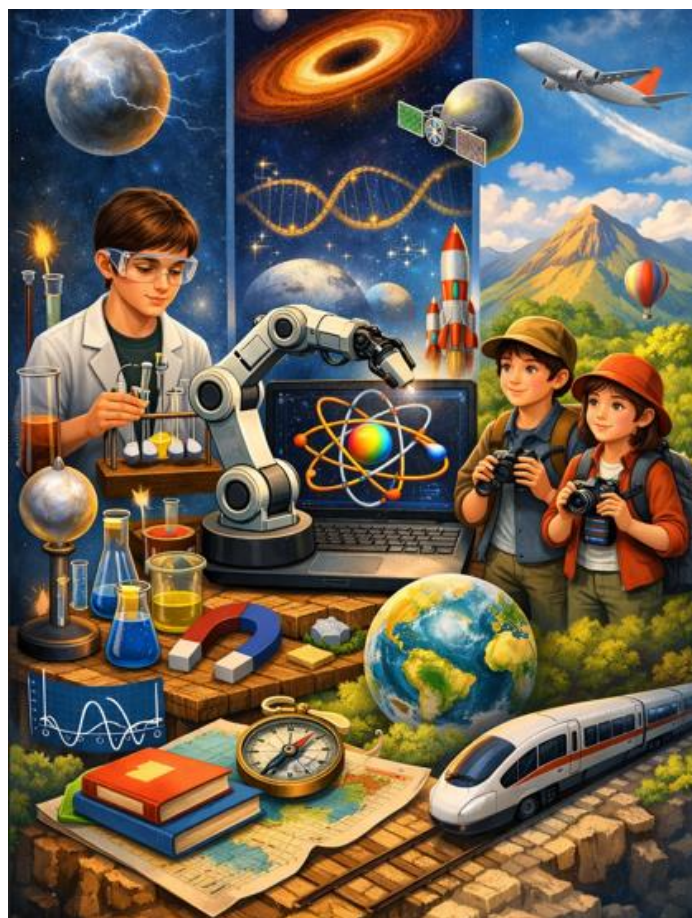


УПРАВЛІННЯ ОСВІТИ І НАУКИ
ЧЕКАСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ
КОМУНАЛЬНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ЧЕРКАСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ІНСТИТУТ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ»

СУЧАСНИЙ УРОК ФІЗИКИ У 9 КЛАСІ: ДОСЛІДЖУЄМО, МОДЕЛЮЄМО, ПОДОРОЖУЄМО

Методичний посібник для вчителя НУШ



Черкаси – 2026

Рекомендовано до друку вченою радою КНЗ «Черкаський обласний інститут післядипломної освіти педагогічних працівників Черкаської обласної ради».

Протокол №2 від 03.06.2026

АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ у такому складі: **Северінова А.М.**, методист лабораторії природничо-математичних дисциплін комунального навчального закладу «Черкаський обласний інститут післядипломної освіти педагогічних працівників Черкаської обласної ради» (керівник обласної творчої групи); **Довгий О.А.**, учитель фізики Смілянської спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів №12 Смілянської міської ради Черкаської області; **Пасічна Л.І.**, учитель фізики Черкаської загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів №19 Черкаської міської ради Черкаської області; **Токова В.В.**, учитель фізики Черкаської загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів №7 Черкаської міської ради Черкаської області; **Якуша Л.Г.**, учитель фізики Костянтинівського ліцею школи І-ІІІ ступенів Балаклеївської сільської ради Черкаської області; **Аністратенко О.І.**, учитель фізики опорного закладу освіти «Чорнобаївський ліцей Чорнобаївської селищної ради Черкаської області»

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Ткаченко А.В., директор навчально-наукового інституту інформаційних та освітніх технологій Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, доцент кафедри фізики, кандидат педагогічних наук, доцент;

Гавриш О.М., учитель фізики вищої категорії Дмитрівського навчально-виховного комплексу «загальноосвітня школа І – ІІІ ступенів – дошкільний навчальний заклад» Новодмитрівської сільської ради Золотоніського району Черкаської області

С 91

Северінова А.М. та ін. Сучасний урок фізики у 9 класі: досліджуємо, моделюємо, подорожуємо. Методичний посібник для вчителя НУШ. Черкаси: ЧОПОПП ЧОР. 2026.123с.

Посібник розроблено відповідно до концептуальних засад Нової української школи (НУШ) для викладання фізики у 9 класі. Видання містить методичні матеріали, спрямовані на формування природничої грамотності та ключових компетентностей учнів. Завдяки рубрикам «Скарбничка цікавих фактів», «Розв'язую», «Моделюю», «Досліджую» та «Подорожую» реалізується практико-орієнтований підхід. Особливу увагу приділено STEM-освіті, проєктній діяльності та активним методам навчання.

Для вчителів фізики закладів загальної середньої освіти і всіх, хто орієнтується на інноваційні підходи в сучасній освіті.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	5
 Моделюю	5
 Досліджую	8
МАГНІТНІ І ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЯВИЩА	11
 Розв'язую	11
 Моделюю	18
 Досліджую	23
 Подорожую	25
МЕХАНІЧНІ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ	29
 Моделюю.....	29
 Досліджую	34
СВІТЛОВІ ЯВИЩА	36
Скарбничка цікавих фактів.....	36
 Розв'язую	44
 Моделюю	56
 Досліджую	63
 Подорожую	70
БУДОВА АТОМА І АТОМНОГО ЯДРА	75
Скарбничка цікавих фактів.....	75
 Розв'язую	77
 Досліджую	100
 Подорожую	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	123

ПЕРЕДМОВА

Фізика — це наука, що відкриває перед учнями та педагогами дивовижний світ природних закономірностей, фундаментальних явищ і технологічних проривів. Викладання фізики у 9 класі за стандартами Нової української школи — це не лише передача знань, а передусім захопливий процес формування компетентностей, розвитку природничої грамотності та пробудження живої допитливості.

Матеріали посібника розроблено з урахуванням концептуальних засад НУШ. Вони допоможуть учителю створити інтерактивне дослідницьке середовище. Кожну тему доповнено рубриками:

- «Скарбничка цікавих фактів».
- «Розв'язую».
- «Моделюю».
- «Досліджую».
- «Подорожую».

Це сприяє глибшому розумінню фізичних процесів і вчить застосовувати знання у реальних життєвих ситуаціях.

Запропоновані завдання спрямовані на реалізацію освітньої реформи: впровадження проєктного й інтегрованого навчання, застосування активних методів (групова та командна робота), проблемно-ситуативного підходу та елементів STEM-освіти. Такий підхід допомагає учням не просто засвоювати теорію, а й опановувати практичні навички, розвивати критичне мислення та креативність у пошуку рішень.

Посібник стане корисним учителям закладів загальної середньої освіти та студентам педагогічних університетів, які прагнуть зробити уроки фізики сучасними та натхненними. Сподіваємося, він стане вашим надійним помічником у роботі та допоможе розкрити потенціал кожного учня.

Бажаємо творчого натхнення та успіхів у навчальному процесі!

Тема 1. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

МОДЕЛЮЮ

Експеримент. Домашня гальванопластика

Цей експеримент демонструє практичне застосування електролізу – процесу «виращування» шару металу на предметах. Виконавши його ти на власні очі побачиш, як електричний струм «переносить» атоми металу крізь рідину, перетворюючи звичайний ключ чи монету на справжній мідний артефакт, а замість сухих формул у зошиті ти створиш реальну технологічну установку, результати роботи якої (блискуче металеве покриття) залишаться в тебе як унікальний сувенір. [13]

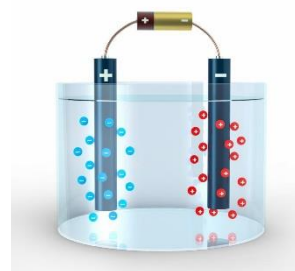


Мета: Експериментально дослідити явище електролізу в розчинах електролітів; навчитися практично застосовувати закони Фарадея для створення металевого покриття (гальваностегії); з'ясувати вплив сили струму та часу проходження реакції на якість і масу отриманого шару міді. довести на практиці, що рідке середовище може проводити електричний струм лише за наявності іонів.

Обладнання та матеріали: мідний купорос (CuSO_4) (продається у садових магазинах); дистильована або очищена вода; джерело живлення (батарейка 4,5V або 9V); мідний дріт (анод) та металевий предмет (катод: ключ, монета); скляна ємність; з'єднувальні дроти.

План створення установки для міднення предметів [13]

1. Приготуйте розчин мідного купоросу.
2. Перед зануренням у розчин на предмет можна нанести малюнок звичайним лаком для нігтів або наклеїти шматочок скотчу.
3. До «мінуса» джерела живлення під'єднайте предмет, який хочете покрити міддю (катод).
4. До «плюса» під'єднайте мідну пластину або зачищений дріт (анод).
5. Опустіть обидва елементи в розчин на 15–20 хвилин.
6. Після електролізу та зняття лаку на предметі залишиться чіткий контур — мідь осяде всюди, крім місця, де був лак. Це наочно демонструє, що струм тече лише там, де є контакт із провідником.



Щоб шар міді був рівним, міцним та блискучим, а не пухким і темним, дотримуйтесь правил:

1. Секрет у чистоті (Знежирення). Електроліз дуже «примхливий» до бруду. Якщо на ключі чи монеті залишиться відбиток пальця або крапля жиру — мідь у тому місці просто не пристане. Отже, перед зануренням ретельно помийте

предмет із милом або протріть спиртом. Після цього торкайтеся предмета лише за дріт, на якому він висить.

2. Мала сила струму — висока якість. Багато хто думає: «чим більше батарейок, тим швидше покриється». Це помилка! При великому струмі мідь осідає занадто швидко, утворюючи крихкий темний наліт, який легко зчищається пальцем. Краще використовувати одну батарейку на 4.5V або 9V. Чим повільніше йде процес (15–30 хв), тим щільнішим і красивішим буде шар металу.

3. Відстань має значення. Не тримайте анод (мідний дріт) занадто близько до предмета. Якщо вони будуть майже торкатися, мідь осідає плямами. Розташуйте електроди в різних кінцях склянки. Це забезпечить рівномірний рух іонів у розчині.

4. Фінальний блиск (Полірування). Коли ви дістанете предмет, він може виглядати матовим або рожевим. Це нормально. Промийте предмет водою, просушіть серветкою та легенько натріть шматочком повсті (фетру) або грубою тканиною. Ви побачите, як мідь почне по-справжньому сяяти!

Таблиця аналізу помилок «Чому щось пішло не так?»

<i>Результат</i>	<i>Можлива причина</i>	<i>Як виправити?</i>
Мідь не осідає взагалі, хоча лампа/прилад показує струм.	Ви переплутали «+» та «-». Предмет підключено до анода.	Змініть полярність: предмет має бути лише на мінусі.
Покриття пухке, темне і легко змивається водою.	Занадто висока сила струму (реакція йде занадто бурхливо).	Збільште відстань між електродами або візьміть менш потужну батарейку.
Мідь осіла плямами: десь густо, а десь — зовсім немає.	Предмет був погано знежирений (залишки бруду чи жиру).	Перед наступною спробою ретельно зачистіть предмет наждачним папером та помийте з милом
Розчин став каламутним або випав осад.	Використано брудну воду з-під крана з домішками солей.	Використовуйте тільки дистильовану або добре очищену воду.
Дріт-анод швидко «розчинився» або обірвався.	Це природний процес, але дріт був занадто тонким.	Візьміть товстіший мідний дріт або пластину для анода.

Запитання до експериментального завдання:

1. Хто є носіями заряду в розчині мідного купоросу і чим вони відрізняються від носіїв заряду в мідних дротах?

2. Чому перед початком електролізу предмет обов'язково потрібно знежирювати?

3. На якому з електродів (катоді чи аноді) відбувається виділення металу? Поясніть чому, згадавши знак заряду іона міді.

4. Що відбувається з іонами міді, коли вони досягають поверхні негативно зарядженого предмета?

5. Чому для отримання міцного покриття краще використовувати низьку силу струму протягом тривалого часу, ніж високу протягом короткого?

6. Як пояснити закон Фарадея для електролізу на прикладі вашого досліду: від чого залежить товщина шару міді на предметі?

7. Яку роль у цьому процесі відіграє мідний анод? Що з ним відбувається під час експерименту?

8. Чому розчин мідного купоросу називають електролітом? Що відбувається з цією сіллю під час потрапляння у воду?

9. Як зміниться результат, якщо замість дистильованої води використати звичайну воду з-під крана з великим вмістом солей?

10. Чому важливо, щоб анод і катод не торкалися один одного всередині розчину?

11. Як впливає температура розчину на швидкість процесу електролізу? (Підказка: згадайте швидкість руху часточок).

12. Що таке гальваностегія, і чим вона відрізняється від гальванопластики? До якого виду належить ваш проєкт?

13. Чи можна цим методом покрити мідню дерев'яну фігурку чи пластикову іграшку? Що для цього потрібно змінити?

14. Як ви вважаєте, куди зникає «блакитний колір» розчину, якщо проводити електроліз дуже довго з інертним (наприклад, графітовим) анодом?

15. Де в повсякденному житті ми зустрічаємо предмети, виготовлені за допомогою електролізу? Назвіть 2-3 приклади.

Критерії оцінювання експериментального завдання

1. Технічне виконання (4 бали)

✓ Правильність складання кола: Чітке підключення «+» до анода та «-» до предмета. (1 бал)

✓ Підготовка поверхні: Предмет чистий, без жирних плям, покриття лягло рівномірно (немає «лисих» місць). (1 бал)

✓ Якість мідного шару: Метал тримається міцно, не обсипається, має характерний блиск після полірування. (2 бали)

2. Теоретичний звіт (4 бали)

✓ Опис фізичних процесів: Учень правильно використовує терміни: електролітична дисоціація, іони, катод, анод. (2 бали)

✓ Закони фізики: Наведення формули закону Фарадея та пояснення, як вона спрацювала в даному досліді. (1 бал)

✓ Схематичне креслення: Наявність схеми установки з позначенням напрямку руху струму та іонів у розчині. (1 бал)

3. Аналіз та захист проєкту (4 бали)

✓ Висновки: Формулювання чіткого висновку про залежність якості покриття від часу або сили струму. (1 бал)

✓ Відповіді на запитання: Успішні відповіді на контрольні запитання (ми підготували 15 питань вище). (2 бали)

✓ Креативність/Складність: Використання трафаретів, міднення складних форм або проведення серії дослідів із різним часом витримки. (1 бал)

ДОСЛІДЖУЮ

Домашні експериментальні завдання із фізики з теми « Електричний струм у різних середовищах »

Домашній експеримент 1

Тема. Дослідження електричного струму в розчинах електролітів та спостереження явища електролізу.

Мета: з'ясувати, які побутові рідини проводять електричний струм, та дослідити процес виділення речовини на електродах.

Обладнання:

- ✓ Батарейка (9V «Крона» або звичайна на 4.5V).
- ✓ Два графітові стержні (можна витягти з простих олівців).
- ✓ З'єднувальні дроти (або просто мідний дріт).
- ✓ Склянки з водою (дистильована/фільтрована та водопровідна).
- ✓ Харчова сіль, цукор, лимонна кислота.
- ✓ Світлодіод (LED) або маленька лампочка (якщо є).

Покроковий план виконання

Підготовка електродів: Загостріть олівці з обох боків так, щоб було видно довгий графітовий стержень. Це ваші інертні електроди.

Складання кола: Приєднайте дроти до полюсів батарейки. Один дріт з'єднайте безпосередньо з першим олівцем (анод), інший — через світлодіод до другого олівця (катод).

Тестування середовищ: По черзі занурюйте електроди у склянки з:

- ✓ чистою водою;
- ✓ розчином цукру;
- ✓ розчином солі (NaCl).
- ✓ розчином лимонної кислоти.

Спостереження: Звертайте увагу, чи світиться світлодіод та чи з'являються бульбашки газу біля олівців.

Електроліз: Залиште електроди у міцному розчині солі на 3–5 хвилин. Спостерігайте за зміною кольору розчину або запахом.



Таблиця для відповідей

Середовище (речовина)	Світлодіод (горить/ні)	Наявність бульбашок газу	Провідник чи діелектрик?
Дистильована вода			
Розчин цукру			
Розчин солі			
Лимонний сік			

Пояснення для аналізу та висновку

При аналізі результатів зверніть увагу на таке:

1. Чому сіль проводить струм, а цукор — ні?
2. Поява бульбашок.
3. **Висновок.** У висновку слід зазначити: Які частинки є носіями заряду в розчинах електролітів? Чи проходження струму супроводжується перенесенням речовини?

Корисні посилання

Ось ресурс, де можна побачити візуалізацію подібних дослідів:



Домашній експеримент 2

Тема. Виготовлення гальванічного елемента в домашніх умовах з овочів чи фруктів

Мета: виготовлення гальванічного елемента в домашніх умовах з овочів чи фруктів з метою розуміння принципів роботи гальванічних елементів, які використовуються в багатьох пристроях, що нас оточують.

Обладнання: овочі або фрукти (картопля, лимон, яблуко тощо), два різних метали (мідь та цинк або алюміній), це можуть бути цвяхи, пластини або дроти, два проводи з затискачами типу «крокодил», домашній мультиметр (для вимірювання напруги) або світлодіод (для демонстрації струму)

Покроковий план виконання

Перед початком експерименту переконайтеся, що всі матеріали безпечні для використання. Будьте обережні при роботі з гострими предметами (цвяхами, ножем). Після завершення експерименту утилізуйте використані матеріали належним чином.

Підготовка електродів: зачистіть металеві електроди від забруднень. Якщо використовуєте цвяхи, можна їх трохи зашкурити наждачним папером.

Підготовка овочів/фрукта: Вимийте овоч або фрукт. За бажанням, його можна розрізати на дві частини для зручності.

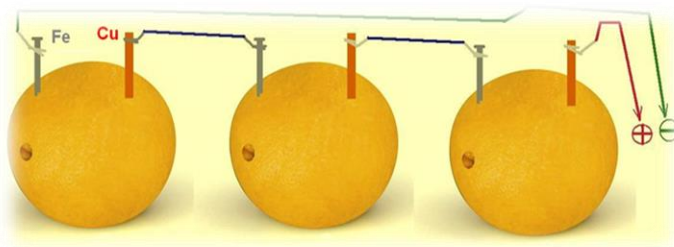
Створення елемента: вставте мідний електрод в один бік овоча/фрукта, а цинковий (або алюмінієвий) електрод - в інший бік. Важливо, щоб електроди не торкалися один одного всередині овоча/фрукта.

Підключення: приєднайте затискачі «крокодил» до електродів.



Мультиметр: підключіть мультиметр до затискачів «крокодил» та виміряйте напругу, яку генерує елемент. **Світлодіод:** Підключіть світлодіод до затискачів «крокодил». Якщо струму достатньо, світлодіод має засвітитися.

1. Напруга, яку генерує один елемент, зазвичай невелика (близько 1 вольта). Для збільшення напруги можна з'єднати кілька елементів послідовно, як у звичайній батарейці.



2. Спробуйте різні комбінації металів, щоб дослідити, як це впливає на напругу та силу струму.

3. Використовуйте отриманий струм для живлення невеликих пристроїв (наприклад, годинника або калькулятора).

Висновок спостереження: поясніть, як працює гальванічний елемент в домашніх умовах з овочів чи фруктів. Зробіть висновок про те, які матеріали краще використати, щоб отримати потужніше джерело електричного струму.

Корисні посилання

Ось ресурс, де можна побачити візуалізацію подібних дослідів:



Тема 2. МАГНІТНІ І ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЯВИЩА

РОЗВ'ЯЗУЮ

Постійні магніти

За легендою, давньогрецький пастух Магнес пас овець у місцевості Магnezія. Він помітив, що металевий наконечник його палиці та цвяхи в сандалях притягуються до чорного каменю. Так люди вперше дізналися про магніт. Допоможи Магнесу зрозуміти дивні властивості каменю, знайденого в Магнесії.

1. Як називається камінь, який притягував металеві предмети?

2. Які предмети з речей пастуха притягувалися до каменю? Чому саме вони?

3. Магнес спробував піднести камінь до:

- ✓ дерев'яної палиці;
- ✓ залізного цвяха;
- ✓ мідної монети.

Передбач, які з них притягнуться, а які — ні. Поясни свою відповідь.

4. Чи можна вважати камінь із Магnezії постійним магнітом? Обґрунтуй відповідь.

5. Зроби висновок: які властивості постійних магнітів люди використовують сьогодні?



Котигорошко та Залізні Двері



Котигорошко опинився у підземеллі змія перед трьома ідентичними скринями. У кожній лежить ключ, але лише один із них — Магнітний Ключ, який зможе відімкнути зачаровані залізні двері. Інші два — звичайні дерев'яні підробки, пофарбовані під метал. Торкатися скринь не можна, бо спрацює пастка.

Розв'язання:

Герой дістає свою залізну булаву (або звичайну голку на нитці). Він повільно проносить металевий предмет повз кожну скриню. Там, де булава почне «тягнутися» до скрині або голка відхилиться вбік — там і лежить магічний магніт.

Мудра дівчина

Мачуха змішала в одній чаші дрібні сталеві намистинки та скляний бісер. Вона наказала дівчині розділити їх до заходу сонця. Вибирати руками занадто довго, а часу майже не залишилося.

Розв'язання

Дівчина знаходить у коморі старий магнітний камінь (природний магніт). Вона накриває чашу тонкою тканиною і проводить магнітом зверху. Усі сталеві намистинки миттєво «підстрибують» до магніту, а скло залишається на дні.



Космічний Козак та Астероїд-Пастка

Козак-характерник подорожує на зоряному човні. Йому потрібно знайти серед уламків астероїдів той, що містить «Живий Метал» (природний магніт), щоб полагодити компас. Але всі астероїди виглядають як звичайне сіре каміння.

Розв'язання

Козак розсипає навколо човна залізні ошурки або дрібний металевий пісок. Навколо магнітного астероїда ошурки почнуть шикуватися у химерні лінії (магнітне поле), показуючи «невидимі візерунки». Так герой зрозуміє, де саме схована сила.

Властивості магнітного поля

У 1831 році англійський дослідник Майкл Фарадей намагався зрозуміти, як магніти діють на простір навколо себе. Він висунув ідею, що навколо магнітів існує особливе поле, яке можна «побачити» за допомогою простих дослідів. Уяви себе помічником Майкла Фарадея. Тобі потрібно допомогти йому дослідити магнітне поле та зробити висновки.

Практична частина

- ✓ Візьми постійний магніт і аркуш паперу.
- ✓ Поклади папір на магніт і посип його залізними ошурками.
- ✓ Легенько постукай по паперу.
- ✓ Розглянь утворений візерунок.

Запитання та завдання

- ✓ Яку форму мають лінії, що утворилися з ошурків?
- ✓ Де ошурків найбільше: біля полюсів магніту чи посередині?
- ✓ Що це означає для сили магнітного поля?
- ✓ Як за допомогою компаса можна визначити напрям магнітного поля?
- ✓ Поясни, чому магнітне поле називають **невидимим, але реальним**.

Завдання на мислення

Фарадей стверджував, що магнітне поле існує навіть тоді, коли ми не бачимо магніт чи ошурки. Наведи **приклад** з повсякденного життя, який підтверджує його думку (наприклад, робота компаса).

Магнітне поле провідника зі струмом

Під час лекції з фізики Ганс Крістіан Ерстед демонстрував учням дослід з електричним струмом. На столі поруч із дротом випадково лежав компас. Один з учнів звернув увагу, що **в момент проходження струму магнітна стрілка компаса відхилилася**, а коли струм вимикали — поверталася у початкове положення. Завдяки цій уважності було зроблено важливе наукове відкриття.

✓ Що помітив уважний учень, коли через дріт почав проходити електричний струм?

✓ Що відбувалося зі стрілкою компаса після вимикання струму?

✓ Чому магнітна стрілка реагувала на провідник зі струмом?

✓ Яке відкриття стало результатом цього спостереження?

✓ Чому магнітна стрілка реагувала на провідник зі струмом?

✓ Яке відкриття стало результатом цього спостереження?



Електромагніти

Стародавня легенда каже, що серце гір заснуло, і розбудити його може лише чистий звук заліза. Еліас вирушає до Закинутої Кузні, що розташована всередині згаслого вулкана. Предмет, який він шукає — не просто шматок металу. Це залізний стержень, загартований у сльозах льодовика та відшліфований вітрами тисячоліть. В своєму наплічнику Еліас відшукав дерев'яну палку, залізний цвях, ізолюваний дріт, мідне кільце, батарею.

✓ Який пристрій з підручних матеріалів можна створити для пошуку залізного стержня?

✓ Які предмети з наплічника стануть в нагоді?

✓ Як сконструювати цей пристрій?

✓ Які предмети він може ще виявити?

Підймальна сила електромагніта



Користуючись даними малюнка, визнач підймальну силу електромагнітів та порівняй їх. Які фактори можуть зменшити підймальну силу електромагніта?

Розрахункові задачі:

1. Магніт Генрі піднімає 3 однакові бруски, кожен масою 5 кг, визначте мінімальну підймальну силу магніта.

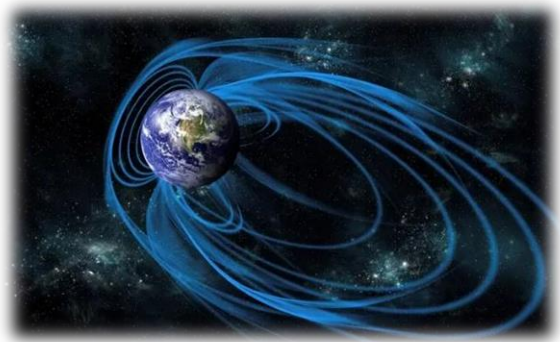
2. Електромагніт встановлено на мостовому крані й використовується для підйому сталевих листів. Номінальна підйомна сила магніта в холодному стані становить 10 000 кг. Перед підйомом магніт підключений до електромережі, і сила притягання збільшується на 15 %. Яка реальна підйомна сила магніта під час роботи? Який об'єм сталевих листів (ρ сталі = 7800 кг/м³) можна максимально підняти за один раз, якщо вони щільно прилягають до магнітної поверхні?

Магнітне поле Землі

Протягом історії Землі її магнітне поле неодноразово слабшало та навіть «переверталось» (північний і південний полюси мінялися місцями). Цей процес називається інверсією.

Екскурс: Лашамп (41-42 тис. років тому): Магнітне поле впало до 0–6% від своєї звичайної потужності. Едіакарський період (590 млн років тому): Поле було настільки слабким, що воно ледь не зникло на мільйони років.

- ✓ Які наслідки мали ці зміни?
- ✓ Що станеться, коли магнітне поле зникне завтра?



Магнітне поле планет

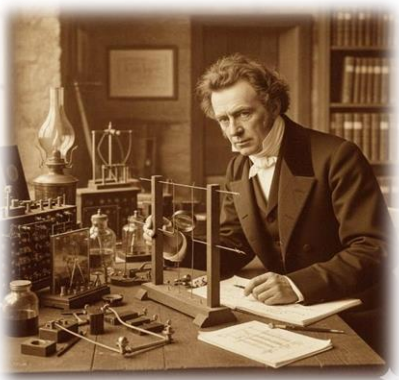


Космічний корабель «Межисвіт» подорожує по Сонячній системі. Астронавти вирішили випробувати компас, який захопили вирушаючи в подорож з планети Земля. Змоделюй, як себе поводитиме компас на різних планетах, користуючись таблицею.

Табл. Магнітні поля планет Сонячної системи

Планета	Характеристика магнітного поля	Основні особливості
Меркурій	Слабке, подібне до земного, але значно слабше	Утворюється завдяки механізму динамо, але менш потужне.
Венера	Дуже слабке	Ймовірно, відсутність конвекції в ядрі не дозволяє сформувати сильне поле.
Земля	Помірне, дипольне	Створюється динамо-ефектом в рідкому ядрі, захищає від сонячного вітру.
Марс	Відсутнє глобальне; останні залишки в корі	Мав поле в минулому, зараз залишки в окремих регіонах (залишкова намагніченість).
Юпітер	Найпотужніше у Сонячній системі	Значно сильніше за земне, створює величезну магнітосферу.
Сатурн	Значне, але складне	Подібно до інших гігантів, але з унікальною симетрією.
Уран	Складне, зміщене	Недипольне (квадрупольне), полюси зміщені відносно осі обертання, змінюється щодня.
Нептун	Складне, зміщене	Також має недипольне поле, що не співпадає з віссю обертання, як у Урана.

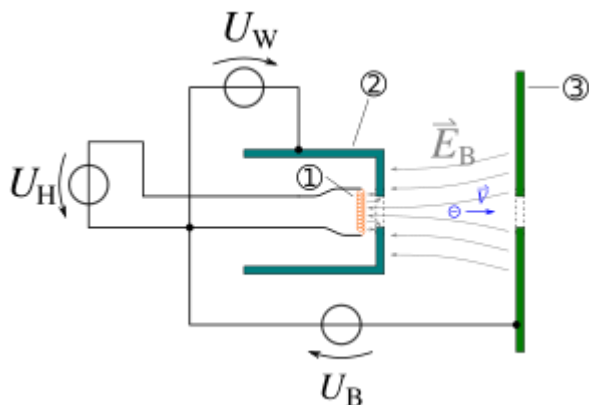
Сила Ампера



Задача 1. Ви працюєте інженером і створюєте систему утримання дверей. Провідник завдовжки 20 см розташований у магнітному полі з індукцією 0,5 Тл перпендикулярно до ліній індукції. Яку силу струму потрібно подати на провідник, щоб він міг утримати деталь вагою 1 Н (приблизно 100 г)?

Задача 2. Над залізницею проходить горизонтальний дріт зі струмом 500 А. Магнітне поле Землі в цій точці спрямоване горизонтально з півночі на південь, а його індукція становить $5 \cdot 10^{-5}$ Тл. Струм у дроті тече із заходу на схід. Визначте силу Ампера, що діє на кожний метр такого дроту, та її напрямок. Чи полегшує ця сила вагу дроту, чи, навпаки, притискає його до землі?

Задача 3. «Рейкотрон» (Електромагнітна гармата)



У науковому гуртку ви збираєте модель рейкотрона. Снаряд-перемичка масою 10 г лежить на двох рейках, відстань між якими 5 см. Система знаходиться у вертикальному магнітному полі 0,2 Тл. Який струм має пройти через перемичку, щоб вона зрушила з місця, якщо сила тертя становить 0,02 Н?

Електромагнітна індукція

Задача 1. Екологічний транспорт (Принцип роботи генератора).

Ви їдете на велосипеді, обладнаному динамкою (маленьким генератором), яка живить передню фару. Ви помітили, що коли ви їдете швидше, фара світить яскравіше, а крутити педалі стає трохи важче. Поясніть, який фізичний процес відбувається всередині динамки при обертанні колеса. Чому яскравість світла залежить від швидкості руху? Обґрунтуйте, чому закон збереження енергії пояснює той факт, що педалі стає важче крутити при ввімкненій фарі.

Задача 2. Безпека на дорозі (Індукційні петлі)

На сучасних перехрестях під асфальтом часто встановлюють «індукційні петлі» — дротяні котушки, по яких тече слабкий струм. Коли над такою петлею зупиняється автомобіль, світлофор «розуміє», що з'явилася машина, і перемикається. Як змінюється магнітне поле всередині котушки, коли над нею опиняється великий металевий об'єкт (кузов машини)? Яке явище використовується для реєстрації автомобіля? Чи зреагує такий датчик на дерев'яний візок або пластиковий самокат? Чому?

Задача 3. Бездротова зарядка (Взаємодія індукції)

Ви кладете смартфон на платформу бездротової зарядки. Контакт між металевими деталями телефону та зарядки немає, але акумулятор починає заряджатися. Всередині зарядки є котушка, підключена до мережі. Що створює ця котушка навколо себе? Яка деталь має обов'язково бути всередині смартфона, щоб енергія передалася до акумулятора? Поясніть ланцюжок перетворень енергії: від розетки до накопичення енергії в батареї телефону.

Задача 4. Детектор металу в аеропорту (Застосування індукції)

Під час проходження контролю в аеропорту людина проходить крізь рамку металошукача. Якщо в кишені залишилися ключі, лунає сигнал. Рамка створює змінне магнітне поле. Що виникає в металевих ключах під дією цього поля? Як «вторинне» поле від ключів впливає на саму рамку? Чому пристрій не реагує на шкіряний ремінь або паперовий квиток?

Задача 5. Експеримент Фарадея (Дослідницька задача)

Учень має котушку, під'єднану до чутливого гальванометра, та постійний магніт. Запропонуйте три різні способи, як отримати в котушці індукційний

струм більшої сили. Що покаже гальванометр, якщо магніт зупинити всередині котушки? Поясніть відповідь. Визначте напрямок індукційного струму за правилом Ленца, якщо магніт наближають до котушки північним полюсом.

