, megtudjátok, hogyan határozható meg a munka
- Van elképzelésetek a motor teljesítményéről, megtanuljátok, hogyan lehet a teljesítményt meghatározni
- Tudjátok, hogy létezik mechanikus, elektromos és atomenergia, megtudjátok, milyen energiával rendelkezik a mozgó test és milyennel a kölcsönható test
- Tudjátok, hogy ereje fokozásához az ember gépeket használ, megtudjátok, milyen törvényeken alapszik ezeknek a gépeknek a működési elve
- Hallottatok a hatásfokról, megtudjátok, hogyan lehet megnövelni

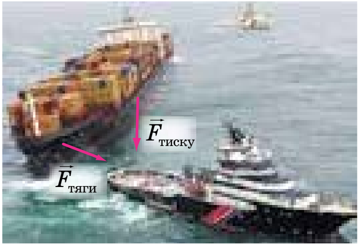
30. §. MECHANIKAI MUNKA. A MUNKA MÉRTÉKEGYSÉGE

Első látásra könnyű példákat felhozni munkavégzésre. Munkát végez a víz és a levegő, a gépek és mechanizmusok, építők és rakodómunkások. Vajon végez-e munkát a tanuló, aki mozdulatlanul tartja az iskolatáskát a kezében? A számítógép előtt ülő és feladatát végző programozó? Mit is értenek a fizikusok a mechanikai munkán?

1 Meghatározzuk a munka fizikai értelmét

A *munka* szóval az ember vagy gépezet által végzett tevékenységet illetjük. Például amikor azt mondjuk: az asztalos munkája, a mosógép munkája. A fizikában a *munka* szónak konkrétabb jelentése van.

Mechanikai munkáról akkor beszélünk, amikor a *test a térben erő hatására megváltoztatja a helyzetét*. Megvizsgáljuk a vontatott uszály munkáját (30.1. ábra). A vontatóhajó húzóerővel hat az uszályra $\left(\vec{F}_{\text{húz}}\right)$. Ebben az esetben a fizikusok azt mondják: a húzóerő mechanikai munkát végez, mivel az uszály a húzóerő irányában halad. A légnyomás ereje viszont nem végez munkát, mivel az uszály nem mozdul el a nyomóerő hatásának az irányába, azaz lefelé.



30.1. ábra. A vontatóhajó hat az uszályra és elmozdítja a azt. A rakomány szintén hat az uszályra, viszont annak hatására az uszály nem mozdul el

Minél nagyobb távolságot tesz meg az uszály a húzóerő hatására, az erő annál nagyobb munkát végez. A mechanikai munka az erő növekedésével is növekszik: ez akkor történik, amikor például a vontatóhajó nagyobb sebességre gyorsul. Az erő által végzett mechanikai munka az erő mértékétől és az erő hatására megtett út nagyságától függ.

A **mechanikai munka** a test erő hatására történő helyzetváltoztatását jellemző fizikai mennyiség, amely ezen erő és a hatására megtett út szorzatával egyenlő:

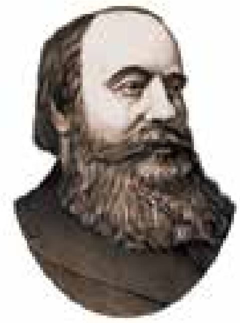
$$A = Fl,$$

ahol A – mechanikai munka; F – a testre ható erő; l – az erő hatásának irányában megtett út.

A munka egysége a SI rendszerben a **joule** (J); a munka egységét James Joule angol tudósról nevezték el (30.2. ábra):

$$[A] = \mathrm{N} \cdot \mathrm{m} = \mathrm{J}.$$

1 J *az a munka, amit* 1 N *nagyságú erő végez a test* 1 m *távolságra való elmozdításakor*: 1 J = 1 N · m.

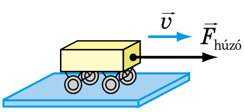
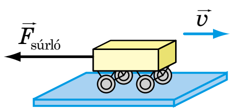
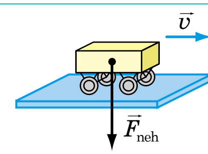


30.2. ábra. James Prescott Joule (1818-1889), ismert angol fizikus; kísérletileg bebizonyította az energia-megmaradás törvényét, meghatározta a hő mechanikai megfelelőjét

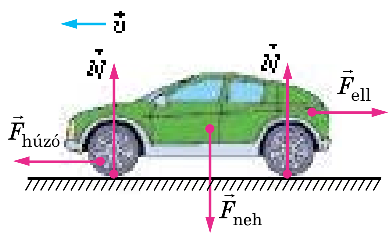
Jegyezzétek meg! Mivel az erő más testek részéről hat a testre (a vontatóhajó húzza az uszályt), nem lesz hiba, ha nem az *erő munkájáról* beszélünk (a megfeszített sodrony ereje), hanem a *test munkájáról* (a vontatóhajó munkája).

2 Tisztázzuk, milyen értékeket vehet fel a mechanikai munka

Mint tudjátok, az *erő iránnyal rendelkezik, vagyis vektormennyiség.* Viszont az *erő munkájának nincs iránya, így a munka skaláris mennyiség.* A munka lehet pozitív, negatív vagy nullával egyenlő, attól függően, merre irányul az erő a test mozgásához viszonyítva.

A munka pozitív, $A > 0$	A munka negatív, $A < 0$	A munka nullával egyenlő, $A = 0$
Az erő iránya megegyezik a test mozgásának irányával $A = Fl$	Az erő iránya ellentétes a test mozgásának irányával $A = -Fl$	Az erő iránya merőleges a test mozgásának irányával $A = 0$
		

? Vizsgáljátok meg a vízszintes úton haladó gépkocsira ható erőket (30.3. ábra): húzóerő, ellenállási erő, a támasztékreakcióereje, nehézségi erő. Szerintetek melyik erő végez pozitív munkát? Negatív munkát? Melyik erő munkája nulla?

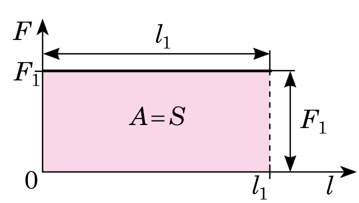


30.3. ábra. A kérdésekhez

3 Megismerkedünk a munka mértani értelmezésével

Feltételezzük, hogy a test a *változatlan* $\vec{F}$ erő hatására mozog, melynek iránya egész idő alatt megegyezik a test mozgásának irányával. Az erő munkája az erő és a megtett út szorzatával egyenlő: $A = Fl$.

Megszerkesztjük az F erő értékének és a test által megtett l út összefüggésének grafikonját (30.4. ábra). A grafikon az abszcissza tengellyel (a megtett út tengelye) párhuzamos egyenes szakasza.



30.4. ábra. Hogy meghatározzuk a test mozgásának irányába ható erő A munkáját, ki kell számítanunk az erő és a test által megtett út közötti összefüggés grafikonja által határolt alakzat S területét. Ebben az esetben F_1 – a testre ható erő; l_1 – a test által az erő hatására megtett út

Az ábráról láthatjuk, hogy az $F_1 \cdot l_1$ szorzat a téglalap szélességének és hosszúságának a szorzata, ami a téglalap S területének felel meg. Ebben rejlik a **mechanikai munka mértani értelmezése**.

Ha a testre ható erő iránya megegyezik a test mozgásának irányával, akkor az erő munkája számbelileg egyenlő az erő és a test által megtett út közötti összefüggés grafikonja által határolt alakzat területével.

Ez a megállapítás a változó erőkre is érvényes.

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A 25 N/m merevségű rugó segítségével 5 cm/s sebességgel mozgatják az asztalon lévő hasábot. Mekkora munkát végez a rugalmassági erő 20 s alatt, ha a rugó megnyúlása egész idő alatt 4 cm?

A *fizikai probléma elemzése*. A rugalmassági erő munkája pozitív, mivel a hasáb az erő hatásának irányába mozog. A munka kiszámításához meg kell határozni a rugalmassági erő (F_{rug}) értékét és a hasáb által megtett l utat. A rugó erőssége és nyúlása ismert, ezért a rugalmassági erő értékének meghatározásánál Hooke törvényét alkalmazzuk. A hasáb egyenletesen mozog, tehát az általa megtett út a mozgás sebességének és idejének a szorzatával egyenlő. A feladatot a SI rendszer mértékegységeiben oldjuk meg.

Adva van:

$k = 25\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$

$v = 5\ \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0{,}05\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$t = 20$ s

$x = 4$ cm $= 0{,}04$ m

Meghatározni:

A – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.

A munka meghatározása szerint: $A = F_{rug} l$.

Hooke törvénye alapján: $F_{rug} = kx$.

A hasáb által megtett út: $l = vt$.

Az F_{rug} és l kifejezéseit behelyettesítjük a munka képletébe: $A = kx \cdot vt$.

Ellenőrizzük a mértékegységeket, meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[A] = \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{s} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J};$$

$A = 25 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}05 \cdot 20 = 1$ (J).

Felelet: $A = 1$ J.

Összefoglaló

A mechanikai munka a test erő hatására történő helyzetváltoztatását jellemző fizikai mennyiség. Ha az erő változatlan és a test mozgásának irányába hat, a mechanikai munka képlete: $A = Fl$.

A mechanikai munka mértékegysége a SI rendszerben a joule (J); 1 J = 1 N · 1 m.

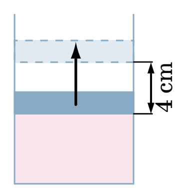
Az erő és a test mozgásának irányától függően a munka lehet pozitív, negatív és nulla.

Ellenőrző kérdések

1. Mit értünk a *munka* szón a hétköznapokban? **2.** Mit nevezünk mechanikai munkának? **3.** Milyen feltételek szükségesek mechanikai munka végzéséhez? **4.** Nevezzétek meg a munka mértékegységét a SI rendszerben, és mondjátok el a jelentését! **5.** Melyik tudós tiszteletére nevezték el a munka mértékegységét? **6.** Milyen esetben pozitív a mechanikai munka? Negatív? Nulla? * **7.** Miben rejlik a mechanikai munka mértani értelmezése?

30. gyakorlat

1. A súly mozdulatlanul függ a rugón. Végez-e munkát a súlyra ható rugalmassági erő?
2. Végez-e munkát a kosárlabdára ható nehézségi erő, ha a labda: a) a földön van; b) gurul a sportterem padlóján; c) felfelé száll; d) lefelé esik? Ha igen, akkor milyet – pozitívat vagy negatívat?
3. Mondjatok a paragrafusban vizsgált helyzetektől eltérő példákat az erő negatív, pozitív munkavégzésére, valamint arra, amikor az erő munkája nulla!
4. Az asztalon állandó sebességgel vízszintes irányú 50 N erő kifejtésével végighúztak egy tárgyat. Ezzel 150 J munkát végeztek. Mekkora utat tett meg a tárgy?
5. A 4 kg tömegű kődarab 5 m magasból esik lefelé. A kő esésekor melyik erő végez pozitív munkát? Mivel egyenlő ez a munka?
6. A kisfiú 40 N vízszintes irányú erőt kifejtve tolja a kerékpárját. A kerékpár sebessége állandó. Határozzátok meg a kerékpár sebességét, ha a kisfiú 5 perc alatt 12 kJ munkát végzett!
7. A gáz nyomásának hatására a hengerben lévő dugattyú egyenletesen 4 cm-t mozdult el (l. az ábrát). Mekkora munkát végzett a gáz? A gáz nyomása a hengerben állandó és 0,6 MPa értékű; a dugattyú területe 0,005 m^2.



8. Állítsátok össze a 30. §-ban található feladat fordítottját, és oldjátok meg!
9. Mekkora munkát kell elvégeznie egy 15 kg tömegű kőnek a tó felszínére való felhozatalához? A tó mélysége 2 m, a kő átlagsűrűsége 3000 kg/m^3. A víz ellenállását hagyjátok figyelmen kívül!

Kísérleti feladat

Határozzátok meg az általatok elvégzett munkát, amikor egy vedér vizet az asztalra tesztek! Mekkora munkát végez ezalatt a vedérre ható nehézségi erő? Készítsetek beszámolót, és írjátok le, milyen mérőeszközöket használtatok, és milyen számításokat végeztetek, valamint milyen eredményt kaptatok!

Fizikai és technika Ukrajnában

Mikola Barabasov (1894–1971) neves ukrán tudós, csillagász, szinte egész életében Harkivban élt. Nemzetközi elismerést a Mars és Vénusz kutatása hozott számára. Ő állapította meg a Mars „sarki sapkájának" a struktúráját, jégkristályokat talált a Vénusz atmoszférájában.

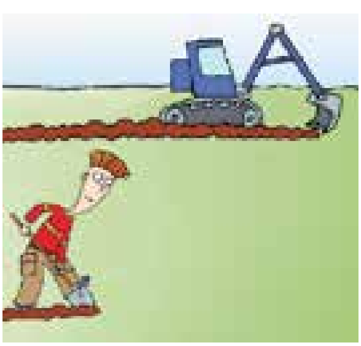
A tudós sokat tett a Hold megismerése érdekében. Még jóval az első űrutazás előtt hipotézist állított fel a Hold hegyeinek az összetételéről. Elméletei a Holdra szállás alkalmával bebizonyosodtak.

Barabasov egyike volt a Hold sötét oldaláról készült térkép szerkesztőinek. Ezt a Hold-3 bolygóközi műhold felvételei alapján állították össze.

31. §. TELJESÍTMÉNY

Valószínű, hogy az emberi civilizáció fejlődésének az volt az egyik mérföldköve, amikor az ember megtanulta az egyszerű eszközök, otthonok készítését, a föld megmunkálását. Eleinte a munka végzéséhez saját erejére hagyatkozott, majd később a háziasított állatok – lovak, bivalyok, tevék, szamarak – erejére is. Ez lehetővé tette, hogy kevesebb idő alatt nagyobb munkát végezzen.

A valódi áttörést azonban a gépek és mechanizmusok – gépkocsik, hajók, vonatok, daruk, traktorok – megjelenése eredményezte. A modern gépek az embernél ezerszer gyorsabban végezhetik el a munkát. Vajon milyen jellemző alapján határozható meg a gépek hatékonysága?



31.1. ábra. A markológép ugyanazt a munkát sokkal gyorsabban végzi el, mint a munkás

1 Megismerkedünk a teljesítmény fogalmával

Egy és ugyanazon munka különböző idő alatt végezhető el. Például ha a markológép és egy munkás egyszerre kezd el ásni, akkor világos, hogy a markológép jóval előbb végzi el a munkát (31.1. ábra). Az építkezésen a daru az embernél gyorsabban emeli fel a téglát, a traktor a lónál gyorsabban szántja fel a mezőt.

? Mondjatok még néhány példát!

A munkavégzés gyorsaságának jellemzésére bevezették a *teljesítmény* fogalmát.

A **teljesítmény** a munka végzésének gyorsaságát jellemző fizikai mennyiség, amely az elvégzett munkának és a munkavégzés időtartamának a hányadosával egyenlő:

$$N = \frac{A}{t},$$

ahol N – a teljesítmény; A – a munka; t – a munkavégzés ideje.

A *teljesítmény mértékegysége a SI rendszerben* – a **watt**:

$$[N] = \text{W}.$$

A mértékegységet *James Watt* angol mérnök és feltaláló tiszteletére nevezték el' (31.2. ábra).

1 W *az a teljesítmény, amellyel* 1 s *alatt* 1 J *munkavégzés történik*:

$$1\,\text{W} = 1\frac{\text{J}}{\text{s}}.$$

A teljesítmény meghatározásából az következik, hogy *a teljesítmény számbelileg egyenlő az egy másodperc alatt elvégzett munkával.*

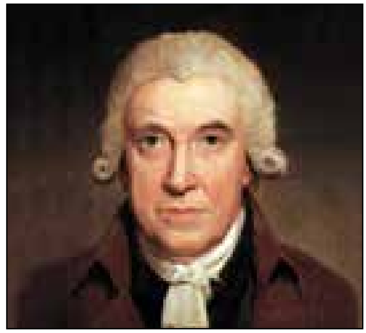
Ezek szerint munkavégzés közben annak a testnek lesz nagyobb a teljesítménye, amelyik azonos idő alatt több munkát képes elvégezni. Például az AN-225 repülőgép egy hajtóművének a teljesítménye 5-ször nagyobb az AN-140 gép hajtóművénél (l. a táblázatot)'', mivel 1 s alatt 9190 kJ munkát végez, az AN-140 hajtóműve pedig csak 1840 kJ-t.

2 Tisztázzuk, hogyan függ a teljesítmény a húzóerőtől és a sebességtől

Tételezzük fel, hogy meg kell határoznunk a v állandó sebességgel haladó jármű teljesítményét, melynek motorja F húzóerőt hoz létre. A meghatározásához felhasználjuk a teljesítmény képletét: $N = \frac{A}{t}$.

' A teljesítmény egységeként James Watt a lóerőt ajánlotta. Ez az egység manapság is használatos: 1 Le ≈ 735,5 W.

'' Az AN-225 repülőgép összteljesítménye (6 hajtóművel rendelkezik) 15-szörösen haladja meg az AN-140 hajtóműveinek összteljesítményét (2 hajtóműve van).



31.2. ábra. James Watt (1736–1819), angol mérnök-feltaláló; létrehozott egy univerzális gőzgépet

Néhány technikai eszköz motorjának a teljesítménye

Technikai eszköz	Teljesítmény, kW
Mosógépek	0,15–0,45
Porszívók	1,3–2,5
Motorkerékpárok	11–230
Személygépkocsik	37–1000
Tehergépkocsik	35–2940
Traktorok	45–410
Helikopterek	425–8380
AN-140 repülőgép (1 hajtómű)	1840
AN-225 Mrija (1 hajtómű)	9190
Proton rakétahordozó (átlagteljesítmény)	$\approx 4{,}4\cdot 10^7$

Felidézzük a munka képletét: $A = Fl$, valamint azt, hogy állandó sebesség esetén a test által megtett l út a sebesség és az idő szorzatával egyenlő: $l = vt$. Átalakítások után a következő képletet kapjuk: $N = \frac{A}{t} = \frac{Fl}{t} = \frac{Fvt}{t} = Fv$.

Tehát megkaptuk a *teljesítmény meghatározására szolgáló képletet*:

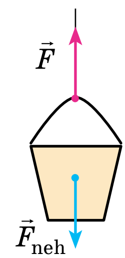
$$N = Fv.$$

Jegyezzétek meg! A képlet segítségével meghatározható bármely közlekedési eszköz pillanatnyi teljesítménye (teljesítménye az adott pillanatban), még abban az esetben is, ha a sebessége és a húzóereje állandóan változik.