Енергозбереження

Задача «Битва лампочок»

Родина вирішила замінити старі лампи розжарювання на сучасні LED-лампи в коридорі, де світло горить у середньому 6 годин на добу. Лампа розжарювання: потужність 100 Вт, ціна 20 грн, термін служби 1 000 годин. LED-лампа: потужність 12 Вт (світить так само), ціна 80 грн, термін служби 20 000 годин. Вартість електроенергії: 4,32 грн за кВт·год. Обчисліть, скільки електроенергії використає кожна лампа за рік (365 днів). Визначте економію в грошах за рік після заміни однієї лампи. Через який час LED-лампа повністю окупить свою вартість?

Задача 2. «Теплий дім»

Власник приватного будинку обирає спосіб утеплення стін. Відомо, що через неутеплені стіни втрачається до 30% тепла. Площа стін будинку: 150 м². Витрати на опалення газом за сезон до утеплення: 15000грн. Вартість утеплення пінопластом: 600 грн за 1м². Утеплення дозволяє зменшити витрати газу на 25%. Розрахуйте загальну вартість робіт з утеплення. Скільки грошей власник заощаджуватиме за один опалювальний сезон? За скільки років інвестиція в утеплення окупиться? Які ще чинники (крім стін) впливають на втрату тепла? (Дах, вікна, вентиляція).



Задача 3. «Заряджай розумно»

Багато приладів у режимі «очікування» (Standby) продовжують споживати енергію. Це називають «енергетичними вампірами».

Орієнтовна таблиця споживання в режимі очікування (Standby)

Прилад	Споживання в режимі очікування (приблизно)	Примітки
Телевізор (LED/LCD)	0.5 - 3 Вт (старі плазмові до 20+ Вт)	Екран може споживати більше навіть у режимі очікування з підсвічуванням, але найчастіше - це цифра 1-2 Вт.
Комп'ютер (монітор + системний блок)	1 - 10 Вт	Залежить від налаштувань (режим сну, гібернація).
Ноутбук	0.5 - 2 Вт	Дуже низьке споживання.
Ігрова консоль (PS, Xbox)	2 - 10+ Вт	Деякі моделі в режимі миттєвого запуску споживають більше.

Модем/Wi-Fi роутер	2 - 7 Вт	Працює постійно, тому споживання суттєве за рік.
Зарядний пристрій (для телефону)	0.1 - 0.5 Вт	Споживає мінімум, коли не підключений до пристрою.
Мікрохвильова піч	2 - 5 Вт	Цифровий дисплей працює постійно.
Принтер/Багатофункціональний пристрій	2 - 5 Вт	Підтримує готовність до друку.
DVD/Blu-ray плеєр	1 - 3 Вт	Готовий до роботи.
Супутникова антена/ТВ-тюнер	5 - 15 Вт	Потрібна постійна робота для оновлень.

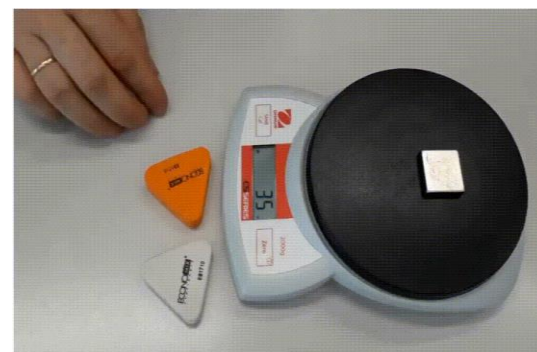
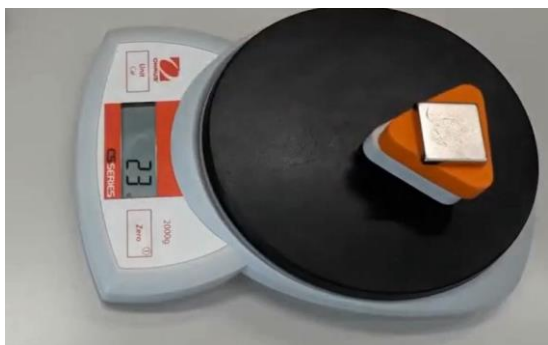
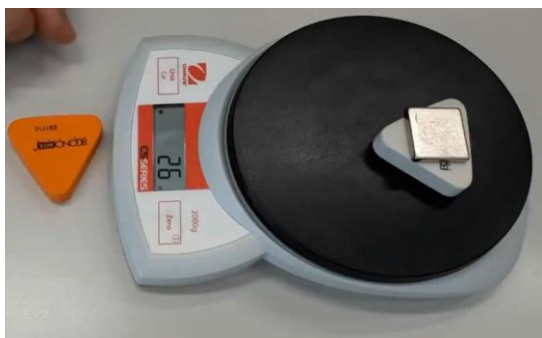
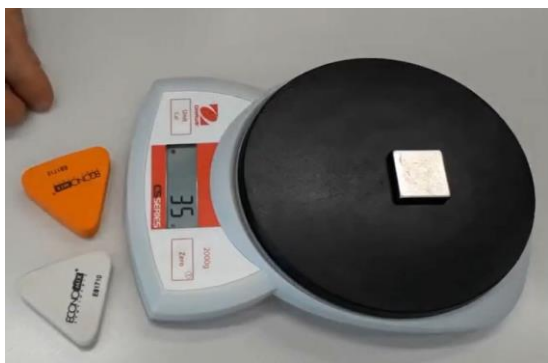
Користуючись даними таблиці підрахуйте, скільки кВт·год «з’їдають» ці прилади вдома за місяць (30 днів), якщо вони підключені до мережі 24/7, але не використовуються. Переведіть цю енергію у викиди CO₂ (Прийміть, що вироблення 1 кВт·год енергії в Україні в середньому призводить до викиду 0,4 кг вуглекислого газу). Запропонуйте 3 прості кроки для зменшення цього споживання. Складіть пам’ятку для родини «Як зекономити енергію?»

МОДЕЛЮЮ

Дивне зважування

Експериментальне завдання «Дивне зважування». На фото представлено процес зважування металевого тіла на електронних терезах. Кожного разу, при додаванні гумок, їх масу відтаровували. Поясніть, чому при зважуванні тіла різними способами виходить різний результат. Свої міркування перевірте експериментальним шляхом. Підготуйте звіт проробленої роботи.

Запитання до завдання



1. Яку фізичну величину вимірюють електронні ваги?
2. Чим відрізняється **маса** тіла від його **ваги**? У яких одиницях СІ вони вимірюються?
3. Чому покази ваг змінюються, коли ми підносимо інше тіло, не торкаючись платформи?
4. Яка сила, крім сили тяжіння, починає діяти на платформу ваг під час експерименту?
5. Що станеться з показами ваг, якщо ми перевернемо магніт, який тримаємо в руці?
6. Як залежить зміна показів ваг від відстані між тілами?
7. Чи зміниться результат, якщо між магнітами покласти тонкий аркуш паперу або пластикову пластину?
8. Як змінилися б покази ваг, якби ми проводили цей експеримент у ліфті, що рухається з прискоренням вгору?

Критерії оцінювання експериментального завдання

Рівень	Бали	Критерії (деталізація досягнень учня)
Початковий	1–3	Учень називає прилади. Звіт фрагментарний. Розуміння різниці між масою і вагою відсутнє. Експеримент проведено формально.
Середній	4–6	Проведено експеримент, зафіксовано зміну ваги. Дано відповіді на прості запитання (про одиниці вимірювання). Пояснення магнітної взаємодії неповне.
Достатній	7–9	Експеримент проведено правильно, звіт містить фото/таблиці. Учень чітко пояснює вплив магнітного поля на платформу. Правильно розрізняє поняття маси та ваги.
Високий	10–12	Повний аналіз сил. Обґрунтовано залежність сили від відстані. Правильна відповідь про ліфт та прискорення (з формулами). Висновки містять узагальнення про природу сил.

Проект “Компас з голки”

Магнітний компас є одним із давніх навігаційних інструментів. Це прилад, робота якого ґрунтується на взаємодії намагніченої стрілки з магнітним полем Землі. Самостійне виготовлення компаса перетворює абстрактні наукові теорії на видимий результат, демонструючи учню, як звичайні підручні матеріали стають точним інструментом орієнтування. Такий експеримент допомагає зрозуміти, що Земля — це гігантський природний магніт, а фізика є ключем до розгадки таємниць природи навколо нас.



Мета проекту: виготовити модель рідинного компаса, використовуючи підручні засоби, та перевірити точність його показань порівняно з промисловим компасом або цифровим датчиком; з'ясувати, які фактори впливають на чутливість саморобної магнітної стрілки. Ознайомитися з історичними етапами

винайдення та вдосконалення компаса як ключового інструменту в історії великих географічних відкриттів.

Обладнання. Голка (металева шпилька, булавка...), магніт, шматочок пінопласту (коркової пробки, листок з дерева...), посудина з водою.

План виконання проєкту

1. Будьте обережні під час роботи з гострою голкою, та ножицями.
2. Приготуйте посудину з водою. Експеримент виконуйте якнайдалі від комп'ютерів та інших пристроїв, які містять магніти (електромагніти), так як вони можуть впливати лінії магнітного поля Землі.
3. Створіть плавучу основу. На поверхню води покладіть шматочок пінопласту, щоб він вільно міг обертатися у посудині на воді.
4. Намагнічення голки. Проведіть одним із кінців голки 50-60 разів в одному напрямку по поверхні магніту. Покладіть на плавучу основу намагнічену голку.
5. Визначення напрямку на північ. Тертя між плавучою основою і водою дуже мале тому, намагнічена голка, взаємодіючи з магнітним полем Землі, буде розвертатися і намагнічений кінець голки вкаже напрям на північ.
6. Перевірте виготовлений власноруч компас за допомогою промислового компаса чи мобільного додатка-компаса в смартфоні. Оцініть різницю між магнітним датчиком у телефоні (датчик Холла) та звичайною намагніченою голкою. Які фактори впливають на чутливість саморобної магнітної стрілки.
7. Дослідження історії винайдення компаса. Використовуючи додаткові джерела інформації знайдіть відомості про історію винайдення компаса.
8. Підготуйте звіт до проєкту, з урахуванням критеріїв оцінювання.

Запитання до проєкту

1. Чому для виготовлення компаса ми беремо саме сталеву голку, а не мідний або алюмінієвий дріт?
2. Яким фізичним явищем пояснюється набуття голкою магнітних властивостей після контакту з постійним магнітом?
3. Як правильно намагнітити голку за допомогою одного полюса постійного магніту (в якому напрямку потрібно здійснювати рухи)?
4. Що відбувається з внутрішньою структурою сталі (магнітними доменами) під час її намагнічування?
5. Навіщо голку кладуть на пінопласт, корок або змащують олією перед тим, як опустити у воду?
6. Яку роль відіграє вода в цьому експерименті? Чому ми не можемо просто покласти голку на стіл?
7. Як за зовнішнім виглядом голки (вушко чи вістря) визначити, де південний, а де північний магнітний полюс компаса?
8. Чи вплине розмір посудини з водою на точність показань вашого саморобного компаса?
9. Чому голка в стані спокою завжди орієнтується в певному напрямку? Яка сила змушує її повертатися?

10. Чи збігаються географічні полюси Землі з її магнітними полюсами? Як це впливає на точність компаса?

11. Що таке «магнітне нахилення» і чому наша голка може не бути ідеально горизонтальною у воді?

12. Як поведеться ваша голка-компас, якщо піднести до неї залізний предмет або інший магніт? Що таке «магнітна аномалія»?

13. Що станеться з магнітними властивостями голки, якщо її сильно розжарити на вогні або вдарити молотком? Поясніть чому.

14. Як зміниться поведінка компаса, якщо проводити дослід поруч із працюючим комп'ютером або потужними дротами під напругою?

15. Чи буде працювати такий компас на Місяці? Відповідь обґрунтуйте.

Критерії оцінювання проєкту

1. **(1 бал) Працездатність моделі.** Голка вільно обертається на плавучій основі та впевнено орієнтується за лініями магнітного поля Землі.

2. **(1 бал) Якість намагнічування.** Голка має достатню магнітну силу, щоб повернутися в правильне положення після примусового виведення з рівноваги.

3. **(1 бал) Вибір матеріалів.** Вдало підібрана плавуча основа (пінопласт, корок або лист), що забезпечує стабільність конструкції (голка не тоне і не перевертається).

4. **(1 бал) Порівняльний аналіз.** Проведено порівняння саморобного компаса з промисловим або цифровим (у смартфоні). Визначено похибку або підтверджено точність.

5. **(1 бал) Виявлення чинників впливу.** Описано, як металеві предмети або електроніка впливають на показання голки (досліджено явище магнітної аномалії).

6. **(1 бал) Аналітичні висновки.** Зроблено висновок про те, чому саморобний компас може бути менш точним за цифровий датчик (тертя, магнітне схилення тощо).

7. **(1 бал) Структурованість.** Наявність усіх етапів (мета, обладнання, хід роботи, висновки).

8. **(1 бал) Візуалізація.** Наявність фотографій або схем виготовленої моделі в дії.

9. **(1 бал) Мова та стиль.** Чіткість викладу думок, використання правильної фізичної термінології (феромагнетики, домени, магнітне поле).

10. **(1 бал) Глибина знань.** Розуміння внутрішніх процесів (орієнтація магнітних доменів, точка Кюрі).

11. **(2 бали) Критичне мислення.** Обґрунтована відповідь на питання про роботу компаса на Місяці або про розбіжність географічних та магнітних полюсів.

ДОСЛІДЖУЮ

Домашні експериментальні завдання із фізики з теми «Магнітні та електромагнітні явища»

Домашній експеримент «Створення та випробування потужності електромагніту»

Тема. Дослідження залежності магнітної дії електромагніту від сили струму та кількості витків.

Мета: встановити, як кількість витків дроту та наявність осердя впливають на здатність електромагніту притягувати металеві предмети.

Обладнання:

- ✓ Великий залізний цвях або болт (осердя).
- ✓ Мідний дріт в ізоляції (тонкий).
- ✓ Батарейка (1.5V або 4.5V).
- ✓ Скріпки для паперу або дрібні гвинтики.
- ✓ Вимикач (бажано, але можна просто притискати дріт пальцями).



Хід роботи

Створення котушки: Щільно намотайте приблизно 30-40 витків дроту на цвях, залишивши вільні кінці.

Тестування 1. Під'єднайте кінці дроту до батарейки. Піднесіть цвях до скріпок. Порахуйте, скільки скріпок утримає електромагніт.

Тестування 2 (Зміна параметрів). Домотайте ще 40-50 витків (разом ~80-90). Повторіть вимірювання.

Тестування 3 (Без осердя). Зніміть котушку з цвяха (якщо це можливо, або візьміть аналогічну порожню котушку) і перевірте її магнітну дію без заліза всередині.

Таблиця для відповідей

Параметри досліду	Кількість скріпок (шт)	Висновок про магнітну дію
Мало витків (з осердям)		
Багато витків (з осердям)		Сила зросла / зменшилась
Без залізного осердя		Сила зросла / зменшилась

Висновок спостереження: Поясніть, як кількість витків дроту та наявність осердя впливають на здатність електромагніту притягувати металеві предмети

Домашній експеримент: «Електродвигун за 5 хвилин»

Тема. Спостереження дії магнітного поля на провідник зі струмом.

Мета: зібрати найпростішу модель двигуна та пояснити причину його обертання.

Обладнання:

- ✓ Батарейка АА.
- ✓ Неодимовий магніт (плаский, таблетка).
- ✓ Мідний дріт (без ізоляції або зачищений від лаку).

Хід роботи

Підготовка. Поставте батарейку мінусовим полюсом на неодимовий магніт.

Форма. Зігніть дріт у формі «рамки» або «серця» так, щоб верхня частина торкалася позитивного полюса батарейки, а нижні кінці торкалися магніту (замикаючи коло).

Запуск. Відбалансуйте конструкцію. Дріт почне обертатися навколо батарейки.

Змінити напрямок обертання рамки перевернувши магніт або змінити полярність батарейки (правило лівої руки).

Висновок спостереження: пояснити причину обертання рамки.



Іграшка «Магнітний метелик»

Ця іграшка демонструє дистанційну дію магнітного поля та взаємодію полюсів.

Мета: створити об'єкт, що «літає» в повітрі без видимих опор.

Обладнання:

- ✓ Кольоровий папір (для метелика), скріпка.
- ✓ Нитки, скотч.
- ✓ Сильний неодимовий магніт.
- ✓ Лінійка або картонна підставка.

Покроковий план

1. Виріжте легкого метелика з паперу. До його «голови» прикріпіть металеву скріпку.
2. Прив'яжіть до скріпки нитку довжиною 15-20 см.
3. Закріпіть інший кінець нитки до столу скотчем.
4. Тримайте магніт над метеликом, поступово піднімаючи його вгору, поки нитка не натягнеться, а метелик «зависне» в повітрі, не торкаючись магніту.

Пояснення для висновку

Метелик літає завдяки балансу сил: **сила магнітної взаємодії** тягне скріпку вгору, а **сила тяжіння** та **сила натягу нитки** — вниз.



ПОДОРОЖУЮ

Квест «Подорож у часі: електромагнітні явища»

Лист з майбутнього

«Світ майбутнього залишився без електрики та зв'язку. Машина часу пошкоджена, а знання про електромагнітні явища розсипались у часі. Щоб повернутись і врятувати цивілізацію, потрібно відвідати ключові моменти історії відкриттів і відновити знання»

Формат

1. Командна робота
2. 5–6 часових станцій
3. На кожній станції — завдання + код/ключ
4. У фіналі — активація машини часу



Станція 1. 1820 рік — Дослід Ерстеда

Місце: Копенгаген

Місія: з'ясувати зв'язок електрики й магнетизму

Завдання:

Задача 1. «Пошук помилки». Учень стверджує: «Я бачив, як нерухомий пластиковий стрижень, заряджений статичною електрикою, відхилив стрілку компаса так само як у досліді Ерстеда». Чи правий учень? Чому?

Задача 2. «Зміна полярності» Магнітна стрілка розташована під провідником, струм

у якому тече «від нас». Стрілка відхилилася північним полюсом праворуч. Куди відхилиться стрілка, якщо струм пустити «на нас»?

Задача 3. Уявіть, що провід зі струмом замурований глибоко в стіні. Як за допомогою лише компаса знайти місце, де проходить цей дріт? Опишіть свої дії.

🔑 **Код: «СТРУМ → МАГНІТНЕ ПОЛЕ»**

Станція 2. 1831 рік — Майкл Фарадей

Місце: Лондон

Місія: запустити перший генератор

Завдання:

Задача 1. «Швидкий чи повільний рух?»

У вас є дві ідентичні котушки, підключені до амперметрів. Ви берете два однакові магніти. Перший магніт ви вводите в котушку за 0,5 секунди, а другий — за 2 секунди. В якому випадку стрілка



амперметра відхилиться сильніше? Як значення ЕРС індукції залежить від часу, витраченого на рух магніту, якщо зміна магнітного поля в обох випадках однакова?

Задача 2. «Рамка в однорідному полі»

Металева квадратна рамка рухається в потужному магнітному полі медичного томографа (МРТ). Поле в цій зоні абсолютно однорідне (магнітні лінії паралельні та розташовані з однаковою густотою).

Ситуація А. Рамка рухається рівномірно і поступально (просто летить вперед).

Ситуація Б. Рамка обертається навколо своєї осі, наче пропелер.

В якому з випадків у рамці виникне електричний струм? Поясніть, чи змінюється магнітний потік.

Задача 3. «Ремонт електромережі»

Електрик працює біля високовольтної лінії електропередач, по якій тече змінний струм (частота 50 Гц). У руках він тримає велике замкнене кільце з мідного дроту. Хоча дріт у руках електрика ніяк не підключений до розетки, він раптово відчуває, що дріт почав нагріватися. Звідки в ізольованому кільці взялася енергія для нагрівання? Як частота змінного струму в лінії (швидкість зміни поля) впливає на цей процес?

Задача 4. «Магнітне гальмо»

Ви кидаєте неодимовий магніт всередину вертикальної мідної труби. Магніт не торкається стінок, але замість того, щоб упасти швидко, він «пливе» вниз дуже повільно, ніби в густому меду. Якщо замінити мідну трубу на пластикову — магніт впаде миттєво. Як закон Фарадея пояснює виникнення «гальмівної сили» в мідній трубі? Що саме створює магнітне поле, яке заважає магніту падати?

Ключове слово: «ІНДУКЦІЯ»

Станція 3. 1864 рік — Джеймс Максвелл

Місце: Велика Британія

Місія: розгадати таємницю світла

Задача 1. «Космічний зв'язок та затримка».

Марсохід «Perseverance» відправляє фотографію високої роздільної здатності на Землю за допомогою радіосигналу. У той же момент він пускає потужний промінь лазера (світло) у бік земної обсерваторії. Відстань до Марса на момент передачі становить приблизно 225 мільйонів кілометрів. Що прийде до Землі раніше: радіосигнал чи світло лазера? Яку властивість електромагнітних хвиль це доводить?

Задача 2. «Мікрохвильовка та мобільний телефон».



Ви поклали мобільний телефон всередину мікрохвильової печі (**ВАЖЛИВО:** не вмикаючи її!) і зачинили дверцята. Потім ви спробували зателефонувати на цей номер з іншого телефону. Телефон виявився «поза зоною досяжності», хоча ви бачите його крізь сітчасте скло дверцят. Чому видиме світло проходить крізь сітку на дверцятах, а радіохвилі мобільного зв'язку (або мікрохвилі самої печі) — ні?

Задача 3. «Колір гарячого металу».

Коваль розігріває сталевий прут. Спочатку прут просто гарячий, але не світиться. Потім він починає світитися тьмяно-червоним, далі — яскраво-помаранчевим, а за екстремальної температури стає майже білим. Чим вища температура, тим швидше коливаються частинки металу (електрони). Як цей дослід пов'язує енергію електромагнітної хвилі з її частотою та кольором?

🔑 **Код: «СВІТЛО = ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ХВИЛЯ»**

Станція 4. Кінець XIX ст. — Народження зв'язку

Місія: передати сигнал без дротів

Задача 1. «Радіо в тунелі».

Ви їдете в автомобілі та слухаєте улюблену FM-радіостанцію. Як тільки авто заїжджає в довгий залізобетонний тунель, звук зникає і з'являється лише шипіння. Тунель побудований із використанням сталевих арматур, яка утворює густу металеву сітку всередині бетону. Чому електромагнітні хвилі радіостанції не можуть потрапити всередину тунелю? Як називається цей ефект (підказка: згадайте «клітку» відомого фізика)?

Задача 2. «Супутниковий інтернет у негоду».

Ви користуєтеся супутниковим інтернетом (наприклад, Starlink). Під час дуже сильної зливи або густого снігопаду ви помічаєте, що швидкість інтернету значно впала, а з'єднання часто переривається. Сигнал від супутника має пройти крізь товщу хмар і опадів. Чому краплі води або сніжинки заважають передачі сигналу, якщо вони не є металевими? Що відбувається з енергією електромагнітної хвилі, коли вона стикається з водою?



Задача 3. «Затримка прямого ефіру».

Кореспондент у Києві веде прямий репортаж, спілкуючись із ведучим у студії через супутниковий зв'язок. Глядачі помічають, що після того, як ведучий ставить запитання, кореспондент мовчить близько 1-2 секунд, перш ніж почати відповідати. Супутник зв'язку знаходиться на геостаціонарній орбіті на висоті приблизно **36 000 км**. Сигнал має пройти шлях від студії до супутника, а потім від супутника до кореспондента (і так само назад). Обчисліть приблизний час затримки, знаючи, що швидкість сигналу дорівнює швидкості світла. Чому ми не

можемо позбутися цієї затримки, навіть використовуючи найпотужніші комп'ютери?

Задача 4. «Антенна на даху».

Раніше для прийому телебачення на дахах будинків встановлювали великі антени зі складними металевими поперечками. Якщо таку антену розвернути в інший бік, зображення на екрані зникало або ставало дуже поганим. Сигнал передається від телевежі, яка знаходиться за 20 км від будинку. Чому для якісного прийому сигналу важлива «пряма видимість» та орієнтація антени? Що відбувається з електромагнітною хвилею, якщо на її шляху постає гора або висока будівля?

Ключ: «ХВИЛІ НЕ ПОТРЕБУЮТЬ СЕРЕДОВИЩА»

Станція 5. XXI століття — Сучасний світ.

Місія: врятувати цивілізацію.

Задача 1. «Безконтактна оплата (NFC)».

Ви підносите смартфон або банківську картку до термінала в магазині. Навіть без дотику термінал «бачить» вашу картку і проводить транзакцію. У картці немає акумулятора, проте в момент наближення до термінала в її мікросхемі з'являється електричний струм, достатній для передачі даних. Яке явище, відкрите Фарадеєм, дозволяє картці «ожити» поруч із терміналом? Що саме всередині термінала створює умови для появи струму в картці?



Задача 2. «Індукційна плита та алюмінієва каструля».

Ви вирішили приготувати обід на індукційній плиті. Ви вмикаєте конфорку, вона залишається холодною на дотик. Ви ставите на неї алюмінієву каструлю, але вода в ній не нагрівається. Проте, як тільки ви замінюєте її на сталеву (магнітну) каструлю, вода закипає за лічені хвилини. Поверхня плити не гріється сама по собі, гріється лише дно посуду. Чому плита «ігнорує» алюміній або скло, але працює зі сталлю? Які саме струми (названі на честь французького фізика) виникають у металевому дні?

Задача 3. «Бездротова зарядка для навушників».

Ви кладете кейс від навушників на спеціальну станцію. Жодних роз'ємів чи дротів не підключено, але індикатор показує, що зарядка почалася. Між станцією та кейсом є невеликий пластиковий проміжок (корпус). Чому магнітне поле може передавати енергію крізь пластик, але зупиниться, якщо між ними випадково покласти металеву монету?

Задача 4. «Електромагнітний замок у під'їзді».

Щоб зайти у під'їзд, ви приклали ключ-магніт, почули характерний звук і відчинили важкі металеві двері. Коли в будинку вимикають світло — двері залишаються відчиненими для всіх. На дверній рамі встановлено металевий блок, який з величезною силою утримує двері. На основі дослідів якого вченого (Ерстеда чи Фарадея) працює такий замок? Що саме створює магнітну силу: постійний магніт чи електричний струм у котушці?

🔑 Фінальний код: «ЗНАННЯ = ЕНЕРГІЯ МАЙБУТНЬОГО»

Фінал квесту

Команди складають формулу порятунку:

Електричний струм + магнітне поле + рух = електромагнітна індукція

Машина часу активована, майбутнє врятоване!

Тема 3. МЕХАНІЧНІ І ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ

МОДЕЛЮЮ

Проект «Танцююча сіль»

У цьому проєкті ви власноруч створите фізичний візуалізатор і побачите, як звичайний звук перетворюється на математично точні орнаменти, що змінюються від зміни частот. Знання про фігури Хладні використовують при виготовленні високоякісних музичних інструментів (скрипок, гітар) для перевірки резонансних властивостей деки. Ви відчуєте себе справжнім дослідником, який розгадує таємниці резонансу — сили, здатної як створювати красу, так і руйнувати цілі споруди.



Щоб побачити вібрацію поверхні, наприклад, скляної — посипте її сіллю, візьміть смичок (або домовтесь з конем про оренду його волосся) і ковзайте ним по краю пластини. І ось вам гарні візерунки та радість маленького дослідника. Саме так бавився Роберт Гук в 1680 році в Оксфордському університеті, а пізніше і Ернст Хладні. Свої спостереження про вплив коливань на зміну форми останній описав 1787 року в роботі «Відкриття у теорії звуку». Малюнки, що утворюються внаслідок накопичення дрібних частинок поблизу пучностей чи

вузлових ліній стоячих хвиль на поверхні пружної пластинки, що коливається, отримали назву фігур Хладні [18].

Мета проєкту. Дослідити фізичну природу звуку як механічної хвилі; експериментально продемонструвати явище акустичного резонансу та утворення стоячих хвиль; проаналізувати залежність між частотою звукових коливань та геометрією утворених візерунків (фігур Хладні); розвивати навички проведення фізичного експерименту в домашніх умовах та вміння інтерпретувати отримані результати.

Обладнання та матеріали: глибока миска; скляний салатник або широка пластикова ємність; харчова плівка (важливо, щоб вона була еластичною); дрібна сіль (можна замінити цукром або манною крупою); смартфон із встановленим додатком «Frequency Generator» або ноутбук з онлайн-генератором частот; Bluetooth-колонка (найкращий варіант) або потужний динамік смартфона.

План

1. Натягування мембрани. Накрийте миску харчовою плівкою. Натягніть її максимально сильно, щоб поверхня була дзеркально гладкою та нагадувала барабан. Закріпіть краї скотчем або резинкою, щоб плівка не провисала.

2. Підготовка індикатора. Рівномірним тонким шаром насипте сіль на поверхню плівки.

3. Розміщення джерела звуку. * Якщо колонка маленька, її можна поставити прямо всередину миски (під плівку). Якщо велика — поставте миску зверху на динамік або максимально близько до нього.

4. Увімкніть генератор частот на низькій гучності. Почніть з частоти 100 Гц і повільно піднімайте її. Спостерігайте: на певних частотах сіль почне активно підстрибувати і збиратися в чіткі лінії. Це і є точки резонансу.

5. Якщо сіль погано рухається, перевірте, чи не торкається плівка стінок динаміка — вібрувати має тільки повітря всередині миски або сама конструкція миски.

6. Знайдіть мінімум 3 різні стабільні візерунки (наприклад, на 200 Гц, 450 Гц та 800 Гц). Сфотографуйте кожен візерунок та зафіксуйте частоту, на якій він виник. Зверніть увагу: чи стає візерунок складнішим із підвищенням частоти?

7. Оберіть одну частоту, де візерунок чіткий. Поступово збільшуйте гучність. Опишіть, що відбувається з «вузловими лініями» (лініями спокою). Чи стають вони ширшими чи сіль просто розлітається?

8. Заповніть невелику таблицю під час експерименту:

№ досліду	Частота (Гц)	Опис візерунка (коло, хрест, складні лінії)	Фото (так/ні)
1			
2			
3			

На основі побаченого дайте відповіді на запитання:

1. Що відбувається з відстанню між лініями солі при збільшенні частоти?
2. Чому сіль збирається саме в цих лініях, а не в інших місцях плівки? (Підказка: згадайте про вузли стоячої хвилі).
3. Чи вдалося отримати візерунок на дуже низьких (<50 Гц) або дуже високих (>2000 Гц) частотах?
4. Експеримент із формою. Спробуйте натягнути плівку на квадратний або трикутний контейнер. Як зміняться фігури?

Зміна матеріалу. Замініть сіль на манну крупу або мелений перець. Чи впливає маса часточок на чіткість ліній?

Порівняльний аналіз. Проведіть дослід на різних рівнях гучності та доведіть, чи впливає амплітуда на форму візерунка (чи тільки на швидкість руху солі).

Вимкніть обладнання. Утилізуйте сіль та плівку. Підготуйте фотоматеріали для презентації проєкту.

Запитання до проєкту

- ✓ Що саме змушує кристалики солі рухатися по мембрані? Опишіть механізм передачі енергії від динаміка до солі.
- ✓ До якого типу хвиль (поздовжніх чи поперечних) належить звук у повітрі? Обґрунтуйте свою відповідь.
- ✓ Чим визначається висота звуку, який ви генерували під час експерименту? У яких одиницях вона вимірюється?
- ✓ Як зміниться амплітуда коливань плівки, якщо ви збільшите гучність звуку, не змінюючи його частоту? Як це вплине на рух солі?
- ✓ Що таке акустичний резонанс? За якої умови сіль починає вибудовувати чіткі геометричні фігури?
- ✓ Чому сіль збирається в певних лініях на плівці, а в інших місцях вона постійно підстрибує? Поясніть поняття «вузли» та «пучності» стоячої хвилі.
- ✓ Чому при збільшенні частоти звуку візерунки стають складнішими та дрібнішими?
- ✓ Як фізичні властивості мембрани (матеріал, ступінь натягу) впливають на результат експерименту?
- ✓ Чи зміниться візерунок, якщо замість круглої миски використати квадратну при тій самій частоті? Чому?
- ✓ Чому цей метод візуалізації звуку називають «фігурами Хладні»? Хто першим відкрив це явище і яке значення воно мало для науки?
- ✓ Як знання про резонанс поверхонь допомагає конструкторам музичних інструментів (наприклад, гітар або скрипок)?
- ✓ Поясніть різницю між музичним звуком та шумом з точки зору регулярності коливань. Що б ми побачили на плівці, якби увімкнули хаотичний білий шум?
- ✓ Що таке шумове забруднення і як воно впливає на живі організми? Чи може звук певної інтенсивності зруйнувати конструкцію (наприклад, мембрану)?

✓ У яких межах частот людське вухо здатне сприймати звук? Чи буде сіль «танцювати», якщо ми запустимо ультразвук?

✓ Як принцип візуалізації коливань використовується в сучасній діагностиці (наприклад, у медицині або технічній дефектоскопії)?

Критерії оцінювання проєкту

Експериментальна установка та демонстрація (0–4 бали).

- **4 бали:** установка надійна, мембрана натягнута ідеально. Учень продемонстрував мінімум 3–4 чіткі геометричні фігури на різних частотах. Сіль рухається активно, межі ліній чітко окреслені.
- **3 бали:** установка функціонує, вдалося отримати 1–2 стабільні фігури. Є невеликі технічні огріхи (наприклад, слабкий натяг плівки), які дещо заважають візуалізації.
- **2 бали:** сіль рухається хаотично, чітких ліній (фігур Хладні) досягти майже не вдалося через неправильне розташування джерела звуку або неякісну мембрану.
- **1 бал:** установка зібрана, але не працює (сіль не реагує на звук), або учень не зміг продемонструвати жодного результату.

Наукове обґрунтування та розуміння теорії (0–4 бали)

- **4 бали:** учень вільно пояснює поняття резонансу, стоячої хвилі, вузлів та пучностей. Безпомилково описує, чому зі збільшенням частоти візерунок ускладнюється. Розуміє різницю між механічними та звуковими хвилями.
- **3 бали:** учень розуміє загальний принцип, але плутається в термінології (наприклад, не може чітко пояснити різницю між вузлом та пучністю) або потребує підказок.
- **2 бали:** учень знає лише базові поняття (звук — це хвиля), але не може пов'язати теорію з тим, що відбувається на плівці.
- **1 бал:** учень не може пояснити фізичну природу явища, дає випадкові відповіді.

Оформлення звіту та аналітична робота (0–4 бали)

- **4 бали:** надано детальний звіт із таблицею частот та фото/відео фіксацією результатів. Зроблено якісний висновок про залежність форми візерунка від частоти та властивостей мембрани.
- **3 бали:** звіт є, результати зафіксовані, але висновки поверхневі (наприклад, просто «мені сподобалося, як сіль танцює» без аналізу фізичних причин).
- **2 бали:** звіт неповний, відсутні фотодокази експерименту або таблиця спостережень.
- **1 бал:** звіт відсутній або містить лише опис конструкції без жодних результатів дослідження.

«Звукові ілюзії»

Необхідне обладнання: мобільний телефон, на якому встановлені мобільні додатки Phyrphox (Android/iOS або Audio Spectrum Analyzer (dB RTA), акустична система зовнішня або мобільний телефон(для відтворення мелодії), записи звукових ілюзій.

Іноді сприйняття предметів буває неправильним, помилковим. Ілюзії сприйняття – неадекватні сприймання, які неправильно, викривлено, помилково відображають об'єкти, що діють на аналізатори. Ілюзії зумовлюються різними причинами: виробленими життєвою практикою прийомами сприймання, особливостями аналізатора, зміною умов сприймання, дефектами слуху. Сприймання різних людей є відмінним. Часто людина сприймає не те, що є насправді, а те, що є бажаним для неї.

Якщо на вашу шумку звукові ілюзії притаманні тільки людям, в яких проблеми з психікою, то ви помиляєтесь, адже звукові ілюзії можуть виникати і у абсолютно здорових людей. Це можуть бути «звукові дзеркала»- спотворення, пов'язане з різною довжиною звукової хвилі. Пропонуємо дослідити їх.

I. «Приховані сходи»

Вперше дана ілюзія була виявлена професором психології Діаною Дойч (Diana Deutsch), яка показала, як мозок групує ноти, що стоять поряд. При демонстрації програватимуться дві мелодії – одна на зростання, інша на спадання. Для обох вух ноти різні. Більшість слухачів групують високі та низькі ноти разом, тому для одного вуха мелодія йде спочатку на спадання, а потім на зростання, а для іншого – навпаки.

II. «Зростаюча послідовність»

Відкриття «зростаючій послідовності» або парадоксу Шепарда належить французькому композитору Жан-Клоду Ріссе (Jean-Claude Risset), і виражається в тому, що пари нот, слідуючи поспіль, створюють зростаючу звукову ілюзію (як при натисканні клавіші на піаніно зліва направо). Насправді, підвищення тону відсутнє, і якщо запустити цю мелодію нескінченну кількість разів, то людина буде сприймати постійне підвищення тону, хоча цього не може бути, це звукова ілюзія, створена мозком «самостійно». Тон Шепарда - акустична ілюзія, яка утворюється в результаті накладання синусоїдальних хвиль, частоти яких кратні(звуки розміщені по октавах). Такий звук створює ілюзію, постійно зростаючого або постійно спадаючого тону, в той час, коли його висота не змінюється.

III. «Падаючі дзвони»

Дана звукова ілюзія полягає в тому, що запис дзвонів з пониженням висоти тону, сприймався як звук падаючих дзвонів. Однак, уважно прислухавшись, людина розуміє, що тон збільшується.

IV. «Прискорювані барабани»

Зміст ілюзії виражається в тому, що здається, що темп постійно зростає, хоча барабани звучать однаково.

V «Три ноти»

Парадокс досліджувала Діана Дойч (Diana Deutsch's). В звуковому записі кілька згрупованих нот, які кожен з глядачів сприймає по – різному: одні сприймають, як тони, що знижуються, а інші – такі, що підвищуються.

VI. «Фантомні мелодії»

Створюються за допомогою мелодій, що складаються зі швидких проґрашів. При прослуховуванні мозок виділяє деякі окремі ноти та скомпонує в окрему мелодію. Якщо прослухати цю ж мелодію повільно, то ілюзія зникає.

VII. «Фантомні слова»

Запис схожий послідовність повторювальних слів або фраз, розташованих в різних точках простору, які перекриваються. Слухаючи їх ви розрізняєте певні фрази. Хоча жодних фраз немає. Цілісність сприйняття полягає в тому, що образи відображених предметів та явищ постають свідомості в єдності багатьох якостей та властивостей. Навіть якщо предмет неподаний для сприймання повністю, його перцептивний образ «добудовується» до завершеної форми на основі сприйнятих елементів.

ДОСЛІДЖУЮ

Домашні експериментальні завдання із фізики з теми «Механічні та електромагнітні хвилі».

Домашній експеримент 1. «Дослідження характеристик звуку та візуалізація звукової хвилі»

Тема. Дослідження залежності висоти тону від частоти коливань та візуалізація звукових хвиль.

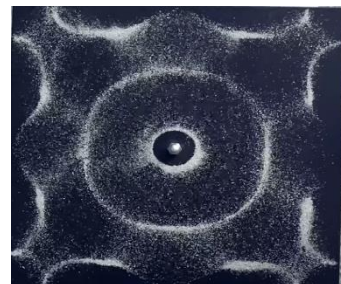
Мета: з'ясувати, як довжина тіла, що коливається, впливає на звук, та навчитися «бачити» звук за допомогою підручних засобів.

Обладнання:

- ✓ Лінійка (бажано пластикова або металева, довжиною 30 см).
- ✓ Скляна чашка або пластиковий стакан.
- ✓ Харчова плівка.
- ✓ Трохи сухого піску, цукру або солі.
- ✓ Смартфон з додатком «Frequency Generator» (необов'язково, але цікаво).

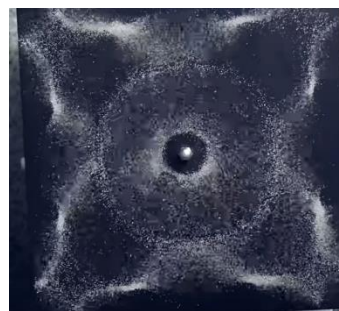
Покроковий план виконання:

Дослідження висоти тону. Притисніть один кінець лінійки до краю столу. Спершу залиште вільною велику частину лінійки (20 см). Струсніть її. Потім зменште вільну частину до 5-10 см і повторіть.



Візуалізація хвилі. Натягніть харчову плівку на склянку так, щоб вона була як барабан. Насипте зверху трохи солі.

Експеримент. Піднесіть смартфон до склянки і ввімкніть гучний низький звук або просто голосно і низько промовте «О-о-о-о». Спостерігайте за сіллю.



Таблиця для відповідей

Довжина вільного краю лінійки	Звук (низький / високий)	Частота коливань (візуально: швидше/повільніше)
Велика довжина (20 см)		
Мала довжина (5 см)		

Домашній експеримент 2. Іграшка «Телефон із консервних банок»

Класична іграшка, яка ідеально пояснює передачу звуку в твердих тілах.

Мета: дослідити передачу звукової хвилі через механічні коливання нитки.

Обладнання:

- ✓ Дві порожні консервні банки або пластикові стаканчики.
- ✓ Довга тонка нитка або волосінь (5-10 метрів).
- ✓ Гвіздок та молоток (щоб зробити отвори).

Покроковий план

1. Зробіть невеликі отвори в центрі дна кожної банки.
2. Протягніть кінці нитки в отвори та зав'яжіть великі вузли всередині банок, щоб нитка не випадала.
3. Розійдіть з другом так, щоб нитка була **сильно натягнута** і не торкалася сторонніх предметів.
4. Один учень шепоче в банку, інший — слухає.



Пояснення для висновку

ВАЖЛИВО! Щоб телефон працював, нитка повинна бути натягнута. При цьому натягнута нитка не повинна торкатися будь-яких предметів, у тому числі і ваших пальців, коли ви тримаєте банку. Звук вашого голосу змушує дно банки вібрувати. Ці вібрації передаються нитці як **поздовжня механічна хвиля**. Нитка передає енергію до дна другої банки, яке знову перетворює вібрації на звук.

Приклавши стаканчик до вуха, ви зможете почути, що говорить ваш друг на іншому кінці телефону в свій стаканчик, навіть якщо він буде шепотіти або говорити з іншої кімнати. Стаканчики виконують в цьому телефоні роль одночасно мікрофона і динаміка, а нитка служить телефонним дротом.

Тема 4. СВІТЛОВІ ЯВИЩА

СКАРБНИЧКА ЦІКАВИХ ФАКТІВ

Світлячки випромінюють «холодне світло» (біоломінесценція), перетворюючи енергію майже на 100% у світло без втрат на тепло, що є найефективнішим відомим процесом випромінювання.	
Ескізи механізмів, що використовуються для корекції порушень зору, належать перу великого вченого да Вінчі. У 1508 році він спробував створити пристосування, що фіксується на очному яблуку. Сучасні офтальмологи стверджують, що саме цей винахід є прототипом <u>контактних лінз</u> (КЛ), що застосовуються в наш час для лікування рефракційних розладів.	

ІСТОРІЯ ВІНАХОДУ ОКУЛЯРІВ

(з давніх часів - по XII століття)

До появи окулярів як приладів, що покращують зір, використовувалися окремі поліровані кристали або шматки скла для одного ока.

Найстаріші окуляри знайшли в гробниці давньоєгипетського фараона Тутанхамона. Це були два тонкі спири смарагду, з'єднані бронзовими пластинками у вигляді оправ.

У стародавній Греції на острові Крит були знайдені оптичні лінзи зі шліфованого кришталю, які також можна було використовувати для виправлення недоліків зору.



Ще у стародавньому Римі було помічено, що скляні кулі збільшують предмети.

Відомо, що римський імператор Нерон часто дивився гладіаторські бої через відшліфований смарагд. Передбачається, що він або використовував оптичну лінзу зі смарагду для корекції зору, або захищався за допомогою смарагду від сонячного світла.

Слово «лінза» перекладається з латинської як «сочевиця». Вперше лінзи для наукових цілей застосував францисканський чернець Роджер Бекон (1214-1294).

Він писав про властивості скляної кулі та про можливість застосування її для людей зі слабкими очима. Бекон використовував лінзи у багатьох своїх дослідках. і навіть підніс одну папі Клименту IV, просячи спробувати застосувати її.



Спочатку такі лінзи робили із кварцу чи гірського кришталю. Щоб скло лінзи не сколювалося, її краї стали оправляти дерев'яними або роговими обідками.

Крім того, як вихідний матеріал для виготовлення таких лінз використовували напівдорогоцінний камінь берил. Таким чином зроблена з берилу лінза згодом була названа «brill», що в перекладі з німецької означає «окуляри». До 13 століття стало зрозуміло, що якщо піднести лінзу до ока, то поле огляду збільшується.

ІСТОРІЯ ВІНАХОДУ ОКУЛЯРІВ (XII-XVI століття)

Надалі стало зрозуміло, що дві лінзи (на кожне око) краще ніж одна. Щоб зміцнити їх на обличчі, лінзи вставили в оправу і з'єднали разом. Так з'явилися перші окуляри. Поступово кварцові лінзи замінили лінзами з розплавленого скла. Для виготовлення окулярів потрібно було дуже прозоре скло. Секрет такого скла було знайдено у XIII столітті у Венеції. На деяких відомих картинах служителі церкви зображені в окулярах.



Спочатку були пристосовані для виправлення зору (далекозорості) двоопуклі лінзи, їх називали «окуляри для старих». Двогнуте скло з'явилося пізніше і теж було винайдено майстрами-склярами випадково. Увігнуті шибки повинні були допомагати виправляти дефекти зору у молодих (короткозорість). Їх називали «окулярами для молодих».



Першим достовірним свідченням використання окулярів при короткозорості вважається портрет папи Лева X, виконаний Рафаелем (1517-1519). Лев X був короткозорий і, вирушаючи на полювання, одягав окуляри.

Відомий італійський учений Леонардо да Вінчі першим зробив спробу перенесення знання на оптиці в прикладну область.

Він вперше запропонував модель людського ока та провів перші експерименти з цією моделлю.

Так як вважалося, що окуляри зміцнюють авторитет, китайські мандарини та вожді африканських племен носили окуляри, ... без СКЛА, зате з яскравими прикрасами.



У 14 столітті виник монокль. Монокль був єдиною лінзою на довгій ручці. Його тримали над текстом чи перед очима.

Манера вставляти монокль між щокою і верхньою повікою з'явилася лише у 16 столітті, монокль втратив рукоятки і утримувався біля ока лише напруженням м'язів обличчя.



У 15 столітті з'явився лорнет. Лорнет за весь час його існування мав багато модифікацій. Історія лорнета почалася з перевернутих «догори ногами» окулярів.



У окулярах-ножицях лінзи були незалежні один від одного і склалися в ручку. Особливо полюбили лорнет дами, які вимагали від майстрів виробу з благородних металів та прикрашені коштовним камінням.

Згодом з'явилися нові конструкції окулярів.

Перші окуляри мало схожі на сучасні

Оправу таких окулярів робили з дерева, металу, кістки, але ще не кріпили на обличчі. Такі окуляри просто тримали перед очима в руках.



У 16 столітті жорстке з'єднання лінз замінено на шарнірне. Такі перші окуляри були ще дуже дорогі, і ними могла користуватися тільки багаті. Окуляри, як велику коштовність, включали у свої заповіти королі та інші



почесні люди. Іноді навіть величина окулярів визначала приналежність власника до вищого класу суспільства. Так іспанські гранди одягали на ніс, як знак свого високого становища, окуляри з лінзами завбільшки з долоню.

Потім з'явилися окуляри на дужці. Наступний етап – закріплення окулярів носі, тобто з'являються пружинні окуляри.

Просте пристосування дозволило прикріпити окуляри навіть на капелюх. У 15-18 століттях такий спосіб носіння окулярів був поширений серед дам і високопоставлених сановників, тому що при вітанні вони ніколи не знімали капелюхи.



У 16 столітті з'явилися окуляри, які металевим обручем кріпилися на лобі, і з цього обруча вниз очі опускалися лінзи.

У 16 столітті з'явилося і пенсне. Скло пенсне кріпилося на мідній або залізній пружинці. Трохи згодом були придумані шкіряні прокладки під метал, щоб не травмувати шкіру носа. 17-19 століття час розквіту пенсне. Природно для бідного носа носіння окулярів було травматичним.



До кінця 16 століття навчилися кріпити окуляри на голову за допомогою стрічки або кругового шнурка.

ІСТОРІЯ ВІНАХОДУ ОКУЛЯРІВ (з XVII століття - по наші дні)

Смішно? При зустрічі іспанського короля Філіпа V в Мадриді в 1701 році 500 придворних дам прикрасилися на його честь величезними окулярами в черепахових оправках, хоча ніяких скарг на зір у них не було.

І лише наприкінці 18 століття з'явилися окуляри у сучасному варіанті, які трималися на вухах. Дужки окулярів за допомогою шарнірів кріпилися до оправки. Спочатку вони навіть не загиналися за вуха. Дужки могли кріпитися за перуку або за них прив'язували шнурок.



Індивідуального підбору окулярів за допомогою спеціального інструменту спочатку не було. Перший набір пробного скла для добірки окулярів виготовив у 1750 р. англійський оптик Дж. Ескю. У 1778 р. в Мюнхені Йоганн Пауль Хірн зробив аналогічний набір, який і є найдавнішим із тих, що збереглися.

Діоптричну нумерацію скла було введено в 1873 році. Фізики, що займалися оптикою ока, запропонували всім



відому зараз міру короткозорості чи далекозорості у вигляді «діоптрії». «Diopter» – це грецьке слово, що означає «що бачить наскрізь».

Перші лінзи на окулярах були круглими. До кінця 18 століття з'явилися і овальні, зрідка зустрічалися також прямокутні лінзи. Бенджамен Франклін винайшов біфокальні лінзи, в яких одна лінза мала ділянки з різним коефіцієнтом заломлення і придатна одночасно для розгляду предметів поблизу або здалеку.

Однак спочатку люди прийняли новий винахід насторожено. Деякі називали окуляри «проклятим інструментом диявола». І не відразу в суспільстві однозначно сприйняли носіння окулярів. Були часи, коли в Європі окуляри називали «вампірами, що висмоктують очі», а відьом і чортів нерідко малювали в окулярах. Аж до 19 століття суперечки у тому, чи потрібні окуляри взагалі, не припинялися.

У 17 столітті з'явилися перші сонцезахисні окуляри. **Зазвичай** окуляри покривали фарбою або лаком. Пробували для захисту від сонячних променів навіть шліфувати шибки з дорогоцінного каміння або використовувати товчені дорогоцінні камені. Але такі окуляри коштували дорого, а також при їх використанні можна було отримати опік очей.



У північних народів ненців, ескімосів давно були поширені окуляри від снігової сліпоты – аналог сонячних. Вони виготовлялися з дерева або кісток тварин, мали вузькі розрізи для очей та використовувалися для полювання на льодах.



Китайці перші виготовили димчасті окуляри з димчастого кварцу. Такі окуляри мали судді, щоб приховувати своє ставлення до вироку під час його оголошення при дворі.



Перша промислова партія сонцезахисних окулярів була виготовлена у Франції для солдатів Наполеона, які брали участь в африканській війні. Їх скла були оброблені сажею і покриті спеціальним лаком.

А на початку 20 століття з'явилися сучасні темні окуляри, коли вперше було використано скло, яке не пропускає ультрафіолетове випромінювання. Цікаво, що раніше вживали зелене скло, але виявилось, що воно пропускає найяскравіші промені спектру.

«СЛІПА ПЛЯМА»

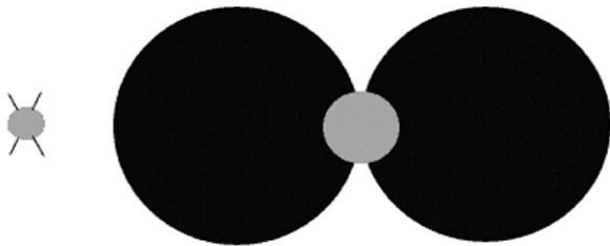
Сліпа пляма є в кожному оці в кожній людині. Це нечутлива до світла область на сітківці, тут з очей виходить зоровий нерв. Сліпі плями у двох очах перебувають симетрично у різних місцях, і за зір вони непомітні.

Діаметр сліпої плями близько 2 мм, що відповідає полю зору 6°. Це означає, що людина з відстані 1 м може не побачити предмет діаметром 10 см, якщо його зображення проектується на сліпу пляму. Таким чином, у полі нашого

зору є область, яку ми не бачимо. Наявність «сліпої» плями пояснюється так: це місце сітківки, де зоровий нерв кріпиться до очного яблука і ще не розділений на дрібні розгалуження, чутливі до світла. Ми не помічаємо «дірки» у полі нашого зору через довготривалу звичку. Уява послужливо заповнює це місце подробицями навколишнього тла.

Дослід з виявлення «сліпої» плями

Цей дослід вперше поставив 1668 року фізик Е. Маріотт. У такий спосіб він розважав придворних короля Людовіка XIV. Маріотт садив двох чоловіків на відстані 2 метрів один навпроти одного і просив їх розглядати деяку точку збоку, - тоді кожному здавалося, що його противник немає голови.



Тримайте малюнок на відстані 30 см від вашого правого ока, закривши лівий і дивіться на хрестик, розташований зліва на малюнку. Повільно наближайте малюнок до ока, не припиняючи дивитися на хрестик. Неодмінно настане момент, коли чорне коло

справа зникне, хоча обидва кола будуть чітко видно.

Чи велика «сліпа» пляма? Велика, чи ні, але коли ви дивитесь на небо, то на ньому залишається невидимим простір, що дорівнює площі 120 дисків повного Місяця!

Дослід з отримання доповняльних кольорів

Подивіться уважно, не відводячи погляду, на якийсь яскравий одноколірний предмет або спеціально вирізаний кольоровий паперовий квадратик секунд 30. Потім переведіть свій погляд на поверхню білого листа. На білій поверхні буде видно той самий малюнок, але пофарбований у колір, який називається доповняльним. Ви дізнаєтесь, що доповняльним до червоного кольору є зелений, до синього – помаранчевий, до жовтого – фіолетовий.



Кольори квадратів одного ряду є доповняльними до кольорів квадратів іншого ряду. Кожна пара таких кольорів у суміші дає білий чи сірий ахроматичний (не кольоровий) колір. Ці явища пояснюються тим, що повне відновлення пігменту чутливого до кольорів в наших очах, йде дуже повільно.

ОБ'ЄМНИЙ ЗІР

Дірка в руці

Згорни в тонку трубочку аркуш паперу (з зошита) і подивися через нього правим оком на свою руку.

Ліве око теж має залишатися відкритим!

Почекай пару секунд...

За кілька секунд ти побачиш, що в твоїй руці дірка!

У чому річ? Кожне око бачить свою картинку, а мозок старанно поєднує їх. Таким чином, формується об'ємний зір, і ми можемо розрізняти на якій відстані від нас знаходяться різні предмети.

Твоє ліве око бачить навколишні руки предмети, праве - бачить тільки маленьку ділянку твоєї руки, а мозок зіставляє ці картинки.



ОКУЛЯРИ ДЛЯ НЕЗРЯЧИХ

Досягнення науки і техніки XXI століття

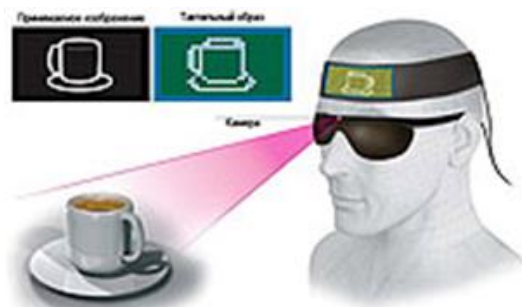
Функція дотику для людей з зоровими порушеннями є дуже важливою. Але ця функція має головний недолік – вона «працює» тільки при контакті з об'єктом.

Проте ситуацію може змінити пристрій, який демонструвався на виставці у Бостоні. Цей пристрій не передає візуальне зображення, але дозволяє отримати незрячій людині докладне уявлення про навколишній світ.

Система FRS може передавати зображення за допомогою дотиків, передаючи зображення на лоб. Мініатюрна камера вмонтована в темні окуляри.

Зображення обробляється та трансформується в електричні імпульси. Розряд подразнює рецептори шкіри чола, і людина «відчуває» форму об'єкта без жодних дотиків.

Так зорова картинка, перетворюючись на електричні імпульси, стає тактильним відчуттям. Система вміє передавати навіть кольори. Систему FRS зручно носити, знімати та надягати, апарат практично непомітний. До того ж мозку легше обробити візуальне зображення, «спроектоване» на лоб, ніж на іншу частину тіла, не кажучи про те, що роговий шар шкіри тут досить тонкий, що забезпечує більшу чутливість. Система FRS вже пройшла успішні тести в японських та американських закладах для людей із порушеннями зору.



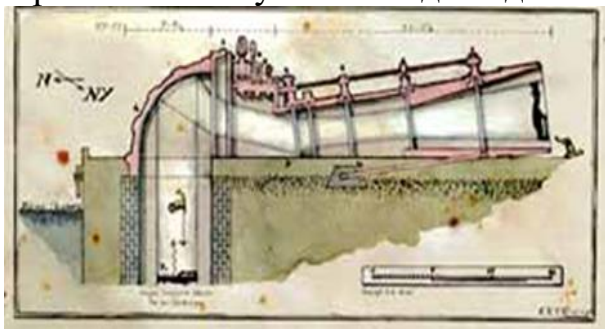
«ПІДЗЕМНИЙ ТЕЛЕСКОП» СПОЛУЧИВ НЬЮ-ЙОРК І ЛОНДОН

ДОСЯГНЕННЯ НАУКИ ТА ТЕХНІКИ ПОЧАТКУ 21-ГО СТОЛІТТЯ

Телектроскоп — це історичний прообраз телевізора, запатентований Яном Щепаником у 1897 році як «камера для відтворення зображень на відстані за допомогою електрики».

У травні 2008 року британський художник Пол Сент-Джордж (Paul St George) презентував свій проєкт під назвою «Телектроскоп» (The Telectroscope). В Нью-Йорку та Лондоні відбулося урочисте відкриття цього унікального оптичного, який буквально поєднав ці два мегаполіси. Це справді була знакова подія у світі мистецтва та технологій. Тепер можна вперше в історії запросто помахати один одному рукою через океан або помилуватися визначними пам'ятками британської столиці, стоячи біля Бруклінського мосту.

Художник вигадав легенду про те, що його прадід почав будувати трансатлантичний тунель ще 100 років тому, і лише тепер його вдалося завершити. Насправді пристрій використовував сучасні оптично-волоконні канали зв'язку та відеокамери високої чіткості, що дозволяло людям у режимі реального часу бачити одне одного у повний зріст крізь «лінзу» телескопа.



Ця інсталяція працювала з 22 травня по 15 червня 2008 року. За цей час понад 50 000 людей встигли «помахати» одне одному через океан, обмінятися написаними на табличках повідомленнями і навіть зробити пропозиції руки та серця. Після введення в експлуатацію цієї епохальної споруди знадобився ще якийсь

час на монтаж гігантського «підземного телескопа». Заінтриговані?

Імітація спостереження в телескоп реалізована за допомогою ширококутового інтернет-з'єднання та спеціальних камер. Причому зображення виходить «в натуральну величину» — пристойне таке «віконце».



За словами директора компанії, яка і побудувала «Телектроскоп», тепер у мешканців двох міст, що вічно поспішають, буде можливість зустрічатися і навіть «домовлятися про весілля», не перетинаючи океан.

Нью-Йоркська частина «Телектроскопа» встановлена поряд із знаменитим Бруклінським мостом і приурочена саме до його 125-річчя. Лондонська частина «Телектроскопа» розташована поруч із не менш знаменитим Тауерським мостом. До речі, «помахати ручкою» коштує лише один фунт - дешевше, ніж на метро проїхатися.

Офіційна сторінка проєкту: [The Telectroscope by Artichoke](#) — тут можна знайти історію створення, фотографії та опис того, як працювала ця гігантська оптична установка.

РОЗВ'ЯЗУЮ

Тема. Поширення світла в однорідному середовищі, швидкість світла.

Задача 1. Висота гори

Вождь племені Ку-Ка вирішив нагородити найспритніших воїнів. Старійшини вирішили: найспритнішим вважати того, хто найшвидше визначить висоту гори Топі Лу. Старт почався зі сходом Сонця. Переміг Гострий Розум, не піднімаючись на вершину. Як йому це вдалося?

✓ **Підказка:** Він використав спис, на якому були засічки.



Задача 2. Зріст Рубеуса Гегріда.

Рон Візлі та Герміона Грейнджер побачили наближення велета. Допоможіть Герміоні визначити зріст Рубеуса Гегріда, якого було видно на відстані 183 м під кутом 1° .

Задача 3. Зорові ілюзії

Шаман племені Ку-Ка вирішив перевірити воїнів на спостережливість та кмітливість. Він показав малюнок з намальованими списками і запитав, який довший? Переміг Гострий Розум. Що він відповів? Чому помилились інші воїни? Пояснити відповідь.



Задача 4. Гном та його тінь.

На околиці лісу жив самотній гном. Для того, щоб він не сумував Сонце подарувало йому тінь. Вдень вони розважались і говорили. Гном помітив, що розміри тіні змінювались протягом дня. Поясніть чому?

Перед заходом Сонця тінь поділилася таємницею, як за допомогою ліхтарика утворити її знову. В чому суть цієї таємниці? Як змінюється вигляд та розміри тіні при зміні відстані до ліхтаря?

Задача 5. Вождь і дерево.

Вождь племені Ку-Ка спостерігав за сонцем, що заходить за пагорб, на вершині якого стояла самотня сосна висотою 30 м. На якій відстані від сосни перебував вождь, якщо йому здавалося, що висота сосни дорівнює діаметрові сонячного диска?

Тема. Закон відбивання світла

Задача 1. Автомобільні дзеркала та безпека руху

Водій користується боковим плоским дзеркалом автомобіля. Світло від фар автомобіля, що рухається позаду, падає на дзеркало під кутом 35° до перпендикуляра. Визнач кут відбивання світлового променя. Побудуй схему ходу променів у дзеркалі. Поясни, чому порушення кута встановлення дзеркала може створити “сліпі зони”. Зроби висновок про роль закону відбивання світла в безпеці дорожнього руху.

Задача 2. Освітлення шкільного коридору

У коридорі школи встановлені світильники та дзеркальні панелі для кращого розподілу світла. Промінь світла падає на панель під кутом 50° . Визнач кут відбивання. Поясни, як закон відбивання світла використовується для енергоефективного освітлення. Чому дзеркальні поверхні ефективніші за матові у цьому випадку?

Задача 3. Дорожні знаки та світлоповернення

Світло фар падає на дорожній знак, вкритий світлоповертаючою плівкою. Кут падіння світла становить 25° . Який кут утворює відбитий промінь з перпендикуляром? Чому світло повертається майже у напрямку джерела, а не розсіюється? Поясни, чим відбивання відрізняється від розсіювання світла.

Задача 4. Чи правий учень?

Учень стверджує: «Якщо змінити кут падіння світла, кут відбивання не зміниться». Оціни правильність твердження. Наведи фізичне обґрунтування відповіді. Запропонуй дослід, який спростує або підтвердить це твердження.

Задача 5. Інженерний підхід

Потрібно спрямувати світло прожектора так, щоб воно освітлювало сцену під певним кутом, використовуючи плоске дзеркало. Як потрібно розташувати дзеркало відносно падаючого променя? Побудуй схему відбивання світла. Поясни, як закон відбивання світла використовується в прожекторах та оптичних приладах.

Тема. Плоске дзеркало

Задача 1. Правдиве дзеркало

Уявіть, що ви працюєте дизайнером інтер'єрів у «Музеї Науки». Дирекція музею хоче встановити в холі «Дзеркало Істини». Його особливість у тому, що воно показує людину саме такою, якою її бачать інші, а не так, як ми зазвичай бачимо себе у звичайному дзеркалі (де ліва і права сторони міняються місцями).

Ви помітили, що коли ви піднімаєте праву руку перед звичайним дзеркалом, ваше відображення піднімає ліву. Але «Дзеркало Істини» має повернути вам вашу праву руку як праву. Як за допомогою двох звичайних плоских дзеркал створити систему, яка не «перевертає» відображення? Визначте кут, під яким мають бути з'єднані два дзеркала, щоб отримати ефект «правдивого дзеркала». Поясніть, чому текст, написаний на вашій футболці, у звичайному дзеркалі «читається» задом наперед, а в «Дзеркалі Істини» він буде «читатися» правильно.

Підказка:

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Задача 2. Кутовий відбивач на Місяці

Відстань від Місяця до Землі постійно змінюється через те, що Місяць обертається навколо нашої планети по еліптичній орбіті. Відстань від найближчої точки орбіти Місяця до Землі, відомої як перигей, – всього в 363 104 км, а в апогеї, найдалшій точці, ця відстань дорівнює 406 696 км. Астронавти програми “Аполлон” встановили на Місяці кутовий відбивач, який і використовувався для обчислення відстані від Землі до Місяця. Кутові відбивачі — це дзеркала особливого типу, що відображають лазерний промінь назад в тому напрямку, звідки він прийшов. Як за допомогою дзеркал можна побудувати найпростіший кутовий відбивач? Поясніть принцип його роботи. Визначити, проміжки часу, протягом яких поширюється світловий сигнал від Землі до Місяця, коли він знаходиться в перигеї та апогеї.

Задача 3. Дзеркало красуні

У коридорі квартири повісили плоске дзеркало так, що його нижній край знаходиться на висоті 40 см від підлоги. Зріст красуні — 160 см. Чи зможе вона побачити себе повністю в цьому дзеркалі? Якої мінімальної висоти має бути дзеркало, щоб людина бачила себе на повний зріст?

Задача 4. Аліса в Задзеркаллі



Аліса знову опинилася у Задзеркаллі. Щоб повернутися додому, їй потрібно пройти крізь магічну дзеркальну залу. Назустріч їй стрімко рухається Чорна Королева, яка наближається до величезного плоского дзеркала зі швидкістю 3 м/с.