3 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. Az ember egy vedér vizet egyenletesen emel fel 20 m magasra 20 s alatt. Mekkora az ember teljesítménye, ha a vedér tömege a vízzel 10 kg?

A fizikai probléma elemzése. A teljesítmény meghatározásához ki kell számolnunk az ember által elvégzett munkát, mialatt a terhét felvitte meghatározott magasságba. Ennek érdekében meg kell határoznunk azt az $\vec{F}$ erőt, amivel az ember a vedérre hat. A vedérre két erő hat: az $\vec{F}_{neh}$ nehézségi és az $\vec{F}$ erő (l. az ábrát). Ezeknek a feltételeknek a segítségével határozzuk meg a keresett mennyiséget. A feladatot SI rendszerben oldjuk meg $F = F_{neh}$.



Adva van:
$h = 20$ m
$t = 20$ s
$m = 10$ kg
$g = 10\frac{\text{N}}{\text{kg}}$

Meghatározni:
N – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás. A teljesítmény meghatározása szerint: $N = \frac{A}{t}$.

Az ember által végzett munka: $A = Fl$.

Mivel $F = F_{neh} = mg$ és $l = h$, ezért az elvégzett munka: $A = mgh$.

Behelyettesítjük a kifejezéseket a teljesítmény képletébe:

$$N = \frac{mgh}{t}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységeket, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[N] = \frac{\text{kg}\cdot\frac{\text{H}}{\text{kg}}\cdot\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = (\text{W}); \quad N = \frac{10\cdot 10\cdot 20}{20} = 100 \ (\text{N}).$$

Felelet: $N = 100$ W.

Összefoglaló

A teljesítmény a munka elvégzésének gyorsaságát jellemző fizikai mennyiség, amely az elvégzett munkának és a munkavégzés időtartamának a hányadosával egyenlő: $N = \dfrac{A}{t}$.

A teljesítmény mértékegysége a SI rendszerben a watt (W); $1\ \text{W} = 1\dfrac{\text{J}}{\text{s}}$.

A teljesítmény az $N = Fv$ képlettel is meghatározható.

Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk teljesítménynek? **2.** Nevezzétek meg a teljesítmény mértékegységét a SI rendszerben, és mondjátok el a meghatározását! **3.** A teljesítmény milyen rendszeren kívüli mértékegységét ismeritek? **4.** Hogyan határozható meg a test teljesítménye, ha ismeretes a testre ható erő és a test sebessége?

31. gyakorlat

1. Az első és tizedik osztályos tanuló egyenlő idő alatt ért fel a lépcsőn a második emeletre. Melyik tanuló fejtett ki nagyobb teljesítményt?

2. A kisfiú a lépcsőn haladva 160 W teljesítményt fejtett ki. Mekkora munkát végzett 20 s alatt?

3. Mennyi idő alatt végez el a gépkocsi 150 kW teljesítményű hajtóműve 900 kJ munkát?

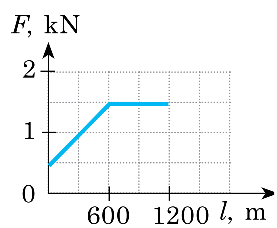
4. Vízszintes úton haladva a gépkocsi emelkedőhöz ért (1. ábra). Megváltozik-e a gépkocsi sebessége változatlan teljesítmény mellett?

1. ábra

5. A repülőgép hajtóműveinek összteljesítménye 10 MW. Határozzátok meg a repülőgépre ható ellenállási erőt, ha állandó sebessége 720 km/h!

6. Állítsátok össze a 31. §-ban található feladat fordítottját, és oldjátok meg!

7. A 2. ábrán a motorkerékpár húzóerejének és az általa 2 min alatt megtett út összefüggésének grafikonja látható. Határozzátok meg a motorkerékpár átlagteljesítményét!



2. ábra

8. Háromszurdok-gát – Kínában található a világ legnagyobb teljesítményű vízerőműve, amely 9 átlagos teljesítményű atomerőművet helyettesíthet. A gát magassága 180 m, a vízáramlás teljesítménye 22,5 GW. Határozzátok meg a gátról egy perc alatt aláhulló víz térfogatát!

9. Forrásanyagok felhasználásával állítsatok össze 1–2 feladatot a 31. § témájával kapcsolatosan! Oldjátok meg az összeállított feladatokat; az adatokat és a megoldást külön lapra írjátok!

10. Töltsétek ki a táblázatot! Tekintsétek úgy, hogy $g = 10\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

Fizikai mennyiség			A fizikai mennyiség meghatározására szolgáló képlet
A test tömege	Milyen magasról esik a test	A nehézségi erő munkája	
1,25 kg	2 m		
	1 m	150 kJ	
200 g		1,8 J	

Kísérleti feladat

Képzeljétek el, hogy meg kell mérnetek a teher emelésére szolgáló motor teljesítményét. Milyen fizikai mennyiségeket fogtok megmérni? Milyen eszközökre lesz szükségetek? Hogyan értékelitek a méréseitek pontosságát?

Fizika és technika Ukrajnában

Ihor Juhnovszkij (szül. 1925) – elméleti fizikus, a lembergi statikai iskola megalapítója, az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia nyugati tudományos központjának egyik alapító tagja, társadalmi aktivista, akadémikus, Ukrajna hőse.

A lembergi Ivan Franko Állami Egyetem fizika-matematika szakának elvégzése után a felsőoktatási intézmény aspiránsaként az elméleti fizika tanszéken folytatta tanulmányait. Itt lett akadémikus. Juhnovszkij és tanítványai alapvető eredményeket értek el az elektrolitok mikroszkopikus elmélete terén, a fémek és ötvözetek kutatásában, a cseppfolyós hélium és a fázisátmenetek elméleteiben.

1990-ben Juhnovszkij létrehozta az UNTA kondenzációs rendszerek fizikájának intézetét (Lemberg). Az ő és kollektívája által elért eredményeket széles körben elismerik a tudományos világban.

32. §. MECHANIKAI ENERGIA. A TEST HELYZETI ÉS MOZGÁSI ENERGIÁJA

Az *energia* szóval találkozhatunk a televízió híradásaiban, az újságok hasábjain. Használhatjuk emberek (energikus ember), természeti jelenségek (a földrengés vagy vihar energiája), gépek és mechanizmusok (a gépek által felhasznált villamos energia) jellemzésére. Mi az energia a fizika szemszögéből?

1 Megtudjuk, mi az energia és milyen kapcsolatban van a mechanikai munkával

Az energia (ógörögből fordítva *tevékenység*) – az egyik legfontosabb fizikai mennyiség.

A környezetismeretből már tudjátok, mi az elektromos energia, atomenergia, mechanikai energia. Ezek mind az energia különböző fajtái. A mechanikában *mechanikai energiával* van dolgunk és a következő meghatározást fogjuk használni:

> Az **energia** a testek (testrendszerek) munkavégző képességét jellemző fizikai mennyiség.

Az *energia* betűjele *E* (vagy *W*), *mértékegysége a SI rendszerben*, ugyanúgy, mint a munkáé is – a **joul**:

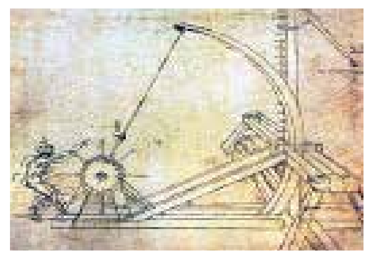
$$[E] = \mathrm{J}.$$

Bemutatjuk a test munkavégző képességét. Egy kis golyót az asztal szélére, az asztal mellé a padlóra pedig egy vízzel teli tálat helyezünk. Ha megtoljuk a golyót, beleesik a tálba, és szétfröcsköli a benne lévő vizet (32.1. ábra). A szétfröccsenő vízcseppek azt jelentik, hogy a golyó munkát végzett. Ha nem mozdítjuk a golyót, az asztalon marad. Tehát a golyó energiája felhasználható munkavégzésre a vízbe esése által, vagy elraktározható későbbre.

A 32.2. ábrán erős kötél tartja a katapult (hajítógép) deformált szárát. A katapult szára *nem végez munkát, de tudna végezni*, ha a kötelet elengednék: kiegyenesedve nagy sebességgel hajítaná el a benne lévő fém lövedéket. Ekkor csökken a kar deformációja.

Láttátok, hogyan tekéznek. A golyót sima vízszintes pályán gurítják. Az eldobás pillanatától a bábukig a golyó a tehetetlensége folytán mozog és nem végez munkát. Viszont mikor becsapódik a bábuk közé és ledönti azokat, *munkát végez* és csökken a sebessége (32.3. ábra).

32.1. ábra. A golyó mechanikai energiával rendelkezik, vagyis mechanikai munkát végezhet, például szétfröcskölheti a vizet



32.2. ábra. A katapult deformált karja mechanikai energiával rendelkezik: ha kioldják a kötelet, a kar kiegyenesedik és nagy sebességgel dobja el a lövedéket, azaz munkát végez (Leonardo da Vinci rajza)

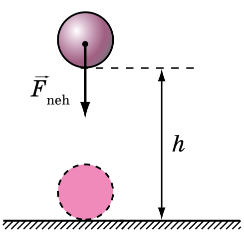
32.3. ábra. A pályán mozgó golyó mechanikai energiával rendelkezik, mivel képes munkavégzésre – a bábuk ledöntésére

32.4. ábra. Téglákat emelgetve a munkás mechanikai munkát végez, amely megegyezik a tégla energiaváltozásának mértékével

Mondjatok néhány példát olyan testekre, amelyek képesek munkavégzésre, vagyis mechanikai energiával rendelkeznek!

Minél nagyobb munkát képes végezni a test, annál nagyobb az energiája. Mechanikai munka végzése közben változik a test energiája. Tehát a *mechanikai munka a test energiájának mértéke.*

Például, az építkezésen a munkás téglát emel, a tégla energiája megnövekszik a munkás által elvégzett munka mértékével (32.4. ábra). Az asztalról leeső golyó energiája csökken a golyó által elvégzett munka mértékében arányosan. Ugyanez mondható el a katapult karja által végzett munkáról.



32.5. ábra. A $\vec{F}_{neh}$ nehézségi erő hatására leeső test által megtett út egyenlő a test kezdeti helyzetének h magasságával

2 Meghatározzuk a felemelt test által elraktározott helyzeti energiát

A magasba emelt test a Föld nehézségi erejének köszönhetően rendelkezik bizonyos energiával. Ezt az energiát *helyzeti energiának* nevezzük.

A **helyzeti (potenciális) energia** E_p a kölcsönható testek vagy ugyanazon test részeinek kölcsönös helyzetéből adódó energia.

A földfelszín fölé h magasságba emelt test helyzeti energiája egyenlő a nehézségi erő $\vec{F}_{neh}$ *által a testnek az adott magasságból történő esésekor végzett munkájával:* $E_p = A = F_{neh} l$.

Mivel $F_{neh} = mg$ és $l = h$ (32.5. ábra), ezért $E_p = mgh$.

A földfelszín fölé emelt test helyzeti energiája a test m tömegének, a g szabadesés gyorsulásának és a h magasságnak a szorzatával egyenlő:

$$E_p = mgh.$$

32.6. ábra. A negyedik polcra helyezett könyv helyzeti energiája nagyobb a második polcon lévő könyvek helyzeti energiájánál

A test helyzeti energiája függ a magasságtól, amelyen a test található, tehát a *nulladik szint – a magasságmérés kezdőpontjának* – kiválasztása jelentős mértékben hat a helyzeti energia mértékére (32.6. ábra).

3 Bebizonyítjuk, hogy a rugalmasan deformált testek rendelkeznek helyzeti energiával

A rugalmasan deformált test részecskéi kölcsönhatnak a rugalmasság erőivel. Ha a testet „felszabadítjuk”, a rugalmassági erő visszaállítja azt eredeti helyzetébe, miközben munkát végez. Tehát a rugalmasan deformált test rendelkezik helyzeti energiával (32.7. ábra).

A *rugalmasan deformált* (összenyomott vagy széthúzott) *rugó* helyzeti energiája a következő képlettel határozható meg:

$$E_h = \frac{kx^2}{2},$$

ahol k – a merevség; x – a rugó nyúlása.

32.7. ábra. Minél deformáltabbak az íj karjai, annál nagyobb a helyzeti energiájuk

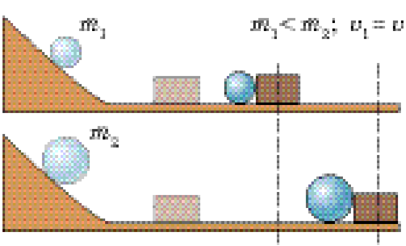
A rugó tulajdonságát, hogy képes a helyzeti energia tárolására, majd mechanikai munka végzésére, számtalan mechanizmusban használják: mechanikus órákban, ajtózárakban, gépkocsik motorjának szelepeiben, lengéscsillapítókban.

4 Megismerkedünk a test mozgási energiájával

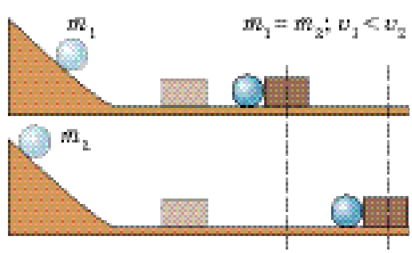
Felidézzük a tekegolyót: gurul, ledönti a bábukat, és csökkenti a sebességét. A golyó mechanikai munkát végez, ezért csökken a mechanikai energiája. Ezzel együtt a golyó helyzeti energiája a bábukkal való ütközés előtt és után is változatlan marad, mivel a golyó egész idő alatt változatlan magasságban halad, csak a sebessége változik. Tehát az energia, ami lehetővé tette a golyó számára a munkavégzést, a mozgásából adódik. A fizikában ezt az energiát *mozgási* (*kinetikus*) energiának nevezik.

A mozgási energia a test tömegétől és sebességétől függ.

Két azonos sebességgel mozgó golyó közül ugyanazt a hasábot a nagyobb tömegű golyó mozdítja el messzebbre, vagyis nagyobb munkát végez. Ez azt jelenti, hogy azonos sebesség mellett a nagyobb tömegű golyó nagyobb mozgási energiával rendelkezik (32.8. ábra). Ha a golyóknak azonos a tömegük, akkor a nagyobb sebességgel mozgó golyó végez nagyobb munkát, azaz annak nagyobb a mozgási energiája (32.9. ábra).



32.8. ábra. Minél nagyobb a golyó tömege, annál nagyobb mozgási energiával rendelkezik



32.9. ábra. Minél nagyobb a golyó sebessége, annál nagyobb mozgási energiával rendelkezik

A fizikában meghatározták a *mozgási energia összefüggését a test tömegével és sebességével.*

A test mozgása közben kialakult energiát **mozgási** energiának nevezzük.

A mozgási energia a test tömegének és sebessége négyzetének a félszorzatával egyenlő:

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

ahol E_k – a test mozgási energiája; m – a test tömege; v – a test sebessége.

A test mozgási energiája különböző megfigyelők esetében eltérő lehet, mivel hozzájuk viszonyítva eltérhet a test sebessége (32.10., 32.11. ábrák).

32.10. ábra. A turistához viszonyítva a kő nem rendelkezik mozgási energiával, a kerékpároshoz viszonyítva ugyanakkor rendelkezik

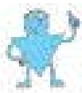
32.11. ábra. A mozgó vonaton lévő utashoz viszonyítva az újság mozgási energiája nulla, a peronon álló emberekhez képest van mozgási energiája

5 Bevezetjük a teljes mechanikai energia fogalmát

A testek gyakran rendelkeznek egyidejűleg helyzeti és mozgási energiával. Például a magasban szálló repülőgépnek van helyzeti (mivel kölcsönhat a Földdel) és mozgási (mivel mozog) energiája.

A helyzeti és mozgási energia összegét **teljes mechanikai energiának** nevezzük:

$$E_t = E_p + E_k.$$



Összefoglaló

Ha a test (vagy testek rendszere) képes mechanikai munka végzésére, akkor azt mondják, hogy energiával rendelkezik.
Az energiát E vagy W betűvel jelölik. Az energia mértékegysége a SI rendszerben a joul (J).

A helyzeti energia a kölcsönható testek vagy ugyanazon test részeinek kölcsönös helyzetéből adódó energia. A rugalmasan deformált és a Föld felszíne fölé emelt test is rendelkezik helyzeti energiával.

A Föld felszíne fölé emelt test helyzeti energiája a következő képlet segítségével határozható meg: $E_p = mgh$, ahol m – a test tömege; g – a szabadesés gyorsulása; h – a test nulladik szinthez viszonyított helyzete.

A test mozgása közben kialakult energiát mozgási energiának nevezzük E_k.

A mozgási energiát a következő képlet adja meg: $E_k = \frac{mv^2}{2}$, ahol E_m – a test mozgási energiája; m – a test tömege; v – a test sebessége.

A helyzeti és mozgási energia összegét teljes mechanikai energiának nevezzük: $E_t = E_p + E_k$.

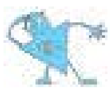
Ellenőrző kérdések

1. Mit jelent „A test (vagy testek rendszere) energiával rendelkezik” kifejezés? **2.** Nevezzétek meg az energia mértékegységét a SI rendszerben! **3.** Mondjatok példát a test energiájának változására munkavégzés közben! **4.** Mit nevezünk helyzeti energiának? **5.** Milyen képlet segítségével határozható meg a h magasságba emelt test helyzeti energiája? **6.** Függ-e a Föld felszíne fölé emelt test helyzeti energiája a magasság mérése kezdőpontjának a kiválasztásától? **7.** Mit nevezünk mozgási energiának? **8.** Milyen képlet segítségével határozható meg a mozgási energia? **9.** Miért lehet eltérő egyazon test mozgási energiája? **10.** Mit nevezünk teljes mechanikai energiának?

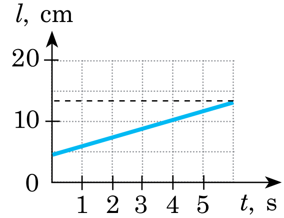
32. gyakorlat

1. Mondjatok példákat helyzeti és mozgási energiával rendelkező testekre!
2. Írjátok le, hogyan változik a repülőgép helyzeti energiája a felszállás és leszállás folyamán! Hogyan változik eközben a mozgási energia?
3. Számítsátok ki a padon lévő iskolatáska helyzeti energiáját a padlóhoz viszonyítva! Az iskolatáska tömege 3 kg, a pad magassága 80 cm.
4. Határozzátok meg az 50 kg tömegű, 10 m/s sebességgel mozgó kerékpáros mozgási energiáját!
5. Az 5 kg tömegű tégla helyzeti energiája 20 J. A padlótól milyen magasságban van a tégla, ha a padlót számítjuk nulladik szintnek?
6. A test sebessége 7,2 km/h. Határozzátok meg a test tömegét, ha 5 J mozgási energiával rendelkezik!
7. Kosárlabda-mérkőzés közben a 400 g tömegű labdát a gyűrű felé dobták. Határozzátok meg a labda teljes mechanikai energiáját 3 m magasságban, ha abban a magasságban a sebessége 2 m/s! A tornaterem padlóját tekintsétek nulladik szintnek.