Ситуація 1. Сама Аліса стоїть нерухомо за спиною Королеви (на тій же лінії) і спостерігає за процесом. З якою швидкістю зображення Королеви наближається до самого дзеркала? З якою швидкістю Королева зближується зі своїм власним зображенням?

З якою швидкістю зображення Королеви наближається до нерухомої Аліси?

Ситуація 2. Аліса починає бігти назустріч дзеркалу зі швидкістю 5 м/с. З якою швидкістю Аліса зближується зі своїм власним зображенням? З якою швидкістю Аліса зближується із зображенням Королеви? Якщо в початковий момент Аліса була на відстані 10 м від дзеркала, а Королева — на відстані 5 м, то через скільки секунд Аліса порівняється із зображенням Королеви?

Задача 5. Суперечка



Під час перерви дев'ятикласники сперечалися. Один учень сказав: «Якщо я заплющу очі або відвернуся від дзеркала, мого зображення в ньому не буде». Інший відповів: «Зображення все одно існує, навіть якщо ти його не бачиш». Учні звернулися до тебе, як до знавця фізики, щоб розв'язати суперечку. Чи існує зображення людини

в плоскому дзеркалі, якщо вона не дивиться на нього? Поясни відповідь. Чи зміниться відповідь, якщо: а) у кімнаті вимкнути світло; б) у кімнаті є світло, але людина вийшла з кімнати?

Задача 6. Зображення Ліри

В далекому Королівстві Тіней жила юна чарівниця Ліра. У її кімнаті на стіні висіло Чарівне Дзеркало Правди. Одного вечора, коли світло майже згасало, Ліра підійшла до дзеркала, але не побачила свого відображення.

— Дзеркало, дзеркало, підкажи мені, — прошепотіла вона, — що мені освітити: тебе чи себе, щоб побачити правду?

Поруч мерехтіла чарівна свічка, і Ліра могла використати її лише один раз. Допоможи Лірі зробити правильний вибір: що потрібно освітити — дзеркало чи саму чарівницю? Поясни за допомогою побудови зображень. Чому Чарівне Дзеркало не може «показати» Ліру без світла, навіть якщо воно магічне?



Задача 7. Кастинг букв

Ми потрапляємо на кастинг друкованих букв українського алфавіту. Відбір пройшли ті букви, для яких зображення в плоскому дзеркалі не відрізняються від їх самих. Потім виявили, що списки втрачені. Допоможіть відновити їх.

Які друковані букви українського алфавіту не змінюються при відбиванні у плоскому дзеркалі? Що спільне в цих буквах?



Задача 8. Винахідливий гном



У підземеллях старого замку гном-винахідник Тік вирішив створити систему сигналізації. Йому потрібно передати світловий сигнал зі своєї майстерні (точка В) до вартової вежі, де стоїть його помічник (точка А). Проте між ними стоїть товста кам'яна стіна, і вони не бачать один одного напряму. Тік має лише одне маленьке плоске дзеркало, яке він може закріпити на довгій рівній стіні коридору, що проходить поруч. Допоможіть Тіку знайти точне місце на стіні, де потрібно закріпити дзеркало, щоб гном з точки А міг побачити «сигнал» (зображення) точки В. Опишіть алгоритм побудови ходу променів, який допоможе гному не помилитися.

Задача 9: Котигорошко та Змій

Злий Змій викрав сонячне світло і сховав чарівний меч Котигорошка на самому дні глибокого занедбаного колодязя. Котигорошко знає: щоб дістати меч, на нього має впасти пряме сонячне проміння. Зараз полудень, і сонце стоїть високо, але його промені падають на землю під кутом 60° до горизонту. У богатиря є щит-дзеркало, який він може використати, щоб спрямувати промінь вертикально вниз, на дно колодязя. Завдання: Допоможіть Котигорошку обчислити, під яким кутом до горизонту йому потрібно тримати свій щит-дзеркало, щоб сонячний зайчик влучив точно в ціль?



Тема. Заломлення світла

Задача 1. Таємниця підводного скарбу Русалоньки

Принц Ерік вирішив подарувати Русалоньці золоту каблучку, яку він випадково впустив у прозору затоку. Вода в цьому місці надзвичайно чиста, а дно вкрите білим піском. Русалонька бачить каблучку з глибини, а Ерік — з човна. Але виникла проблема: коли Ерік намагається дістати каблучку довгим сачком, він постійно промахується, хоча йому здається, що він цілиться точно в ціль. Русалонька ж, дивлячись на Еріка з-під води, дивується, чому він здається їй набагато



вищим, ніж є насправді. Чому Ерік бачить каблучку не там, де вона лежить насправді? Побудуйте хід променів, які йдуть від каблучки до очей Еріка. Куди саме має цілитися Ерік, щоб влучити у каблучку: трохи вище, нижче чи точно в те місце, яке він бачить? Обчисліть, на якій уявній глибині бачить каблучку Ерік, якщо справжня глибина затоки 2 метри. Чому Русалоньці здається, що Ерік став вищим? Побудуйте схематичний хід променів від голови принца до очей Русалоньки у воді. Русалонька відпливла далі від човна. Чому на певній відстані вона перестала бачити обличчя Еріка, а почала бачити лише віддзеркалення морського дна на поверхні води?

Задача 2. Пастка для Аладіна: Примарний оазис



Аладін та його вірний друг Абу вже другий день подорожують спекотною пустелею Сахара. Раптом попереду, прямо на розпеченому піску, вони побачили справжнє диво: виблискуючу поверхню озера, в якій віддзеркалювалися пальми та небо. Абу з радістю кинувся вперед, але Аладін зупинив його: — Стій, друже! Джин розповідав мені про підступи пустелі. Це не вода, а «марєво», яке заманює втомлених мандрівників. Джин, що з'явився з лампи, пояснив: — Це фізика, Аладіне! Сонце нагріло пісок, пісок нагрів приземний шар повітря, а світло — воно хитре, воно завжди обирає шлях, де можна «пробігти» швидше. Як змінюється температура та густина повітря від розпеченого піску вгору? Де повітря «оптично менш густе»? Чому Аладін бачить на піску небо та пальми «догори дригом»? Побудуйте схематичний шлях променю від верхівки далекої пальми до очей Аладіна, враховуючи, що повітря складається з шарів з різною температурою. Як називається явище, коли світло, переходячи з більш щільного шару повітря в менш щільний (гарячий), не заломлюється, а повністю відбивається вгору? Уявіть, що Аладін піднявся на високий бархан (гору піску). Чи зникне міраж, чи стане чіткішим? Обґрунтуйте.

Задача 3. Рибки в акваріумі

У класі стоїть акваріум. Учні помітили, що рибки виглядають більшими й ближчими до скла, ніж є насправді. Чому змінюється видиме положення рибок? Назви середовища, між якими відбувається заломлення світла. Як змінюється напрям світлового променю при переході з води в скло, а зі скла в повітря?



Задача 4. Таємниця загубленого тризуба



Молодий принц Кай живе в підводному місті під товстим куполом зі спеціального магічного скла. Одного разу він побачив через купол золотий тризуб свого батька, що лежав на піщаному дні за межами міста. Кай вирішив дістати його за допомогою механічного маніпулятора. Однак, коли він спрямував маніпулятор точно туди, де бачив тризуб, механічна рука схопила лише порожній пісок. Тризуба там не було, хоча Кай чітко його бачив! Визначте, чому Кай схибив, та допоможіть йому обчислити правильний напрямок. Промінь світла від тризуба йде з води в товсте скло

купола, а потім у повітряне середовище всередині міста. Де насправді знаходиться тризуб відносно того місця, яке бачить Кай (вище чи нижче)? Побудуйте хід променів світла, що йдуть від об'єкта у воді до ока спостерігача в повітрі через межу поділу середовищ. Обчисліть уявне зміщення, якщо відомо, що кут падіння променя на межу «вода-повітря» становить 30° . Яким буде кут заломлення в повітрі? Як йому треба цілитися маніпулятором (вище чи нижче видимого зображення), щоб влучити в ціль?

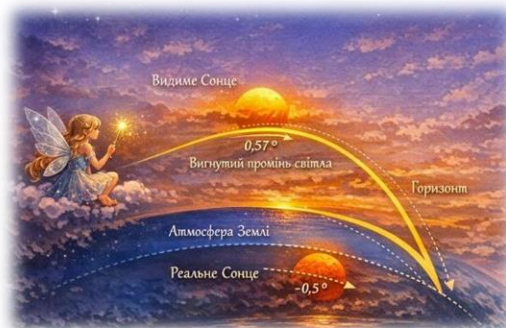
Задача 5. Сонце, що не хотіло прощатися

Одного вечора маленька Фея Світла мандрувала небом. Вона вже опустила Сонце за край Землі, але люди внизу все ще бачили його золотий диск над горизонтом.

— Як це можливо? — здивувалася Фея. — Я ж уже сховала Сонце!

Мудрий Вітер прошепотів їй:

— Це не чари, а властивість світла. Подивись уважніше, як воно мандрує крізь повітря...



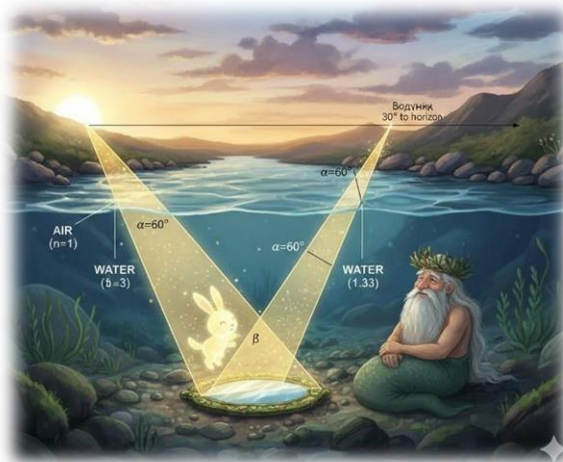
Ситуація 1. Чому Сонце ще видно над горизонтом, хоча насправді воно вже опустилося нижче? Яке фізичне явище пояснює цю «ілюзію»? Як змінюється напрям поширення світла під час переходу з космічного простору в атмосферу Землі? Чому це явище важливо враховувати в астрономії та навігації?

Ситуація 2. Коли Фея Світла сховала Сонце за край Землі, Мудрий Вітер виміряв, що насправді центр Сонця вже знаходиться на $0,5^\circ$ нижче горизонту. Проте люди все ще бачили Сонце над горизонтом. Оцінити, наскільки атмосфера «піднімає» Сонце. Середнє значення атмосферної рефракції поблизу горизонту: $R \approx 34'$. Переведи величину атмосферної рефракції з кутових хвилин у градуси. Визнач, на яку кутову висоту атмосфера «піднімає» видиме положення Сонця.

Поясни, чи достатньо цього ефекту, щоб Сонце було видно, якщо воно насправді знаходиться на $0,5^\circ$ нижче горизонту.

Задача 6. Загублений промінь Водяника

У чистому гірському струмку живе старий Водяник. На самому дні струмка, де вода абсолютно спокійна, лежить його скарб — магічне плоске дзеркало. Раз на рік, у день літнього сонцестояння, Сонячний Зайчик має торкнутися дзеркала, щоб зарядити його світлом на весь наступний рік. Однак цього року Бешкетник-Вітер нагнав хмар, і сонце з'явилося лише на мить, коли воно вже почало схилятися до горизонту. Сонце перебуває під кутом 30° до горизонту.



Промінь світла падає на поверхню води, заломлюється, проходить крізь товщу води і падає на дзеркало, що лежить горизонтально на дні. Показник заломлення води $n = 1,33$. Дзеркало лежить паралельно поверхні води. Кут падіння променя на поверхню води потрібно обчислити (пам'ятайте, що кут падіння вимірюється відносно перпендикуляра). Під яким кутом промінь світла впаде безпосередньо на магічне дзеркало на дні? Під яким кутом промінь вийде з води назад у повітря після відбивання від дзеркала? Чи зможе Сонячний Зайчик повернутися до Сонця тим самим шляхом, яким прийшов?

Додаткове завдання: Водяник помітив, що дзеркало трохи присипало піском, і воно тепер лежить під нахилом 5° до дна. Як це змінить шлях Сонячного Зайчика? Чи зможе він тепер вийти з води у тому ж місці?

Тема. ЛІНЗИ

Задача 1. Легенда про підводний телескоп

Юний винахідник Немо вирішив побудувати телескоп, щоб спостерігати за зірками просто зі своєї підводної печери. Він взяв звичайну скляну лінзу, яку знайшов на затонулому кораблі. На суші ця лінза мала певну фокусну відстань F . Коли Немо занурив її у морську воду, він помітив, що зображення зірок стало зовсім іншим. Допоможіть Немо зрозуміти, що сталося з його «оком» для спостережень. Чи залежить відповідь від того, які лінзи (збиральні чи розсіювальні) використовуються?



Задача 2. Сонячна краплинка для квітів



У чарівному саду королеви Ліри росли рідкісні квіти, які любили воду, але боялися прямих сонячних променів. Одного спекотного літнього дня маленька фея Ельві вирішила полити квіти. Вона взяла чарівну лійку і почала розпилювати воду на рослини. Через кілька хвилин деякі квіти почали в'янути! Фея замислилася: чому так сталося, якщо вода потрібна для росту квітів? Обчисліть, яку потужність сонячного випромінювання збирає одна краплинка води, якщо $I = 1000 \text{ Вт/м}^2$, радіус краплини $0,5 \text{ мм}^2$. Поясніть, чому поливати квіти під прямим сонцем шкідливо. Запропонуйте безпечний час поливу і обґрунтуйте

свій вибір.

Задача 3. Привид у туманному лісі

У чарівному лісі мешкає добрий Привид, який дуже боїться сонячного світла. Щоб захистити свій будинок, він встановив на вході величезну розсіювальну лінзу, зроблену з магічного льоду. Одного разу мандрівник помітив Привида, коли той був дуже далеко від лінзи. Привид почав швидко бігти назустріч мандрівнику (тобто наближатися до лінзи з нескінченності). Як змінюватиметься відстань від лінзи до зображення Привида, яке бачить мандрівник через лінзу, поки Привид наближається до неї? Куди саме рухатиметься це зображення?



Задача 4. Пошуки загубленої зірки

У зоряній галактиці живе маленький Принц, який втратив свою улюблену зірку. Він шукає її за допомогою магічної збиральної лінзи, що висить у центрі його планети. Ця лінза здатна збільшувати об'єкти і показувати їх зображення.

Принц помітив свою зірку, коли вона була дуже далеко (за подвійним фокусом) від лінзи. У розпачі він почав швидко наближатися до лінзи, тягнучи за собою зірку, яка знаходилася на постійній відстані від нього. Як змінюватиметься відстань від лінзи до зображення зірки, яке бачить Принц через лінзу, поки він (і зірка) наближається до неї? Куди саме рухатиметься це зображення?



Задача 5. Детектив в оптиці

Під час археологічної експедиції було знайдено уламок окулярів відомого вченого минулого. Історикам важливо дізнатися, на яку хворобу очей страждав дослідник: на короткозорість чи далекозорість, і наскільки сильною була патологія. У вашому розпорядженні лише уламок лінзи, лінійка та екран (аркуш білого картону). Визначити оптичну силу лінзи. Який діагноз мав учений (короткозорість чи далекозорість)? Чи міг цей учений читати без окулярів, чи вони були потрібні йому саме для читання? Як зміниться результат вашого вимірювання, якщо ви занурите уламок у воду?



Задача 6. Світлові ефекти на стіні

У сонячний день промені світла падають на однотонну білу стіну кімнати, рівномірно освітлюючи її. Учень вирішив поекспериментувати й розмістив паралельно до стіни розсіювальну (увігнуту) лінзу на певній відстані від неї. Як зміниться освітленість ділянки стіни безпосередньо за лінзою? Поясніть хід променів після проходження розсіювальної лінзи. Чому ми не побачимо «сонячного зайчика» (фокусування), як у випадку зі збиральною лінзою? Як зміниться розмір плями на стіні, якщо почати віддаляти лінзу від стіни?

Задача 7. Око Дракона та чарівний кристал

Хранитель печери хоче налякати непроханих гостей. У нього є магічний кристал (збиральна лінза) з фокусною відстанню 20 см. Він ставить перед ним свічку так, щоб на протилежній стіні печери з'явилося величезне чітке зображення полум'я. Свічка розташована на відстані 25 см від кристала. На якій відстані від кристала знаходиться стіна, на якій з'явилося чітке зображення? У скільки разів зображення полум'я буде більшим за саме полум'я свічки?

Задача 8. Окуляри для мудрого Гнома



Старий Гном-ювелір став погано бачити дрібні діаманти. Він змайстрував собі окуляри з лінзами, що мають оптичну силу +10 дптр. Щоб розгледіти камінь, він тримає лінзу так, що отримує уявне збільшене зображення. Гном тримає лінзу на відстані 5 см від діаманта. Обчисліть фокусну відстань лінзи в метрах та сантиметрах. На якій відстані від лінзи утвориться уявне зображення діаманта?

Задача 9. Пастка для Снігової Королеви

Герда вирішила відволікти Королеву, створивши світловий міраж за допомогою крижаної розсіювальної лінзи. Відомо, що розсіювальна лінза завжди дає уявне зображення. Фокусна відстань крижаної лінзи за модулем дорівнює 30 см. Герда поставила перед лінзою чарівну квітку на відстані 60 см. Визначте, де саме Снігова Королева побачить уявне зображення квітки (Знайти відстань від лінзи до зображення)? Чи буде це зображення збільшеним чи зменшеним?



Задача 10. Гімнастика для очей

Під час тривалої роботи біля моніторів рекомендують час від часу переводити погляд вдалечінь. Як зміниться фокусна відстань і оптична сила кришталика ока, під час такої вправи?

Задача 11. Загублений зір Русалоньки

Одного разу юна Русалонька, донька морського царя, знайшла на дні океану затонулу скриню з людського корабля. У скрині була дивна річ — маленька книжка з яскравими картинками. Русалонька дуже хотіла роздивитися малюнки, але як вона не намагалася, літери та лінії здавалися їй розмитими плямами.



Вона підпливла до поверхні, висунула голову з води — і о диво! Вона чітко побачила кожен літер та кожен квітку на папері. Але варто було їй знову пірнути, як усе «поплигло». Старий мудрий Краб Себастьян сказав: «О, маленька принцесо, це тому, що під водою твої очі стають короткими на зір, як у старого діда, що не бачить власного носа!» виправте помилку Себастьяна: Чи правий мудрий Краб? Визначте, яким насправді стає око людини (або істоти з людською будовою ока) під водою — короткозорим чи далекозорим? Обґрунтуйте свою відповідь, використовуючи поняття «заломлення світла» та «фокус». Чому на повітрі Русалонька бачить чітко, а під водою — ні? Порівняйте показники заломлення повітря, води та рогівки ока. Чому риби, на відміну від Русалоньки, чудово бачать під водою без жодних пристроїв? Як еволюція змінила їхній кришталик? Уявіть, що Русалонька хоче читати книжку саме під водою. Що їй потрібно замовити у підводних майстрів, щоб бачити чітко?

Задача 12: Ціна невидимості

Уявіть, що винахідник створив «сироватку невидимості», яка робить тіло людини абсолютно прозорим: світло просто проходить крізь тканини, не затримуючись і не відбиваючись. Проте перше, на що поскаржився «невидимка» після прийняття препарату — це те, що він миттєво осліп. Користуючись знаннями про природу світла та будову людського ока, пояснити цей парадокс

та знайти теоретичне вирішення проблеми. Щоб ми сприйняли зображення, промені світла мають заломлюватися кришталіком і фокусуватися на сітківці. Сітківка містить фоторецептори (палички та колбочки), які мають поглинути фотони світла, щоб перетворити їх на нервовий імпульс. Світло заломлюється лише тоді, коли переходить з одного середовища в інше з іншою оптичною густиною (наприклад, з повітря в кришталік). Чому ідеально прозоре око не зможе сформувати зображення на сітківці? Що станеться зі світлом, коли воно досягне сітківки «невидимки», якщо вона теж стала прозорою? Чи буде заломлюватися світло в кришталіку, якщо його показник заломлення став таким самим, як у повітря?

Підказка:

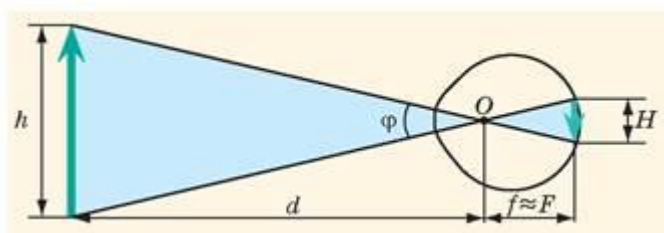
Варіант 1: Залишити очі (або лише зіниці) видимими (чорні цятки, що літають у повітрі).

Варіант 2: Використати очі, що бачать лише в ультрафіолетовому або інфрачервоному спектрі.

Варіант 3: Зробити задню стінку ока дзеркальною.

Якщо людина бачить, значить, її очі поглинають світло. Чи можна вважати таку людину «повністю невидимою», якщо в повітрі будуть помітні два темні об'єкти (зіниці)?

Задача 13. Про рекламу



В якому випадку букви на рекламному щиті краще розрізнити: 1) якщо висота букв 25 см і щит розглядається на відстані 20 м або 2) якщо висота букв 55 см і щит розглядається на відстані 40 м? В

обох випадках букви мають однаковий шрифт і колір.

Задача 14. Крихка надія Рохлі (з роману Вільяма Голдінга «Володар мух»)

Група хлопчиків опинилася на безлюдному острові після авіакатастрофи. Серед них — Рохля, хлопчик з вадами зору, який носить окуляри з товстими лінзами. Настає вечір, температура падає, і дітям терміново потрібен вогонь, щоб зігрітися та подати сигнал рятувальникам. Сірників ні в кого немає. Рохля стверджує, що його окуляри можуть допомогти, але він боїться їх розбити. Ральф, лідер групи, має діяти швидко, але обережно. Поясніть, як саме окуляри можуть допомогти розвести вогонь? Який тип лінз має бути в окулярах Рохлі (збиральні чи розсіювальні), щоб цей план спрацював?

Підказка: Рохля страждає на далекозорість чи короткозорість, якщо він бачить предмети поблизу, але не бачить вдалині? Запропонуйте спосіб, як переконати Рохлю довірити свою річ групі, та як гарантувати її безпеку. За який час загориться сухий мох, якщо температура в точці фокусу зростає на 15°C

щосекунди, а температура займання моху — 250°C (при початковій температурі повітря 25°C).

МОДЕЛЮЮ

Проект “Калейдоскоп”

Калейдоскоп — це оптичний прилад-іграшка, усередині якого дзеркальні пластини, встановлені під певним кутом, багаторазово відбивають світло від дзеркальних стінок та кольорові об'єкти.

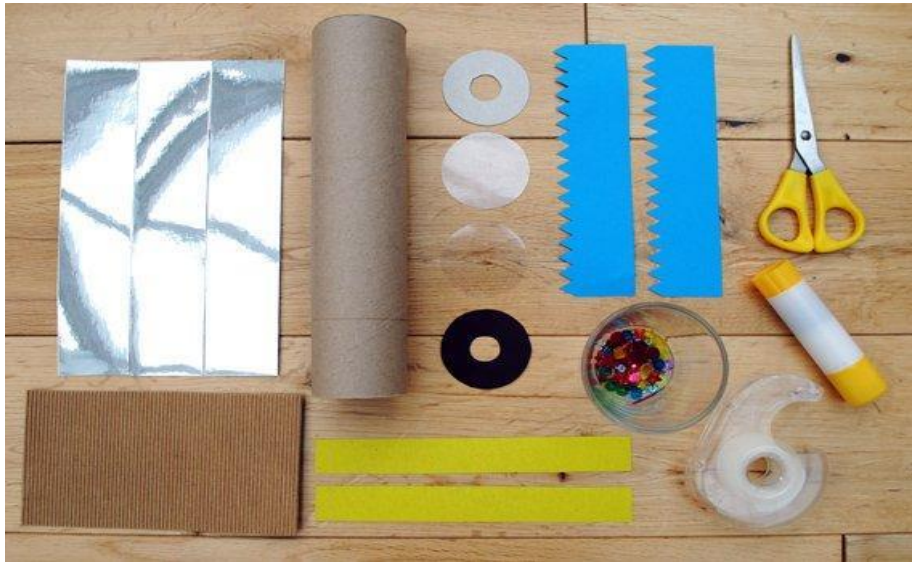
Завдяки явищу дзеркальної симетрії дрібні фрагменти скла або намистини складаються в ідеальні геометричні візерунки, що заповнюють усе коло зору. При кожному обертанні труби положення предметів змінюється, створюючи нескінченну кількість унікальних та яскравих комбінацій.



Створення власного калейдоскопа дозволяє перетворити складні закони оптики на захопливу гру, де кожен промінь створює неповторну красу. Це унікальна можливість відчувати себе одночасно інженером та митцем, зрозумівши, як за допомогою лише кількох дзеркал і фізики можна керувати світлом для створення нескінченних світів.

Мета проєкту: користуючись інструкцією, створити калейдоскоп з підручних матеріалів. Проаналізувати залежність складності отриманого візерунка від кількості дзеркальних елементів та кута між ними.

Обладнання: картон з фольгою, картонна трубка від паперових рушників, ножиці, клей, скотч, лінійка, олівець, прозорий бісер, дві прозорі пластикові кришечки, пергаментний папір.



Інструкція виготовлення калейдоскопа [15]

1. Візьми картон з фольгою і склей з нього трикутну призму блискучою стороною всередину. Можна використовувати упаковки з-під молока або соку. Ширина кожної смужки — 4,3 см, довжина — 21 см. Закріпи призму за допомогою скотча.

2. Встав призму в картонну трубку від паперових рушників. Призма повинна бути коротшою трубки на кілька сантиметрів і не доходити до кінця.



3. Виріж із прозорих пластикових кришечок два диски діаметром 5,3 см. На один з них приклей пергаментний папір — цей диск повинен бути матовим.

4. Прозорий диск встав у картонну трубку від паперових рушників і закріпи скотчем на кінці призми.



5. На прозорий диск поклади скельця і прозорі камінці. Багато їх класти не потрібно, в іншому випадку вони не зможуть рухатися.

6. Матовий диск за допомогою скотча прикріпи зверху картонної трубки.



7. З протилежного боку калейдоскопа наклейте картон чорного кольору з круглим отвором посередині.



8. Зверху задекоруй калейдоскоп на свій розсуд.

Чудово!

Калейдоскоп готовий радувати погляд дивним мереживом квітів і зображень.

Запитання до проєкту:

1. Сформулюйте закон відбивання світла. Як він виконується при потраплянні променю на дзеркальну поверхню всередині калейдоскопа?
2. Чим відрізняється дзеркальне відбивання світла від дифузного? Яке з них дозволяє нам бачити чіткий візерунок у приладі?
3. Чому зображення предметів у дзеркалах калейдоскопа називають уявними? Де саме вони «знаходяться» з точки зору спостерігача?
4. Як залежить кількість симетричних секторів у візерунку від кута між дзеркальними пластинами?
5. Порівняйте кількість зображень, якщо кут між двома дзеркалами становить 90° і 60° ? Обґрунтуйте відповідь та доповніть геометричними побудовами.
6. Чому візерунок у калейдоскопі завжди має правильну геометричну форму (наприклад, шестикутника або зірки)?
7. Яку роль відіграє матове скло або напівпрозора калька на кінці калейдоскопа? Що зміниться, якщо замінити його на звичайне прозоре скло?
8. Чому для створення якісних зображень важливо, щоб дзеркальні поверхні були максимально гладкими та чистими?
9. Поясніть, чому ми бачимо візерунок кольоровим. Які промені спектра

поглинаються синьою намистинкою, а які — відбиваються?

10. Як зміниться яскравість візерунка після трьох-чотирьох послідовних відбивань від стінок? Чому кожне наступне зображення стає трохи тьмянішим за оригінал?

11. Що відбудеться з візерунком, якщо одне з трьох дзеркал замінити на чорний матовий картон? Як це змінить геометрію зображення?

12. Якщо ви наблизите око до окуляра, чому візерунок здається віддаленим? Від чого залежить ця «уявна» відстань?

13. Чи можна побудувати калейдоскоп, використовуючи лише одне плоске дзеркало? Обґрунтуйте, чи буде такий пристрій виконувати свою функцію.

14. Уявіть, що всередину калейдоскопа потрапила вода. Як це вплине на хід променів та вигляд візерунка (враховуючи явище заломлення)?

15. Доведіть, що відстань від предмета (намистинки) до дзеркала дорівнює відстані від дзеркала до уявного зображення. Як це правило допомагає формувати ідеальну симетрію?

Критерії оцінювання проєкту [13]

(2 бали) Відповідність конструкції. Прилад має форму труби, дзеркальні елементи надійно закріплені всередині (не хитаються).

(1 бал) Якість дзеркальної поверхні. Відсутність подряпин, клею або відбитків пальців на дзеркалах (це критично для чистоти зображення).

(1 бал) Естетика та ергономіка. Зовнішнє оздоблення корпусу, зручність використання окуляра, наявність камери для намистин із матовим склом.

(1 бал) Розуміння законів відбивання. Учень може пояснити, чому кут падіння дорівнює куту відбивання та як це створює симетрію.

(2 бали) Аналіз геометрії. Правильне пояснення зв'язку між кутом нахилу дзеркал та кількістю променів у візерунку.

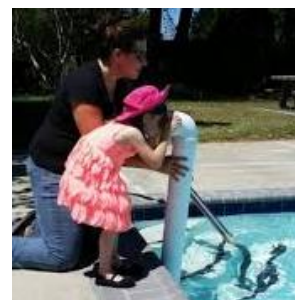
(2 бали) Обґрунтування вибору матеріалів. Чому використано саме дзеркало, а не матовий папір; роль розсіювання світла на матовому склі.

(1 бал) Чіткість висновків. Учень підсумував, чи вдалося досягти мети дослідження (вивчити явище відбивання).

(1 бал) Аргументація. Здатність пояснити, чому візерунок змінюється при обертанні приладу.

(1 бал) Самоаналіз. Оцінка складнощів, що виникли під час виготовлення (наприклад, складність виставлення рівного кута між дзеркалами).

Проект «Перископ»



Перископ — це унікальний оптичний пристрій, який за допомогою системи дзеркал дозволяє бачити те, що знаходиться поза межами вашого прямого погляду або за високою перешкодою. Змайструвавши його власноруч, ви опануєте «магію» світла і зрозумієте, як закон відбиття допомагав морякам на підводних човнах та солдатам у складних історичних битвах. Цей прилад стане вашим незамінним інструментом для безпечних спостережень за дикою природою або захопливих ігор у розвідників, відкриваючи можливості, недоступні звичайному оку.

Мета проєкту: дослідити закони геометричної оптики на практиці шляхом конструювання діючої моделі перископа; експериментально підтвердити закон відбиття світла та проаналізувати особливості формування зображення в системі плоских дзеркал.

Обладнання та матеріали: дві порожні коробки від молока/соку (1 л) або довгий картонний тубус; два невеликих плоских дзеркала (квадратні або прямокутні, приблизно 5х5 см); ножиці; канцелярський ніж; лінійка; олівець; двосторонній скотч, звичайна клейка стрічка або клей-пістолет; чорна фарба або папір (щоб обклеїти внутрішню частину для кращої чіткості).

План

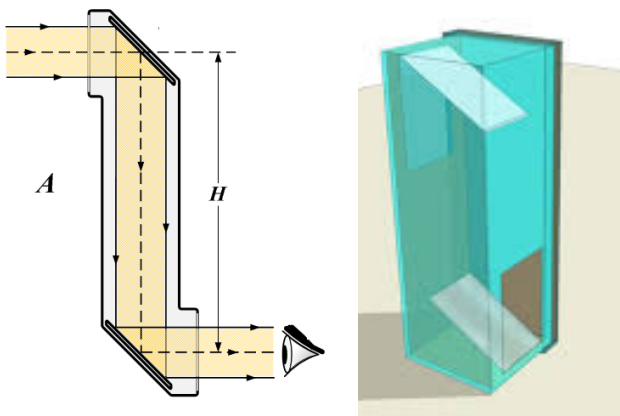
1. Якщо ви використовуєте коробки від соку, відріжте верхні частини та з'єднайте їх між собою, вставивши одну в одну, щоб отримати довгу трубу.



2. Виріжте два квадратні «віконця» на протилежних кінцях конструкції, але на різних сторонах: одне зверху (дивлячись вперед), інше знизу (дивлячись назад на вас).

3. Якщо ви пофарбуєте внутрішню частину коробки в чорний колір, це зменшить зайві відблиски, і зображення буде набагато контрастнішим.

4. На бічних стінках коробки біля кожного віконця проведіть лінію під кутом 45° .



5. Зробіть прорізи вздовж цих ліній за допомогою канцелярського ножа. Вони мають бути достатньої довжини, щоб туди пройшло дзеркало.

6. Будьте обережні з краями дзеркал, щоб не порізатися. Якщо вони гострі, обклейте їх по периметру тонким шаром ізоляційної стрічки.