8. Pótlólagos információforrás felhasználásával találjátok meg annak a berendezésnek a leírását, amelynek a működése a helyzeti energia változásán alapszik! Készítsetek rövid beszámolót!



9. A megtett út grafikonja segítségével (l. az ábrát) határozzátok meg a test sebességét! A feleletet méter per szekundumban adjátok meg!



10. Állapítsátok meg a felsorolt erők és a meghatározásukhoz szükséges képletek közötti kapcsolatot!

A Arkhimédeszi erő **C** Súrlódási erő

B Rugalmassági erő **D** Nehézségi erő

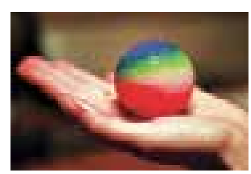
1. $F = mg$ **2.** $F \quad \mu N$ **3.** $F = kx$ **4.** $F = pS$ **5.** $F = \rho_{foly} g V_{merülés}$

Kísérleti feladat

Végezzetek néhány kísérletet annak bizonyítására, hogy a rugalmasan deformált test rendelkezik helyzeti energiával! Készítsetek fényképes beszámolót, a kísérlet menetét írjátok a füzetbe, és készítsetek magyarázó ábrákat!

33. §. A MECHANIKAI ENERGIA MEGMARADÁSÁNAK ÉS ÁTALAKULÁSÁNAK TÖRVÉNYE

Bizonyára mindegyikőtök játszott már pattogós labdával. Emlékezzetek vissza: a labda leesik, majd felpattan, újból leesik, majd újból felpattan, sokszor egymás után. Amikor a labda felfelé repül, csökken a sebessége, majd egy ponton megáll egy pillanatra, és utána esni kezd. Felfelé menet csökken a mozgási energiája is. Vajon teljesen eltűnik a labda energiája?



1 Megvizsgáljuk a helyzeti és mozgási energia egymásba való átalakulását

A természet egyik alaptörvénye az **energia megmaradásának és átalakulásának** törvénye.

Az energia nem tűnik el nyomtalanul és nem keletkezik a semmiből, csak az egyik energiafajta átalakul másik energiafajtává, átadódik egyik testtől a másiknak.

Megvizsgáljuk a helyzeti energia átalakulását mozgási energiává és fordítva, az inga szabad lengésének a példáján (33.1. ábra). A súrlódást nem vesszük figyelembe.

Nulla szintnek az inga legalsó – egyensúlyi – helyzetét választjuk (33.1. ábra – *2.* helyzet).

Kibillentjük az ingát az *1.* helyzetbe. Kísérletünkben az *1.* helyzetben lesz a golyó a legmagasabb ponton, tehát az *1.* helyzetben rendelkezik a legnagyobb helyzeti energiával ($E_{p\,max} = mgh_{max}$). Az *1.* helyzetben a golyó mozdulatlan, ezért a mozgási energiája nulla ($v = 0$, $E_k = 0$). Amikor a golyó elmozdul, a sebessége fokozatosan növekszik, ennek megfelelően növekszik a mozgási energiája is. A helyzeti energia eközben csökken, mivel csökken a h magasság. Abban a pillanatban, amikor a golyó a *2.* helyzetbe kerül, a helyzeti energiája nulla ($h = 0$, $E_p = mgh = 0$). Ebben a pillanatban a legnagyobb a golyó sebessége, tehát a mozgási energia is elérte a maximális értékét $\left(E_{k\,max} = \frac{mv_{max}^2}{2}\right)$.

A mozgási energiatartalék hatására a golyó folytatja az útját, újra felfelé emelkedve, aminek folytán ismét növekedni kezd a helyzeti energiája. A golyó sebessége csökken, és ennek megfelelően csökken a mozgási energiája is.

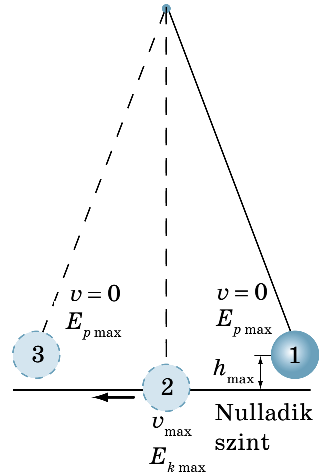
Végül a golyó megáll a *3.* helyzetben – a legnagyobb h_{max} magasságban. A mozgási energiája nullává alakul, a helyzeti pedig a legnagyobb.

Ezek alapján elmondhatjuk, hogy az inga lengése közben az *egyik fajta mechanikai energia másik fajtává alakul át: a helyzeti energia mozgási energiává alakul, és fordítva.*

Próbáljátok elmagyarázni az energiaátalakulást a rugós inga esetében (33.2. ábra)!

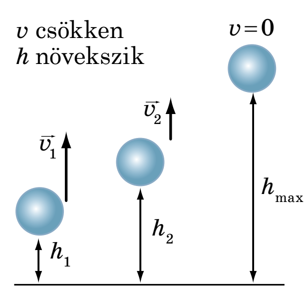
2 Felfedezzük a mechanikai energia megmaradásának és átalakulásának törvényét

Visszatérünk a pattogós labda példájához. Amikor a labda felfelé repül, növekszik helyzetének a magassága, vagyis növekszik a helyzeti energiája (33.3. ábra). A labda sebessége csökken, ennek megfelelően csökken a mozgási energiája is. *Légellenállás hiánya esetén* a lab-



33.1. ábra. A fonalinga lengésekor állandó energiaátalakulás megy végbe: a golyó helyzeti energiája mozgásivá alakul át, és fordítva

33.2. ábra. A helyzeti és mozgási energia kölcsönös átalakulása addig tart, amíg a játék mozgásban van



33.3. ábra. A labda emelkedésekor a helyzeti energiája növekszik, a mozgási csökken (amikor a labda lefelé esik, az E_k növekszik, az E_p csökken) da mozgási energiája annyira csökken, amennyire megnő a helyzeti energiája, és fordítva, azaz a *labda–Föld rendszer teljes mechanikai energiája változatlan marad*

Ugyanez mondható el az ingáról is: *a súrlódási erő hiánya esetén az inga teljes mechanikai energiája változatlan marad.*

Az elméleti és kísérleti kutatások eredményeként megfogalmazható a **mechanikai energia megmaradásának és átalakulásának törvénye**:

A kizárólag rugalmassági és nehézségi erővel egymással kölcsönható testek rendszerében a teljes mechanikai energia változatlan marad:

$$E_{k0} + E_{p0} = E_k + E_p,$$

ahol $E_{k0} + E_{p0}$ – a testek teljes mechanikai energiája a megfigyelés kezdetén; $E_k + E_p$ – a teljes mechanikai energia a megfigyelés végén.

3 Megvizsgáljuk, mit történik az energiával, ha a testek között súrlódás lép fel

Hangsúlyozzuk, hogy az energia megmaradásának és átalakulásának törvénye* kizárólag akkor érvényesül, ha nincs energiaveszteség, különösen a súrlódás hiánya esetében. *Ha a rendszerben súrlódás lép fel, a mechanikai energia (vagy annak egy része) belső energiává alakul át***.

Példaként megvizsgáljuk a vonat fékezésének a folyamatát. Amikor a mozdonyvezető fékezni kezd, a fékbetétek (fékpofák) a kerekekhez tapadnak (33.4. ábra). Ennek következtében a csúszó súrlódás csökkenti a kerekek és ezzel együtt a vonat sebességét, tehát csökken annak mechanikai energiája is. Ha hozzáérnénk a fékbetétekhez vagy a kerékhez, könnyen megégethetnénk a kezünket, annyira felforrósodnak. A felforrósodás arról tanúskodik, hogy megnőtt a kölcsönható testek belső energiája.

Tehát a vonat mozgási energiája a fékbetétek, a kerekek és a környezet belső energiájává alakult át.

33.4. ábra. A vonat kereke fékezés közben

* A paragrafus 1. és 2. pontjaiban említett törvényeket röviden az energiamegmaradás törvényeként vagy a mechanikai energia megmaradásának törvényeként említik.

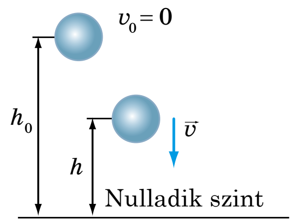
** *A test belső energiája* – a testek molekuláinak (atomjainak, ionjainak) mozgási és kölcsönhatási energiája. A hőmérséklet növekedésével növekszik a belső energia is. Részletesebben a belső energiáról a 8. osztályban fogtok tanulni.

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

1. feladat. Az 1 kg tömegű test 20 m magasságból kezd esni a földfelszínre. Milyen magasságban lesz a mozgási energiája 100 J? A légellenállást figyelmen kívül hagyjuk.

A fizikai probléma elemzése. A légellenállás hiánya miatt a test–Föld rendszer teljes mechanikai energiája változatlan marad, ezért a feladat megoldásához felhasználhatjuk a mechanikai energia megmaradásának törvényét. A test mozgásba lendül, tehát a kezdeti sebessége nulla: $v_0 = 0$.

Magyarázó *ábrát* készítünk, amelyen feltüntetjük a test kezdeti és végső helyzetét. A nulladik szint jelen esetben a fölfelszín. A feladatot SI egységekben oldjuk meg.



Adva van:
$m = 1$ kg
$v_0 = 0$
$h_0 = 20$ m
$E_k = 100$ J
$g = 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

Meghatározni:
h – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás. Az energia megmaradásának törvénye szerint:

$$E_{k0} + E_{p0} = E_k + E_p.$$

A h_0 kezdeti magasságban: A keresett h magasságban:

$E_{k0} = 0$ (hiszen $v = 0$); $E_{k0} \neq 0$ (mivel a test mozog);
$E_{p0} = mgh_0$. $E_p = mgh$.

$$\text{Tehát:}\quad 0 + mgh_0 = E_k + mgh.$$

$$\text{Innen: } mgh = mgh_0 - E_k \Rightarrow h = h_0 - \frac{E_k}{mg}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységeket, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[h] = \text{m} - \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = \text{m} - \frac{\text{J}}{\text{N}} = \text{m} - \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{N}} = \text{m};$$

$$h = 20 - \frac{100}{10} = 20 - 10 = 10 \text{ (m)}.$$

Felelet: $h = 10$ m.

2. feladat. A testet függőlegesen felfelé dobják 20 m/s sebességgel. Milyen magasságon egyenlítődik ki a test helyzeti és mozgási energiája? A légellenállást ne vegyük figyelembe.

A fizikai probléma elemzése. Mivel a légellenállást nem vesszük figyelembe, a test–Föld rendszer teljes mechanikai energiája változatlan marad, ezért a feladat megoldásához felhasználhatjuk a mechanikai energia megmaradásának törvényét. Nulladik szintnek azt a helyet választjuk, ahonnan a testet feldobták. A feladatot SI egységekben oldjuk meg.

Adva van:

$V_0 = 20\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$E_\text{h} = E_k$

$g = 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

$h_0 = 0$

Meghatározni:

$h - ?$

A matematikai modell felállítása, megoldás. A mechanikai energia megmaradásának törvénye szerint:

$$E_{k0} + E_{p0} = E_k + E_p.$$

A h_0 kezdeti magasságban:

$E_{k0} = \frac{mv_0^2}{2}$;

$E_{p0} = 0$ (mivel $h_0 = 0$).

A keresett h magasságban:

$E_k = E_p$ – a feltétel szerint;

$E_p = mgh$.

Tehát: $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + mgh.$

A kapott egyenletből kifejezzük a keresett mennyiséget:

$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgh \Rightarrow mv_0^2 = 4mgh$, ahonnan $h = \frac{v_0^2}{4g}$.

Meghatározzuk a keresett mennyiség értékét:

$$h = \frac{20\cdot 20}{4\cdot 10} = \frac{400}{40} = 10\ \text{(m)}.$$

Felelet: $h = 10$ m.

Összefoglaló

A test (testek rendszerének) helyzeti energiája átalakulhat mozgási energiává, és fordítva.

A mechanikai energia megmaradásának és átalakulásának törvénye: a kizárólag rugalmassági és nehézségi erővel egymással kölcsönható testek rendszerében a teljes mechanikai energia változatlan marad:

$$E_{k0} + E_{p0} = E_k + E_p.$$

Ha a rendszerben súrlódás lép fel, a teljes mechanikai energia idővel csökken: egy része átalakul belső energiává.

Ellenőrző kérdések

1. Mondjatok példákat az energiák egymásba való átalakulására! **2.** Fogalmazzátok meg a mechanikai energia megmaradásának törvényét! **3.** Milyen feltételek mellett érvényes a mechanikai energia megmaradásának a törvénye? **4.** Mondjatok példákat, mikor nem marad meg a mechanikai energia! Vajon eközben érvényét veszíti az energia megmaradásának a törvénye?

33. gyakorlat

1. A korong lecsúszik a jeges dombról és megáll. Megmarad-e ebben az esetben a teljes mechanikai energia?

2. A rugós pisztolyt betöltötték, és a golyót felfelé kilőtték. Milyen energiaátalakulások mennek végbe eközben?

3. A bizonyos magasságban nyugalomban lévő test 400 J helyzeti energiával rendelkezik. A testet leejtik. Mekkora lesz a mozgási energiája abban a pillanatban, amikor a helyzeti energiájának az értéke 150 J? A légellenállást ne vegyétek figyelembe.

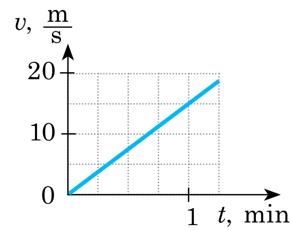
4. A testet feldobták és ezáltal 300 J mozgási energiát közvetítettek neki. Bizonyos magasságban a mozgási energia 120 J-ra csökkent. Mekkora a test helyzeti energiája ezen a szinten? A légellenállást ne vegyétek figyelembe.

5. Az 500 g tömegű követ 20 m/s sebességgel hajították függőlegesen felfelé. Határozzátok meg a test helyzeti és mozgási energiáját 10 m magasan!

6. A nyugalomban lévő test 20 m magasról esik le. Milyen magasságban lesz a sebessége 10 m/s? A légellenállást ne vegyétek figyelembe.

7. A labdát 8 m/s sebességgel dobták fel függőleges irányban. Határozzátok meg, milyen magasságban csökken a labda sebessége a felére! A légellenállást ne vegyétek figyelembe.

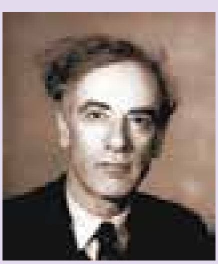
8. Az ábrán a 4 t tömegű tehergépkocsi sebességének időfüggését ábrázoló grafikont látjátok. Határozzátok meg a gépkocsi mozgási energiáját a megfigyelés 15. másodpercében!



Kísérleti feladat

Dobjatok fel egy nem nagy méretű tárgyat (például gyufásdobozt), majd kapjátok el! Próbáljátok meghatározni a tárgy sebességét a mozgás kezdetén és a kezetekbe érés pillanatában! A test által elért magasságot mérjétek meg, vagy becsüljétek meg „szemre”! A légellenállást ne vegyétek figyelembe.

Fizika és technika Ukrajnában

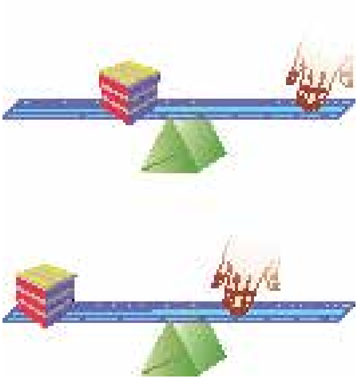


A kor egyik legnagyobb fizikusa, **Lev Landau** (1908–1968) már a középiskolában nem akármilyen tudásáról tett tanúbizonyságot. Az egyetem elvégzése után a kvantumfizika legnagyobb kutatójának, Niels Bohrnak lett a tanítványa. Már 24 éves korában a harkivi Ukrán Fizikai-technikai Intézet vezetője lett, majd a Harkivi Műszaki Főiskola elméleti fizikai tanszékének, később a Harkivi Állami Egyetem elméleti fizikai tanszékének a dékánja volt.

Landau az egyetemen létrehozta az ismert elméleti fizikai iskoláját. Első tanítványai között volt *O. Kompanejec*, *E. Lifsic*, *O. Ahijezer*, *I. Pomerancsuk*. 1937-ben *P. Kapica* akadémikus meghívására átment a Fizikai Problémák Intézetébe.

Mint a neves elméleti fizikusok többsége, Landau is széles tudományos érdeklődésével tűnt ki. Magfizika, plazmafizika, a cseppfolyós hélium szuperfolyékonysága, a szupravezetők elmélete – a fizika mindezen ágaiban jelentős munkát végzett. 1962-ben az alacsony hőmérsékletek fizikájának kutatásáért Nobel-díjjal tüntették ki.

34. §. FORGÓNYOMATÉK. AZ EMELŐ EGYENSÚLYÁNAK FELTÉTELE



Végezzétek el a következő kísérletet!
Vegyetek egy hosszú vonalzót, és helyezzétek támasztékra az ábra szerinti módon! A támaszték közelébe tegyetek (vagy függesszetek) a vonalzóra bármilyen súlyt, a kezetekkel pedig nyomjátok le a vonalzó másik végét (minél távolabb a támasztéktól), és látjátok, hogy könnyű megtartani a súlyt. Most helyezzétek a súlyt távolabb a támasztéktól, a kezetekkel pedig a támasztékhoz közelebb próbáljátok egyensúlyban tartani a vonalzót! Miért kell ebben az esetben nagyobb erőt kifejtenetek, hiszen a súly ugyanaz maradt? Térjetek vissza a kérdés megválaszolására a következő téma befejeztével!

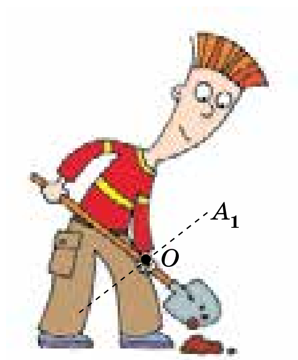
1 Emelőt használunk

Régóta ismeretes, hogy nehéz tárgyakat könnyebb felemelni, ha erős rudat vagy feszítővasat helyezünk alájuk. Ebben az esetben a rúd *egyszerű gépként – emelőként* viselkedik.