7. Вставте перше дзеркало у верхній проріз відбивальною поверхнею вниз (до другого дзеркала).

8. Вставте друге дзеркало у нижній проріз відбивальною поверхнею вгору (до першого дзеркала).

9. Зафіксуйте дзеркала скотчем або клеєм.

10. Подивіться у нижнє віконце. Якщо зображення зміщене або ви бачите лише стінки коробки, підкорегуйте кут нахилу дзеркал. Коли картинка стане чіткою, остаточно закріпіть всі деталі.

Запитання до проєкту:

1. Сформулюйте закон відбиття світла, який лежить в основі роботи перископа. Як він реалізується у вашій моделі?

2. Чому дзеркала мають бути встановлені саме під кутом 45° відносно горизонтальної осі приладу? Що станеться, якщо цей кут змінити?

3. Обґрунтуйте, чому дзеркала мають бути паралельними одне одному. Який оптичний ефект виникне, якщо вони будуть розташовані під невеликим кутом (не паралельно)?

4. Як поширюється світловий промінь всередині труби перископа? Намалюйте хід променів від об'єкта до ока спостерігача.

5. Чому в класичному перископі зображення залишається прямим, а не стає перевернутим, хоча світло відбивається двічі? Обґрунтування доповніть відповідним рисунком.

6. Поясніть, чи змінюється масштаб об'єкта (збільшення чи зменшення) при спостереженні через дзеркальний перископ. Чому? Обґрунтування доповніть відповідним рисунком.

7. Яке значення має колір внутрішніх стінок корпусу? Чому професійні прилади мають матове чорне покриття всередині?

8. Як впливає довжина труби на поле огляду спостерігача? Поясніть, чому в довгих перископах (наприклад, на підводних човнах) неможливо обійтися лише двома дзеркалами без додаткових лінз.

9. Запропонуйте спосіб, як модернізувати ваш перископ, щоб він дозволяв бачити предмети, розташовані позаду вас, не повертаючи весь пристрій.

10. Чим можна замінити плоскі дзеркала в конструкції перископа для підвищення чіткості зображення та зменшення втрат світла? Поясніть переваги цього методу.

11. Чому перископ називають «очима підводного човна»? Опишіть умови, за яких підводному човну життєво необхідно використовувати цей прилад.
12. Як використовувалися перископи в окопній війні? Яку головну небезпеку вони допомагали усунути для солдатів?
13. Чи можна використовувати перископ у повній темряві? Які додаткові технології потрібно додати до конструкції для роботи вночі?
14. Уявіть, що одне з дзеркал розбилося. Чи зможете ви бачити щось, якщо заміните його на звичайну відполіровану металеву пластину? Які будуть відмінності в зображенні?
15. Запропонуйте ідею використання перископа в сучасній архітектурі чи побуті. Як цей прилад може допомогти в освітленні підвальних приміщень або спостереженні в щільній міській забудові?

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЄКТУ

Конструкція та функціональність (0–4 бали)

- **4 бали:** прилад працює ідеально: зображення чітке, не перевернуте, дзеркала зафіксовані надійно під кутом 45° . Корпус охайний, світло не проникає через зайві щілини.
- **3 бали:** прилад функціонує, але зображення дещо зміщене або «тремтить» через недостатню фіксацію дзеркал. Зовнішній вигляд охайний.
- **2 бали:** прилад працює, проте кути налаштовані неточно, через що поле огляду сильно обмежене. Виріб має недбалий вигляд.
- **1 бал:** прилад зібраний, але зображення відсутнє або неможливо нічого розгледіти через неправильне встановлення оптичних елементів.

Теоретичні знання та відповіді на питання (0–4 бали)

- **4 бали:** учень вільно оперує термінами, безпомилково пояснює закон відбиття світла, малює хід променів та розуміє геометричну залежність (чому саме 45°). Дає повні відповіді на практичні питання.
- **3 бали:** учень розуміє принцип роботи, але припускається незначних помилок у термінології або потребує навідних запитань для пояснення ходу променів.
- **2 бали:** учень може пояснити, що всередині є дзеркала, але не може обґрунтувати фізичний закон або пояснити, чому обрано саме таке розташування елементів.
- **1 бал:** учень дає дуже стислі або помилкові відповіді, не розуміє фізичної природи явища відбиття.

Аналітична робота та креативність (0–4 бали)

- **4 бали:** учень запропонував цікаве покращення (наприклад, обертову вежу, маскування, чорніння всередині), провів паралелі з історією або сучасною технікою. Виконав додаткові завдання на високому рівні.
- **3 бали:** учень виконав стандартні завдання проєкту, навів приклади використання перископа в реальному житті, але не виявив особливої творчої ініціативи.
- **2 бали:** робота виконана суто за інструкцією, без власного аналізу чи додаткових досліджень.
- **1 бал:** відсутність будь-яких висновків або прикладів практичного застосування.

ДОСЛІДЖУЮ

Домашні експериментальні завдання із фізики з теми «Світлові явища»

Експериментальне завдання 1

Тема. Дослідження явища відбивання світла

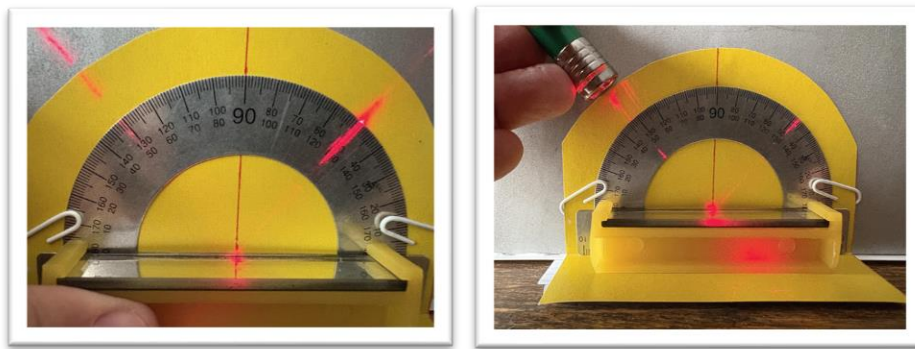
Мета: на досліді продемонструвати та дослідити закони відбивання світла.

Обладнання:

- ✓ Транспортир.
- ✓ Аркуш кольорового картону.
- ✓ Дві скріпки.
- ✓ Дзеркало (пласке).
- ✓ Лазерний ліхтарик (вказівка).
- ✓ Ножиці.

Покроковий план виконання

1. Відріжте полоску картону за розміром лінійки транспортира.
2. Перегніть навпіл полоску картону.
3. Скріпками закріпіть транспортир біля місця перегину картону.
4. Щільно приставте дзеркало до транспортира.
5. Лазерним ліхтариком направляйте світловий промінь уздовж поверхні транспортира на дзеркало.
6. Визначіть кут падіння та кут відбивання світлового променя від дзеркала.
7. Змінюючи кут падіння променя ще 3-4 рази, вимірюйте кут відбивання.



Аналіз експерименту та висновки

Спостерігаючи за падаючим та відбитим променями, встановіть:

- ✓ чи в одній площині перебувають ці промені;
- ✓ який висновок можна зробити про кути падіння та відбивання променів від плоского дзеркала;
- ✓ що впливає на точність даного експерименту?

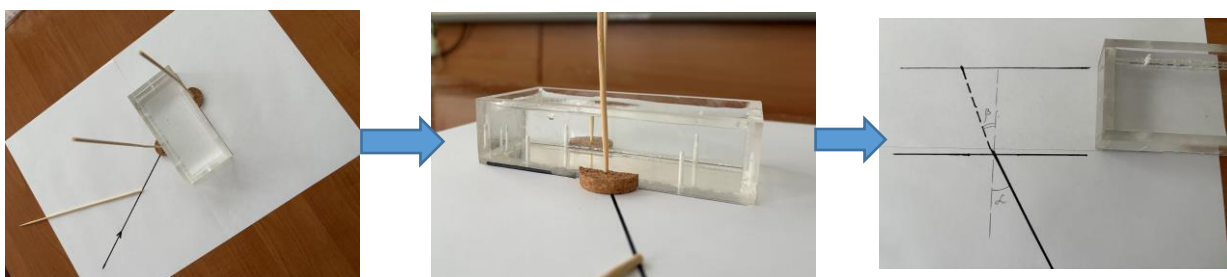
Експериментальне завдання 2

Тема. Дослідження явища заломлення світла

Мета: на досліді продемонструвати та дослідити закони заломлення світла.

Обладнання:

- ✓ Прозорий прямокутної форми лоток.
- ✓ Палички для шашлика – 3 шт.
- ✓ Аркуш білого паперу.
- ✓ Олівець.
- ✓ Лінійка.
- ✓ Транспортир.
- ✓ Шматочок коркової пробки.
- ✓ Посудина з водою.



Покроковий план виконання

1. Покласти лоток на аркуш паперу.
2. Олівцем обвести дві протилежні паралельні грані лотка.
3. Наповнити лоток водою до верху.

4. Під довільним кутом (відмінним від 90°) провести до однієї з ліній промінь.
5. На шматочки корка настромити палички для шашлику.
6. Дві палички поставити уздовж проведеного променя. Одну з паличок поставити у точку дотику проведеного променя до грані лотка.
7. Дивлячись на палички уздовж лінії променя, поставити біля протилежної грані лотка третю паличку так, щоб всі три палички знаходились на одній прямій.
8. Прибрати лоток. Провести перпендикуляр до грані лотка у точці падіння променя.
9. Провести відрізок, що сполучає точки, в яких були розміщені палички біля граней лотка.
10. Позначити на малюнку кути падіння та заломлення. За допомогою транспортира виміряти ці кути.
11. Обчислити показник заломлення води за формулою:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$$

Аналіз експерименту та висновки

За результатами експерименту встановити на який кут відхилився світловий промінь від початкового напрямку; визначити відносну похибку експерименту; проаналізуйте, що могло вплинути на точність результату.

Експериментальне завдання 3

Тема. Спостереження явища інтерференції світла.

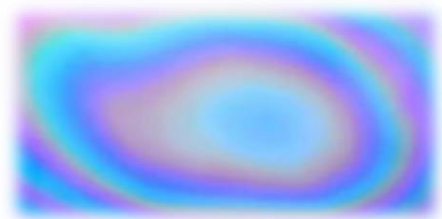
Мета: на досліді навчитися спостерігати явище інтерференції світла.

Обладнання: дві скляні пластинки.

Покроковий план виконання:

1. Дві скляні пластинки ретельно протріть, складіть разом та притисніть пальцями.

2. Розгляньте пласти у відбитому світлі на темному фоні (щоб на поверхні скла не утворювалися відблиски від вікон).



3. В окремих місцях стику пластин спостерігайте яскраві райдужні кільцеподібні смуги.

4. Під час спостереження встановіть як змінюється форма і розміщення інтерференційних смуг зі зміною натиску пальців на пластини.

Аналіз: поверхні пластинок не є абсолютно рівними тому при їх стисканні між ними лишаються прошарки повітря. Саме в цих повітряних «плівках» і виникає інтерференція світла.

Висновок.

У висновку пригадайте де ще ви могли зустрічати подібну картинку – кольорові смуги різної форми?

Експериментальне завдання 4

Тема. Спостереження явища дифракції світла.

Мета: на досліді навчитися спостерігати явище дифракції світла.

Обладнання:

- ✓ Компакт-диск
- ✓ Пір'їнка з крила птаха
- ✓ Шматочок капронової тканини
- ✓ Ліхтарик.

Покроковий план виконання:

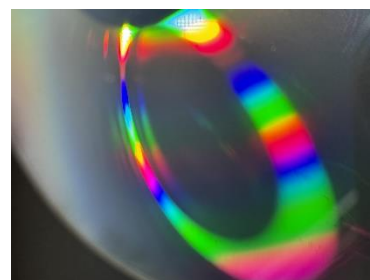
1. Подивіться крізь капронову тканину на світло свічки. Повертаючи тканину навколо осі, добийтеся чіткої дифракційної картини у вигляді двох схрещених під прямим кутом дифракційних смуг.



Аналіз: в центрі хреста видно дифракційний максимум білого кольору. Хрест виходить тому, що нитки тканини представляють собою дві складені разом дифракційні решітки із взаємно перпендикулярними щілинами.

✓ Розгляньте уважно під різними кутами поверхню компакт-диска. Спостерігаємо кольорове забарвлення поверхні у різних його частинах.

Аналіз: поверхня компакт-диска – це величезна кількість мікроскопічних заглиблень, які розташовані вздовж дуже щільної спіральної доріжки. Відстань між витками доріжки приблизно 1,5 мкм. Ці мікродоріжки діють як дзеркальна дифракційна решітка. Коли світло падає на поверхню, воно відбивається не просто як від дзеркала, а розсіюється на цих нерівностях.



✓ Роздивіться крізь пір'їнку світло ліхтарика. Повертаючи пір'ячко, спостерігайте помітне кольорове забарвлення світла ліхтарика.

Аналіз: пір'їнка – це величезна кількість щілинок, що є природною дифракційною решіткою.

Висновок



Домашні експериментальні завдання із фізики з теми «Світлові явища»

Домашній експеримент 1. «Дослідження властивостей електромагнітних хвиль (світла)»

Тема. Спостереження явища дисперсії та створення домашньої райдуги.

Мета: довести складну структуру білого світла та дослідити заломлення електромагнітних хвиль оптичного діапазону.

Обладнання:

- ✓ Миска з водою.
- ✓ Дзеркало (пласке).
- ✓ Аркуш білого картону.
- ✓ Ліхтарик (якщо немає яскравого сонячного світла).

Покроковий план виконання

1. Поставте миску з водою навпроти сонячного вікна або спрямуйте на неї промінь ліхтарика.

2. Помістіть дзеркало у воду під нахилом так, щоб воно було частково занурене.

3. Тримайте білий аркуш паперу перед дзеркалом, «ловлячи» відбитий промінь.

4. Регулюйте кут нахилу дзеркала, поки на папері не з'явиться кольорова смужка (спектр).

Аналіз:

Біле світло — це суміш хвиль різної довжини. Вода діє як призма, заломлюючи кожен промінь під різним кутом (дисперсія). Найбільше заломлюється фіолетовий колір, найменше — червоний.



Висновок.

Домашній експеримент 2. «Дослідження заломлення світла та повного внутрішнього відбивання»

Тема. Спостереження заломлення світла на межі двох середовищ.

Мета: експериментально перевірити зміну напрямку світлового променя при переході з повітря у воду та спостерігати ефект «зникнення» предметів.

Обладнання:

- ✓ Прозора склянка з рівними стінками.
- ✓ Монета.
- ✓ Вода.
- ✓ Лазерна указка (за наявності) або звичайний ліхтарик.

Покроковий план виконання:

1. **Фокус із монетою:** Покладіть монету на стіл, а зверху поставте порожню склянку. Дивіться на монету збоку через стінку склянки.

2. Наповнення: Повільно наливайте воду у склянку, продовжуючи дивитися з того самого ракурсу. Монета «зникне».



3. Шлях променю: Спрямуйте промінь лазера (або вузький промінь ліхтарика) під кутом у склянку з водою (можна додати краплю молока у воду, щоб промінь став видимим). Подивіться, як він згинається на межі повітря-вода.

Домашній експеримент 3. «Камера-обскура: як працює око та фотоапарат»

Тема. Одержання зображень за допомогою малого отвору.

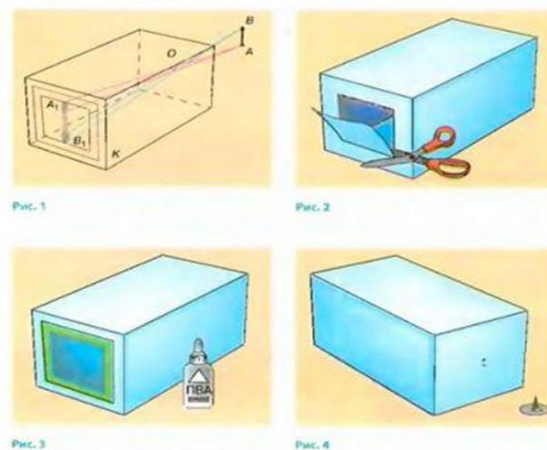
Мета: зрозумівши принцип прямолінійного поширення світла, побудувати модель найдавнішого оптичного приладу.

Обладнання:

- ✓ Картонна коробка (наприклад, з-під взуття або від чіпсів Pringles).
- ✓ Калька (напівпрозорий папір) або білий тонкий папір.
- ✓ Фольга.
- ✓ Голка (шпилька).
- ✓ Скотч.

Покроковий план виконання:

1. Виріжте в одній стінці коробки віконце і заклейте його калькою — це буде наш «екран».



2. На протилежній стінці зробить отвір розміром 1х1 см, заклейте його фольгою, а у фользі голкою зробить крихітний акуратний прокол.

3. Накрийте голову щільною тканиною (курткою), щоб світло не падало на екран збоку, і спрямуйте отвір на яскраво освітлене вікно або лампу.

Таблиця для відповідей

Характеристика зображення	Результат спостереження
Орієнтація (пряме чи перевернуте)	
Розмір (збільшене чи зменшене)	
Колір (кольорове чи ч/б)	

Аналіз:

Заломлення: Монета «зникає», бо промені, відбиті від неї, заломлюються на межі води та повітря і при певному куті взагалі не потрапляють в око (повне внутрішнє відбивання).

Камера-обскура: Зображення перевернуте, оскільки світло поширюється прямолінійно: промінь від верху предмета проходить через отвір і потрапляє на нижню частину екрана.

Висновок

Домашній експеримент 4. «Проектування та випробування сонячного годинника»

Тема. Прямолінійне поширення світла. Утворення тіні.

Мета: виготовити діючу модель сонячного годинника та навчитися визначати час за положенням Сонця.

Обладнання:

- ✓ Цупкий картон або одноразова паперова тарілка.
- ✓ Рівна паличка (олівець, шпажка або довгий болт) — це буде **гномон**.
- ✓ Транспортир, циркуль, лінійка, маркер.
- ✓ Пластилін (для фіксації).
- ✓ Компас (можна встановити додаток на смартфон).

Покроковий план виконання

I. Створення циферблата:

- ✓ На картоні накресліть коло.
- ✓ За допомогою транспортира розділіть коло на 24 рівні сектори. Оскільки коло має 360° , кожен сектор для однієї години становитиме: $360^\circ / 24 = 15^\circ$.
- ✓ Пронумеруйте поділки (від 1 до 24 або від 6 до 18 для світлового дня).



II. Встановлення гномона:

- ✓ У центрі кола зробіть отвір і вставте паличку (гномон) строго перпендикулярно до площини циферблата.

III. Налаштування під широку місцевість (Найважливіший етап!):

- ✓ Щоб годинник працював правильно, циферблат має бути нахилений до горизонту.
- ✓ Кут нахилу циферблата має дорівнювати: 90° мінус широта вашого міста.

✓ *Наприклад:* Для Черкас широта близько 50° Маємо: $90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$. Отже, нахиляємо тарілку під кутом 40° до землі.

- ✓ Сам гномон при цьому буде спрямований точно на **Полярну зірку**.

IV. Орієнтація на місцевості:

- ✓ Вийдіть на сонячне місце. За допомогою компаса зорієнтуйте годинник так, щоб піднята частина гномона дивилася строго на **Північ**.

✓ Зробіть фото свого годинника рівно о 13:00 (це час, близький до астрономічного полудня в Україні) і поясніть, куди в цей момент спрямована тінь.

Таблиця спостережень

Порівняйте покази вашого сонячного годинника з цифровим годинником (смартфоном).

Час на смартфоні	Час на сонячному годиннику	Різниця (хв)
10:00		
13:00 (Астрономічний полудень)		
16:00		

Пояснення для аналізу результатів

Чому виникає похибка?

✓ **Літній час:** Сонячний годинник завжди показує «справжній місцевий час», який може відрізнятися від офіційного на 1-1.5 години (через переведення стрілок та положення всередині часового поясу).

✓ **Рівняння часу:** Через еліптичну орбіту Землі Сонце «поспішає» або «запізнюється» на кілька хвилин залежно від пори року.

Висновок.



Сонячний годинник у місті Черкаси, десята ранку, працює бездоганно :)

ПОДОРОЖУЮ

Квест «Подорож промінця світла»

Форма проведення: робота в групах

Оформлення:

- ✓ маршрутні листи;
- ✓ QR-коди з підказками;

✓ оцінювання: ключі, бали, пазл, слово “СВІТЛО”.

Сьогодні ми спробуємо перетворитись в світлові кванти і здійснити світлову подорож. Пам’ятайте, що ви- команда, тому працюємо спільно.

Станція 1. «Народження промінця»

Тема. Джерела світла. Поширення світла



Задача 1. Нічний ліс

Під час нічної прогулянки лісом ви помітили три об'єкти, що світяться: гнилий пеньок (фосфоресценція грибів), світляка та багаття, яке розпалили туристи. Які з цих джерел є холодними, а які — гарячими? Чи всі вони є природними?

Задача 2. Місячне сяйво

Учень стверджує: «Місяць — це найяскравіше природне джерело світла на нічному небі, тому він стоїть в одному ряду з Сонцем». Чи правий учень з точки зору фізики?

Задача 3. Економія та спектр

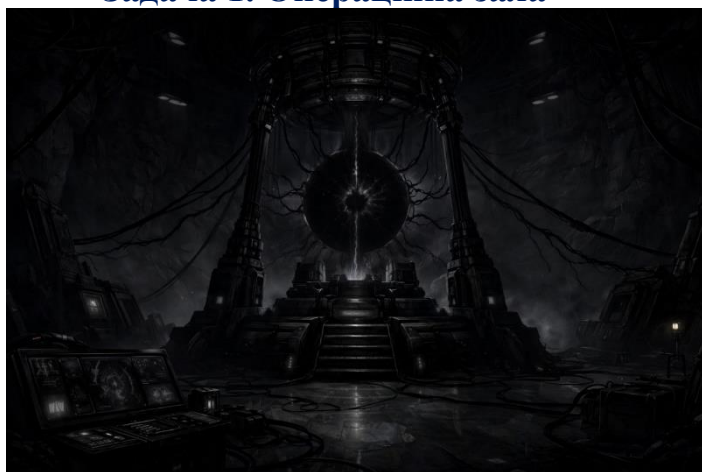
Для освітлення робочого столу можна обрати стару лампу розжарювання або сучасну світлодіодну (LED) лампу. Чому світлодіодна лампа вважається набагато ефективнішою, хоча обидві світять однаково яскраво?

✓ **Ключ:** «Світло поширюється прямолінійно»

Станція 2. «Тіньова пастка»

Тема. Тінь і півтінь

Задача 1. Операційна зала



В операційних залах лікарі використовують спеціальні безтіньові лампи, які складаються з багатьох джерел світла, розміщених по колу під великим абажуром. Чому звичайна люстра дає різку тінь від рук хірурга, а безтіньова лампа — ні?

Задача 2. Сонячне затемнення

Під час сонячного затемнення на Землю падає тінь від Місяця. Жителі міста А бачать, що Сонце повністю зникло, а жителі міста Б бачать лише «відкушений» шматочок сонячного диска. У якій зоні (тіні чи напівтіні) перебувають жителі кожного міста?

Задача 3. Пташка в небі

Ви дивитесь на землю і бачите чітку тінь від літака, що пролітає низько над землею. Однак, коли високо в небі летить маленька пташка, її тіні на землі зовсім не видно. Куди зникає тінь пташки, якщо світло поширюється прямолінійно?

Практикум: Як змінюються розміри?

Дія	Розмір тіні	Розмір напівтіні
Наблизити м'яч до екрана	Зменшується	Зменшується
Наблизити джерело світла до м'яча	Збільшується	Збільшується
Замінити велику лампу на маленьку (точкову)	Збільшується	Зникає зовсім

✓ **Ключ:** «Розміри тіні залежать від положення джерела світла»

Станція 3. «Дзеркальне королівство»

Тема. Відбивання світла

Задача 1. Таємне послання

Ви написали на аркуші паперу слово «**ФІЗИКА**» і піднесли його до дзеркала. Що ви побачите в дзеркалі? Чи зміниться порядок літер і їхній вигляд?

Чому на автомобілях швидкої допомоги напис **«AMBULANCE»** часто пишуть дзеркально?

Задача 2. Наближення до відображення

Людина стоїть на відстані 2 м від плоского дзеркала. Потім вона підходить до нього ще на 50 см. Якою була відстань між людиною та її зображенням спочатку? Якою вона стала після руху?

Задача 3. Зріст та розмір дзеркала

Дівчинка зростом 150 см хоче купити дзеркало, щоб бачити себе у повний зріст (від маківки до стоп). Якою має бути мінімальна висота вертикального дзеркала, щоб вона могла це зробити? Чи залежить ця висота від того, як далеко дівчинка відійде від дзеркала?



Практикум. Створити досьє зображення в плоскому дзеркалі

<i>Параметр</i>	<i>Характеристика</i>
Тип зображення	(дійсне чи уявне)
Розмір	
Відстань	
Орієнтація	

✓ **Ключ:** «Кут падіння дорівнює куту відбивання»

Станція 4. «Межа двох світів»

Тема. Заломлення світла

Задача 1. Помилка рибалки

Рибалка намагається поцілити рибу списом (острогою). Він бачить рибу у чистій воді під кутом до поверхні. Куди йому слід цілитися: прямо в рибу, трохи вище чи трохи нижче?

Задача 2. Зникла монета

Покладіть на дно порожньої непрозорої чашки монету так, щоб край чашки саме закривав її від вашого ока.

Потім почніть обережно наливати у чашку воду. Що станеться з монетою і чому?

Задача 3. Світловий потік у басейні

Ліхтар спрямовує вузький промінь світла з повітря у воду басейну під певним кутом. Як зміниться кут променя відносно нормалі (перпендикуляра) після того, як він потрапить у воду? Як зміниться швидкість світла?

Задача 4. Ефект міражу

Влітку на розпеченому асфальті здалеку здається, що на дорозі лежать калюжі води. Коли ви наближаєтеся, вони зникають. Це галюцинація чи фізичне явище?

✓ **Ключ:** «Швидкість світла залежить від середовища»



Станція 5. «Таємниці веселки»

Тема. Дисперсія світла. Спектр

Задача 1. Скляна призма та «втікач»



Ви спрямовуєте вузький промінь білого сонячного світла на скляну трикутну призму. На екрані за призмою з'являється кольорова смужка (спектр). Який колір відхилиться від початкового напрямку найсильніше, а який — найменше? Чому?

Задача 2. Секрет веселки

Після дощу вийшло сонце, і ви хочете побачити веселку. Куди вам потрібно повернутися обличчям — до сонця чи до хмар, з яких ішов дощ? Чому

ми бачимо саме дугу?

Задача 3. Кольорові тіні

У темній кімнаті на білий екран світять одночасно три ліхтарики: червоний, зелений та синій. У те місце, де всі три промені накладаються, ви вставляєте олівець. Якого кольору буде пляма в місці накладання всіх променів? Якого кольору будуть тіні від олівця?

Задача 4. Напис

Чому, якщо дивитися на білий текст через товсте скло під дуже великим кутом, краї літер здаються розмитими й «обведеними» кольоровими контурами (синім з одного боку і червоним з іншого)?

✓ **Ключ:** «Біле світло — суміш кольорів»

Бонус: Щоб запам'ятати послідовність кольорів (від найменшого заломлення до найбільшого), використовують акровірші (наприклад, Чекав Обід Звіролов Глядячи Синього Фазана).

Станція 6. «Очі Світла»

Тема. Зір і світлові явища

Задача 1. Таємничий рецепт

Двом пацієнтам виписали окуляри. У першого в рецепті вказано $+2,5$ дптр, а у другого — $-3,0$ дптр. Яку ваду зору має кожен пацієнт? Які лінзи використовуються в їхніх окулярах?

Задача 2. Ефект кінотеатру

Ви заходите з яскраво освітленого вестибюля до темної зали кінотеатру. Перші кілька секунд ви нічого не бачите, але згодом починаєте розрізняти крісла та людей. Який процес відбувається в оці? Як змінюється зіниця та чутливість сітківки?

Задача 3. Втома від читання

Учень тривалий час читає книгу, тримаючи її занадто близько до очей. Через годину він відчуває біль в очах та погіршення чіткості зору. Робота яких м'язів викликає цю втому? Як називається здатність ока пристосовуватися до відстані?

Задача 4. Підводний зір

Чому, коли ми розплющуємо очі під водою, предмети здаються розмитими, але якщо одягнути маску, чіткість повертається? Як змінюється заломлення світла на межі середовищ?



Частина ока	Аналог у фотоапараті	Функція
Зіниця	Діафрагма	Регулює світловий потік
Кришталік	Об'єктив (Лінза)	Фокусує зображення
Сітківка	Матриця (Плівка)	Сприймає світло та колір

Практикум. Порівняти око з фотоапаратом за виконанням функцій.

✓ **Ключ:** «Дотримуйтеся гігієни зору»

✓ **Фінал:** оцінювання, ключі, бали, пазл, слово “СВІТЛО”.

Тема 5. БУДОВА АТОМА І АТОМНОГО ЯДРА

СКАРБНИЧКА ЦІКАВИХ ФАКТІВ

Дізнатися рівень радіації онлайн в своєму населеному пункті можна без карти і без дозиметра. Зробити це можна декількома способами: ✓ Телеграм-бот Radiation and Smog Alarm підкаже рівень радіаційного фону в вашому населеному пункті, якщо дозволите доступ до вашого місцезнаходження. Також програма розшифрує значення в результаті. Безкоштовний додаток Radiation Scan Pro - це онлайн-дозиметр. Програма проста і зрозуміла у використанні, доступна на iOS і на Android. ✓ EMF Detector - це дуже простий додаток, який показує рівень радіації у вашій місцевості та пояснює, наскільки він відповідає нормі. Програма є на iOS і Android.	
Це цікаво! Де ж використовують радіоактивні ізотопи? ✓ Використовуючи метод радіовуглецевого датування, вчені показали, що вік муміфікованого тіла, знайденого в льодах Альп, склав 5300 років !!! Такі продукти, як помідори, гриби, паростки та ягоди опромінюються РАДІАЦІЄЮ. Цей вплив вбиває багато бактерій, що викликають псування, тому продукт довше залишається свіжим. Яйця та деякі м'ясо, такі як яловичина, свинина та птиця, також можна опромінювати. Всупереч думці деяких людей, опромінення їжі <i>не робить</i> саму їжу радіоактивною.	

У РАДІАЦІЇ - НОВИЙ СИМВОЛ

Новий додатковий знак радіаційної небезпеки було введено Міжнародним агентством з атомної енергії (МАГАТЕ) та ISO у 2007 році. Новинка – це результат п'ятирічного проекту, робота над яким велася в 11 країнах світу.



Класичний «трилисник» (чорний вентилятор на жовтому тлі) добре знайомий вченим, але, як показали дослідження, багато дітей та людей у країнах, що розвиваються, не сприймали його як знак небезпеки. Дехто навіть думав, що це зображення пропелера або квітки.

Як виглядає новий знак?

Новий символ має червоний фон (колір тривоги) і містить три графічні елементи:

- ✓ Трилисник (традиційний символ), від якого розходяться хвилі випромінювання.

- ✓ Череп із схрещеними кістками (символ смертельної небезпеки).

- ✓ Біжуча людина зі стрілкою, що вказує напрямок руху (заклик негайно покинути це місце).

Де його можна зустріти?



На відміну від жовтого знаку, який ставлять на дверях лабораторій або на контейнерах, цей червоний знак ніколи не вішають на видному місці. Його розміщують безпосередньо на внутрішніх блоках обладнання (наприклад, апаратах для променевої терапії в онкоцентрах) та на потужних джерелах випромінювання, щоб попередити людину, яка вже почала розбирати прилад, про смертельну небезпеку всередині.

РОЗВ'ЯЗУЮ

Тема. Досліди Резерфорда та сучасна модель атома. Склад атомного ядра. Ізотопи. Ядерні сили.

Задача 1. Королівство Атомія

У далекому королівстві Атомія в центрі міста стояв могутній замок — Ядро. У ньому жили лицарі Протон і Нейтрон. Навколо замку по колах літали швидко та неспокійні Електрони. Одного дня король запитав:

— Чому наше королівство завжди залишається нейтральним і спокійним?

Які частинки атома відповідають казковим героям? Чому кількість електронів дорівнює кількості протонів?

Що станеться з королівством, якщо один електрон покине його?



Задача 2. Пригода Електрона-мандрівника

Маленький Електрон вирішив утекти зі свого атома й вирушити в подорож по металевому дроту. Його рух помітили люди — у лампочці з'явилося світло. Чому саме електрон, а не протон, зміг вирушити в подорож? Яке фізичне явище описано в казці? Як рух електронів пов'язаний з роботою електроприладів?



Задача 3. Таємниця двох братів-атомів

Жили-були два брати — Атоми Вуглецю. Зовні вони були дуже схожі, але один був трохи важчий за іншого. Як називають такі «братні» атоми? Чим вони відрізняються в будові ядра? Чому їхні хімічні властивості майже однакові?



Задача 4. Дракон Радіус і нестійке ядро



У горах жив Дракон Радіус. Його серце-ядро було нестійким і час від часу випускало невидимі, але небезпечні промені. Яке явище приховане за образом дракона? Що відбувається з ядром атома під час цього процесу? Чому людям потрібно захищатися від таких «променів»?