Az **emelő** mozdulatlan tengely – forgástengely – körül forgatható szilárd test.

A feszítővas, lapát (34.1. ábra), a kísérletben használt vonalzó – mind az emelő példái.

Az emelő a legegyszerűbb mechanizmus, amit az ember évezredek óta használ. Emelők ábrázolásával találkoztak már barlangrajzokon, ókori templomok falain és papirusztekercseken is. Ma is gyakran látjuk a felhasználását (34.2. ábra). Emelőként leggyakrabban rögzített tengelyű erős rudat használnak.



34.1. ábra. A lapát mint az emelő példája – az ember által legrégebben ismert szerszámok egyike. Itt az AA_1 – a forgástengely, O – a támaszpont

34.2. ábra. Az emelőkkel mindenütt találkozhatunk: játszótéren (*a*), laboratóriumokban (*b*), gyárakban (*c*), az építőiparban (*d*)

2 Tisztázzuk az emelő egyensúlyának feltételeit

Laboratóriumi emelő segítségével meghatározzuk az emelő egyensúlyának feltételeit. Horgok felhasználásával súlyokat akasztunk az emelő karjára. A horgok elmozdításával változtatjuk az emelőre ható erő karját (34.3. ábra).

Az erő karja (erőkar) a forgástengely és az erő hatásvonala közötti legrövidebb távolság.

Felfüggesztünk például a forgástengelytől balra, $d_1 = 30$ cm távolságra egy $P_1 = F_1 = 1$ N súlyú nehezéket. A forgástengelytől jobbra egy $P_2 = F_2 = 3$ N súlyú nehezéket addig csúsztatunk a karon, amíg az emelő egyensúlyba nem kerül. Ez akkor történik meg, ha a 3 N súlyú nehezék a forgástengelytől $d_2 = 10$ cm-re lesz.

Meghatározzuk az emelőre ható $\frac{F_1}{F_2}$ erők, valamint az erők karjának $\frac{d_2}{d_1}$ hányadosát:

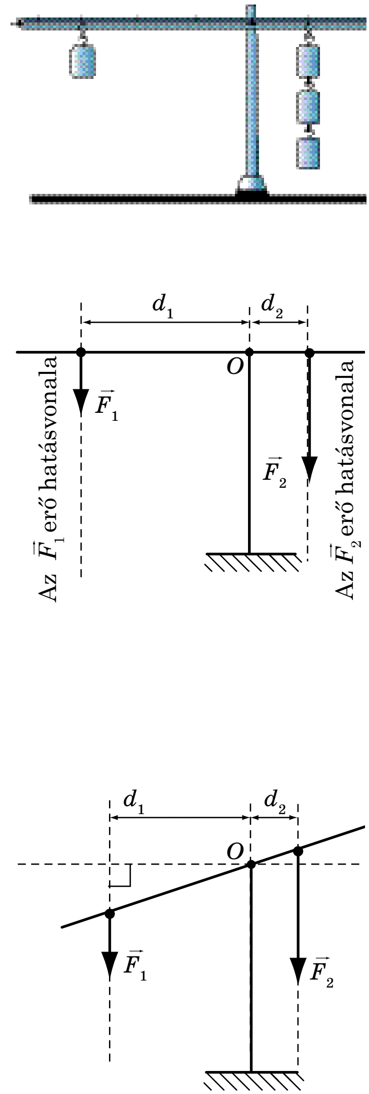
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{1\,\text{N}}{3\,\text{N}} = \frac{1}{3}; \quad \frac{d_2}{d_1} = \frac{10\,\text{cm}}{30\,\text{cm}} = \frac{1}{3}.$$

Innen következik az **emelő egyensúlyának feltétele** vagy az **emelő szabálya**:

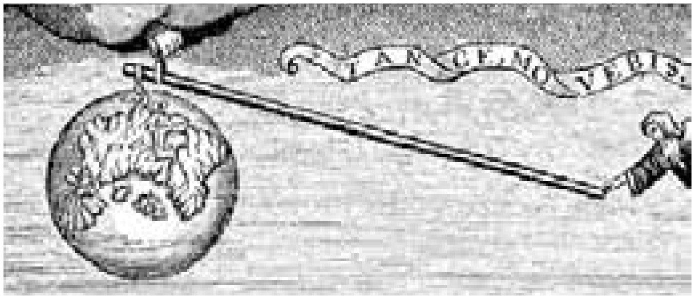
$$\boxed{\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}.}$$

Figyeljétek meg, hogy az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erők igyekeznek ellentétes irányba elfordítani az emelőt (a mi esetünkben az $\vec{F}_1$ erő az óramutatóval ellentétes irányba, az $\vec{F}_2$ pedig az óramutató járásának az irányába akarta elfordítani).

Az emelő szabályát Arkhimédesz görög tudós fedezte fel. A legenda szerint neki tulajdonítják a következő kijelentést: „Adjatok egy fix pontot, és én kifordítom sarkaiból a világot” (34.4. ábra).



34.3. ábra. Az egyensúly az erőkarok helyes kiválasztásával érhető el. Hogy meghatározhassuk az erőkart, a forgáspontból merőlegest szerkesztünk az erő hatásvonalára. Itt az
O – a forgáspont;
d_1 – az $\vec{F}_1$ erő karja;
d_2 – az $\vec{F}_2$ erő karja

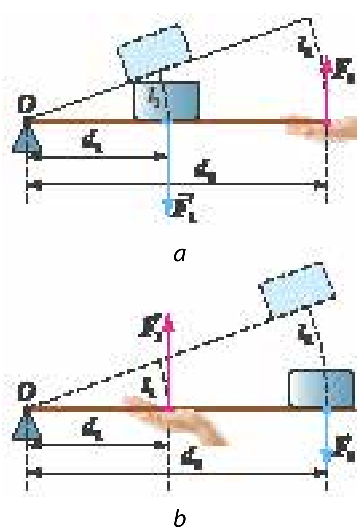


34.4. ábra. *Arkhimédesz emelővel elmozdítja a Földet* – metszet Pierre Varignon mechanikáról szóló könyvéből (1787)

3 Megtudjuk, hogy minden esetben használható-e az emelő erőnyereség eléréséhez

Általában azt mondjuk, hogy emelő segítségével *erőnyereséget érünk el*: például aránylag kis $\left|\vec{F}_2\right|$ erő kifejtésével viszonylag nagy testet tudunk felemelni (34.5. *a* ábra). Viszont az *erőnyereség minden esetben a távolság növekedésével jár*: a kisebbik erő karja hosszabb ($d_2 > d_1$), ezért amikor az ember nehéz testet emel, még ha kis távolságra is, a keze nagyobb távolságot tesz meg.

Ellenkezőleg, az emelő rövidebbik karjára hatva *veszítünk az erőből, de nyerünk a távolságon* (34.5. *b* ábra).



34.5. ábra. Emelő segítségével nyerhetünk az erőn (*a*) és a távolságon is (*b*): a kisebbik erő $\left|\vec{F}_2\right|$ támadáspontja mindig nagyobb távolságot tesz meg, a nagyobbik erőé $\left|\vec{F}_1\right|$ – kevesebbet : $l_2 > l_1$

? Figyeljétek meg a 34.6. ábrát! Melyik esetben nyerünk az erőn, és melyikben a távolságon?

4 Megismerkedünk a forgatónyomatékkal

Az erő forgató hatásának a jellemzésére bevezették a *forgatónyomaték* fogalmát.

A **forgatónyomaték** – fizikai mennyiség, amely egyenlő a testre ható erőnek és az erőkar hosszának a szorzatával:

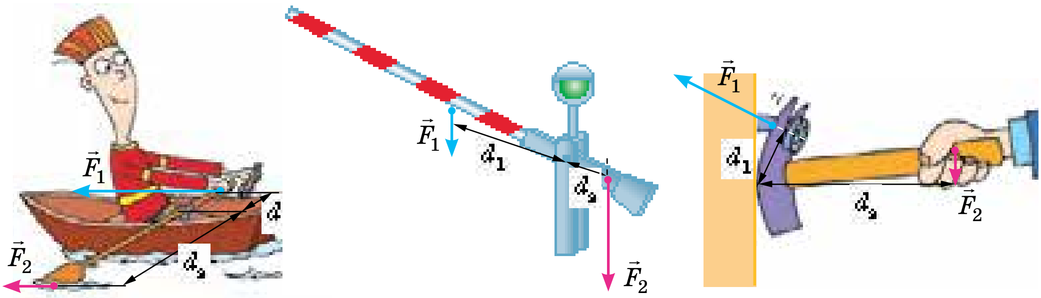
$$M = F \cdot d,$$

ahol M – a forgatónyomaték; F – az erő értéke; d – az erőkar.

A forgatónyomaték mértékegysége a SI *rendszerben* – a **newton-méter**:

$$[M] = \text{N} \cdot \text{m}.$$

1 N *nagyságú erő* 1 N · m *forgatónyomatékot hoz létre, ha az erőkar hossza* 1 m.



34.6. ábra. Az emelőt erőnyereségre használhatják, de nyerhetünk vele a távolságon is. Az ábrán az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ – az emelőre ható erők; d_1 és d_2 – az erők karja

5 Felfedezzük a nyomatékok szabályát

Az arányok tulajdonságait felhasználva az $\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$ emelőszabályt más formában írjuk fel: $F_1 d_1 = F_2 d_2$. Mivel az F erő és a d kar szorzata – a forgatónyomaték (M), ezért:

$$M_1 = M_2.$$

Tehát megfogalmazhatjuk a két erő hatása alatt lévő emelő egyensúlyának feltételét: *az emelő egyensúlyban van, ha az azt az óramutató járásával ellentétes irányba mozdító forgatónyomaték egyenlő az emelőt az óramutató irányába mozdító forgatónyomatékkal.*

Az emelőre leggyakrabban kettőnél több erő hat. Ezért az **emelő egyensúlyának feltételét (a forgatónyomatékok szabálya)** megfogalmazzuk általános alakban is.

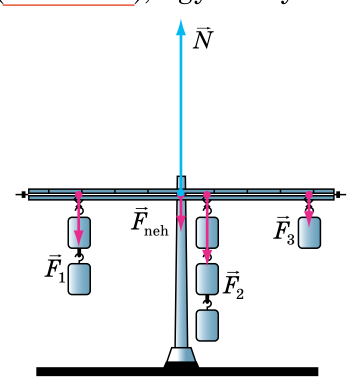
Az emelő egyensúlyban van, ha az azt az óramutató járásával ellentétes irányba mozdító forgatónyomatékok összege egyenlő az emelőt az óramutató irányába mozdító forgatónyomatékok összegével.

Például, ha az emelő karjára három erő hat (34.7. ábra), egyensúlyának a feltétele: $M_1 = M_2 + M_3$.

Jegyezzétek meg!

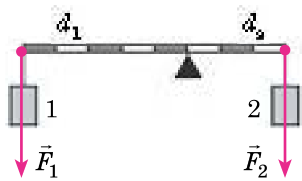
1. Az emelőre (34.7. ábra) az $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ és $\vec{F}_3$ erőkön kívül, amelyek igyekeznek elfordítani azt, még az $\vec{F}_{neh}$ nehézségi erő (mivel az emelőnek súlya van) és a támaszték $\vec{N}$ reakcióereje is hat. Viszont ezen erők karja, tehát a forgatónyomatéka is nulla, ezért nincsenek hatással az emelő forgására.

2. Az emelő mozdulatlan. Ez azt jelenti, hogy a rá ható erők kiegyenlítik egymást: $F_1 + F_2 + F_3 + F_{neh} = N$. Érthető, hogy a nyugalomban lévő emelőre ható erők minden esetben semlegesítik egymást.



34.7. ábra. Az emelő mozdulatlan marad, ha érvényesül az emelőszabály, vagy ha a rá ható erők kiegyenlítik egymást

6 Gyakoroljuk a feladatok megoldását



Feladat. Határozzátok meg az *1.* nehezék tömegét (l. az ábrát), ha a *2.* nehezék tömege 4 kg! Az emelő tömegét hagyjátok figyelmen kívül.

A fizikai probléma elemzése. Az ábrán látható emelő karjaira két erő hat: az *1.* nehezék súlya ($\vec{F}_1$) és a *2.* nehezék súlya ($\vec{F}_2$). Ezek az erők igyekeznek ellentétes irányba elfordítani az emelőt: az $\vec{F}_1$ az óramutató járásával ellentétes irányba, az $\vec{F}_2$ az óramutató irányába. Az ábrán láthatjuk, hogy az erők karjainak értéke: $d_1 = 5a$, $d_2 = 3a$, ahol a – egy szakasz hossza. A nehezékek mozdulatlanok, ezért a súlyuk az $F = mg$ képlettel határozható meg. Mivel az emelő egyensúlyban van, felhasználható az emelőszabály.

Adva van:
$m_2 = 4$ kg
$d_1 = 5a$
$d_2 = 3a$

Meghatározni:
m_1 – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.

Az emelő szabálya szerint: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$.

Mivel $F_1 = m_1 g$ és $F_2 = m_2 g$, ezért:

$$\frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{d_2}{d_1} \rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{d_2}{d_1}.$$

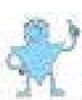
Tehát $m_1 = m_2 \frac{d_2}{d_1}$.

Ellenőrizzük a mértékegységeket, és kiszámítjuk a keresett mennyiséget:

$$[m_1] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}} = \text{kg}; \quad m_1 = 4 \cdot \frac{3a}{5a} = \frac{4 \cdot 3}{5} = 2{,}4 \text{ (kg)}.$$

Az eredmények elemzése: az emelő kisebbik karján 4 kg tömegű teher van, a nagyobbikon 2,4 kg tömegű.

Felelet: $m_1 = 2{,}4$ kg.



Összefoglaló

Az emelő egy mozdulatlan tengely – forgástengely – körül forgatható szilárd test.

Az erő karja (erőkar) a forgástengely és az erő hatásvonala közötti legrövidebb távolság.

Az erő forgató hatásának a jellemzésére bevezették a forgatónyomaték fogalmát, amely egyenlő a testre ható F erőnek és az erőkar d hosszának a szorzatával: $M = F \cdot d$.

Az emelő egyensúlyban van, ha az azt az óramutató járásával ellentétes irányba mozdító forgatónyomaték egyenlő az emelőt az óramutató irányába mozdító forgatónyomatékkal.

Ellenőrző kérdések

1. Mi az emelő? **2.** Mondjatok példát az emelő használatára! **3.** Mit nevezünk az erő karjának? **4.** Milyen képlet segítségével írható fel az emelőszabály? **5.** Az emelő segítségével minden esetben nyerhető erő? Mondjatok példákat! **6.** Mit nevezünk forgatónyomatéknak? **7.** Mi a forgatónyomaték mértékegysége a SI rendszerben? **8.** Fogalmazzátok meg a forgatónyomatékok szabályát!

34. gyakorlat

Az 1–7. feladatokban ne vegyétek figyelembe az emelő tömegét.

1. Az 1. ábrán melyik ember tömege nagyobb?

2. Az 1. nehezék súlya 90 N (2. ábra). Határozzátok meg a 2. nehezék súlyát!

3. Határozzátok meg a nehezék tömegét (3. ábra), ha az emelő jobb végére ható erő 40 N!

4. A súlyok össztömege 48 kg (4. ábra). Határozzátok meg mindegyik súly tömegét!

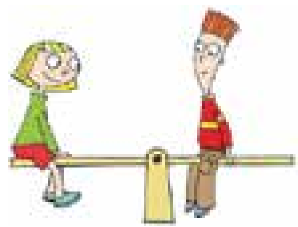
5. A vékony, egynemű, 2 m hosszú rúd végeihez egy 14 és egy 26 kg tömegű terhet erősítettek. A rúd közepétől mekkora távolságra kell elhelyezni a támasztékot, hogy a rúd egyensúlyban legyen?

6. Magyarázzátok meg az 5. ábrán látható eszközök működési elvét! Végezzetek számításokat, és határozzátok meg, mekkora erőnyereség érhető el a használatukkal!

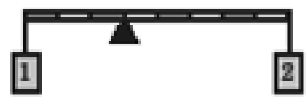
7. Az 1. teher tömege 10 kg, a 2. teheré 5 kg (6. ábra). Határozzátok meg a 3. teher tömegét! Mekkora erővel hat az emelő a támasztékra?

8. Oldjátok meg a paragrafusban található feladatot, ha az emelő tömege 500 g!

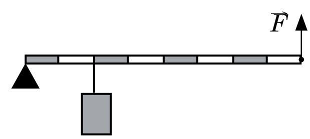
9. Egyéb források felhasználásával keressetek információt az ember testében lévő emelőkről! A kapott adatok alapján állítsatok össze feladatot, és oldjátok meg!



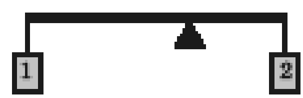
1. ábra



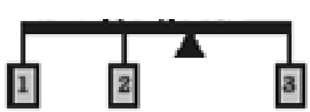
2. ábra



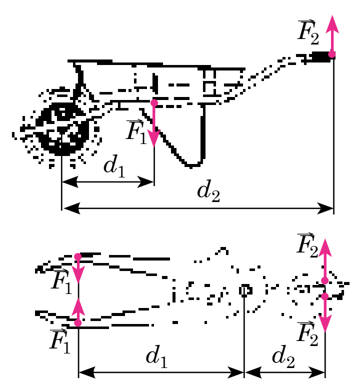
3. ábra



4. ábra



6. ábra



5. ábra

Kísérleti feladatok

1. Ceruza és három 5 kopijkás pénzérme segítségével mérjétek meg a vonalzótok tömegét! Tekintsétek úgy, hogy a vonalzóra ható nehézségi erő a vonalzó középpontjára hat. Egy érme tömege 4,3 g.

2. Keressetek otthon olyan eszközöket, amelyek működési elve az emelő egyensúlyán alapszik (olló, csőkulcs, fogó). Végezzétek el a megfelelő méréseket, és állapítsátok meg, melyik eszköz segítségével érhető el a legnagyobb erőnyereség (nyereség a távolságon)!

Videokísérlet. Nézzétek meg a videofilmet, ismételjétek meg az ott látott kísérletet, és próbáljátok megmagyarázni azt!

11. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma. Az emelő egyensúlyi feltételeinek vizsgálata.

A munka célja: megállapítani kísérleti úton, hogy az erők és az erőkarok milyen aránya mellett lesz egyensúlyban az emelő.

Eszközök: emelő; állvány; súlykészlet 100 g-os súlyokból; dinamométer; vonalzó.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ

Előkészület a kísérlethez

1. A munka elvégzése előtt győződjetek meg, hogy tudjátok-e a válaszokat a következő kérdésekre!
1) Mit nevezünk emelőnek, és hol használják?
2) Mit nevezünk erőkarnak?
3) Mi az erőnyomaték?

2. Határozzátok meg a mérőeszközök beosztásértékét.

3. Rögzítsétek az emelőt az állványra és hozzátok egyensúlyba.

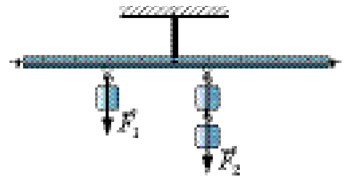
Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!

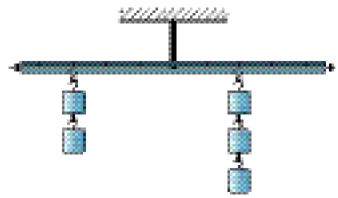
A kísérlet eredményeit azonnal írjátok be a táblázatba.

A kísérlet sorszáma	Az óramutató járásával ellentétes irányba			Az óramutató járásának irányába			$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{d_2}{d_1}$
	F_1. P	d_1. m	M_1. N · m	F_2."o	d_2. P	M_2 ." N · m		

1. Függesszetek emelőre a forgástengelytől egyik oldalra egy, a másikra két súlyt!
2. A súlyok csúsztatásával hozzátok egyensúlyba az emelőt (1. ábra)!
3. Vonalzóval mérjétek meg az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erők d_1 és d_2 karjait!
4. Figyelembe véve, hogy egy nehezék súlya 1 N, írjátok fel az $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erők értékeit!
5. Ismételjétek meg a kísérletet egyik oldalra két, a másikra három súlyt függesztve (2. ábra)!
6. A forgástengelytől balra, 12 cm távolságra függesszetek fel három súlyt (3. ábra)! Az $\vec{F}_2$ erő értéke megegyezik a nehezékek súlyával. A dinamométer segítségével határozzátok meg, mekkora $\vec{F}_1$ erőt kell kifejteni a nehezékek felfüggesztési pontjától 8 cm-re jobbra található pontban, hogy az emelő egyensúlyban maradjon!



1. ábra

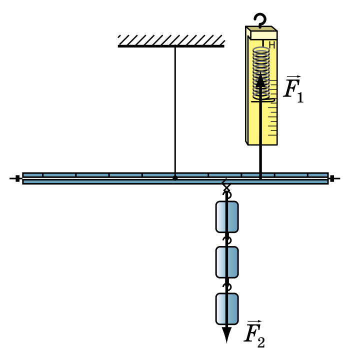

2.ábra

A kísérlet eredményeinek feldolgozása

1. Minden kísérlet esetében:

   1) határozzátok meg az $\frac{F_1}{F_2}$ erők és a $\frac{d_2}{d_1}$ erőkarok hányadosát;

   2) számítsátok ki az óramutató járásával ellentétes irányba ható M_1 erő, valamint az óramutató irányával megegyező irányba ható M_2 erő forgatónyomatékát!
2. Töltsétek be a teljes táblázatot!



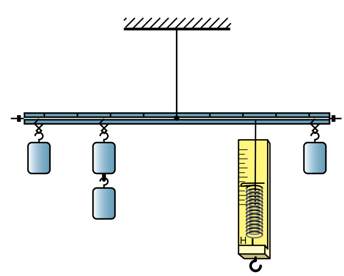
3.ábra

A kísérlet és az eredmények elemzése

A kísérlet eredményei alapján hasonlítsátok össze az emelőre ható erők és az erőkarok hányadosait! Készítsetek összefoglalót, amelyben: 1) fogalmazzátok meg az emelő egyensúlyának feltételeit; 2) elemezzétek, milyen tényezők hatnak a mérések pontosságára!

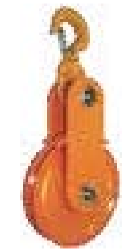
Alkotói feladat

Állítsátok össze a 4. ábrán látható szerkezetet! Végezzétek el a szükséges méréseket, és határozzátok meg az emelőre ható forgatónyomatékokat! Számítsátok ki a forgatónyomatékok összegét! Fogalmazzátok meg az emelő egyensúlyának feltételét ebben a kísérletben!


4. ábra

35. §. MOZGÓ- ÉS ÁLLÓCSIGA

Az első csigát akkor találták fel, amikor a tengelye körül forgó kerékre egy ismeretlen „gépész” kötelet tett, és ennek a szerkezetnek a segítségével nagy terheket emelt fel. A legenda szerint Arkhimédesz néhány csiga segítségével nehéz hajót bocsátott a vízre, amelyet több tucat ló sem bírt elmozdítani a helyéről. Manapság sok gépben és mechanizmusban található csiga. Mivel magyarázható az ilyen széles körű felhasználása?



1 Tisztázzuk az állócsiga és az emelő kapcsolatát

A 35.1. *a* ábrán horonnyal (*2*) ellátott kerék (*1*) látható. A kerék tengelye (*3*) a mozdulatlan vaspánthoz (*4*) van rögzítve; a kerék a tengely körül forog. A hornyon kötelet (*5*) vetettek át. Ez egy *egyszerű gép – állócsiga*.

A csiga – egyszerű gép, melynek horonnyal ellátott kerék formája van, amin kötelet vetnek át.

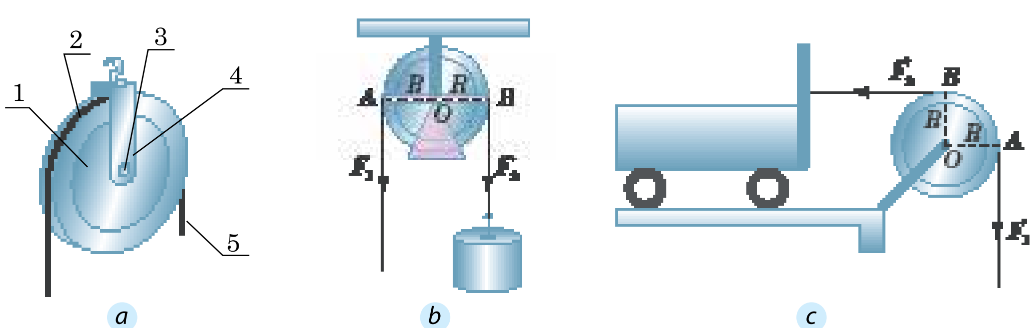
Első látásra az emelő és a csiga merőben eltérő mechanizmusok. Valójában az állócsiga – egy egyforma karokkal rendelkező emelő. A csigán áthúzott kötél végeire $\vec{F}_1$ és $\vec{F}_2$ erőkkel hatunk, és merőlegest húzunk az erők hatásának irányára (35.1. *b, c* ábra). Láthatjuk, hogy mindkét erőkar megegyezik a csiga sugarával: $d_1 = OA = R$; $d_2 = OB = R$.

Az emelő egyensúlyának a feltételéből $\left(\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}\right)$ következik, hogy $\frac{F_1}{F_2} = \frac{R}{R} = 1$ vagy:

$$F_1 = F_2.$$

Tehát *az állócsiga nem ad erőnyereséget, csak megváltoztatja az erő irányát* (l. a 35.1–35.3. ábrákat).

? Figyeljétek meg a 35.1. *b, c* ábrákat! Merre mozog a teher, ha meghúzzuk a kötél szabad végét? Merre mozdul el a kiskocsi?



35.1. ábra. Az állócsigát vizsgálhatjuk mint egyenlő karú emelőt. A *b* és *c* ábrákon: R – a csiga sugara; O – támasztási pont; OA – az $\vec{F}_1$ erő karja; OB – az $\vec{F}_2$ erő karja.

2 Megvizsgáljuk a mozgócsigát

Speciális rögzítő segítségével a terhet a csiga tengelyéhez rögzítjük. Magát a csigát kötélre függesztjük, melynek az egyik végét a plafonhoz rögzítjük (35.4. ábra). Ha emeljük a kötél szabad végét, akkor emelkedik a csiga is a teherrel. A kapott egyszerű gép – a *mozgócsiga*.

A mozgócsigát szintén vizsgálhatjuk mint emelőt, amely az O támasztási ponton átmenő tengely körül forog (35.4. ábra). Az ábra alapján látható, hogy az $\vec{F}_2$ erő karja a csiga sugarával egyenlő (OA szakasz), az $\vec{F}_1$ erő karja pedig a csiga átmérőjével (OB szakasz), azaz kétszeres sugarával.

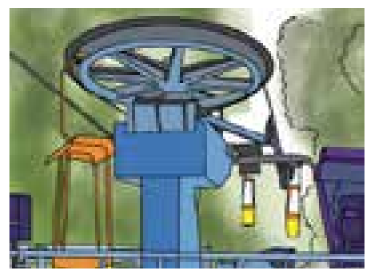
Felhasználva az emelő egyensúlyának feltételét $\left(\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}\right)$ és a $d_1 = 2R$, $d_2 = R$ egyenlőségeket, a következőt kapjuk: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{R}{2R} = \frac{1}{2}$ vagy:

$$\boxed{F_1 = \frac{F_2}{2}.}$$

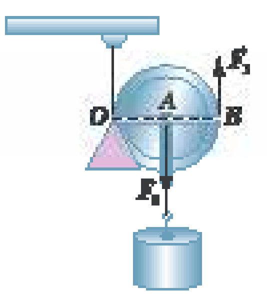
Tehát *a mozgócsiga kétszeres erőnyereséget ad.*

Érthető, hogy az erőnyereség veszteséget okoz a távolságban: ha a kötél végét h magasságba emeljük, akkor a csiga a teherrel együtt $\frac{h}{2}$ magasságba emelkedik (35.5. ábra).

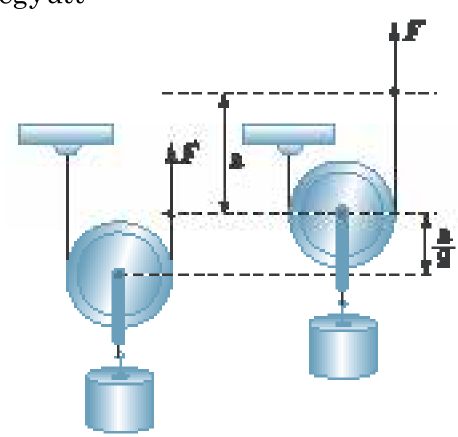
35.2. ábra. A bányákban használatos markológépeken lévő állócsiga segítségével az erők hatása bármely szögben megváltoztatható



35.3. ábra. A felvonó mechanizmusában található állócsiga ellenkezőjére változtatja a kötélpálya húzóerejét (tehát a kötél mozgási irányát is)



35.4. ábra. A mozgócsigára emelőként is tekinthetünk, melyben a karok aránya 1 : 2. Az ábrán O – a támasztási pont; OA – az $\vec{F}_1$ erő karja; OB – az $\vec{F}_2$ erő karja

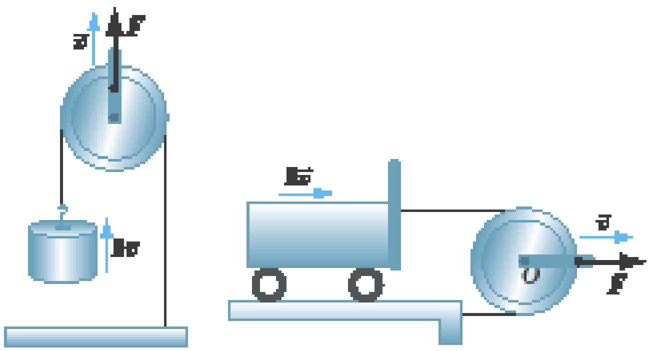


35.5. ábra. Hogy megemelhessük a terhet $\frac{h}{2}$ magasságba, a kötél szabad végét h magasságba kell emelni

Ahogy az emelőt, a mozgócsigát is használhatják nyereség elérésére a távolságban (vagy a sebességben). E célból a terhet a kötél szabad végéhez rögzítik, a csigát pedig a tengelyénél fogva húzzák (35.6. ábra).

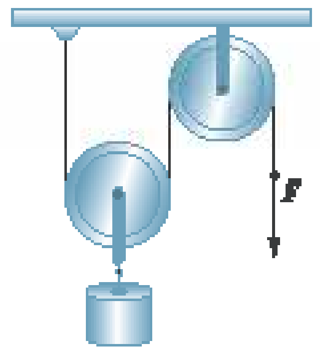
Általában az álló- és mozgócsigát egyszerre használják, egy *csigarendszerbe* kapcsolva őket (35.7. ábra).

❓ Mit gondoltok, a 35.7. ábrán látható csigarendszer lehetővé teszi-e az erőhatás irányának megváltoztatását; erőnyereség elérését!



a *u*

35.6. ábra. Ha az $\vec{F}$ erő támadáspontját $\vec{v}$ sebességgel elmozdítják, akkor a teher (*a*) és a kocsi (*b*) kétszer gyorsabban mozog



35.7. ábra. A teher felemeléséhez elengedhetetlen az álló- és mozgócsigából létrehozott rendszer

3 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Feladat. A 35.8. ábrán csigarendszert láthattok. Mekkora az *a* és *b* kötelek húzóereje, ha a teher tömege 20 kg?

Mekkora erőnyereséget biztosít a rendszer?

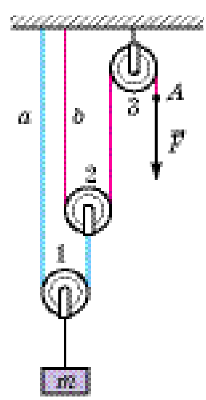
Milyen h távolságra ereszkedik le az A pont, ha a terhet 10 cm-re felemelik?

A csigák tömegét és a súrlódási erőt nem vesszük figyelembe.

A fizikai probléma elemzése. A csigarendszer két mozgó- (*1* és *2*) és egy állócsigából (*3*) áll.

A feladat feltétele szerint a csigák súlytalanok, tehát a kötélre kizárólag a teher hat. Az erőnyereség tisztázása érdekében összehasonlítjuk a teher P súlyát és a kötél szabad végére ható F erőt, melynek a hatására emelkedik a teher.

Megjegyezzük, hogy nyerve az erőben, ugyanannyiszor veszítünk a távolságban, amit a tehernek meg kell tennie.



35.8. ábra.
A 35. §-ban lévő feladathoz

Adva van:
$m = 20$ kg
$h = 10$ cm
$g = 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

Meghatározni:
F_a — ?
F_b — ?
$\frac{P}{F}$ — ?
h_A — ?

A matematikai modell felállítása, megoldás.
Meghatározzuk a teher súlyát:

$$P = mg = 20\ \text{kg} \cdot 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 200\ \text{N}.$$

Az *1.* mozgócsiga, amelyre a teher rögzítődik, 2-szeres erőnyereséget biztosít, tehát a kötél *a* húzóereje 2-szer kisebb a teher súlyánál: $F_a = \frac{P}{2} = \frac{200\ \text{N}}{2} = 100$ N.

A *2.* mozgócsiga, amelyhez az *a* kötél rögzítődik, szintén 2-szeres erőnyereséget biztosít, tehát a *b* kötél húzóereje: $F_b = \frac{F_a}{2} = \frac{100\ \text{N}}{2} = 50$ N.

Az *F* erő a *b* kötél húzóereje: $F = F_b = 50$ N.

Ezért az erőnyereség a következő: $\frac{P}{F} = \frac{200\ \text{N}}{50\ \text{N}} = 4.$

Ahányszorosan nyertünk az erőben, annyiszor veszítettünk a távolságban: $h_A = 4h = 40$ cm.

Az eredmény elemzése: a rendszerben két mozgócsiga van és mindkettő 2-szeres erőnyereséget biztosít, ezért a teljes erőnyereség 4-szeres. Tehát valós eredményt kaptunk.

Felelet: $F_a = 100$ N; $F_b = 50$ N; az erőnyereség – 4; $h_A = 40$ cm.

Összefoglaló

A csiga – egyszerű gép, melynek horonnyal ellátott kerék formája van, amin kötelet vetettek át. Megkülönböztetünk álló- és mozgócsigát.

Az állócsiga hasonlít az egyenlő karú emelőre, ezért nem biztosít erőnyereséget, viszont lehetőséget ad az erőhatás irányának a megváltoztatására.

A mozgócsiga hasonlít az emelőhöz, amelyen a karhosszak aránya 1 : 2, ezért 2-szeres erőnyereség érhető el a használatával, amit a távolságban való veszteség kísér. A mozgócsiga segítségével némely esetben nyereség érhető el a távolságban (sebességben).

A nagyobb hatás elérésének érdekében általában álló- és mozgócsigákból álló rendszereket használnak.

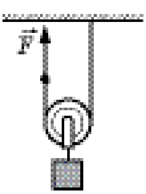
Ellenőrző kérdések

1. Miből áll az állócsiga? **2.** Miért nem érhető el az állócsigával erőnyereség? **3.** Mire használják az állócsigát? **4.** Miből áll a mozgócsiga? **5.** Milyen erőnyereséget biztosít a mozgócsiga? **6.** Mit jelent a következő mondat: „A mozgócsigával 2-szeres nyereség érhető el a távolságban”? **7.** Hogyan érhető el csigák segítségével 2-szeresnél nagyobb erőnyereség?

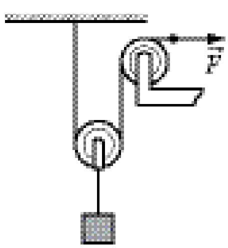
35. gyakorlat

Az 1–3. feladatban tekintsetek el a csigák tömegétől és a súrlódási erő hatásától.

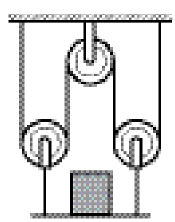
1. Figyeljétek meg az 1. ábrát, és feleljetek a következő kérdésekre: a) milyen csigát ábrázol az ábra? b) mennyire emelkedik meg a teher, ha a kötél szabad végét 10 cm-re emelik? c) mekkora erővel kell húzni a kötelet, ha a teher súlya 60 N?
2. A kötél szabad végét $F = 40$ N erővel húzzák (2. ábra). Mekkora a teher tömege? Mennyire emelkedik meg a teher, ha a kötelet 24 cm-re húzzák el?
3. A terhet egy álló- és két mozgócsiga segítségével emelik (l. *a* 35.8. ábrát). Mekkora a teher tömege, és mennyire emelkedik fel, ha 75 N erő hatására a kötél szabad végét 60 cm-re leeresztik?
4. Mekkora F erővel kell hatni a kötél szabad végére (l. a 2. ábrát), hogy felemelhessék a 100 kg tömegű terhet, ha a mozgócsiga tömege 2 kg? Tekintsétek úgy, hogy a tengelyeken nem hat a súrlódási erő.
5. Az m tömegű terhet csigarendszer tartja (3. ábra). Határozzátok meg mindegyik kötél húzóerejét! A rendszer alkotói súlytalanok.
6. A 4. ábrán látható rendszerben a *3* teher tömege 1 kg, mindegyik csigáé egyenként 100 g. Határozzátok meg az *1* és *2* terhek tömegét! A kötél tömegét és a súrlódási erőt hagyjátok figyelmen kívül.