Задача 5. Суд у Королівстві Частинок



На суді сперечалися Електрон, Протон і Нейтрон:

— Хто з нас найважливіший для маси атома?

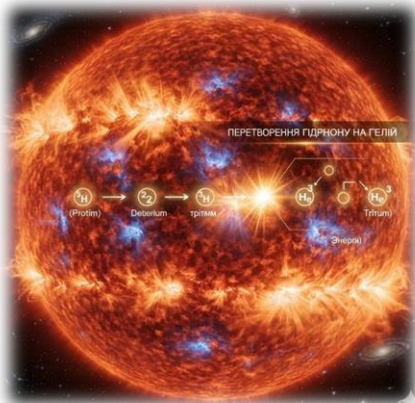
Хто з героїв має рацію і чому? Які частинки майже не впливають на масу атома? Чому атом такий великий, якщо ядро дуже маленьке?

Задача 6. Детектив у лабораторії

Під час маркування реактивів етикетка на одній із банок була пошкоджена. Відомо лише, що в атомі цього елемента електронами заповнені три енергетичні рівні, а на останньому рівні знаходиться 6 електронів. Визначте порядковий номер елемента та його назву. Напишіть електронну формулу цього атома. Передбачте, які властивості (металічні чи неметалічні) виявлятиме ця речовина. Обґрунтуйте відповідь.



Задача 7. Зоряна енергія



Сонце — це гігантський ядерний реактор. Основний процес, що відбувається в його надрах, — перетворення Гідрогену на Гелій. Гідроген існує у формі ізотопів: Протію H_1^1 , Дейтерію H_1^2 та Тритію H_1^3 . Чим відрізняються ядра цих ізотопів на субатомному рівні? Складіть порівняльну таблицю (кількість протонів та нейтронів). Чому, попри різну масу, всі ці частинки вважаються одним і тим самим хімічним елементом? Поясніть, як зміна кількості протонів у ядрі впливає на природу елемента.

Задача 8. Медична діагностика



Для діагностики захворювань щитоподібної залози лікарі використовують радіоактивний ізотоп Йоду-131. Він розпадається, випромінюючи частинки, які фіксує апарат. Знайдіть Йод у періодичній системі. Скільки протонів міститься в його ядрі? Обчисліть кількість нейтронів у ядрі ізотопу Йоду -131. Чим цей ізотоп відрізняється від стабільного Йоду-127, який ми споживаємо з йодованою сіллю?

Задача 9. Дизайнер нових матеріалів

Уявіть, що ви працюєте в лабораторії, яка створює напівпровідники. Вам потрібен елемент, атом якого має таку ж кількість електронів на зовнішньому рівні, як і Силіцій, але має менший радіус атома. Користуючись періодичною системою, визначте цей елемент. Поясніть, чому радіус атома зменшується або збільшується в межах однієї групи. Намалюйте схему будови атома Силіцію та обраного вами елемента.



Тема. Радіоактивність

Задача 1. Культурна спадщина

Під час археологічних розкопок поблизу Дніпра знайдено залишки дерев'яного човна. Вчені вирішили використати метод радіовуглецевого датування за допомогою ізотопу Карбону-14. Опишіть шлях ізотопу Карбону-14 від атмосфери до деревини човна.

Визначте вік знахідки, якщо питома активність ізотопу в деревині становить 25% від активності в живих деревах (період напіврозпаду Карбону-14 — близько 5730 років). Чи можна цим методом визначити вік залізного меча, знайденого поруч? Обґрунтуйте відповідь.



Задача 2. Захист від радіоактивного випромінювання

Під час ліквідації наслідків аварії на АЕС виникла потреба захистити персонал від гамма-випромінювання. Який із матеріалів буде найбільш ефективним для створення тонкого, але надійного захисного екрана?

Задача 3. Датчики диму

На деяких підприємствах використовують датчики диму з невеликою кількістю Америцію-241, що є джерелом альфа-частинок. Чому такі датчики вважаються безпечними для людей, що перебувають у приміщенні?

Задача 4. «Фантастична» радіоактивність

У науковій фантастиці часто згадують «заряджені» радіоактивністю предмети. Якщо на поверхню металу потрапив пил, що випромінює бета-частинки, як найшвидше зробити цей предмет безпечним?



Задача 5. Радіоактивні відходи

Чому радіоактивні відходи часто пропонують оскловувати (змішувати зі склом) перед захороненням у глибоких шахтах?

Задача 6. Медична діагностика

Під час процедури пацієнт отримав порцію препарату, що містить ізотоп Йод-131. Період піврозпаду цього нукліда становить 8 діб. Лікарі визначили, що пацієнт може повернутися до звичного способу життя без обмежень, коли активність зразка в його організмі зменшиться у 64 рази порівняно з початковою. Обчисліть, через скільки діб активність препарату в організмі пацієнта зменшиться у 64 рази. Скільки періодів піврозпаду має минути для такого зменшення активності? Поясніть, чому для медичних цілей використовують ізотопи з відносно коротким періодом піврозпаду.

Задача 7. Радіологічні дослідження

Лікар-радіолог призначив пацієнту діагностичну процедуру з використанням Технецію-99m, період піврозпаду якого становить 6 годин. Яка

частина препарату залишиться в організмі через добу (24 години), якщо не враховувати біологічне виведення?

Задача 8. Медична діагностика та терапія

Пацієнту призначено процедуру ПЕТ-сканування (позитронно-емісійна томографія) з використанням ізотопу Флуору-18, період напіврозпаду якого становить приблизно 110 хвилин. Якщо пацієнту ввели дозу препарату з активністю 400 МБк, якою буде його активність через 5,5 годин (330 хвилин)? Чому для такої діагностики не використовують ізотопи з періодом напіврозпаду в кілька років? Поясніть пацієнту, чому користь від процедури перевищує ризики від отриманого опромінення.

Задача 9. Продовольча безпека та стерилізація

Агрокомпанія хоче експортувати полуницю до віддалених країн. Для подовження терміну зберігання використовується гамма-опромінення (холодна пастеризація). Спростуйте або підтвердьте твердження: «Після обробки радіацією продукти самі стають радіоактивними». Намалуйте схему: джерело випромінювання (наприклад, Кобальт-60) - > конвеєр з продуктами -> біологічний захист. Порівняйте цей метод з хімічною обробкою консервантами. Який з них безпечніший для довкілля?



Задача 10. Безпека власної оселі



Родина планує ремонт у старій квартирі. Під час заміни підлоги вони виявили, що старий щербінь під паркетом та гранітні підвіконня можуть бути джерелом підвищеного радіоактивного фону. Використовуючи таблицю типових значень випромінювання, поясніть, чому граніт має вищий рівень природної радіоактивності, ніж дерево або цегла. Відомо, що допустимий рівень фону в приміщенні становить 0,3 мкЗв/год. Побутовий дозиметр показав 25 мкР/год. Чи безпечно залишатися в цій кімнаті?

(Підказка: $1 \text{ мкР/год} = 0,01 \text{ мкЗв/год}$). Запропонуйте два способи зниження концентрації радіоактивного газу радону, який може накопичуватися в таких приміщеннях.

Задача 11. Відпустка в горах: користь чи ризик?

Олена прочитала, що на висоті 3000 метрів у Карпатах рівень космічного випромінювання у кілька разів вищий, ніж на рівні моря. Вона почала хвилюватися, чи не зашкодить їй тижневий похід.

Чому інтенсивність космічного випромінювання зростає з висотою? Дайте коротке обґрунтування.

Середня потужність дози на рівні моря — $0,1 \text{ мкЗв/год}$, а на висоті 3 км — близько $0,5 \text{ мкЗв/год}$. Обчисліть додаткову дозу, яку отримає Олена за 7 днів походу (24 години на добу).

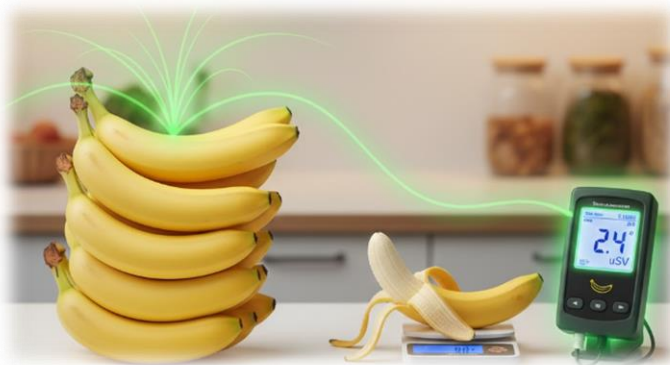
Порівняйте отриманий результат із дозою від однієї рентгенографії грудної клітки (приблизно $0,02 \text{ мЗв}$). Чи є підстави для паніки?



Задача 12. Дієта та радіоактивність

Мало хто знає, що звичайні банани містять природний ізотоп Калій-40. Вчені навіть використовують неофіційне поняття «банановий еквівалент». Знайдіть у періодичній системі елемент Калій. Запишіть склад ядра ізотопу Калій-40 (кількість протонів та нейтронів). Отримання дози в $0,1 \text{ мкЗв}$ порівнюється до з'їдання

одного банана. Скільки бананів треба з'їсти одночасно, щоб отримати таку ж дозу, як від природного фону за добу (приблизно $2,4 \text{ мкЗв}$)? Поясніть, чому вживання продуктів з природними радіонуклідами не призводить до накопичення радіації в організмі здорової людини (підказка: зверніть увагу на біологічний обмін речовин та гомеостаз).



Тема: Ядерна енергетика. Внесок атомних електростанцій у загальний енергобаланс України. Енергетична безпека

Задача 1. Ціна безпеки

Атомна енергетика вважається «низьковуглецевою», але потребує величезних витрат на безпеку та утилізацію відпрацьованого палива. Відомо, що 1 грам урану-235 замінює приблизно 2.5–3 т вугілля. Обчисліть, на скільки менше викидів вуглекислого газу потрапляє в атмосферу завдяки роботі однієї АЕС (наприклад, Хмельницької), порівняно з ТЕС аналогічної потужності.



Дослідити питання Централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) в Україні.

Задача 2. Енергетична безпека в умовах війни

Події навколо Запорізької АЕС змінили світове уявлення про ядерну безпеку. Опишіть поняття «ядерного тероризму». Розробіть алгоритм дій для громади (або вашої родини) у разі виникнення загрози на об'єкті атомної енергетики. Чи підвищує наявність великої кількості АЕС загальну безпеку держави під час військових конфліктів, чи навпаки — створює додаткові ризики?

Задача 3. Малі модульні реактори (ММР)

Майбутнє ядерної енергетики часто пов'язують не з гігантськими станціями, а з малими модульними реакторами. Підготуйте коротку презентацію (або інфографіку) про технологію ММР.

Поясніть, як децентралізація енергосистеми за допомогою таких реакторів може вплинути на енергетичну безпеку України. Оберіть регіон України, де доцільно було б розмістити ММР, враховуючи наявність промисловості та мережеву інфраструктуру.

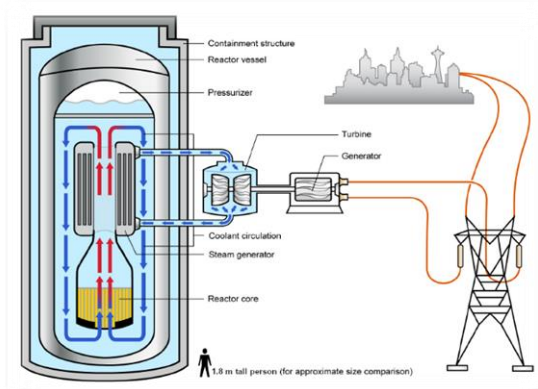


Табл. Традиційні АЕС та малі модульні реактори (ММР): порівняльна характеристика

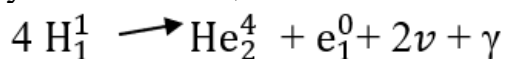
Характеристика	Традиційні АЕС (Гігаватні блоки)	Малі модульні реактори (ММР)
Потужність	Велика: від 1000 МВт до 1600 МВт на один енергоблок	Мала: до 300 МВт (деякі моделі від 10 до 70 МВт)
Спосіб будівництва	Унікальний капітальний проєкт, що будується безпосередньо на майданчику протягом 7-15 років	Модульний: основні компоненти виготовляються на заводі та транспортуються до місця встановлення

Масштабованість	Складно розширювати. Потрібні величезні інвестиції в один великий об'єкт	Висока: можна додавати модулі поступово, відповідно до зростання потреб регіону
Системи безпеки	Активні: потребують зовнішнього електропостачання та втручання оператора для охолодження в разі аварії	Пасивні: використовують природні процеси (конвекцію, гравітацію) для самоохолодження без електрики
Гнучкість	Працюють переважно в базовому режимі (стабільна потужність 24/7). Важко швидко змінювати потужність	Висока: здатні швидко змінювати потужність, що дозволяє працювати в парі з ВДЕ (сонце, вітер)
Розташування	Потребують близькості до великих водойм та потужних ліній електропередач	Можуть бути розміщені ближче до споживача, у важкодоступних регіонах або на місці старих ТЕС
Енергетична безпека	Централізована: пошкодження однієї станції вимикає цілий регіон	Децентралізована: мережа з багатьох ММР є значно стійкішою до ракетних атак чи терактів
Вартість	Величезні капітальні витрати на старті (мільярди доларів)	Менші початкові інвестиції, швидка окупність за рахунок серійного виробництва

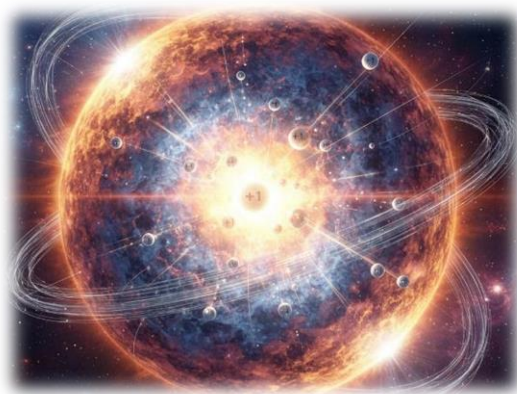
Тема. Термоядерні реакції. Зорі як природні термоядерні реактори

Задача 1. Енергетичний баланс Сонця

Ви — науковий оглядач. Вам потрібно пояснити читачам, чому Сонце не «згорає» миттєво, попри колосальну потужність. Щосекунди Сонце випромінює у космічний простір енергію $E = 3,8 \cdot 10^{26}$ Дж. Ця енергія виділяється внаслідок перетворення Гідрогену на Гелій за циклом



Розрахуйте «дефект маси» для однієї такої реакції (маса ядра протію-1 1,0078 а.о.м., ядра гелію-4 4,0026 а.о.м.). Скільки кілограмів маси Сонце втрачає щосекунди через випромінювання? Чому для проходження цієї реакції потрібна температура понад 10 мільйонів градусів?



Задача 2. Проектувальник майбутнього

Людство намагається відтворити процеси, що відбуваються всередині зірок, у земних умовах (проект ITER). Порівняйте умови «природного реактора» (ядра Сонця) та «штучного реактора» (токамака).

Параметр	Ядро Сонця	Токамак (Земля)
Основна реакція	Протон-протонний цикл	Дейтерій + Тритій
Метод утримання плазми	Гравітаційний	Магнітний
Температура	$15 \cdot 10^6 \text{ K}$	$150 \cdot 10^6 \text{ K}$

Чому на Землі ми змушені створювати температуру в 10 разів вищу, ніж у центрі Сонця?

(Підказка: зверніть увагу на різницю в тиску та густині речовини). Обґрунтуйте екологічні переваги термоядерної енергетики порівняно з сучасною ядерною (реакції поділу Урану).

Задача 3. Еволюція зірок

Ви — зоряний археолог. Вам потрібно спрогнозувати майбутнє зірки залежно від її маси. Термоядерний синтез у зорях триває доти, доки не починає утворюватися Залізо Fe_{26}^{56} . Чому синтез елементів, важчих за залізо, не може бути джерелом енергії для зірки? Опишіть, що станеться з «термоядерним реактором» зірки, коли в її ядрі закінчиться Гідроген. Як це вплине на її розмір та колір? Звідки у Всесвіті взяли важкі елементи (золото, платина), якщо зорі «зупиняються» на залізі?



Задача 4. Життя під іншим сонцем

Виявлено екзопланету, що обертається навколо Червоного карлика (температура поверхні зірки нижча за сонячну, основний синтез відбувається дуже повільно).

Проаналізуйте, як тривалість «роботи» такого термоядерного реактора впливає на шанси виникнення життя на планеті. Порівняйте спектр випромінювання такої зірки з нашим Сонцем. Якого кольору мають бути рослини на такій планеті для ефективного фотосинтезу?

Задача 5. Вигода

Якщо 1 грам Гідрогену повністю перетвориться на Гелій у ході термоядерного синтезу, виділиться енергія, еквівалентна спалюванню приблизно 15 тонн вугілля. Чому енергетичний вихід термоядерних реакцій набагато більший за хімічні?

Тема. Уявлення про обмеженість застосування фізичних теорій та межі застосування законів фізики

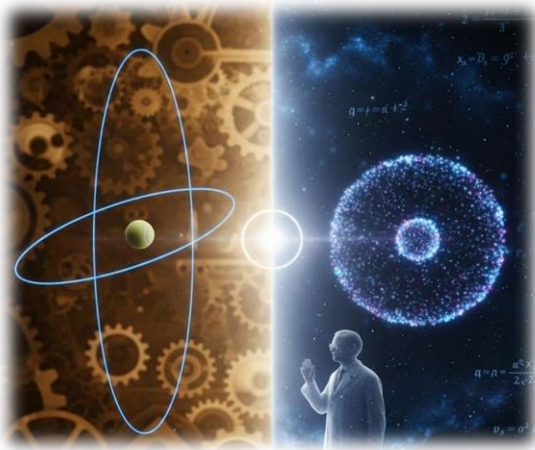
Задача 1. Межа класики: коли Ньютон поступається Ейнштейну

Ви працюєте інженером у центрі управління польотами. Ваша команда готує два проєкти: запуск автоматичної міжпланетної станції до Марса та тестування нового прототипу двигуна для міжзоряного зонда, який має досягти швидкості у 20% від швидкості світла. Вам потрібно визначити, чи можна використовувати класичні рівняння Ньютона для обох проєктів, чи похибка буде занадто великою.



За якої головної умови закони Ньютона стають неточними? (Очікувана відповідь: коли швидкість тіла стає релятивістською, зазвичай понад 10% від швидкості світла). Обчисліть, на скільки відсотків збільшиться релятивістська маса (або енергія) зонда, що летить зі швидкістю $0,2c$ порівняно з його масою спокою. Швидкість руху Землі навколо Сонця становить приблизно 30 км/с. Обчисліть відношення цієї швидкості до швидкості світла. Зробіть висновок, чому для розрахунку орбіт планет нам зазвичай достатньо механіки Ньютона. Наведіть приклад сучасного пристрою, який ми використовуємо щодня, де класична механіка давала б похибку в координатах, якби не враховувалися ефекти теорії відносності (Підказка: GPS-навігація).

Задача 2. Привид в атомі: куди зникає траєкторія?



Уявіть, що ви — розробник програмного забезпечення для моделювання мікросвітів. Ваше перше завдання — створити симулятор руху електрона в атомі Гідрогену. Якщо ви спробуєте намалювати для нього чітку лінію (траєкторію), як для футбольного м'яча, ваша програма видасть помилку. Справа в тому, що на атомних масштабах діє принцип невизначеності Гейзенберга, який стверджує: ми не можемо одночасно точно знати і координату, і імпульс

частинки. Отже, поняття «лінії руху» втрачає сенс.

Який термін використовують у квантовій фізиці замість «траєкторії» для опису області простору, де найімовірніше перебуває електрон? (Очікувана відповідь: Орбіталь). Спробуйте оцінити межі застосування класичної фізики. Чому ми бачимо чітку траєкторію польоту тенісного м'яча ($m = 0,05$ кг), але не бачимо її у електрона ($m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг)? Як маса об'єкта впливає на прояв його

хвильових властивостей? Намалуйте або опишіть різницю між орбітою планети (класична механіка) та електронною хмарою s-орбіталі (квантова механіка). Що символізує густота точок на малюнку хмари? Поясніть, чому без розуміння квантової природи руху електронів було б неможливо створити сучасні процесори у смартфонах та лазерні вказівки.

Задача 3. Парадокс світлового променя

Уявіть, що людство побудувало надшвидкий космічний корабель «Арго», який може рухатися зі швидкістю $0,8c$ (де c — швидкість світла). Корабель пролітає повз космічну станцію і вмикає вперед потужний лазерний прожектор. Позиція спостерігача на кораблі: Світло лазера віддаляється від нього зі швидкістю $c = 300\,000$ км/с. Позиція спостерігача на станції: Якщо використати закон Галілея, то швидкість світла для нього мала б дорівнювати $v = 0,8c + c = 1,8c$. Однак численні експерименти (наприклад, дослід Майкельсона-Морлі) довели, що швидкість світла у вакуумі є абсолютною і не залежить від руху джерела. Вона завжди дорівнює c . Використовуючи релятивістську формулу додавання швидкостей:



$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

Обчисліть реальну швидкість світлового променя для спостерігача на станції, якщо $v_1 = 0,8c$, а $v_2 = c$. Обчисліть похибку за законом Галілея для звичайного літака (швидкість 900 км/год) та пасажир, що йде по салону (швидкість 5 км/год). Чому в інженерних розрахунках авіалайнерів ми продовжуємо ігнорувати теорію Ейнштейна?

Чому, на вашу думку, закон Галілея вважається «наближеним»? За яких умов він стає практично ідеальним, а за яких — абсолютно непридатним?

Задача 4. Таємниця зміщення Меркурія



Протягом XIX століття астрономи помітили дивну поведінку Меркурія — найближчої до Сонця планети. Його орбіта (еліпс) повільно повертається у просторі. Це явище називають прецесією перигелію.

Ньютонівська механіка чудово пояснювала 99% цього зміщення через вплив інших планет. Проте залишалася крихітна похибка — 43 кутові секунди на століття, які ніяк не вдавалося пояснити законами Ньютона. Вчені навіть шукали неіснуючу планету Вулкан ближче до Сонця, щоб виправдати цю аномалію. Чому саме Меркурій став тією планетою, на якій закон Ньютона «схибив», тоді як для Землі чи Юпітера він працює майже ідеально? (Очікувана відповідь: Меркурій перебуває у найсильнішому гравітаційному полі Сонця, де простір викривлений найсильніше).

Згідно з Ньютоном, гравітація — це сила, що діє миттєво через порожнечу. Яку принципово іншу концепцію запропонував Ейнштейн у ЗТВ для пояснення руху планет? (Очікувана відповідь: Гравітація — це викривлення геометрії простору-часу масивними об'єктами). Космічний апарат GPS має враховувати ефекти ЗТВ, інакше похибка у визначенні координат на Землі зростатиме на 10 км щодня. Поясніть, чому для супутників ЗТВ є необхідністю, а для розрахунку польоту футбольного м'яча — ні? Якби Сонце раптово перетворилося на чорну діру (тієї ж маси), чи змінилася б орбіта Землі згідно з Ньютоном? А згідно з Ейнштейном?

Задача 5. Спадкоємність істин: чому старі теорії не вмирають?

Уявіть, що ви — молодий вчений, який щойно відкрив «Супертеорію», яка пояснює рух об'єктів у паралельних вимірах. Ваш старший колега каже: «Ваша теорія виглядає цікаво, але чи задовольняє вона принцип відповідності?»

Ви розумієте, що нова теорія не може просто перекреслити все, що було до неї. Вона має включати старі, перевірені часом закони як окремі, граничні випадки. Сформулюйте власне визначення принципу відповідності. Що відбувається зі складною новою теорією, коли умови стають «звичайними» (низькі швидкості, великі маси)? Візьмемо релятивістську формулу імпульсу:

$$p = \frac{m\mathbf{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Що станеться з цією формулою, якщо швидкість тіла набагато менша за швидкість світла ? До якої класичної формули вона перетвориться? Чи можна вважати закон всесвітнього тяжіння Ньютона «помилковим», якщо ми знаємо про існування Загальної теорії відносності Ейнштейна? Обґрунтуйте відповідь, спираючись на принцип відповідності.

Нова (загальна) теорія	Стара (класична) теорія	Умова переходу (Границя)
Спеціальна теорія відносності	Механіка Ньютона	Швидкість $v \ll c$
Квантова механіка	Класична механіка	Стала Планка $h \rightarrow 0$ (або великі маси/енергії)
Загальна теорія відносності	Закон тяжіння Ньютона	Слабкі гравітаційні поля

КОМПЕТЕНТІСНІ ЗАДАЧІ

Задача 1. Опромінення людини від внутрішніх природних джерел зазвичай становить 20 % від загальної дози на м'які тканини від природного радіаційного фону. Головним джерелом природного внутрішнього опромінення є радіонуклід земного походження калій-40, що надходить до організму з харчами.

Продукт	Активність К-40 бк/кг	Вміст стабільного калію, %
пшениця	150	0,5
жито	176	0,6
горох	274	0,9
крупа гречана	41	0,13
картопля	130	0,45
морква	84	0,29
цибуля	44,4	0,15
огірки	100	0,34
м'ясо яловичини	84	0,37
м'ясо свиняче	33,3	0,1
риба	77	0,26
молоко	44,4	0,14
масло вершкове	3,7	0,014

1.1 (С) Які з продуктів харчування є найбезпечнішими для вживання з точки зору вмісту Калію-40 в продуктах харчування?

Відповідь: Згідно таблиці найбезпечнішими є вершкове масло, м'ясо свиняче, молоко, гречана крупа, цибуля.

1.2 (Д) Визначте, скільки калію отримає людський організм за місяць, якщо людина за цей період вживає виробів з пшениці – 6 кг, з гречки – 2 кг, з картоплі – 4,5 кг, з м'яса свинячого та яловичини – по 3 кг, з молока – 4 кг ?

Відповідь: Знаходимо масу $K-40$ в зазначених продуктах :

$$m = 6 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,0013 + 4,5 \cdot 0,0045 + 3 \cdot 0,001 + 3 \cdot 0,0037 + 4 \cdot 0,0014 = 0,07335 (\text{кг}) = 73,35 \text{ г.}$$

$$m = 73,35 \text{ г.}$$

1.3 (В) Визначити загальну активність продуктів, перелік яких взято з умови попередньої задачі?

Розв'язання:

Користуючись таблицею, находимо загальну активність цих продуктів:

$$A = 6 \cdot 0,005 \cdot 150 = 4,5 \text{ (Бк) у пшениці}$$

$$A = 2 \cdot 0,0013 \cdot 41 = 1,066 \text{ (Бк) у гречці}$$

$$A = 4,5 \cdot 0,0045 \cdot 130 = 2,6325 \text{ (Бк) у картоплі}$$

$$A = 3 \cdot 0,001 \cdot 33,3 = 0,0999 \text{ (Бк) у свинячому м'ясі}$$

$$A = 3 \cdot 0,0037 \cdot 84 = 9,324 \text{ (Бк) у яловичині}$$

$$A = 4 \cdot 0,0014 \cdot 44,4 = 0,284 \text{ (Бк) у молоці}$$

$$A = 4,5 + 1,066 + 2,6325 + 0,0999 + 9,324 + 0,284 = 17,9 \text{ (Бк)}$$

Відповідь: маса $K-40$ в зазначених продуктах $m = 73,35 \text{ г}$, загальна активність яких $A = 17,9 \text{ Бк}$.

Задача 2. Аварія з найбільшими медичними і соціально-економічними наслідками за всю відносно коротку історію атомної енергетики сталася 26 квітня 1986 р. на Чорнобильській АЕС. Вибух реактора 4-го енергоблоку спричинив небувале радіаційне забруднення величезних територій, за що ця аварія отримала назву Чорнобильської катастрофи.

Гостра променева хвороба являє собою самостійне захворювання, яке розвивається внаслідок одноразового або багаторазового зовнішнього гамма, або гамма-нейтронного опромінення за короткий проміжок часу (до 10 діб), у дозі більше 1 Гр, а також при надходженні до організму радіонуклідів, які утворюють адекватну поглинену дозу.

Після вибуху було госпіталізовано 237 постраждалих, які отримали високі дози опромінення. У 134 розвинулася гостра променева хвороба, із них 28 померло внаслідок прогресування променевого захворювання в поєднанні з великими променевими опіками.

2.1 (С) Які види радіоактивного випромінювання вам відомі?

Відповідь: Радіоактивне випромінювання поділяється на три складові: α (альфа)- випромінювання, β (бета) випромінювання та γ (гамма)- випромінювання.

2.2 (Д) Як впливає на організм радіоактивне випромінювання? Запропонуйте способи захисту від шкідливого впливу радіоактивного випромінювання.

Відповідь: Іонізуюче випромінювання при взаємодії з середовищем спричиняє виникнення електричних зарядів різних знаків. Проникаючи до

організму людини та проходячи через біологічну тканину, воно призводить до загибелі клітин, порушує функції центральної нервової системи, що, у свою чергу, викликає порушення функції заліз внутрішньої секреції, зміни судинної проникності. Внаслідок цих змін порушується нормальний перебіг біохімічних процесів та обмін речовин, що призводить до променевої хвороби.

Діючи на шкіру, іонізуюче випромінювання викликає опіки або сухість, випадіння волосся, під час дії на очі – катаракту. Захист від іонізуючих випромінювань забезпечується такими засобами та методами:

- ✓ ізоляцією або захищенням джерел випромінювання за допомогою спеціальних камер, огорож, екранів;
- ✓ обмеженням часу перебування персоналу в радіаційно небезпечній зоні;
- ✓ відділенням робочого місця від джерел випромінювання;
- ✓ використанням дистанційного керування;
- ✓ застосуванням приладів сигналізації і контролю;
- ✓ використанням засобів індивідуального захисту.

2.3 (Д) Визначити, яку енергію отримає тіло масою 15 кг, якщо в результаті гамма опромінення це тіло отримало поглинуту дозу в 1 Гр.

<u>Дано:</u>	<u>Розв'язання</u>
$m=15\text{кг}$	Оскільки $D = \frac{W}{m}$, для шуканої енергії отримаємо
$D=1\text{ Гр}$	$W=D \cdot m$
$W=?$	Перевіримо одиниці:
	$[W] = \text{Гр} \cdot \text{кг} = \text{Дж}$
	Визначимо числове значення шуканої величини:
	$W=1 \cdot 15 = 15 \text{ Дж.}$

Відповідь: $W=15 \text{ Дж.}$

Задача 3. Аварія на IV енергоблоці Чорнобильської АЕС із руйнуванням активної зони реактора типу РБМК -1000, яка сталася вночі 26.04.1986 р., призвела до радіаційної екологічної катастрофи світового масштабу.

У квітні-травні 1986 р. зруйнований реактор викинув у повітря до 90 МКі радіоактивності. 50% активності викиду склали інертні гази (Xe-133 і Kr -85), 8-11% радіоактивний йод (I-131, I-132, I-133), 1-2% цезій (Cs-137, Cs-134), 0,2% стронцій (Sr-90, Sr-89).

Аерозольно-пилова радіоактивна хмара, яка утворилася внаслідок вибуху реактора, кілька разів облетіла земну кулю, заливши «плями» радіоактивних забруднень різної інтенсивності у багатьох країнах світу. Крім того, ще майже тиждень зі зруйнованого реактора витікав потужний струмінь газоподібних летючих і аерозольних продуктів, який, досягаючи висоти 1200 м (у перші 2-3 доби після аварії), поширювався дією вітру на сотні і тисячі кілометрів,

поступово випадаючи і вимиваючись дощами, утворюючи характерні неперервні «сліди» і окремі «плями» радіоактивності.

За межами колишнього Радянського Союзу істотно радіоактивного забруднення (200 Бк/м² і більше) зазнали країни Східної Європи, Фінляндія, Швеція, Австрія, Північна Італія, Словенія, Македонія, Болгарія, східна частина Греції і західна частина Турції.

Утворилося потужне поле радіоактивного забруднення (у межах колишнього Союзу - понад 150 тис.км² по ізолінії 0,05 мР/год на 10.06.1986).

3.1 (С) Що ви знаєте про активність радіоактивного нукліда?

Відповідь: Активністю A радіоактивного джерела називають фізичну величину, що характеризує кількість радіоактивних розпадів за одиницю часу.

$$A = \lambda \cdot N$$

Як одиницю активності в СІ обрано беккерель (Бк): активність у 1 Бк відповідає одному розпаду в секунду.

Також використовується інша одиниця – кюрі (позначається Ki). Кюрі в 37 мільярдів раз більше одного беккерель: $1 Ki = 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

3.2 (С) Які дози іонізуючого випромінювання розрізняють? Що характеризує експозиційна доза опромінення?

Відповідь: Розрізняють експозиційну, поглинуту та еквівалентну дози іонізуючого випромінювання.