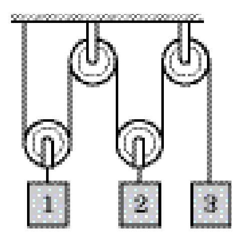
1. ábra



2. ábra

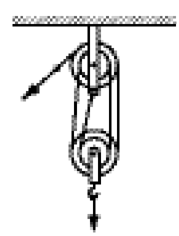


3. ábra



4. ábra

7. A technikában gyakran használnak differenciális csigasorokat – több álló- és mozgócsigából álló rendszert. Az 5. ábrán egy ilyen rendszer – csörlő – látható. Forrásanyagok segítségével tudjatok meg többet a differenciális csigasorokról! Készítsetek beszámolót!
8. A csigákon kívül létezik az emelőnek még egy változata, a hengerkerék (6. ábra). Forrásanyagok segítségével tudjatok meg többet arról, hol használják a hengerkereket, és hogyan érhető el a használatával jelentős erőnyereség! Készítsetek beszámolót!



5. ábra

6. ábra

Videokísérlet. Nézzétek meg a filmet, és magyarázzátok el a megfigyelt jelenséget!

36. §. EGYSZERŰ GÉPEK. HATÁSFOK

Az egyszerű gépek 30 évszázados múltra tekintenek vissza, de ennyi idő alatt sem avultak el, hiszen a mai modern technikai eszközökben is használják az egyszerű gépeket. Ezeknek a szerkezeteknek a segítségével megváltoztatható az erőhatás iránya, erő- és távolságnyereség érhető el. De vajon a munkában is nyerünk-e a segítségükkel?

1 Megismerkedünk az egyszerű gépek fontos tulajdonságával

Már tudjátok, hogy az eltérő karú emelő és a mozgócsiga segítségével erőnyereség érhető el, viszont nem „ingyen”, hiszen távolságveszteség a következmény (36.1. ábra). A *mechanika aranyszabálya* azt mondja: „Amennyit nyerünk erőben, annyit veszítünk a távolságon”. Vajon tényleg így van ez?

Fel kell emelnünk a terhet bizonyos magasságba. Az egyszerűség kedvéért állócsigát használunk. A csigán átvetjük a kötelet, hozzákötjük a terhet, és a szabad végénél fogva egyenletesen húzzuk lefelé (36.2. ábra).

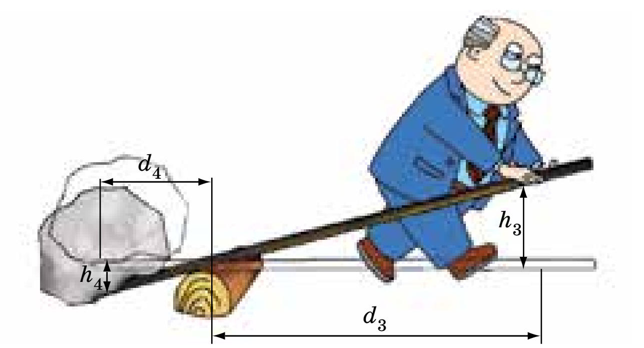
Az állócsigát eltérő karú emelőként képzelhetjük el, ezért a kötélre ható erő megegyezik a teher súlyával: $F = P$. Viszont a gyakorlatban a csiga forgását gátolja a súrlódási erő, ezért a kötélre a teher súlyánál nagyobb erővel kell hatni: $F > P$ (l. a 36.2. ábrát).

Ezek szerint a teher h magasságba való emelésekor *hasznos munkavégzés* történik:

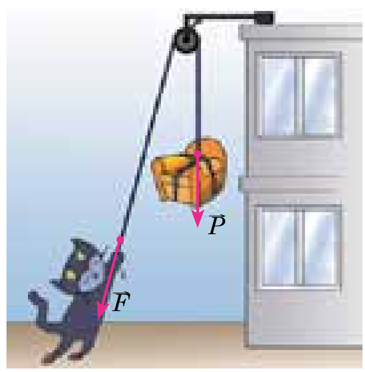
$$A_{hasz} = Ph.$$

Viszont az emeléshez szükséges *teljes munka,* amit a csiga kezelője a tehernek a kötél húzásával h magasságba történő emelése során végez, a következő képlettel határozható meg:

$$A_{teljes} = Fh.$$



36.1. ábra. Az emelő hosszabbik d_1 karjára hatva nyerünk az erőben. De a h_1 magasság, amelyre le kell engednünk a d_2 kart, annyiszor lesz nagyobb a h_2 magasságnál, amelyre a test felemelkedik, ahányszor nagyobb a d_1 kar a d_2 karnál



36.2. ábra. Ha a csigában súrlódás lép fel, akkor a kötélre ható F erő jelentősen nagyobb a teher P súlyánál

Mivel $F > P$, ezért a teljes munka nagyobb a hasznos munkánál.

Az egyszerű gépekkel végzett hasznos munka mindig kisebb a teljes munkánál: $A_{hasz} < A_{teljes}$. Csak ideális feltételek mellett egyenlő a teljes és a hasznos munka, de ilyen feltételek *nem léteznek*.

Hogy a gép által végzett teljes munkának mekkora része hasznos, a *hatásfok* mutatja meg.

Az egyszerű gép hatásfoka a gépet jellemző fizikai mennyiség, amely a hasznos és a teljes munka arányával egyenlő:

$$\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{teljes}}.$$

A *hatásfok* jele – η (éta). A hatásfokot általában *százalékban* adják meg:

$$\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{teljes}} \cdot 100\,\%.$$

Mivel az egyszerű gépek hasznos munkája mindig kisebb a teljes munkájuktól, a *hatásfokuk minden esetben kisebb* 100%-nál.

i 2 Megvizsgáljuk a lejtőt

Az emelőn és a csigákon kívül az ember évezredek óta használ még egy *egyszerű gépet* – a *lejtőt* (36.3. ábra), melynek segítségével csekély erőhatással nagy testek emelhetők fel.

Kivezetjük a lejtő hatásfokának a képletét. Tételezzük fel, hogy egy m tömegű testet kell h magasságba juttatni az l hosszúságú lejtőn (36.4. ábra).

Hogy a testet függőlegesen felemelhessük (lejtő nélkül), a nehézségi erővel megegyező $\vec{F}_1$ erővel kell rá hatnunk: $F_1 = F_{neh} = mg$. A testet h magasságba kell emelni, ezért a hasznos munka $A_{hasz} = F_1 h = mgh$ (azaz megegyezik a teher helyzeti energiájának a növekedésével).

Hogy a testet lejtő segítségével h magasságba húzzuk, a lejtő mentén ható $\vec{F}$ erőre van szükség. Az elvégzett munka ebben az esetben: $A_{teljes} = Fl$, ahol l – a lejtő hossza.

A hatásfok meghatározása alapján:

$$\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{teljes}} = \frac{mgh}{Fl}.$$

Gondolkozzatok el, hogyan növelhető a lejtő hatásfoka!

A testek mozgását a lejtőn a súrlódási erő gátolja. Ha nem lenne súrlódás, a hasznos munka megegyezne a teljes munkával: $A_{hasz} = A_{teljes}$, vagyis $Fh = Fl$ (l. a 36.4. ábrát). Ebben az esetben a legnagyobb lenne az erőnyereség:

$$\frac{F_1}{F} = \frac{l}{h}.$$

A lejtő azon tulajdonságát, hogy erőnyereséget biztosít, és megváltoztatja az erő irányát, mozgólépcsőknél, futószalagoknál, feljáróknál, lépcsőknél hasznosítják (36.5. ábra).

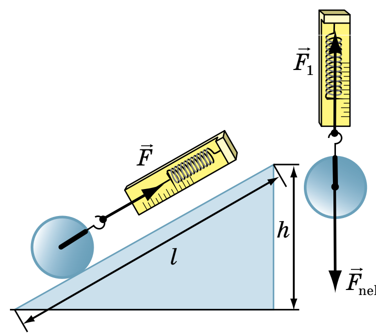
3 Megismerkedünk a lejtő különböző fajtáival

Az *ék* a lejtő egy változata. Hogy megkönnyítsék a favágást, a repedésbe éket helyeznek, majd fejszével ütéseket mérnek rá (36.6. ábra). Ütés közben az ékre három test hat: fentről a fejsze foka, oldalról a tuskó két fele.

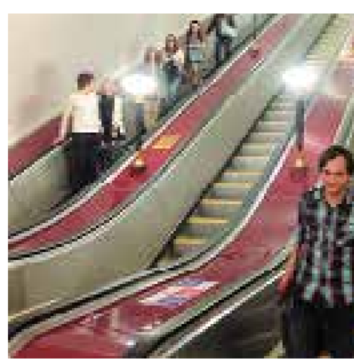
Ennek megfelelően az ék felfelé hat a fejszére, oldalirányban pedig a tuskóra. Ezáltal az ék megváltoztatja a fejsze foka erejének az irányát. Ezenkívül az ék részéről a tuskó oldalaira ható erő jelentősen nagyobb a fejsze ütőerejénél.

A *csavar* szintén a lejtő egyik fajtája. Vegyünk egy vékony kartonból kivágott háromszöget, és helyezzük egy henger mellé (36.7. ábra). Ferde, lejtős oldalával a kartont felcsévéljük a hengerre és *csavar lejtőt* kapunk. A csavar menete valójában a henger köré többszörösen felcsévélt lejtő. Az ékhez hasonlóan a csavar szintén megváltoztathatja a hatóerő irányát és értékét.

36.3. ábra. A lejtő pótolhatatlan terhek emelésénél. Minél kisebb a dőlésszöge, annál könnyebb rajta a munkavégzés

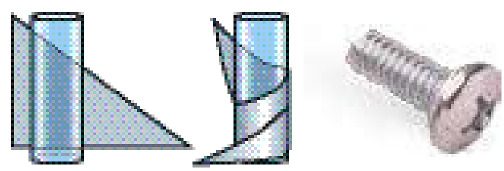


36.4. ábra. A testek lejtőn való felhúzásához kevesebb erőre van szükség, mintha függőlegesen emelnék őket



36.5. ábra. A mozgólépcsőnél a lejtő tulajdonságát használták ki

36.6. ábra. Az ék az erőnyereségen kívül megváltoztatja az erő irányát is



36.7. ábra. A csavar lejtő egy változata

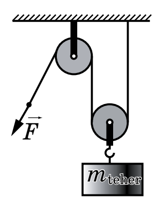
A csavar működési elvét számtalan szerkezetben és berendezésben hasznosítják: mechanikus emelőkben, húsdarálókban, tengelykapcsolókban, fúrókban, facsavaroknál, menetes rögzítőelemeknél.

A csavar lejtő milyen tulajdonságát használjuk ki, amikor hegyi szerpentinen autózunk? Csigalépcsőn közlekedünk?

4 Gyakoroljuk a feladatok megoldását

Jegyezzétek meg! Ha a feladatban adott a hatásfok vagy a keresendő mennyiség, a megoldást a hatásfok képletének felírásával kezdjük. A hatásfok értékét célszerűbb hányadosban megadni (azaz felhasználni az $\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{teljes}}$ képletet), a feleletet viszont célszerűbb százalékban felírni.

Feladat. A 95 kg tömegű terhet álló- és mozgócsiga segítségével egyenletesen emelik fel a harmadik emeletre (l. az ábrát). Határozzátok meg a csigarendszer hatásfokát, ha a kötél végére 500 N erő hat.



A fizikai probléma elemzése. A hatásfok meghatározásához meg kell tudnunk: mekkora munka szükséges a teher h magasságba való felemeléséhez, vagyis az A_{hasz} hasznos munkát; azt a munkát, amelyet a kötélre $\vec{F}$ erővel hatva végzünk, vagyis az A_{teljes} teljes munkát. A rendszerben egy mozgócsiga található, ezért távolságban 2-szeres veszteséget kapunk: a teher h magasságba való emelésekor a kötelet $l = 2h$ távolságra kell húzni. A rendszerben található állócsiga csak az erő irányát változtatja meg.

Adva van:
$m_{teher} = 95$ kg
$F = 500$ N
$g = 10\ \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

Meghatározni:
η – ?

A matematikai modell felállítása, megoldás. A hatásfok meghatározása szerint: $\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{teljes}}$.

Mit tesznek? A terhet h magasságba emelik, ezért a hasznos munka megegyezik a teher helyzeti energiájának a változásával: $A_{hasz} = m_{teher}gh$.

Hogyan teszik? A kötelet $\vec{F}$ erővel húzzák. Ezért a teher felemeléséhez szükséges teljes munka: $A_{teljes} = Fl$, ahol $l = 2h$. Tehát:

$$A_{teljes} = F \cdot 2h.$$

Behelyettesítve a hatásfok képletébe az A_{hasz} hasznos és az A_{teljes} teljes munka kifejezéseit, a következő képletet kapjuk:

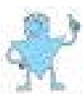
$$\eta = \frac{m_{teher}gh}{F \cdot 2h} = \frac{m_{teher}g}{2F}.$$

Ellenőrizzük a mértékegységeket, és meghatározzuk a keresett mennyiséget:

$$[\eta] = \frac{\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{N} \cdot \mathrm{m}} = 1; \quad \eta = \frac{95 \cdot 10}{2 \cdot 500} = \frac{95}{100} = 0{,}95; \quad \eta = 95\,\%.$$

Az eredmény elemzése: az egyszerű gép hatásfoka kisebb, mint 100%, tehát valós az eredmény.

Felelet: $\eta = 95\%$.



Összefoglaló

Munkája megkönnyítése céljából az ember ősidők óta egyszerű gépeket – erő átalakítására szolgáló eszközöket – használ. Az egyszerű gépek megtalálhatók a mai modern berendezésekben is. Az egyszerű gépek példái: emelő és annak különböző fajtái (álló- és mozgócsiga, hengerkerék); a lejtő és különféle módozatai (ék, csavar).

A gyakorlatban a gépek által végzett hasznos munka minden esetben kisebb a teljes munkánál: $A_{hasz} < A_{teljes}$.

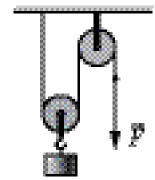
Az egyszerű gép hatásfoka a gépet jellemző fizikai mennyiség, amely a hasznos és a teljes munkának az arányával egyenlő: $\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{teljes}}$. A hatásfokot általában százalékban adják meg: $\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{taljes}} \cdot 100\,\%$. A hatásfok minden esetben kisebb 100%-nál.

Ellenőrző kérdések

1. Mire használják az egyszerű gépeket? **2.** Miért kisebb minden esetben a hasznos munka a teljes munkánál? **3.** Mit nevezünk hatásfoknak? **4.** Hogyan határozható meg a lejtő hatásfoka? **5.** Soroljátok fel a lejtő néhány fajtáját! **6.** Mondjatok példát az egyszerű gépek felhasználására a modern technikai eszközökben!

36. gyakorlat

1. Az emelődaru motorja 1 kJ teljes munkát végzett. Lehet-e a hasznos munka mértéke: a) 1530 J; b) 1000 J; c) 900 J?
2. Egyszerű gép segítségével 120 J nagyságú hasznos munkát végeztek. Határozzátok meg a gép hatásfokát, ha a teljes munka 150 J!
3. A testet a lejtőn 180 kJ hasznos munka végzésével emelik fel. Határozzátok meg a teljes munkát, ha a lejtő hatásfoka 90%!
4. A testet 50 N erőhatás segítségével mozgatják a lejtőn felfelé. Határozzátok meg a test tömegét, ha a lejtő hossza 2 m, magassága 50 cm, a hatásfoka 80%!



5. A 45 kg tömegű terhet egy álló- és mozgócsigából összeállított rendszer segítségével emelik fel (l. az ábrát). Mekkora erővel kell hatni a kötél szabad végére, ha a szerkezet hatásfoka 75%?
6. A 80 kg tömegű terhet a vízszintesen ható $\vec{F}$ erő hatásával emelő segítségével emelték fel. Az erő mértéke 400 N. Határozzátok meg az emelő hatásfokát, ha a teher felől az emelőre ható erőkar háromszor kisebb az $\vec{F}$ erő karjánál!
7. Keressetek információt egyes gépek hatásfokáról, és az általuk végzett munkáról! A kapott adatok felhasználásával állítsatok össze 1–2 feladatot, és oldjátok meg!

Kísérleti feladat

Vizsgáljátok meg a húsdarálót! Milyen egyszerű gép található benne?

Videokísérlet. Nézzétek meg a filmet, és magyarázzátok meg a megfigyelt jelenséget!

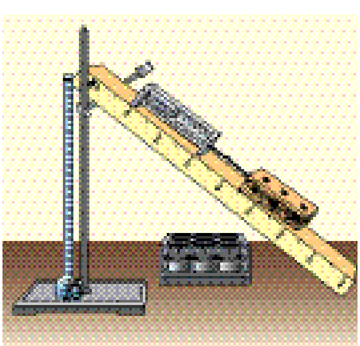
12. SZÁMÚ LABORATÓRIUMI MUNKA

Téma. Lejtő hatásfokának meghatározása.

A munka célja: meggyőződni kísérletileg arról, hogy lejtő használatakor a végzett hasznos munka kisebb, mint a lejtővel végzett teljes munka; meghatározni a lejtő hatásfokát.

Eszközök: mérőszalag; dinamométer; három azonos tömegű nehezék; favonalzó; állvány rögzítővel; fahasáb.

ÚTMUTATÓ A MUNKÁHOZ



Előkészület a kísérlethez

1. A munka elvégzése előtt győződjetek meg róla, tudjátok-e a válaszokat a következő kérdésekre.
   1) Milyen egyszerű gépeket ismertek?
   2) Hogyan határozható meg a hatásfok?
   3) Miért kisebb minden esetben a hatásfok 100%-nál?
2. Határozzátok meg a mérőeszközök beosztásértékét!
3. Állítsátok össze az ábrán látható szerkezetet!

Kísérlet

Szigorúan tartsátok be a balesetvédelmi előírásokat!
A kísérlet eredményeit azonnal írjátok be a táblázatba!

1. Mérőszalag segítségével mérjétek meg a lejtő l hosszát és h magasságát!
2. Dinamométerrel mérjétek meg a hasáb P_1 súlyát!
3. Helyezzétek a hasábot a lejtőre, és a dinamométerrel *egyenletesen* húzzátok felfelé! Mérjétek meg a hasábra a dinamométer felől ható F_1 erőt!
4. Mérjétek meg dinamométerrel egy nehezék súlyát!
5. A lejtő hajlásszögét változatlanul hagyva ismételjétek meg a kísérletet (l. a 3. pont) még háromszor, először egy, majd két, utána három nehezéket helyezve a hasábra!