Експозиційна доза характеризує іонізуючу здатність випромінювання в повітрі. За одиницю дози в системі СІ прийнято Кл/кг (кулон/кг) - це така доза випромінювання, при якій в 1 кг сухого повітря виникають іони, які несуть заряд в 1 кулон електрики кожного знаку. Для характеристики цієї дози використовують позасистемну одиницю - рентген (Р).

3.3(Д) Визначити, яка активність (у Бк) припадає на інертні гази, радіоактивний йод, цезій та стронцій.

Відповідь: $1 Ki = 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк

$A = 90 MKi : 2 = 45 MKi = 1,67 \cdot 10^{12}$ (Бк) – припадає на інертні гази;

$A = 90 MKi : 100 \cdot 11 = 9,9 MKi = 3,66 \cdot 10^{11}$ (Бк) – припадає на радіоактивний йод;

$A = 90 MKi : 100 \cdot 2 = 1,8 MKi = 6,67 \cdot 10^{10}$ (Бк) – припадає на радіоактивний цезій;

$A = 90 MKi : 100 \cdot 0,2 = 0,18 MKi = 0,67 \cdot 10^{10}$ (Бк) – припадає на радіоактивний стронцій.

3.4(Д) Визначити поглинуту дозу опромінення, яку отримає працівник формування під час роботи у осередку радіоактивного забруднення протягом 6 годин, якщо рівень радіації на цю годину становив 5 рад/год.

Дано:

P_D

$= 5 \text{ рад/год} = 0,05 \text{ Гр/год}$

$t = 6 \text{ год}$

$D - ?$

Розв'язання

Оскільки $P_D = \frac{D}{t}$, то для шуканої дози

отримаємо

$$D = P_D \cdot t.$$

$$[D] = \frac{\text{Гр}}{\text{год}} \cdot \text{год} = \text{Гр}$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$D = 0,05 \text{ Гр/год} \cdot 6 \text{ год} = 0,3 \text{ Гр}$ – отримає працівник формування під час роботи в осередку радіоактивного забруднення.

Відповідь: $D = 0,3 \text{ Гр}$.

3.5(В) Обчислити, яку експозиційну дозу опромінення отримав працівник охорони 30-ти кілометрової зони відчуження, якщо він перебував у зоні 1 тиждень по 6 годин щодня та у скільки разів вона перевищує допустиму дозу опромінення, яку може отримати працівник від радіаційного фону, який складає 25 мкР/год (**відповідь подайте в Рентгенах**).

<u>Дано:</u>	<u>Розв'язання</u>
$P_{\text{Дфон}} = 25 \text{ мкР/год} = 25 \cdot 10^{-6} \text{ Р/год}$	Оскільки $P_{\text{Д}} = \frac{D}{t}$, то для шуканої дози
$P_{\text{Д}} = 0,05 \text{ мР/год} = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ Р/год}$	отримаємо $D = P_{\text{Д}} \cdot t$.
$t = 7 \text{ днів} \cdot 36 \text{ год} = 42 \text{ год}$	Перевіримо одиниці: $[D] = \text{Р/год} \cdot \text{год} = \text{Р}$
$D - ?$	Визначимо числове значення шуканої величини:
	1) $D_{\text{експ}} = 42 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ (Р)}$ –
	отримає працівник 30-ти кілометрової зони відчуження під час роботи.
	2) $D_{\text{експ фон}} = 42 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ (Р)}$ –
	отримав працівник тільки від природнього радіаційного фону.
	3) $\frac{D_{\text{експ}}}{D_{\text{експ.фон}}} = \frac{2,1 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 10^{-3}} = 2$

Відповідь: $D_{\text{експ}} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ Р}$, $D_{\text{експ}} / D_{\text{експ фон}} = 2$.

Задача 4.

4.1 (С) Назвати хімічний елемент, у ядрі атома якого 146 нейтрони і 92 протони.

Відповідь: $U - 238$

4.2 (С) Назвати проміжок часу, упродовж якого розпадається половина початкового числа атомів.

АТОМНІ НОМЕРИ, НАЗВИ, ПОЗНАЧЕННЯ, ПЕРІОДИ НАПІВРОЗПАДУ РАДІОНУКЛІДІВ

Табл.2

№	НАЗВА	ОБОЗНАЧЕННЯ	РАДІОНУКЛІД	ПЕРІОД НАПІВРОЗПАДУ
1	ВОДЕНЬ	H	H-3	12,35 роки
19	КАЛІЙ	K	K-40	$1,39 \times 10^9$ роки
37	РУБІДІЙ	Rb	Rb-86	18,66 діб
39	СТРОНЦІЙ	Sr	Sr-90	29,12 роки
40	ЦИРКОНІЙ	Zr	Zr-95	63,98 діб
41	НІОБІЙ	Nb	Nb-95	35,15 діб
53	ЙОД	I	I-131	8,04 діб
55	ЦЕЗІЙ	Cs	Cs-134 Cs-137	2,062 роки 30 років
56	БАРІЙ	Ba	Ba-140	12,74 діб
57	ЛАНТАН	La	La-140	40,6 год
58	ЦЕРІЙ	Ce	Ce-141 Ce-144	32,5 діб 284,3 діб
84	ПОЛОНІЙ	Po	Po-110	138,3 діб
86	РАДОН	Rn	Rn-222	3,8 діб
88	РАДІЙ	Ra	Ra-226	1600 років
90	ТОРІЙ	Th	Th-232	1405×10^{10} років
92	УРАН	U	U-238	$4,468 \times 10^9$ років
84	ПЛУТОНІЙ	Pu	Pu-239 Pu-240 Pu-241	24065 років 6537 років 14,4 роки

Відповідь: Період напіврозпаду – це проміжок часу, упродовж якого розпадається половина початкового числа атомів.

4.3 (Д) Користуючись таблицею, визначте у скільки разів період напіврозпаду урану більший за період напіврозпаду полонію?

Відповідь: $T_{\text{урану}}/T_{\text{полонію}} = 4,468 \cdot 10^9 \cdot 365 / 138,3 = 11,8 \cdot 10^9$ разів період напіврозпаду урану більший за період напіврозпаду полонію.

4.4. (Д) Обчислити сталу радіоактивного розпаду для радону.

<u>Дано:</u>	<u>Розв'язання</u>
$T_{\text{радону}} = 3,8$	Сталу радіоактивного розпаду знаходимо за
діб	формулою:
$\lambda - ?$	$\lambda = \frac{0,69}{T}$
	Визначимо числове значення шуканої величини:
	$\lambda = \frac{1}{3,8 \cdot 24 \cdot 3600} = 3,05 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$

Відповідь: $\lambda = 3,05 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$

4.5 (В) Визначити, яка частина елементів Йоду-131 залишиться через 32 доби ?

<u>Дано:</u>	<u>Розв'язання</u>
$T = 8 \text{ діб}$	Оскільки, $N = N_0 / 2^{t/T}$, то $N/N_0 = 2^{-t/T}$
$t = 32 \text{ доби}$	Перевіримо одиниці:
$\Delta t - ?$	$[N/N_0] = 1$
	Визначимо числове значення шуканої величини:

$$N/N_0 = 2^{-32/8} = 2^{-4} = 1/16$$

Відповідь: Через 32 доби залишиться 1/16 частина елементів Йоду-131.

Задача 5. Природний радіоактивний фон впливає на кожну людину. В результаті внутрішнього і зовнішнього опромінення людина протягом року в середньому отримує дозу в 0,1бер. Без великого ризику за все життя людина може набрати 35 бер.

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ПРИРОДНОГО РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ

Табл.1

ДЖЕРЕЛО ВИПРОМІНЮВАННЯ	УСЕРЕДНЕНІ ЕКВІВАЛЕНТНІ ДОЗИ, мЗв/рік	
	ЗОВНІШНЄ ОПРОМІНЕННЯ	ВНУТРІШНЄ ОПРОМІНЕННЯ
Космічне випромінювання	0,3	
Космогенні радіонукліди H-3, Be-7, C-14, Na-24		0,015
Земні радіонукліди: K-40	0,12	0,18
Rb-87		0,006
U-238 → U-234		0,01
Th-230	0,09	0,07
Ra-226		0,07
Rn-222 → Po-214		0,8
Rb-220 Tl-208		0,13
Th-232		0,003
Ra-228 → Ra-224	0,14	0,013
Rn-220 → Tl-208		0,17
Сумарне опромінення	0,65	1,34

5.1(С) Визначте, яке джерело випромінювання створює найбільшу еквівалентну дозу опромінення для живого організму.

Відповідь: Найбільшу еквівалентну дозу опромінення для живого організму створює Rn – 222 та Po- 214.

5.2(Д) Яку дозу опромінення за все життя отримує людина? (середній вік – 70 років)

Відповідь: $D = 0,1 \text{ бер} \cdot 70 \text{ років} = 7 \text{ бер}$ – таку дозу опромінення за все життя отримує людина.

5.3(Д) Визначте, у скільки разів сумарна зовнішнього опромінення менша за сумарну дозу внутрішнього опромінення.

Відповідь: $D_{\text{екв. вн.}} / D_{\text{екв. зовн.}} = 1,34 / 0,65 = 2,06$ разів – сумарне зовнішнє опромінення менше за сумарне внутрішнє опромінення.

5.4(В) Обчисліть, який відсоток від загальної дози опромінення складає К-40.

Відповідь: $D_{\text{K-40}} / D = 15\%$

Загальна доза опромінення: $D = 0,65 + 1,34 = 1,99 (\text{мЗв/рік})$

Загальна доза опромінення для K-40: $D_{K-40}=0,12+0,18=0,3$ (мЗв/рік)
 $D_{K-40}/D=0,3 \cdot 100\% : 1,99=15\%$ від загального опромінення складає K-40.

Задача 6.

Основні шляхи міграції радіонуклідів по біологічних ланцюжках, що досягають людини є:

- атмосферне повітря – людина;
- атмосферне повітря – вода – людина;
- вода – людина;
- вода – харчові продукти рослинництва (при поливі) – людина;
- вода – гідробіонти – людина;
- вода – ґрунт - рослини – людина;
- вода - ґрунт – кормові продукти – тварини – людина.

Забруднення

сільськогосподарських культур радіонуклідами відбувається внаслідок поглинання їх з ґрунту кореневою системою рослин.

За ступенем переходу в рослини радіонукліди можна розподілити в такий ряд:

стронцій-90⇒йод-131⇒барій-140⇒цезій-137⇒рутений-106⇒церій-144⇒цинк-45⇒ніобій-95.

За ступенем концентрації радіонуклідів рослинні продукти розподіляються наступним рядом:

боби⇒картопля⇒овес⇒квасоля⇒гречка⇒пшениця⇒просо⇒ячмінь.

За таким же принципом тваринні продукти утворюють ряд:

курятина⇒свинина⇒баранина⇒телятина.

Із продуктів тваринного походження критичними за надходженням радіонуклідів в організм є молоко і м'ясо, а рослинного походження - картопля.

6.1(С) Яким шляхом міграції людина отримує найбільшу кількість радіонуклідів?

6.2(С) Яким продуктам треба надати перевагу людям, що проживають на забруднених територіях, в харчуванні, щоб отримати менший вплив радіонуклідів на організм?

6.3(Д) Знайти інформацію і підготувати реферат про речовини радіопротектори, які допомагають виводити радіонукліди з організму.

Задача 7. Рак щитовидної залози – злоякісне новоутворення щитоподібної залози епітеліального походження.

Починаючи з 1990 р. серед осіб дитячого і підліткового віку, які проживають в радіаційно забруднених регіонах України, відзначено ріст частоти раку щитоподібної залози. За останні 10-15 років кількість пацієнтів збільшилася у 14 разів порівняно з доаварійним періодом. Мінімальний період розвитку пухлинного процесу в щитоподібній залозі склав 4 роки від моменту аварії.

Ріст захворюваності злоякісними новоутвореннями щитоподібної залози відбувався, в основному, за рахунок хворих, які постраждали внаслідок впливу іонізуючого випромінювання у віці 0-4 роки. При спостереженні за різними групами дітей з поодинокими вузлами ознаки злоякісного процесу зустрічалися частіше серед дівчаток, а несприятливий перебіг характерніший для хлопчиків.

Поширеність раку щитоподібної залози в Україні у дітей впродовж 2006-2007 р.р. становила 26 випадків на 100 тис населення. Захворюваність на 100 тис населення у дітей – 0,09.

Дози опромінення щитоподібної залози у дітей

Характеризує дозове навантаження I¹³¹ у 1986 р.
наказ МОЗ № 328

- А група – до 30 рад,
- Б група – від 30 до 100 рад,
- В група – від 100 до 200 рад,
- Г група – від 200 до 500 рад,
- Д група – понад 500 – 1000 рад.

Київська область: діти – доза опромінення щитоподібної залози

А – 45,1 %; Б – 28,1 %; В – 11,5 %;
Г – 9,4 %; Д – 5,9 %.

7.1(П) Діти якого віку найбільш вразливі до захворювань злоякісними новоутвореннями щитоподібної залози?

7.2(Д) Обчисліть, у скільки разів діти Д групи отримали більшу дозу, ніж групи А.

7.3(В) Визначте, яку енергію отримає дитина Б групи з максимальною дозою опромінення, маса якої 45 кг ?

Задача 8 При аварії ядерного реактора в атмосферу потрапляють радіоактивні речовини. На людей, які перебувають в безпосередній близькості від місця аварії можливі наступні основні шляхи впливу радіаційних факторів:

- ☒ зовнішнє опромінення від радіоактивної хмари аварійного джерела;
- ☒ зовнішнє опромінення від шлейфу опадів з радіоактивної хмари;
- ☒ вдихання радіонуклідів, які містяться у шлейфі;
- ☒ інгаляційне надходження радіоізотопів йоду з продуктами харчування та питною водою;
- ☒ поверхневе забруднення радіонуклідами шкіри, одягу та інших поверхонь;
- ☒ зовнішнє опромінення від потрапляння радіонуклідів на ґрунт та інші поверхні;
- ☒ інгаляційне надходження радіонуклідів за рахунок їх вторинного підняття з вітром;
- ☒ споживання радіоактивних забруднених продуктів харчування та води.

На персонал аварійного об'єкту та осіб, які приймають участь у ліквідації наслідків аварії (в межах аварійного об'єкту) також можливе зовнішнє опромінення від зруйнованого або пошкодженого ядерного реактора та фрагментів активної зони, викинутих вибухом на майданчик станції, а також зовнішнє опромінення від факелу радіоактивного викиду.

Годинна доза радіації, смертельна для 50 відсотків організмів, становить 400 бер для людини, 1000-150 000 Бер - для рослин, 1000-2000 бер - для риб і птахів, 100 000 Бер - для комах.

8.1(С) Побудуйте стовпчасту діаграму годинної дози радіації для поданих груп.

8.2(Д) Визначте, яку потужність еквівалентної дози опромінення має джерело опромінення в цих випадках.

8.3(Д) Визначте, у скільки разів доза радіації рослин більша, чим людей.

8.4(В) Які заходи захисту дозволять зменшити шкідливість впливу на людину?

Задача 9. Уранці 6 серпня 1945 р. бомбардувальник В-29 скинув над містом Хіросіма атомну бомбу, еквівалентну 13 – 18 кілотоннам тротилу. Три дні потому було скинуто атомну бомбу і на місто Нагасакі. Кількість безпосередньо загинувших у першому і другому містах становила 70-80 тис. і 60-80 тис. відповідно. Але тим трагедія жителів цих міст не завершилась. Її наслідки для здоров'я і життя людей спостерігалися ще в другому і третьому поколіннях. Тільки протягом перших п'яти років кількість загинувших від наслідків опромінення (комбіновані опіки, хронічна променева хвороба, апластичний стан кровотворення, лейкози, рак) могла становити в Хіросімі понад 110 тис., а в Нагасакі – 60 тис.

Радіаційні аварії з ураженням значних контингентів населення, що сталися за останні десятиріччя минулого століття, є джерелом гіркого, але неоцінного клінічного досвіду в діагностиці, вивченні патогенезу і перебігу радіаційних уражень людей та пошуку засобів їх лікування.

9.1(С) Що називається поглинутою дозою іонізаційного опромінення?

9.2(С) Поясніть механізм ланцюгової ядерної реакції.

9.3(Д) Поясніть механізм впливу радіоактивного випромінювання на живі організми.

9.4 (В) Яку поглинуту дозу іонізуючого опромінення отримає особа, яка перебуває поблизу джерела гамма випромінювання протягом 1 години, якщо потужність потоку випромінювання становить $25 \cdot 10^{-9}$ Гр/с?

Задача 10. В ніч з 25 на 26 квітня 1986 р., на момент аварії, на першому, другому, третьому і четвертому енергоблоках перших двох черг ЧАЕС було 176 осіб експлуатаційного персоналу та персоналу допоміжних цехів і служб. Окрім цього на майданчику будівництва п'ятого і шостого енергоблоків (третьа черга ЧАЕС) в нічну зміну працювало 268 будівельників та монтажників.

Дози аварійного опромінення персоналу АЕС і пожежників знаходились в діапазоні від 1 до 16 Гр.

Основними видами радіаційного впливу було короточасне зовнішнє (загальне і контактне), внутрішнє та поєднане опромінення. У пожежників мала місце комбінована дія випромінювань та термічного фактору.

З приводу радіаційних уражень і опіків було госпіталізовано біля 300 осіб. У 145 розвинулась гостра променева хвороба різного ступеню тяжкості, у тому числі I ступеня тяжкості – у 43, II ступеня – у 61, III ступеня – у 21 і IV ступеня – у 20 осіб. На жаль, 28 потерпілим, які брали участь у ліквідації наслідків аварії в перші години, врятувати життя не вдалось.

10.1 (С) Які основні складові атомної електричної станції?

10.2 (С) Поясніть принцип роботи ядерного реактора.

10.3 (Д) Що впливає на швидкість перебігу ланцюгової ядерної реакції та який механізм регулювання процесом?

10.4 (В) Потужність поглинутої дози опромінення для робітника лабораторії становить $2 \cdot 10^{-9}$ Гр/с. Яку поглинуту дозу опромінення отримає робітник за 6 годин робочого дня протягом місяця роботи (22 робочих дні)?

Задача 11 Навколо Землі існує неперервне опромінювання від природних джерел іонізаційних випромінювань, це – космічні промені, випромінювання земної кори і природних радіонуклідів, які містяться в організмі. Узагальнено цей повсюдний і всепроникний потік іонізаційних випромінювань називається природний радіаційний фон (ПРФ).

Космічні промені – не заряджені елементарні частинки надвисокої енергії (до 10^{19} еВ) із між зіркового простору. До їх складу входять протони, альфа-частинки і ядра легких елементів. Стикаючись з молекулами земної атмосфери, первинні космічні промені створюють зливу вторинних і третинних випромінювань, кількість яких зростає в атмосфері до висоти 20—16 км, після чого потік їх слабшає через поглинання атмосферою. На рівні моря космічні промені створюють дозу опромінення в середньому в 300 мкЗв/рік (0,3 мЗв/рік), а в горах — у кілька разів вищу (на рівні високих вершин — до 4500 мкЗв/рік). За один рейс між Парижем і Нью-Йорком кожний пасажир літака отримує дозу в 50 мкЗв (політ 7,5 години на висоті 10—11 км). Загальна ж доза опромінення людства, зумовлювана повітряними подорожами, становить колективну дозу приблизно у 2000 людино-Зв на рік.

11.1(С) Що характеризує потужність еквівалентної дози опромінення?

11.2 (С) Назвіть місця на території України з підвищеним радіаційним фоном.

11.3(Д) У скільки разів відрізняється еквівалентна доза опромінення людини, що проживає у гірській місцевості від еквівалентної дози опромінення людини, що проживає в долині?

11.4 (Д) При внутрішньому опроміненні кожний грам живої тканини поглинув 10^{10} альфа-частинок. Визначити еквівалентну дозу опромінення, якщо

енергія кожної альфа-частинки дорівнює $8 \cdot 10^{-13}$ Дж. (Коефіцієнт якості для α -частинок 20)

Задача 12 Бетон та цеглу виготовляють з використанням мінеральної сировини (пісок, цемент, щебінь, де часто підвищена радіоактивність (в деяких щебенях – у десятки разів), тому в будинках з таких матеріалів радіаційний фон, зрозуміло, вищий порівняно з дерев'яними будівлями. У них значно підвищена також концентрація радону.

Продуктом розпаду радію-226 є радіоактивний газ альфа-випромінювач радон-222, який має період напіврозпаду 3,7 доби і тому може просочуватися крізь тріщини з глибин земних порід на поверхню і далі переходити в атмосферу. З повітрям радон-222 надходить у легені людини, створюючи інгаляційне опромінення. Крім того, при розпаді цей нуклід перетворюється на CaO – твердий продукт, який відкладається в тканинах легень і, в свою чергу, повільно перетворюється на полоній – теж твердий продукт і теж альфа-випромінювач.

Отже, радон-222 є джерелом серйозного ризику виникнення радіоіндукованого раку легень.

12.1 (С) Який вчений відкрив радіоактивність?

12.2 (С) Яким способом можна захистити себе від альфа-випромінювань?

12.3 (С) Запишіть реакції α -розпаду радію-226, радону-222, полонію – 110.

12.4 (В) Яку кількість енергії має альфа-частинка, яка вилітає внаслідок радіоактивного розпаду полонію з швидкістю $1,6 \cdot 10^7$ м/с?

Маса частинки $6,644 \cdot 10^{-24}$ г. Відповідь виразіть в МеВ.

($1 \text{ МеВ} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$)

ДОСЛІДЖУЮ

Інтелектуальна гра-дебати «Атомна енергетика: “За” та “Проти”»

Атомна енергетика — галузь промисловості, що базується на перетворенні ядерної енергії в теплову для використання її у виробництві, електричної енергії чи з іншою метою. Сьогодні ми вирішуємо дилему, над якою ламають голови світові лідери в Брюсселі та Вашингтоні: як забезпечити людство енергією, не знищивши при цьому клімат. Ваші аргументи сьогодні — це не просто слова, це моделювання майбутньої енергетичної стратегії нашої держави. Доведіть, що ваше покоління готове до складних викликів! Пам'ятайте: перемагає не той, хто голосніше говорить, а той, хто будує більш логічні аргументи. Тож, нехай ваші аргументи будуть такими ж потужними, як енергія атома!



Мета: Поглибити знання про атомну енергетику як стратегічну галузь економіки України та світу; проаналізувати фізичні принципи отримання енергії та екологічні наслідки експлуатації АЕС. Розвивати навички критичного аналізу складної інформації; формувати вміння розрізняти наукові факти та популістські маніпуляції; вдосконалювати майстерність аргументації за допомогою статистичних даних та міжнародних звітів. Виховувати громадянську відповідальність та усвідомлення ролі енергетичної незалежності України в контексті глобальної безпеки.

Вступне слово вчителя (регламент — 3 хвилини). «Вітаю, 9-й клас! Сьогодні наш кабінет перетворюється на залу засідань ООН або стратегічну раду МАГАТЕ. Тема дебатів: “Атомна енергетика: “ЗА” та “ПРОТИ””. Це не просто параграф у підручнику — це питання виживання людства, кліматичної кризи та національної безпеки України. Сьогодні немає «правильної» відповіді, є лише сила вашої логіки та доказів.

Дебати — це не суперечка, а інтелектуальна гра з чітким регламентом, де перемагає не той, хто голосніше говорить, а той, хто будує більш логічні аргументи.

Структура класичних дебатів

1. Учасники та ролі. Зазвичай у дебатах беруть участь дві сторони:

✓ **Стверджуюча сторона (“ЗА”):** захищає тезу (резолуцію), пропонує зміни або рішення.

✓ **Сторона, що заперечує (“ПРОТИ”):** спростовує аргументи “ЗА” та доводить, що пропоновані зміни є шкідливими або непотрібними.

У кожній команді зазвичай по 3 спікери, кожен з яких має свою функцію: від представлення кейсу до фінального підсумовування.

2. Структура виступу. Кожен переконливий виступ має будуватися за формулою **Ч-Л-Ф-Ч**:

Чітка назва вашого аргументу.

Логічний ланцюжок «чому це так?»

Факти, статистика або історичні приклади.

Чому це важливо для суспільства.

3. Регламент та хід гри. Процес нагадує «пінг-понг» думками:

✓ Першою завжди виступає команда “ЗА” (задає контекст і визначення).

✓ Сторони чергуються.

✓ Кожен спікер має фіксований час (наприклад, 5-7 хвилин).

4. Пункти запитань. Це «родзинка» дебатів. Під час виступу опонента гравці іншої команди можуть встати і запропонувати коротке запитання (до 15 секунд).

✓ Правило «захищеного часу»: запитання не можна ставити на першій та останній хвилині виступу.

✓ Спікер, що виступає, має право прийняти запитання або відхилити його помахом руки.

5. Культура та оцінювання. Судді оцінюють виступи за трьома критеріями:

✓ Зміст: сила аргументів та якість доказів.

✓ Стиль: мова тіла, впевненість, темп мовлення.

✓ Стратегія: наскільки добре команда реагувала на аргументи опонентів (спростування).

Правила інтелектуальної гри “Дебати”

Виступ спікера: до 3-х хвилин.

Перехресний допит. Після кожного виступу опоненти мають право на 2 коротких запитання (до 15 секунд на кожне).

Таймінг. Я буду показувати картку (або стукати по столу), коли залишиться 30 секунд.

Головне табу: перехід на особистості. У дебатах ми **атакуємо ідеї, а не людей.**

Журі та “СЛУХАЧІ”, готуйте ваші бланки. Команди, на позиції. Час вирішити долю атома. Починаймо!

Вступне слово спікера 1 команди “ЗА”. Шановні журі, опоненти та слухачі. Ми, учні 9 класу: (назвати прізвища та імена спікерів), згуртувалися у команду спікерів “ЗА”. Завдання нашої команди довести всім присутнім у цьому класі, що атомна енергетика — це не «зло» і не технологія минулого. Це найбільш екологічний, компактний і потужний інструмент, який дає нам реальний шанс зберегти екосистему планети для наступних поколінь.

Ми живемо в епоху, коли людство потребує дедалі більше електроенергії, але водночас планета вимагає від нас негайної відмови від викопного палива. Ми стоїмо перед вибором: або ми продовжуємо спалювати вугілля та газ, прикриваючись лише не стабільними джерелами енергії, або ми обираємо позицію використання атомної енергії.

Позиція нашої команди чітка: без атомної енергетики перемога над глобальним потеплінням неможлива. Поки ми ведемо ці дебати, атомні станції вже працюють як «тихі герої» клімату. Вони забезпечують чверть усієї низьковуглецевої енергії світу. На відміну від сонячних панелей (які не працюють вночі) або вітряків (які залежать від погоди), АЕС працюють 24/7. Це гарантує стабільне світло в лікарнях, школах та на заводах без викидів CO₂ у процесі роботи.

Вступне слово спікера 1 команди “ПРОТИ”. Шановні журі, опоненти та слухачі. Ми, учні 9 класу: (назвати прізвища та імена спікерів), згуртувалися у команду спікерів “ПРОТИ”. Сьогодні ми говоримо про атомну енергетику, бо це

питання є досить актуальним. Але за блиском лампочок у цьому класі стоїть темна тінь, про яку не прийнято згадувати в рекламних буклетах атомних корпорацій.

Наша команда дотримується думки, що ядерна енергетика — це позика, яку ми беремо у майбутнього, не маючи жодного плану, як її повертати. Ми стверджуємо, що проблема радіоактивних відходів є не вирішеною, а лише законсервованою. Наші опоненти будуть переконувати вас у надійності та стабільності атомних станцій. Та ми покажемо, що ця стабільність є ілюзорною, а ціна, яку ми платимо за неї, — неприпустимо високою. Ми живемо в еру «розумних мереж» (Smart Grids) та динамічного споживання. Атомна генерація — це технологічний гігант минулого століття. Вона не здатна адаптуватися до пікових навантажень чи доповнювати відновлювані джерела енергії. Через свою негнучкість АЕС стають тягарем для енергосистеми, блокуючи розвиток дешевших і більш сучасних технологій. Ми намагаємося вписати нерухому конструкцію в динамічний світ, і це коштує нам мільярди втрачених інвестицій.

Виступ спікера 1 команди “ЗА”. Теза: “Ядерна енергетика є основою декарбонізації”. Шановні журі, опоненти та слухачі. Чому я обираю позицію “ЗА”? Тому, що використання і розвиток атомної енергетики є основою декарбонізації. Декарбонізація — це процес зменшення викидів парникових газів (особливо вуглекислого газу, CO₂) в атмосферу, щоб протидіяти зміні клімату та глобальному потеплінню шляхом переходу до екологічно чистих джерел енергії. Атомна енергетика є не просто «чистою», а однією з найбільш ефективних технологій для досягнення цілей Паризької кліматичної угоди. Паризька кліматична угода - це угода в межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC) щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 р.; угода набрала чинності з 4 листопада 2016 року; і передбачає, що зобов'язання зі скорочення шкідливих викидів в атмосферу беруть на себе всі держави, незалежно від ступеня їхнього економічного розвитку.

Паризька кліматична угода вимагає від нас утримати глобальне потепління в межах 1,5–2 градусів. МЕА (Міжнародне енергетичне агентство) у своєму звіті «Net Zero by 2050» чітко зазначає: досягнення цих цілей без подвоєння ядерних потужностей у світі буде або неможливим, або катастрофічно дорогим. АЕС забезпечують те, чого не може забезпечити «зелена» генерація — масштабну декарбонізацію базового навантаження. Ми не можемо залежати від погоди, коли на кону стоїть виживання екосистеми.

Щоб довести ефективність ядерної енергетики, варто розглянути три ключові аспекти: інтенсивність викидів, роль у мережі споживання та порівняння з викопним паливом.

Розберемо **перший аргумент** - низька інтенсивність викидів протягом життєвого циклу. Згідно з даними Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (IPCC), ядерна енергетика має один із найнижчих показників викидів CO₂ на кіловат-годину електроенергії. Вашій увазі пропоную порівняльну таблицю викидів CO₂ на кіловат-годину електроенергії, згідно з даними Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (IPCC):

<i>Ядерна енергія</i>	<i>~12 г CO₂ екв/кВт год</i>
<i>Вітрова енергія</i>	<i>~12 г CO₂ екв/кВт год</i>
<i>Сонячна енергія</i>	<i>~48 г CO₂ екв/кВт год</i>
<i>Природний газ</i>	<i>~490 г CO₂ екв/кВт год</i>
<i>Вугілля</i>	<i>~820 г CO₂ екв/кВт год</i>

Оцінюючи дані таблиці робимо висновок, що атомна енергія у 70 разів чистіша за вугілля та в 4 рази екологічно чистіша за сонячні панелі, якщо враховувати повний цикл виробництва. Важливо наголосити: самі АЕС не викидають CO₂ під час роботи. Ці 12 грамів з'являються лише за рахунок видобутку урану, будівництва станцій та переробки палива.

Другий аргумент: роль АЕС у мережі споживання електроенергії. На відміну від відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонце чи вітер, АЕС працюють у режимі 24/7. Для України це не просто теорія, а питання національного виживання. Наші чотири атомні станції — Хмельницька, Рівненська, Южно-Українська та нині окупована Запорізька — навіть у найважчі часи забезпечують понад 50% всієї електроенергії країни. Без «мирного атома» наша енергосистема просто не витримала б ударів по інфраструктурі. Атомна енергія — це хребет нашої незалежності та безпеки. Вона забезпечує стабільність енергосистеми без потреби у використанні резервних газових потужностей, які вмикаються, коли немає вітру чи сонця.

Третій аргумент: порівняння з викопним паливом. Міжнародне енергетичне агентство (ІЕА) стверджує, що без атомної енергетики електрична енергія стане значно дорожчою, оскільки її неможливо повноцінно замінити лише ВДЕ на поточному етапі розвитку технологій.

Четвертий аргумент: масштаб запобігання викидам. За даними Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), використання ядерної енергії за останні 50 років дозволило уникнути викидів CO₂ приблизно на 70 гігатонн. Що еквівалентно сумарним викидам від світового енергетичного сектору за два повних роки.

П'ятий аргумент: АЕС займають у 30-100 разів менше місця, ніж сонячні чи вітрові ферми для генерації такої ж кількості енергії. Це важливо для збереження біорізноманіття та лісів, що також є частиною декарбонізації. Дякую за увагу!

Відповіді на запитання від опонентів та слухачів спікера 1 команди “ЗА”.

Орієнтовний перелік запитань від журі, опонентів та слухачів до спікера 1 команди “ЗА”

✓ Ви стверджуєте, що АЕС чистіші за сонячні панелі, але чи враховуєте ви в «декарбонізацію» ризик радіоактивного забруднення величезних територій на

тисячі років у разі аварії? Чи можна вважати енергію «екологічною», якщо вона створює відходи, з якими людство не знає що робити наступні 100 000 років?

✓ Ви згадали низькі викиди при видобутку урану. Але чи не є декарбонізація ціною «брудної» руйнації екосистем у місцях видобутку руди, яка часто відбувається в країнах третього світу з порушенням екологічних норм?

✓ АЕС потребують колосальної кількості води для охолодження. В умовах глобального потепління річки міліють і нагріваються. Чи не стане «рятивна» атомна енергетика причиною локальних екологічних катастроф через теплове забруднення водойм?