   Vegyétek figyelembe! Minden kísérletben a test súlyának meghatározásakor a hasáb súlyához adjátok hozzá a nehezék súlyát is!

A kísérlet eredményeinek feldolgozása

1. Minden kísérletnél számítsátok ki:
   1) a teljes munkát ($A_{teljes} = Fl$);
   2) a hasznos munkát ($A_{hasz} = Ph$, ahol P – a test súlya);
   3) a lejtő által kapott erőnyereséget $\left(\frac{P}{F}\right)$;
   4) a lejtő hatásfokát $\left(\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{teljes}} \cdot 100\,\% = \frac{Ph}{Fl} \cdot 100\,\%\right)$!
2. A számítások eredményeit írjátok be a táblázatba!

A kísérlet sorszáma	A test súlya (P, N)	A lejtő magassága h, m	Hasznos munka (A_{hasz}, J)	Húzóerő (F, N)	A lejtő hossza l, m	Teljes munka (A_{teljes}, J)	Erőnyereség $\left(\frac{P}{F}\right)$	Hatásfok (η, %)

A kísérlet és az eredmények elemzése

1) Minden kísérletben hasonlítsátok össze az (F) erőt a test (P) súlyával, és vonjatok le következtetést a lejtő általi erőnyereségről!
2) Hasonlítsátok össze a kapott hatásfokértékeket, és vonjatok le következtetést, hogy függ-e a hatásfok a test súlyától!

Alkotói feladat

Kísérlet segítségével tisztázzátok, hogyan függ a hatásfok a lejtő dőlésszögétől! Szerintetek a dőlésszög megváltoztatásával miért változik meg a hatásfok?

A 4. FEJEZETET ÖSSZEFOGLALÁSA.
Mechanikai munka és energia

1. A 4. fejezetben megismerhettétek a *mechanikai munkát*, *mechanikai energiát és a teljesítményt*.

Mechanikai munka, J	Energia, J	Teljesítmény, W
$A = Fl$ $[A] = \text{J}$ $1\ \text{J} = 1\ \text{N} \cdot 1\ \text{m}$ Az erőhatás alatt lévő test mozgását jellemzi	$[E] = \text{J}$ A test (testrendszerek) munkavégzőképességét jellemzi	$N = \dfrac{A}{t}$ $[N] = \text{W};\ 1\,\text{W} = \dfrac{1\,\text{J}}{1\,\text{s}}$ A munkavézés gyorsaságát jellemzi

2. Megtanultátok megkülönböztetni a *helyzeti és mozgási energiát*, megismertétek a *teljes mechanikai energiát.*

MECHANIKAI ENERGIA

Mozgási energia	**Helyzeti energia**	
$E_k = \dfrac{mv^2}{2}$	Felemelt test $E_p = mgh$	Rugalmasan deformált rugó $E_p = \dfrac{kx^2}{2}$

A test (testek rendszere) teljes mechanikai energiája: $E_{\text{teljes}} = E_k + E_p$

3. Megismerkedtetek a *mechanikai energia megmaradásának és átalakulásának a törvényével*, megtudtátok, hogyan *változik a mechanikai energia, ha súrlódás* lép fel:

Súrlódás hiányában teljesül a *mechanikai energia megmaradásának és átalakulásának törvénye*:	Ha a rendszerben súrlódás jön létre, a teljes mechanikai energia csökken:
$E_{k0} + E_{p0} = E_k + E_p$	$E_{\text{teljes0}} > E_{\text{teljes}}$

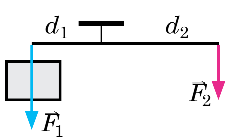
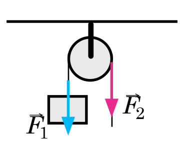
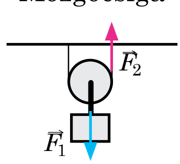
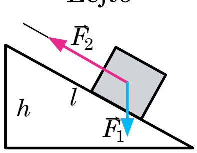
4. Megismerkedtetek az *egyszerű gépekkel.*

- EGYSZERŰ GÉPEK
  - Emelő
    - Csiga
      - Állócsiga
      - Mozgócsiga
  - Lejtő
    - Ék
    - Csavar

5. Tisztáztátok, hogy *egyik egyszerű gép sem ad erőnyereséget,* és megismertétek a *gépek hatásfokának* fogalmát.

$$\eta = \frac{A_{hasz}}{A_{teljes}} \cdot 100\%$$

Egyszerű gépek használata testek emeléséhez

Egyszerű gép	Erőnyereség ideális körülmények között	Nyereség a távolságban	Hatásfok reális körülmények között	A hatásfok csökkenésének okai
Emelő 	$\frac{d_2}{d_1}$	$\frac{d_1}{d_2}$	$\eta = \frac{F_1 d_1}{F_2 d_2}$	Az emelő súlya, súrlódási erő a forgástengelyen
Állócsiga 	Nincs	Nincs	$\eta = \frac{F_1}{F_2}$	A kötél súlya, súrlódási erő a csiga tengelyén
Mozgócsiga 	2	0,5	$\eta = \frac{0{,}5F_1}{F_2}$	A csiga és a kötél súlya, súrlódási erő a csiga tengelyén
Lejtő 	$\frac{l}{h}$	$\frac{h}{l}$	$\eta = \frac{F_1 h}{F_2 l}$	Súrlódási erő

FELADATOK ÖNELLENŐRZÉSRE A *Mechanikai munka és energia* című 4. fejezethez

Az 1–9. feladatokban válasszatok ki egy helyes választ!
A feladatokban g = 10 N/kg.

1. *(1 pont)* Ismerve a repülőgép húzóerejét és az általa az erő irányában megtett utat, meghatározható:
a) a repülőgép sebessége;
b) a repülőgépnek a húzóerő hatására létrejött teljesítménye;
c) a húzóerő munkája;
d) a repülőgép mozgási ideje.

2. *(1 pont)* A gépkocsi a vízszintes úton halad meghatározott sebességgel. A sebesség 2-szeres növelése eredményeként:
a) a gépkocsi mozgási energiája 4-szeresére növekszik;
b) a gépkocsi helyzeti energiája 4-szeresére növekszik;
c) 2-szeresére növekszik a motor hatásfoka;
d) a gépkocsi mozgási energiája 2-szeresére növekszik.

3. *(1 pont)* Ha a gép teljesítménye 100 W, akkor:
a) 100 s alatt 1 J munkát végez;
b) 10 s alatt 10 J munkát végez;
c) 1 s alatt 0,01 J munkát végez;
d) 1 s alatt 100 J munkát végez.

4. *(1 pont)* Mozgócsigát használnak:
a) erőnyereség és távolsági nyereség elérésére;
b) csak erőnyereség elérésére;
c) nyereség elérésére munkavégvéskor;
d) erő irányának a megváltoztatására.

5. *(1 pont)* Ha egyszerű gép használatával 6-szoros erőnyereség érhető el, akkor ideális körülmények között:
a) 6-szorosan veszítünk a távolságon;
b) 6-szorosan nyerünk a távolságon;
c) 36-szorosan veszítünk a távolságon;
d) 36-szorosan nyerünk a távolságon.

6. *(2 pont)* Mekkora munkát kell elvégezni, hogy kihúzzuk a vedret a 12 m mély kútból? A vedér tömege vízzel együtt 8 kg.
a) 1,5 J; b) 15 J; c) 96 J; d) 960 J.

7. *(2 pont)* Mennyi a motor teljesítménye, ha 4 perc alatt 12 kJ munkát végez?
a) 50 W; b) 500 W; c) 3 kW; d) 12 kW.

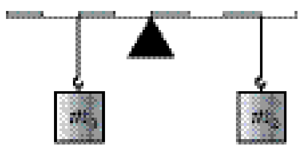
8. *(2 pont)* Az emelődaru a 24 kN súlyú terhet 360 kJ munkavégzés által emelte fel. Milyen magasra emelte fel a daru a terhet?
a) 15 cm; b) 1,5 m; c) 15 m; d) 21,6 m.

9. *(2 pont)* Mennyi idő alatt végez el a 100 W teljesítményű motor 2 kJ munkát?
a) 0,05 s; b) 20 s; c) 50 s; d) 200 s.

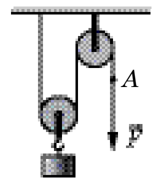
10. *(3 pont)* A víz alatt 18 km/h sebességgel úszó bálna teljesítménye 150 kW. Határozzátok meg a víz ellenállását!

11. *(3 pon)* Két súly össztömege 25 kg (1. ábra). Mennyi a súlyok tömege külön-külön, ha az emelő egyensúlyban van?

12. *(3 pont)* Mekkora erőt kell kifejteni a zsinór szabad végére (2. ábra), hogy egyenletesen felemelhessük a 12 kg tömegű súlyt? Milyen magasra emelkedik a súly, ha az *A* pont 20 cm-re mozdul el? A csigák tömegét és a súrlódási erőt hagyjátok figyelmen kívül.



1. ábra



2. ábra

13. *(3 pont)* Emelő segítségével a 2 t tömegű gépkocsit 2 m magasra emelték fel. Határozzátok meg az eközben végzett munkát, ha az emelő hatásfoka 80%!

14. *(3 pont)* Az állócsiga segítségével 1,6 kN erő kifejtésével terhet emelnek. Mennyi a teher tömege, ha a csiga hatásfoka 80%?

15. *(4 pont)* Az emelő nagyobbik karja 3-szor hosszabb a kisebbiknél. Hogy megemelhessék a rövid karra függesztett 60 kg tömegű súlyt, a hosszú karra 250 N erővel hatottak. Határozzátok meg az emelő hatásfokát!

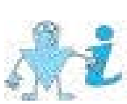
16. *(4 pont)* A lejtő hatásfoka 70%. A 14 kg tömegű súly felemeléséhez 60 N erőre van szükség. Mennyi a lejtő hossza, ha magassága 30 cm?

17. *(4 pont)* Mozgócsiga segítségével 40 kg-os terhet emelnek fel, miközben a kötél szabad végét 300 N erővel húzzák. Határozzátok meg a mozgócsiga hatásfokát!

18. *(4 pont)* A 0,5 kg tömegű labdát 20 m/s kezdeti sebességgel függőlegesen feldobták. Határozzátok meg a labda mozgási és helyzeti energiáját abban a pillanatban, amikor a sebessége a felére csökken!

19. *(4 pont)* Az 5 kg tömegű test vízszintes síkon fekszik. A test az eredő irányába kezdett mozogni és 10 m megtétele után a sebessége 10 m/s lett. Határozzátok meg a testre ható erők eredőjét!

A feleleteket a könyv végén találjátok. Jelöljétek meg a helyes válaszokat, és számoljátok össze az elért pontszámot, majd az összeget osszátok el hárommal! A kapott szám jelenti a tudásszinteteket.



A gyakorló tesztfeladatokat megtalálhatjátok az *Interaktív tanulás* című honlapon.

Miért kell tudatosan összetörni a gépkocsikat

A népi bölcsesség azt mondja- „Ha tudnád, hol esel el, szalmát terítenél oda”. Ezt a mondást átvitt értelemben használják, de a fizika szempontjából helyes a mondanivalója. A puha „szalma”, amire esni kell, nem más, mint a tornaterem matracai, a kaszkadőrök biztonságát védő kartondobozok és egyéb biztonsági eszközök, amelyek az ember testi épségét hivatottak megóvni. Vajon hogyan alkalmazzák a mérnökök a fenti bölcsességet?

Ha a test mozgás közben akadályba ütközik, akkor a test és az akadály is deformálódik. Ha egy elejtett fagylatról van szó, nem történik nagy baj. De ha egy gépkocsi ütközik össze egy másik járművel vagy betonfallal, tragédia történhet.

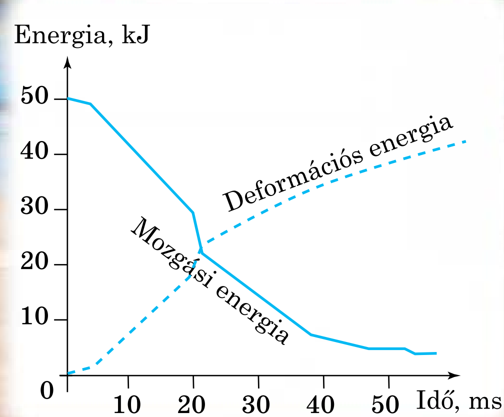
Érthető, hogy a tervezőmérnökök nem előzhetik meg a baleseteket, de mindent megtesznek annak érdekében, hogy a következmények a lehető legenyhébbek legyenek.

A gépkocsikat úgy tervezik, hogy a deformáció csak az első (hátsó) részére hasson, az utastér minél jobban épségben maradjon. A mérnökök terveik és elképzeléseik helyességét úgynevezett *töréstesztek* (*crash test*) segítségével ellenőrzik. A teszt lebonyolítására a teljesen új gépkocsit nagyszámú érzékelővel szerelik fel, az ülésekre pedig próbababákat helyeznek, amelyek szintén érzékelőkkel vannak ellátva.

Ezek után a gépkocsit 40–60 km/h sebességre felgyorsítva nekivezetik az akadálynak.

Nem kár a gépkocsiért, hiszen az ütközés által kapott adatok figyelembevételével emberéletek menthetők meg. A tesztek alkalmával óriási mennyiségű adat keletkezik.

A grafikonon a gépkocsi mozgási energiájának és az ütközés pillanatában történt deformáció energiájának az időfüggősége látható. A kezdeti időpont a fallal történt ütközés pillanata. A figyelmesebbek rögtön észreveszik: ha összeadjuk a mozgási és a deformáció energiáját, mondjuk 40 m/s sebességnél, az összeg kisebb lesz, mint a kezdeti mozgási energia. Ez annak köszönhető, hogy a kezdeti mozgási energia részben más energiává átalakul, amelyek nincsenek feltüntetve a grafikonon.



A törésteszt eredménye: a mozgási energia (összefüggő vonal) és a deformáció energiájának (szaggatott vonal) időtől való függése. A nulla a fallal való ütközést jelzi.

Referátumok és beszámolók témái

1. Emelők az élő természetben.
2. Egyszerű gépek felhasználása: történelem és jelenkor.
3. Egyszerű gépek környezetünkben0"
4. Egyszerű gépek a modern berendezésekben0
5. Az energiamegmaradás felfedezésének története0
6. Sz. Timosenko neves ukrán tudós élete és munkássága0
7. A víz- és szélenergia felhasználása0
8. A legnagyobb gépkocsi-, hajó-, repülőgép- és űrhajó-hajtóművek teljesítménye0"
9. Emelők a szervezetünkben0
10. El tudta volna mozdítani Arkhimédesz a FöldetA
11. Csigák és csörlők hajókon és vitorlásokon0
12. Ősi harci hajítógépek0

Kísérleti kutatások témái

1. A tanulók teljesítményének meghatározása testnevelés-órán0
2. A kerékpár hatásfokának kiszámítása egyenetlen úton0
3. Csörlő készítése egyszerű anyagokból, és hatásfokának meghatározása0
4. Vízenergiával működö berendezés építése. Hatásfokának értékelése0
5. A vállizom erőjellemzőinek meghatározása táska emelése közben0
6. A csapból folyó vízsugár teljesítményének meghatározása0

BEMUTATÓ KÉSZÍTÉSE

1. Szervezési szakasz. A téma kiválasztása, a célok és feladatok megbeszélése, terv készítése.

A **bemutató terve** – *a bemutató céljának eléréséhez szükséges munkamenet.*

A terv segít feltárni és megoldani a munka közben felmerülendő problémákat.

Ki kell jelölni a végrehajtás főbb mozzanatait, a határidőket, a résztvevők feladatait és felelősségét.

2. **Előkészítő szakasz.** Információgyűjtés, osztályozás. Ehhez gyakran portfóliót állítanak össze.

Portfólió – *a forrásanyagok osztályozása.*

Digitális portfólió – *az internetről és egyéb helyekről elektronikus formában begyűjtött anyagok osztályozás*a.

A digitális portfólióval kényelmesebb és gyorsabb az anyagok összeállítása, egyszerűbb a bemutató egyes részeinek vágása, áthelyezése. Ne feledjétek elmenteni és feltüntetni a forrásanyagok szerzőit, kiadóit. Emlékezzetek a szerzői jogok betartásának fontosságára!

3. Tervezési szakasz. Az összegyűjtött információ rendszerezése, a bemutató modelljének felvázolása.

Ha számotokra ismeretlen kifejezésekkel találkoztok, a helyesírásukat nézzétek meg a megfelelő könyvekben vagy az interneten.

4. **Bemutató összeállítása.** Az eredmények összegzése, sorrendbe állítása.

Hogy sikeres legyen a bemutató, alaposan fel kell rá készülni. Még egyszer tekintsétek át a vázlataitokat, ellenőrizzétek, minden felvázolt tervvel megbirkóztatok-e, nem hagytatok-e ki valami lényegeset. Gondolataitokat szedjétek rendbe, beszédetek legyen egyértelmű és érthető.

Ha a bemutatót vetítő segítségével akarjátok megtartani, előre határozzátok meg a diák sorrendjét. A bemutató a következő vázlat szerint történhet:

A dia tartalma	A beszámoló tartalma
Téma, végrehajtók	A bemutató témájának ismertetése, a készítők listája
Kulcsszó	A kulcskérdés ismertetése, amely tükrözi a bemutató témáját és célját
A bemutató anyagai	Beszámoló a kutatásról
Következtetések	A következtetések levonása
Forrásmunkák listája	A felhasznált forrásanyagok felsorolása
Köszönet	Köszönet azoknak, akik segítettek az elkészítésben. Köszönet a hallgatóság figyelméért

5. Bemutató. Kutatásotok eredményének bemutatása.

6. Összefoglaló. Az eredmények elemzése: mennyire értette meg mondandótokat a hallgatóság, sikerült-e a témát úgy bemutatnotok, ahogyan azt előre elterveztétek.

A prezentáció általános szabályai

1. Jó hangulatban kell előadnotok, és ügyeljetek megjelenésetekre, figyeljetek a bemutató menetére.
2. A bemutató alatt a hallgatóság felé fordulva beszéljetek.
3. Érthetően mondjátok ki a szavakat.
4. A bemutatkozásról és a téma megnevezéséről se feledkezzetek meg.
5. Ne olvassatok, igyekezzetek saját szavaitokkal előadni.
6. Ügyeljetek az időre. Nem léphetitek túl a megadott időt.
7. Készüljetek el a feltett kérdések megválaszolására. Válaszotok előtt köszönjétek meg a kérdést.
8. Az előadás végén köszönjétek meg a hallgatóságnak a figyelmet.

EGYES ANYAGOK SŰRŰSÉGE

(0 °C hőmérsékleten és 760 Hgmm nyomáson)

Egyes anyagok sűrűsége szilárd halmazállapotban

Anyag	ρ, kg/m^3	ρ, g/cm^3	Anyag	ρ, kg/m^3	ρ, g/cm^3
Alumínium	2700	2,70	Ón	7300	7,30
Beton	2200	2,20	Plexi	1200	1,20
Gránit	2600	2,60	Ozmium	22 500	22,50
Száraz tölgy	800	0,80	Paraffin	900	0,90
Vas	7800	7,80	Platina	21 500	21,50
Arany	19 300	19,30	Polietilén	940	0,94
Irídium	22 400	22,40	Porcelán	2300	2,30
Kapron	1140	1,14	Ólom	11 300	11,30
Parafa	240	0,24	Üveg	2500	2,50
Kréta	2400	2,40	Száraz fenyő	440	0,44
Sárgaréz	8500	8,50	Ezüst	10 500	10,50
Jég	900	0,90	Acél	7800	7,80
Márvány	2700	2,70	Cink	7100	7,10
Réz	8900	8,90	Öntöttvas	7000	7,00

Egyes anyagok sűrűsége cseppfolyós halmazállapotban

Anyag	ρ, kg/m^3	ρ, g/cm^3	Anyag	ρ, kg/m^3	ρ, g/cm^3
Aceton	790	0,79	Kenőolaj	900	0,90
Benzin	710	0,71	Méz	1420	1,42
Benzol	880	0,88	Étolaj	900	0,90
Tengervíz	1030	1,03	Cseppfolyós ón (t=409 °C felett)	6830	6,83
Tiszta víz	1000	1,00	Kőolaj	800	0,80
Petróleum	800	0,80	Higany	13 600	13,60
Glicerin	1260	1,26	Szesz	800	0,80
Dízelolaj	840	0,84	Kénsav	1800	1,80

Egyes anyagok sűrűsége gáznemű halmazállapotban

Anyag	ρ, kg/m^3	ρ, g/cm^3	Anyag	ρ, kg/m^3	ρ, g/cm^3
Nitrogén	1,250	0,001 25	Oxigén	1,430	0,001 43
Hidrogén	0,090	0,000 09	Levegő	1,290	0,001 29
Szén-dioxid	1,980	0,001 98	Szén-monoxid	1,250	0,001 25
Hélium	0,180	0,000 18	Klór	3,210	0,003 21

FELELETEK A GYAKORLATOKHOZ ÉS AZ ÖNELLENŐRZÉSI FELADATOKHOZ

1. fejezet. *A fizika mint természettudomány. A természet megismerése*

1. gy. 3. Mechanikus; hő; fény.

2. gy. 1. Igen. **3.** Nem. **4.** $1\cdot10^7$; $5\cdot10^3$; $2{,}5\cdot10^3$; $4\cdot10^2$. **5.** 5 millió molekula. **6.** A molekulák átmérője kisebb 1 nm.

3. gy. 1. Newton kísérlete; a toll és a kalapács egyszerre esik le a Hold felszínére. **2.** Egyformák. Kísérleti úton. **3.** 1-c, 2-a, 3-b.

4. gy. 1. 0,145 m; 1500 m; 2032 m. **2.** Tömeg, m, kg; sebesség, v, m/s; hosszúság, l, m. **3.** Felső határ – 60 ml, alsó – 2 ml; C = 2 ml. **4.** 7,5 μm; 5,9 Tm; 6,4 Mm. **5.** 420 m²; $4{,}2\cdot10^4$ dm²; $4{,}2\cdot10^6$ cm².

5. gy. 1. Vonalzóval való mérés esetén. **2.** 1) $l=(2{,}0\pm0{,}5)$ cm, $d=(2{,}5\pm0{,}5)$ cm, $h=(4{,}0\pm0{,}5)$ cm; 2) $\varepsilon_l=25\,\%$, $\varepsilon_d=20\,\%$, $\varepsilon_h=12{,}5\,\%$; 3) a magasság mérésének eredménye. **3.** 11. 4. a) 3; b) 3,1; c) 3,14; d) 3,142; e) 3,1416.

Feladatok önellenőrzésre az 1. fejezethez

1. a. **2.** c. **3.** c. **4.** b. **5.** b. **6.** a. **7.** b; e. **8.** c. **9.** a. **10.** Mérőhenger; térfogat; cm³; 0,2 cm³; 40 cm³; 70 cm³; 0,2 cm³. Hőmérő; hőmérséklet; °C; 0,1 °C; 22 °C; 53 °C; –32 °C. **11.** 1-B; 2-D; 3-C; 4-G; 5-A; 6-E. **12.** 2 mm. **13.** 60.

2. fejezet. *Mechanikai mozgás*

6. gy. 3. a) igen; b) nem. **4.** $l_{\text{f-k}}$ = 3 km; $l_{\text{f-l}}$ = 4,5 km; $l_{\text{k-l}}$ = 1,5 km. **5.** A(200; 100), B(200; –1400), C(–200; –1400).

7. gy. 1. l = 10 km, $s_{\min}$ = 0. **2.** a) A – kör, B – pont, b) A – propellervonal, B – egyenes. **3.** a) vonathoz viszonyítva – 7,5 m, földhöz viszonyítva 407,5 m; b) vonathoz viszonyítva – 7,5 m, földhöz viszonyítva – 392,5 m. **4.** s = 10 m; nem lehet. **5.** a) $l\approx$ 41m, s = 26 m; b) $l\approx$ 82 m, s = 0. 7. a) 2,5; b) 4; c) 15.

8. gy. 1. 40 km. **2.** 0,55 m/s; 0,45 m/s. **3.** 54 km/h = 15 m/s, 16 m/s > 54 km/h. **4.** 5 m/s; 30 m/s; 0,012 m/s. **5.** 7,2 km/h; 1800 km/h; 0,72 km/h. **6.** $\approx 9{,}5\cdot10^{12}$ km.

9. gy. 1. 1,5 h. 2. 54 km. **3.** Hazafelé; ≈ 1,3-szor. **4.** 1 m/s, vagy 3,6 km/h. **5.** A harmadik tanuló a leggyorsabb; a legnagyobb távolságot és mindegyiknél tovább futott – a második tanuló. **6.** 50 s.

10. gy. 1. A testek egyenletesen mozogtak; a leggyorsabban az I test. **3.** I – gyalogos, II – kerékpáros, III – traktor. **4.** a) 500 m; b) 50 s; c) 300 m. **5.** b) 0-tól 2-ig a sebesség 15 m/s, 2-től 6-ig – 5 m/s, 6-tól 10-ig – 0; c) 50 m. **7.** a) 3,5 m/s; b) 2,5 h; d) 25 m.

11. gy. 2. 10 km/h. **3.** 70 km/h. **4.** a) 10 m/s; b) 12,5 m/s; c) 20 m/s. **5.** 700 km/h. **6.** 75 km/h. **7.** a) 20 s gyorsult, 10 s egyenletesen haladt, 30 s fékezett, utána nyugalomban maradt; b) 700 m; c) 10 s; d) 42 km/h; 31,5 km/h.

12. gy. 1. 0,75 s. **2.** 15 ford/s. **3.** 5 ford/s. **4.** 16,7 m/s. **5.** Ha egyenletes a mozgás. **6.** ≈ 0,67 s. **7.** $n\approx$ 160 ford/s; $T\approx$ 6,3 m/s. **9.** 42 100 km.

13.gy. 1. 2 cm. **2.** 2 s. **3.** 2 Hz. **4.** 480. **6.** 12 m.

Feladatok önellenőrzésre a 2. fejezethez

1. b. **2.** d. **3.** b. **4.** a. **5.** c. **6.** c. **7.** b. **8.** d. **9.** a. **10.** 0,9 m/s; 3,24 km/h. **11.** 50 000. **12.** 3 km/h. **13.** 4 s múlva. **14.** $v_{\max}$ = 75 km/h, l = 2 km. **15.** v_2 = 70 km/h; $v_{\text{átl}}$ = 80 km/h.

3. fejezet. *Testek kölcsönhatása. Erő*
1. rész. *Erő. Az erő fajtái*

14. gy. 2. Föld és víz; a hatás kompenzálódik. **4.** Lehet. **5.** A rakéta fúvókájából kirepülő gázoktól. **7.** $5{,}3\cdot10^3$ kg; $2{,}5\cdot10^2$ kg; 4,7 kg; $1{,}5\cdot10^4$kg.

15. gy. 1. Bal oldalon. **2.** 189 g 740 mg. **3.** 45 kg. **5.** 145,23 g. **8.** a) 5300 kg; b) 250 kg; c) 4,7 kg; d) 0,15 kg. **9.** a) 5230 g; b) 270,84 g; c) 56,091 g.

16. gy. 1. a) nem változik; b) csökken; c) növekszik. **2.** 21,5 t, 21,5 g. **4.** Ha a testek átlagsűrűsége egyenlő. **5.** A méz tömege; ≈ 1,6-szer. **6.** Plexiből; 1,5-szer.

17. gy. 1. Fenyőből. **2.** 100 l. **3.** a) ρ = 900 kg/m³; b) V = 200 cm³; c) $m = 2{,}5\cdot10^4$ kg. **4.** Üreges; ρ_{sz} = 10,1 g/cm³, kisebb az ezüst sűrűségétől. **5.** 1200 t. **6.** A levegő tömege nagyobb. 7. 2,7 g/cm³; lehetséges alumínium. 9. 0,4 kg.

18. gy. 2. 300 N; 0. **3.** 120 N vagy 20 N. **5.** 1 kN. **6.** Igen. **7.** 20 N; 80 N; 120 N; 180 N; 8 megoldás.

19. gy. 1. Az asztallap deformálódik; felfelé. **2.** 10 cm. **3.** 2 N. **4.** a) 50 N/m; b) 20 kN/m; c) 600 kN/m. **5.** a) k = 650 N/m; b) F = 0,8 N; c) x = 3 m. **6.** 168 N. **7.** k_1 = 2 kN/m, k_2 = 500 N/m; x_1 = 2,5 cm, x_2 = 10 cm. **8.** 45 cm.

20. gy. 2. A súly az asztalra hat. **3.** 6 N. 4. 60 kg. **5.** 14,2 N. **6.** 70 N. **8.** 100 g. **9.** ≈ 3,1 g/cm³, 40 N/m.

21. gy. 1. Nem. **2.** A csúszó súrlódás folyékonyra cserélődik. **3.** a) 3 N; b) a hasáb nyugalomban marad; 2 N. 4. a) növekszik; b) a szekrény sebessége növekszik. c) 0,25. 5. 5 cm.

Feladatok önellenőrzésre a 3. fejezethez. 1. rész

1. d. **2.** b. **3.** a. **4 .** b. **5.** c. **6.** d. **7.** c. **8.** a. **9.** $\vec{F_1}$ – súrlódási erő, $\vec{F_2}$ – feszítőerő; $F_1 = F_2$. **10.** F_{neh} = 80 N, lefelé irányul; P = 80 N, lefelé irányul; N = 160 N, felfelé irányul. **11.** A-5, B-3, C-1, D-4. **12.** 40 N. **13.** Vizet. **14.** 250 kg. **15.** 750 N/m. **16.** 8540 kg/m³.

2.rész. *Nyomás. Arkhimédesz törvénye. Testek úszása*

22. gy. 1. Csökken. **3.** 3 Mpa. **4.** 1 m² taljara a traktor 45 kN erővel hat; 67,5 kN. **5.** 350 Pa; 15 000 Pa; 360 Pa. **6.** 60 kg.

23. gy. 1. Növekszik; nem szabad. **3.** Növekszik. **4.** Pascal törvénye. **7.** 1,6 kg. **8.** 400 kg. **10.** 1200 N.

24. gy. 1. 200 Pa. **2.** 1 Mpa. **3.** Növekszik. **4.** ≈ 90 cm. **5.** A nyomás azonos; $F_{\text{2nyomás}} > F_{\text{1nyomás}}$. **7.** Igen. **8.** 80 kg. **9.** 24 kN; ≈ 2,4 t.

25. gy. 1. Igen. **2.** A szívószálban a víz felszínén a levegő nyomása kisebb a légnyomásnál. **4.** ≈ 133,3 Pa. **5.** 73,3 kPa; 700 Hgmm. **7.** 220 m.

26. gy. 1. Nagyobb. **2.** 2 kPa-lal. **4.** 94,6 kPa. **6.** 73 gPa. **8.** 4 m.

27. gy. 1. a) $F_{A1} = F_{A2} = F_{A3}$; b) $F_{A3} < F_{A1} < F_{A2}$; c) $F_{A1} < F_{A2} < F_{A3}$; d) $F_{A1} = F_{A2} = F_{A3}$. **2.** Hogy kezdjen rá hatni a felhajtó erő. **3.** 3,2 N. **4.** 1 dm³. **5.** A hasáb ¼ része. **6.** 6 N. **7.** 5,4 kg; 2700 kg/m³. **8.** Pascal törvénye – igen; Arkhimédeszé – nem. **9.** 1,4 t. **10.** Nem.

28. gy. 1. Igen; nem; nem. $\rho_4<\rho_3<\rho_1<\rho_2$. **3.** Igen. **5.** 200 g. **6.** Alsó réteg – higany, középső – víz, felső – benzin; 1 – PVC, 2 – tölgyfa, 3 – acél. **7.** 14 m³, 14 t. 9. A-4, B-3, C-2, D-1. **11.** 2500 kg/m³, 80 N, $\rho_t = m_t / V_t$, $F_A = V_t\rho_f g$; 80 kg, 20 dm³, $m_t = \rho_t V_t$, $V_t = F_A/\rho_f g$; 250 cm³, 800 kg/m³, $V_t = m_t\rho_t$, $\rho_f = F_A/gV_t$.

29. gy. 1. a) 150 MN; b) 145 MN. **2.** 900 kg. **3.** a) 1 N; b) 2 N. **4.** A felhajtó erő növekszik; csökken a hajó merülése. **5.** Csökken 583 m³-rel. **6.** 0,99 kg/m³.

Feladatok önellenőrzésre a 3. fejezethez. 2. rész

1. b. **2.** b. **3.** b. **4.** c. **5.** c. **6.** a. **7.** c. **8.** 50 Mpa. **9.** A-5; B-3; C-2; D-1. **10.** b, c, a, d. **11.** 57,3 kPa. **12.** 1020 Hgmm. **13.** 99 kPa. **14.** 15 m. **15.** 16 cm. **16.** 4 mm. **17.** 200 cm^3. **18.** 4000 kg/m^3.

4. fejezet. *Mechanikai munka és energia*

30. gy. **1.** Nem; nem. **2.** a) nem; b) nem; c) igen, negatív; d) igen, pozitív. **4.** 3 m. **5.** Nehézségi erő; 200 J. **6.** 1 m/s. **7.** 120 J. **9.** 200 J.

31. gy. **1.** 11. osztályos. **2.** 3,2 kJ. **3.** 6 s. **4.** Igen, csökken. **5.** 50 kN. **7.** 12,5 kW. **8.** 7,5·10^5 m^3. **10.** 25 J, $A = mgh$; 15 t, $m = A / gh$; 0,9 m, h = A / mg.

32. gy. **2.** A helyzeti energia felszálláskor növekszik, leszálláskor csökken; mozgási energia – ellenkezőleg. **3.** 24 J. **4.** 2,5 kJ. **5.** 40 cm. **6.** 2,5 kg. **7.** 12,8 J. **9.** 0,025 m/s. **10.** A-5, B-3, C-2, D-1.

33. gy. **1.** Nem. **3.** 250 J. **4.** 180 J. **5.** $E_m = E_h = 50$ J. **6.** 15 m. **7.** 2,4 m. **8.** 50 kJ.

34. gy. **1.** A kisfiút. **2.** 54 N. **3.** 16 kg. **4.** 18 kg; 30 kg. **5.** 30 cm. **6.** 3; 2. **7.** 20 kg; 350 N. **8.** 2,3 kg.

35. gy. **1.** a) mozgó; b) 5 cm-re; c) 30 N. **2.** 8 kg; 12 cm-re. **3.** 30 kg; 15 cm. **4.** 510 N. **5.** $mg / 4$; $mg / 2$. **6.** $m_1 = m_2 = 1{,}9$ kg.

36. gy. **1.** a) nem; b) nem; c) igen. **2.** 80%. **3.** 200 kJ. **4.** 16 kg. **5.** 300 N. **6.** 90%.

Feladatok önellenőrzésre a 4. fejezethez

1. a. **2.** a. **3.** d. **4.** a. **5.** a. **6.** d. **7.** a. **8.** c. **9.** b. **10.** 30 kN. **11.** $m_1 = 15$ kg; $m_2 = 10$ kg. **12.** 60 N; 10 cm. **13.** 50 kJ. **14.** 128 kg. **15.** 80%. **16.** 1 m. **17.** 66,7%. **18.** $E_h = 75$ J; $E_m = 25$ J. **19.** 25 N.

TÁRGYMUTATÓ

TARTALOM

Під час підготовки видання були використані фотоматеріали із сайтів:
www.morguefile.com; www.freepik.com; www.pixelbrush.ru; www.ru.wikipedia.org;
www.liveinternet.ru; www.polytechnic.kpi.kharkov.ua; www. wikimapia.org;
www.elitefon.ru; www.jurnal.md; www.tennis.sport.ua; www.dymkatoy.ru;
www.uk.wikipedia.org; www.nasa.gov; www.veralline.com; www.szabotoi.ru
www.vesti-ua.net; constituanta.blogspot.com

Навчальне видання

БАР'ЯХТАР Віктор Григорович, ДОВГИЙ Станіслав Олексійович,
БОЖИНОВА Фаїна Яківна, ГОРОБЕЦЬ Юрій Іванович,
НЕНАШЕВ Ігор Юрійович, КІРЮХІНА Олена Олександрівна

ФІЗИКА
Підручник для 7 класу загальноосвітніх навчальних закладів
з навчанням угорською мовою

За редакцією В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Переклад з української мови

Перекладач *Буркуш Андраш Арпадович*

Угорською мовою

Зав. редакцією *А. А. Варга*
Редактор *А. А. Варга*
Коректор *Г. М. Тирканич*

Формат 70х100/16.
Ум. друк. арк. 20,74. Обл.-вид. арк. 24,89. Наклад 900 прим. Зам. 96П

Державне підприємство „Всеукраїнське спеціалізоване видавництво „Світ"
79008 м. Львів, вул. Галицька, 21
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4826 від 31.12.2014
www.svit.gov.ua, e-mail: office@svit.gov.ua, svit_vydav@ukr.net

Друк ТДВ „Патент", 88006 м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4078 від 31.05.2011