✓ Середній термін будівництва АЕС — 10-15 років. Кліматична криза вимагає дій «тут і зараз». Чи не є інвестиції в атомну енергетику марнуванням дорогоцінного часу, за який ми могли б розбудувати мережу ВДЕ та сховищ енергії?

✓ Якщо атомна енергія така ефективна, чому вона потребує величезних державних субсидій і жоден приватний інвестор не береться за будівництво АЕС без державних гарантій, на відміну від «дешевого» вітру та сонця?

✓ Ви порівнюєте ціну кВт-год, але чи враховано в неї мільярдні витрати на демонтаж станції та консервацію реактора після завершення терміну його служби? Чи не перекладаємо ми цей фінансовий тягар на наступні покоління?

✓ Розвиток атомної енергетики часто означає залежність від обмеженого кола постачальників палива (як-от Франція). Чи не міняємо ми «газову петлю» на «уранову залежність», ставлячи під загрозу енергетичну безпеку держав?

✓ Ви кажете про «базове навантаження», але сучасні мережі потребують гнучкості. АЕС — це неповороткі гіганти, які неможливо швидко вимкнути чи увімкнути. Чи не гальмує розвиток АЕС впровадження інноваційних смарт-мереж (Smart Grids)?

✓ В умовах сучасної нестабільності будь-яка АЕС стає потенційною «брудною бомбою» або об'єктом ядерного шантажу (як Запорізька АЕС). Чи варта декарбонізація ризику ядерного апокаліпсису в разі воєнного конфлікту?

✓ Чи не є акцент на атомній енергетиці спробою великих корпорацій зберегти централізовану монополію на енергію, замість того щоб дати можливість людям і громадам самим виробляти чисту енергію з сонця та вітру?

Виступ спікера 1 команди “ПРОТИ”. Теза: “Радіоактивні відходи - безвідповідальні ризики перед майбутніми поколіннями”. Шановні журі, опоненти та слухачі. Команда “ЗА” стверджує, що ядерна енергетика є основою декарбонізації. Я ж доведу інше, адже радіоактивні відходи - це безвідповідальні ризики перед майбутніми поколіннями. І ось три причини, чому це є критичною загрозою для людства.

Перший аргумент. Відпрацьоване паливо залишається смертельно небезпечним протягом тисячоліть. Ми залишаємо нащадкам «спадщину», яку вони будуть зобов'язані охороняти, не отримуючи від цього жодного вата енергії. Це — класичний приклад екологічного колоніалізму, де ми експлуатуємо ресурси сьогодні, а токсичний бруд скидаємо на тисячі майбутніх поколінь.

Наведу підтверджуючі факти. З 1946 по 1993 рік 13 країн офіційно скидали радіоактивні відходи в моря та океани. На дні спочиває понад 200 000 металевих бочок (контейнерів). Найбільше «цвинтарів» розташовано в Північно-Східній Атлантиці (за сотні кілометрів від берегів Франції та Британії), у Тихому океані (біля Каліфорнії) та в Арктичних морях (куди скидав відходи СРСР). Відходи (низького та середнього рівня активності) змішували з бетоном або бітумом (асфальтом), заливали в стандартні 200-літрові сталеві бочки, заварювали та скидали з кораблів на глибину від 3 до 5 кілометрів. До 1970-х років деякі країни навіть не заливали бетон, а просто пробивали в бочках отвори, щоб ті швидше тонули.

Світова спільнота усвідомила ризики лише тоді, коли почалися перші витоки. Як наслідок у 1975 році Лондонська конвенція заборонила скидання високоактивних відходів. А в 1993 році запроваджено повну глобальну заборону на будь-яке скидання радіоактивних речовин в океан. Термін служби тих бочок становив 20–30 років. Сьогодні, через 50+ років, вони масово кородують. Сучасні експедиції (наприклад, місія CNRS 2024-2025 років) фіксують руйнування оболонок. Покоління 50-х років отримало енергію, а наше покоління отримало проблему «радіоактивної бомби» на дні океану, яку ніхто не знає, як безпечно дістати або законсервувати.

Другий аргумент. Наші опоненти можуть згадати про «реактори майбутнього» або переробку. Але подивимося на реальність: які сховища використовують для радіоактивних відходів сьогодні?

Варіант 1. Приповерхневі сховища для відходів низької активності, найбільш розповсюджений тип. Це виглядає так: у бетонні бункери або траншеї, захищені товстим шаром глини та бетону закопують одяг персоналу, інструменти та деталі, що мають слабе випромінювання. В результаті такого захоронення відходи ізолюються на 100–300 років, поки радіація не впаде до природного рівня. Такі сховища існують, наприклад, у Франції (Centre de l'Aube) й Україні (комплекс «Вектор» у Чорнобильській зоні).

Варіант 2. Геологічні сховища для високоактивних відходів. Це найбільш суперечлива та дорога частина атомної енергетики. Сюди потрапляє відпрацьоване ядерне паливо, яке залишатиметься смертельно небезпечним десятки тисяч років. Відходи запечатують у мідні або сталеві капсули, обкладають бентонітовою глиною і замурують у стабільних скельних породах, соляних шахтах або глиняних пластах на глибині 500–1000 метрів. Будівництво такого об'єкта коштує десятки мільярдів доларів. Фінляндія стала першою країною у світі, яка майже добудувала таке сховище — Onkalo. Воно розраховане на зберігання відходів протягом 100 000 років.

Ми покладаємося на геологію, сподіваючись, що природа буде незмінною, хоча кліматичні та тектонічні зміни є неминучими. Це не вирішення проблеми — це спроба сховати її достатньо глибоко, щоб не бачити власної поразки. Будувати АЕС у геополітично нестабільних регіонах — це все одно що будувати склад пороху посеред кімнати, де граються з вогнем. Ми не маємо права на такий

ризик. Геополітична вразливість атомної енергетики повністю анулює будь-які її економічні переваги.

Варіант 3. Тимчасові “сухі” сховища. Оскільки геологічних сховищ у світі катастрофічно не вистачає, більшість країн змушені зберігати відходи прямо на території АЕС. Відпрацьоване паливо спочатку тримають у басейнах з водою (для охолодження), а потім переміщують у величезні залізобетонні контейнери (каски). Це не остаточне рішення. Ці контейнери стоять під відкритим небом на майданчиках АЕС, що робить їх вразливими до обстрілів (як ми бачимо на прикладі ЗАЕС) або природних катастроф.

Варіант 4. Переробка. Деякі країни (Франція, Японія) частково переробляють паливо, щоб витягти з нього корисні елементи (плутоній, уран) для повторного використання. Це не знищує відходи повністю — це лише зменшує їхній об'єм, але робить залишки ще більш концентрованими та небезпечними. До того ж, це надзвичайно дорогий процес, який значно підвищує вартість «атомного» кіловата.

Як підсумок хочу зазначити, що за 70 років існування галузі жодна країна світу не створила замкненого циклу, який би повністю ліквідував проблему відходів. Переробка лише створює нові ризики розповсюдження плутонію та збільшує об'єми рідких токсичних речовин. Тож, коли ми натискаємо вимикач, ми купуємо свій комфорт за ціну безпеки людей, які житимуть через тисячу років. Чи маємо ми на це моральне право? Наша позиція — ні. Доки не існує стовідсоткового, перевіреного часом способу повної утилізації, ядерна енергетика залишається не прогресом, а безвідповідальним експериментом над майбутнім. Дякую за увагу!

Відповіді на запитання від опонентів та слухачів спікера 1 команди “ПРОТИ”. (Час обговорення: ~2 хв).

Орієнтовний перелік запитань від журі, опонентів та слухачів до спікера 1 команди “ПРОТИ”

✓ Ви кажете про ризики відходів через тисячі років. Але від забруднення повітря вугільними та газовими станціями щороку вмирає понад 8 мільйонів людей зараз. Чи етично жертвувати мільйонами живих людей сьогодні заради гіпотетичного ризику для нащадків у далекому майбутньому?

✓ Сонячні панелі містять важкі метали (кадмій, свинець), які не розпадаються ні через 100, ні через 100 000 років. Оскільки їх не утилізують так суворо, як ядерні відходи, чи не створюємо ми «хімічну бомбу», яка значно масштабніша за об'ємом, ніж компактні каски з ураном?

✓ Якщо ми відмовимося від АЕС через відходи, нам доведеться спалювати більше газу та вугілля, що прискорить глобальне потепління. Чи будуть наші нащадки вдячні за відсутність ядерних сховищ, якщо вони житимуть на планеті з незворотньо зруйнованим кліматом, де неможливе сільське господарство?

✓ Весь об'єм високоактивних відходів, вироблених США за 60 років, поміститься на одному футбольному полі. Чи не краще мати відходи, які надійно

локалізовані в одному сховищі (як Onkalo), ніж відходи від викопного палива, які розсіяні в атмосфері та в легенях кожної людини на планеті?

✓ Ви згадуєте бочки з 50-х років як помилку. Але чи справедливо судити про сучасні технології безпеки за стандартами середини минулого століття? Хіба людство не довело свою здатність виправляти помилки, запровадивши ту саму Лондонську конвенцію?

✓ Ви скептично ставитеся до переробки, але реактори на швидких нейтронах (IV покоління) здатні «допалювати» відходи нинішніх АЕС, перетворюючи їх на енергію та зменшуючи термін небезпечності з тисячоліть до сотень років. Чи не є ваш заклик до заборони АЕС зупинкою шляху до остаточного вирішення проблеми?

✓ Ви кажете, що природа мінлива. Але геологічні пласти, обрані для Onkalo, були стабільними протягом 2 мільярдів років. Яка ймовірність того, що саме в наступні 100 років там станеться катастрофічний зсув, здатний зруйнувати капсули на глибині 500 метрів?

✓ Ви стверджуєте, що сховища дуже дорогі. Але якщо закласти ці витрати в ціну електроенергії, атомна енергія все одно залишається конкурентною. Чи не є «дороговизна» сховищ лише питанням політичної волі, а не технічної неможливості?

✓ Ви згадали ЗАЕС. Але хіба будь-який великий промисловий об'єкт — хімічний завод, велика дамба ГЕС або термінал зрідженого газу — не є такою ж катастрофічною ціллю під час війни? Чому ви демонізуєте лише атом?

✓ Ви називаєте це «екологічним колоніалізмом». Проте, чи не є колоніалізмом наше право позбавляти країни, що розвиваються, надійної та дешевої базової генерації, прирікаючи їх на енергетичну бідність лише через наші страхи перед технологіями?

Виступ спікера 2 команди “ЗА”. Теза: “Використання атомної енергії є ефективним і економічним”. Шановні журі, опоненти та слухачі. Пропоную подивитися на питання використання атомної енергетики з економічної точки зору. Головна економічна перевага атомної енергетики полягає в тому, що її «паливо» займає мізерну частку у фінальній ціні електроенергії. Це робить атомну генерацію стійкою до ринкових коливань, на відміну від газу чи вугілля. Наведемо приклади: з 1 кг природного урану (після збагачення) можна отримати стільки ж енергії, скільки при спалюванні 100 тонн високоякісного вугілля або 60 тонн нафти. Якщо ми говоримо про повне використання енергетичного потенціалу урану в реакторах на швидких нейтронах, то цей показник зростає: 1 кг урану ~ 3500 тонн вугілля.

Наступний аргумент. Використаємо логістичні дані: для роботи вугільної станції потужністю 1 ГВт потрібно 2-3 мільйони тонн вугілля на рік — це десятки тисяч залізничних вагонів, що створює колосальне навантаження на інфраструктуру. Для такої ж АЕС потрібно лише близько 25 тонн палива, яке можна доставити кількома вантажівками. Це радикально знижує витрати на логістику та зберігання.

Третій аргумент - стабільність тарифу. На газових станціях 70–80% ціни — це вартість самого газу. Якщо газ дорожчає вдвічі, платіжка споживача зростає майже вдвічі. На АЕС вартість урану складає лише 5–10% від собівартості енергії. Тож, навіть якщо ціна на уран на світовому ринку зросте втричі, ціна електроенергії для населення зміниться лише на кілька відсотків. Це забезпечує економічну передбачуваність на десятиліття вперед. Подивіться на українські реалії: саме завдяки атомній генерації держава може стримувати різке зростання тарифів для населення. Поки ціни на газ та вугілля на світових ринках скачуть через геополітику, собівартість української атомної енергії залишається найбільш стабільною та низькою. Це дозволяє нашій промисловості працювати, а людям — отримувати світло за доступною ціною.

Четвертий аргумент. Хоча капітальні витрати (будівництво) високі, АЕС мають найдовший термін експлуатації: сучасні реактори проєктуються на 60–80 років роботи. Після повернення кредитів на будівництво (через 15-20 років), АЕС стає справжньою «грошовою машиною», виробляючи найдешевшу електроенергію в системі.

За даними LCOE (Levelized Cost of Energy) від Міжнародного енергетичного агентства, продовження експлуатації наявних АЕС є найбільш економічно вигідним способом отримання низьковуглецевої енергії взагалі. Дякую за увагу!

Відповіді на запитання від опонентів та слухачів спікера 2. (Час обговорення: ~2 хв).

Орієнтовний перелік запитань від журі, опонентів та слухачів до спікера 2 команди “ЗА”

✓ Ви кажете про 60-80 років експлуатації, але чи враховуєте ви, що за останні 20 років майже всі проєкти АЕС у Європі та США (наприклад, Олкілуото-3 або Фламанвіль-3) перевищили бюджет у 3-4 рази та запізнiliся на десятиліття? Чи не «з'їдають» ці переплати всю майбутню вигоду від дешевого палива?

✓ АЕС потребує мільярдних інвестицій «авансом». У світі з високими відсотковими ставками, чи не вигідніше інвестувати ці гроші в сонячні парки, які починають приносити прибуток вже через рік, а не через 15 років?

✓ Як ви прокоментуєте банкрутство таких гігантів, як Westinghouse, саме через фінансові проблеми з будівництвом нових реакторів? Якщо технологія така прибуткова, чому лідери ринку опиняються на межі краху?

✓ Ви називаєте АЕС «грошовою машиною» після повернення кредитів. А чи включені в цей розрахунок сотні мільярдів доларів, які знадобляться наприкінці терміну для повного демонтажу станції та безпечного захоронення відходів на тисячі років? Хто платитиме за це через 80 років?

✓ Жодна страхова компанія у світі не здатна самостійно покрити збитки від масштабної ядерної аварії. Чи не є «дешевизна» атомної енергії результатом того, що ризики катастроф фактично перекладені на плечі платників податків, а не закладені в ціну кВт-год?

✓ Сучасні енергоринки переходять на модель від'ємних цін, коли енергії забагато. АЕС не можуть швидко маневрувати (знижувати потужність). Чи не

стане «стабільна» АЕС збитковим тягарем, який змушений працювати «в мінус», коли сонце та вітер дають надлишок дешевої енергії?

✓ Ви згадали, що паливо можна привезти вантажівками. Але це паливо виробляють лише лічені країни у світі. Чи не створює така концентрація ринку умови для монопольного зговору та цінового диктату, що нівелює перевагу дешевої сировини?

✓ Поки ціна на атомні технології зростає через вимоги безпеки, вартість сонячної та вітрової енергії впала на 80-90% за останнє десятиліття. Чи не є ставка на АЕС спробою наздогнати вчорашній день, ігноруючи динаміку розвитку технологій зберігання енергії (LDES)?

✓ У світі, де АЕС можуть стати ціллю в конфліктах (як приклад України), вартість безпеки та захисту об'єкта зростає в геометричній прогресії. Чи враховує ваша «економічна вигода» витрати на ППО та протидію тероризму для кожного енергоблока?

✓ Величезна ціна будівництва АЕС відсікає бідні країни від цієї технології. Якщо ми прагнемо глобальної декарбонізації, чи не є економічно злочинним просувати технологію, яку можуть дозволити собі лише найбагатші країни, замість дешевих децентралізованих рішень?

Виступ спікера 2 команди “ПРОТИ”. Теза: “Гроші сьогодні, енергія — через десятиліття”. Шановні журі, опоненти та слухачі. Одним із головних міфів про атомну енергетику є її нібито дешевизна. Проте, якщо ми подивимося на повний життєвий цикл АЕС, стає очевидним: це найдорожча енергетична пастка сучасності. Моя аргументація базується на двох критичних етапах: вході та виході з проєкту.

Будівництво АЕС — це не просто дорого, це фінансовий тягар для цілих поколінь. Будівництво одного сучасного енергоблоку коштує від 7 до 12 мільярдів доларів. Зведення станції триває 10–15 років. Весь цей час інвестори та держава лише витрачають кошти, не отримуючи жодного вата енергії. Як показує історія, що кошториси АЕС майже ніколи не дотримуються. Наприклад, проєкти у Фінляндії та США перевищили початковий бюджет у 2-3 рази.

Найбільш підступна частина витрат — це виведення з експлуатації (декомісія). Коли станція вичерпує свій ресурс, її не можна просто зачинити на ключ. Розбирання радіоактивних конструкцій та очищення території — це надскладний інженерний процес, що триває десятиліттями. Вартість виведення з експлуатації може сягати до 50% від вартості будівництва. Світ досі немає універсального та дешевого способу повної утилізації ядерних об'єктів. Ми будуємо те, що не знаємо, як безпечно та дешево прибрати за собою. В Україні ми вже маємо приклад Чорнобильської АЕС, яка не виробляє енергію з 2000 року, але щороку потребує мільярдів гривень на підтримку безпеки та консервацію. Це величезний тягар для нашого бюджету, який ми будемо нести ще десятиліттями. Коли ми плануємо добудову нових блоків, ми маємо чесно запитати: чи вистачить у нашої економіки сил через 60 років оплатити їхнє «поховання»?

Тож, навіть якщо ядерне паливо коштує копійки, «вхідний квиток» у цю індустрію та ціна «прибирання» після неї роблять атомну енергію економічно програшною порівняно з відновлюваними джерелами. Ми інвестуємо в минуле, за яке змушені будемо переплачувати в майбутньому.

Наступний аргумент: атомна енергетика - ілюзія прибутковості. Коли ми купуємо товар, ми очікуємо, що ціна на ціннику покриває всі витрати. Але у випадку з атомною енергетикою цей цінник — фальшивий. Ми насолоджуємося електрикою сьогодні, але свідомо умовчуємо вартість «прибирання», яке розпочнеться через 40-60 років. Ці кошти часто не закладаються в тариф повною мірою. Уявіть бізнес, який не відкладає кошти на ремонт обладнання. Тож, виведення АЕС з експлуатації (декомісія) — це фінансова міна уповільненої дії, яка здатна поглинути весь прибуток, отриманий від станції за роки її роботи. Це шлях до банкрутства, який у випадку АЕС покриватиметься з державного бюджету, тобто з кишень майбутнього покоління.

Найстрашніше в декомісії те, що її остаточну вартість неможливо розрахувати точно. Через інфляцію та зміну екологічних стандартів витрати постійно зростають. Наприклад, у Німеччині витрати на виведення з експлуатації АЕС злетіли до десятків мільярдів євро, змусивши уряд створювати спеціальні фонди, оскільки приватні оператори просто не мали таких грошей. Ми створюємо систему, де прибутки приватизуються (енергокомпаніями), а збитки націоналізуються (перекладаються на платників податків майбутнього). До цього часу у світі немає жодного діючого глибинного сховища для остаточного захоронення високоактивних відходів. Це означає, що вартість «закриття» станції — це не фінальна сума, а нескінченний потік витрат на охорону та моніторинг небезпечних руїн упродовж століть. Чи можемо ми називати енергію «ефективною», якщо ціна її утилізації перевищує економічну вигоду від її генерації?

Отже, ми маємо справу з класичною фінансовою пірамідою. Ми споживаємо ресурс зараз, залишаючи рахунок майбутнім бюджетам. Це не економіка — це безвідповідальність. Атомна енергетика вигідна лише доти, доки ми ігноруємо фінал її життєвого циклу. Але цей фінал неминучий, і він буде неймовірно дорогим. Дякую за увагу!

Відповіді на запитання від опонентів та слухачів спікера 2 команди “ПРОТИ”. (Час обговорення: ~2 хв).

Орієнтовний перелік запитань від журі, опонентів та слухачів до спікера 2 команди “ПРОТИ”

✓ Ви кажете про дорожнечу АЕС, але чи враховуєте ви трильйони доларів, які потрібно вкласти в акумуляторні системи (ESS), щоб сонце та вітер працювали 24/7? Хіба «дешеві» ВДЕ не стають золотими, якщо додати до них ціну гігантських сховищ енергії?

✓ Сонячні панелі та вітряки живуть 20–25 років, тоді як АЕС — до 80. Чи не вийде так, що за час роботи однієї АЕС нам доведеться чотири рази повністю

переробляти та заново будувати всі сонячні ферми? Хіба це не більша «фінансова пастка»?

✓ АЕС займає мінімум площі. Скільки коштуватиме викуп або оренда сотень тисяч гектарів родючої землі під сонячні панелі протягом наступного століття? Чи не є втрата сільськогосподарського потенціалу прихованою ціною «дешевих» ВДЕ?

✓ Ваша критика базується на гігантських проєктах минулого. А як щодо SMR, які будуються на заводах серійно і коштують у десятки разів менше? Чи не ігноруєте ви технологічну революцію, яка робить атом доступним?

✓ Перевищення бюджетів у Фінляндії сталося через 20-річну паузу в будівництві. Зараз, коли конвеєр будівництва запущено (наприклад, у Китаї), ціна падає. Чи не є ваш аргумент про «дороговизну» просто описом тимчасової кризи менеджменту, а не вади технології?

✓ Франція має одну з найдешевших електроенергій у Європі та експортує її завдяки АЕС. Якби атом був «пірамідою», хіба Франція не була б зараз банкрутом, замість того щоб бути енергетичним донором ЄС?

✓ Скільки коштує один день повного блекауту для промислової країни? Чи не є висока ціна будівництва АЕС просто «страховим внеском» за те, що економіка ніколи не зупиниться через відсутність вітру?

✓ У багатьох країнах (наприклад, Швеції чи Швейцарії) у тариф уже десятиліттями закладено відсоток у спецфонди на декомісію. Якщо ці гроші вже зібрані та працюють на ринку, чому ви стверджуєте, що за це платитимуть платники податків?

✓ Ви кажете про «радіоактивні руїни», але 90% матеріалів при розбиранні АЕС — це високоякісна сталь та бетон, які не є радіоактивними. Чи не перебільшуєте ви складність процесу, який уже успішно завершено на десятках реакторів у світі (наприклад, у США та Німеччині)?

✓ Якщо вибір стоїть між «дорогою атомною енергією» та «безкоштовним кліматичним апокаліпсисом» (через викиди CO₂ від дешевого газу), чи маємо ми право обирати дешевий варіант, який знищить екосистему? Що для майбутніх поколінь дорожче: борг за АЕС чи непридатна для життя планета?

Виступ спікера 3 команди “ЗА”. Теза: “Атомна галузь як генератор високих технологій”. Шановні журі, опоненти та слухачі. Розвиток атомної енергетики — це не лише питання гігаватів. Це створення потужної екосистеми, яка тягне за собою вперед всю науку та промисловість країни.

І ось **перший аргумент**: атомна галузь має один із найвищих коефіцієнтів впливу на економіку. За даними NEA (Агентства з ядерної енергії), кожен долар, інвестований в АЕС, створює 2,5–3\$ доходу в суміжних секторах економіки. Це відбувається тому, що будівництво та експлуатація АЕС вимагають надскладних технологій, які потім стають доступними для інших сфер.

Другий аргумент: розвиток матеріалознавства та ядерної медицини. Для реакторів створюються унікальні сплави та композити, здатні витримувати екстремальні температури та радіацію. Ці розробки згодом використовуються в

авіабудуванні, космічній галузі та хімічній промисловості. Атомні реактори — це джерело медичних ізотопів. Близько 40 мільйонів процедур ядерної медицини проводяться у світі щороку завдяки ізотопам, виробленим у реакторах. МАГАТЕ наголошує, що розвиток атомної енергетики безпосередньо стимулює ядерну медицину, дозволяючи проводити ранню діагностику та лікування раку (ПЕТ-сканування, променева терапія). Країна з розвиненим атомом автоматично стає лідером у сфері високотехнологічної охорони здоров'я.

Третій аргумент: цифровізація та кібербезпека. Сучасна АЕС — це найбільш цифровізований об'єкт у світі. Розробка систем управління (АСУ ТП), використання «цифрових двійників» та впровадження штучного інтелекту для моніторингу безпеки створюють ринок для ІТ-компаній. Атомна галузь задає найвищі стандарти кібербезпеки, які потім запозичує банківський сектор та державне управління.

Четвертий аргумент: робочі місця та людський капітал. АЕС створює тисячі робочих місць, але головне — це їхня якість. На одній АЕС працює від 500 до 1000+ висококваліфікованих фахівців (фізиків, хіміків, інженерів, спеціалістів із кібербезпеки). Врахуємо ще один фактор: 1 робоче місце на АЕС створює від 4 до 6 робочих місць у суміжних галузях (логістика, сервіс, наука). Це запобігає «відтоку мізків». Молоді науковці залишаються в країні, бо мають доступ до технологій майбутнього та гідну оплату праці. Відмова від атома — це відмова від статусу високотехнологічної держави на користь ролі споживача чужих технологій. Дякую за увагу!

Відповіді на запитання від опонентів та слухачів спікера 3 команди “ЗА”. (Час обговорення: ~2 хв).

Орієнтовний перелік запитань від журі, опонентів та слухачів до спікера 3 команди “ЗА”

✓ Ви стверджуєте, що атом стимулює науку. Але чи не забирає він найкращі мізки та левову частку державного бюджету в інших галузях? Скільки стартапів у сфері штучного інтелекту, біотехнологій чи водневої енергетики можна було б профінансувати замість одного енергоблока за 10 мільярдів доларів?

✓ Ви пов'язуєте лікування раку з АЕС. Але більшість медичних ізотопів виробляються на спеціальних дослідницьких реакторах або прискорювачах (циклотронах), а не на комерційних енергетичних АЕС. Чи не є маніпуляцією виправдання будівництва гігантських електростанцій потребами медицини?

✓ Ви хвалите цифровізацію АЕС, але чи не робить це енергосистему критично вразливою до кібервійни? Якщо хакери зламують «цифровий двійник» або систему управління, наслідки будуть катастрофічними. Чи не є «аналогова» безпека сонячної панелі кращою за «цифрову небезпеку» реактора?

✓ АЕС будуються 15 років. Коли станцію добудують, її «найсучасніші» системи управління вже будуть застарілими на три покоління. Чи не стає країна заручником вчорашніх технологій, замурованих у бетон на 60 років?

✓ АЕС створює тисячі робочих місць, але вона ж створює моно-міста. Що стається з цією «інтелектуальною елітою» та економікою регіону, коли станцію закривають через 40 років? Чи не є децентралізована енергетика (ВДЕ) більш стійкою для ринку праці?

✓ Оскільки будівництво АЕС у світі — це вузький ринок, чи не готуємо ми за державний кошт фахівців, які просто поїдуть працювати на іноземні корпорації (Westinghouse, Framatome), бо вдома будується лише одна станція на 20 років?

✓ Ви згадали про коефіцієнт 2,5–3\$. Проте більшість складного обладнання (турбіни, реактори) Україна чи інші країни часто купують за кордоном. Чи не означає це, що наш долар інвестує в економіку США, Франції чи Китаю, а не у власну?

✓ Ви кажете про запобігання відтоку мізків. Але для обслуговування ВДЕ та смарт-мереж теж потрібні інженери та ІТ-спеціалісти. Чому ви вважаєте, що інтелект фізика-ядерника «якісніший» чи важливіший для країни, ніж інтелект розробника систем енергозбереження?

✓ Країна, що надає технологію АЕС, фактично контролює наукову та безпекову еліту країни-реципієнта на десятиліття. Чи не є «ядерна екосистема» способом втратити науковий суверенітет на користь глобальних гравців?

✓ Ви кажете, що країна без атома — споживач чужих технологій. Але Данія чи Австрія не мають АЕС, при цьому вони є лідерами в екологічному інжинірингу та якості життя. Чи не є «атомна велич» просто питанням імперського престижу, а не реального добробуту громадян?

Виступ спікера 3 команди “ПРОТИ”. Теза: “Атомна генерація — негнучкий гігант у світі динамічних мереж”. Шановні журі, опоненти та слухачі. Атомна генерація — негнучкий гігант у світі динамічних мереж. Цей аргумент б'є в саме серце сучасної енергетики — це питання **маневреності**. В епоху, коли споживання енергії змінюється щохвилини, «неповороткість» АЕС стає їхнім головним технологічним недоліком.

Ми живемо у світі, де енергосистема має бути гнучкою, як смартфон, а не статичною, як стаціонарний телефон 50-х років. Головна проблема АЕС сьогодні і перший аргумент — це їхня технологічна негнучкість. Ядерний реактор — це гігант, який не вміє «бігати»: він або стоїть, або йде повільним кроком. У сучасних реаліях це робить його тягарем для енергомережі. АЕС спроектовані для роботи в так званому «базовому режимі» — видавати сталу потужність 24/7.

Але наше споживання не є сталим! У нас є ранкові та вечірні піки, коли потреба в енергії злітає, і нічні провали, коли вона падає. Реактор не можна просто «прикрутити» на 30% за годину, як газову турбіну. Швидка зміна потужності створює величезні термічні та механічні навантаження на обладнання, що загрожує безпеці. Оскільки АЕС не можуть маневрувати, у періоди низького попиту вони виробляють надлишкову енергію, яку просто нікуди подіти, що часто призводить до від'ємних цін на ринку.

Другий аргумент: конфлікт з відновлюваною енергетикою (ВЕЕ). Сьогодні світ переходить на сонце та вітер. Ці джерела — змінні за своєю природою. Щоб система працювала стабільно, нам потрібні потужності, які можуть миттєво «підхопити» мережу, коли сонце зайшло за хмару. АЕС не здатні на це. Більше того, через свою негнучкість вони часто «витісняють» дешеву зелену енергію з мережі, бо реактор неможливо зупинити. Ми змушені вимикати безкоштовний вітер, щоб дати дорогу дорогому ядерному паливу просто тому, що АЕС занадто повільні для балансування.

Аргумент 3: Smart Grids та системи накопичення (ESS). Майбутнє — за розумними мережами (Smart Grids). Вони базуються на поєднанні відновлюваних джерел та накопичувачів енергії (батареї, ГАЕС). Сучасні системи ESS (Energy Storage Systems) реагують на запит мережі за мілісекунди. АЕС потребують годин, а іноді й днів для зміни режиму. Навіщо нам інвестувати в інерційну технологію минулого, якщо комбінація ВЕЕ + накопичувачі вже зараз забезпечує вищу точність балансування за менші гроші?

Отже, атомна енергетика — це ілюзія стабільності, яка насправді гальмує розвиток сучасних мереж. Вона занадто повільна для піків і занадто дорога для провалів. В епоху Smart Grids нам потрібна швидкість і адаптивність, а не негнучкі бетонні гіганти, які диктують мережі свої правила гри.

Останній аргумент: АЕС - інструмент терору. Протягом десятиліть прихильники АЕС переконували нас, що ядерна енергетика — це безпечно. Але вони розглядали безпеку лише у мирний час. Події на Запорізькій АЕС створили прецедент, який назавжди змінив правила гри. Ми побачили, що в умовах війни найбільша АЕС Європи може за лічені години перетворитися з джерела світла на найбільшу загрозу регіонального масштабу. Тож, атомні об'єкти в сучасному нестабільному світі — це ідеальні мішені для тероризму та ядерного шантажу. Окупація АЕС дозволяє тримати в заручниках не лише країну, а й цілий континент. Відключення АЕС від мережі під час бойових дій спричиняє миттєвий блекаут, який неможливо швидко компенсувати. Це зброя масового економічного та психологічного ураження. Дякую за увагу!

Відповіді на запитання від опонентів та слухачів спікера 3 команди “ПРОТИ”. (Час обговорення: ~2 хв).

Орієнтовний перелік запитань від журі, опонентів та слухачів до спікера 3 команди “ПРОТИ”

✓ Ви кажете про батареї (ESS), але що ви будете робити, коли взимку протягом двох тижнів немає ні сонця, ні вітру? Чи існують у світі батареї, здатні тримати промисловість цілої країни тижнями, і чи не будуть вони дорожчими за десять АЕС?

✓ АЕС забезпечують «обертovu інерцію», яка фізично стабілізує частоту мережі. ВДЕ працюють через інвертори й не мають такої інерції. Чи не призведе повна відмова від «гігантів» до того, що мережа розвалиться від найменшого збою, бо в ній не залишиться масивних генераторів?

✓ Сучасні реактори (наприклад, французькі АЕС) уже навчилися працювати в режимі «load-following», змінюючи потужність на 5% за хвилину. Чи не є ваш аргумент про «телефон 50-х років» застарілим стереотипом, що ігнорує сучасні технічні можливості реакторів?

✓ Ви кажете, що АЕС — ціль для терору. Але хіба тисячі кілометрів ліній електропередач та розосереджені сонячні ферми не є ще легшою мішенню для диверсій? Чи не простіше знищити один вузловий трансформатор «розумної мережі», ніж пробити метровий бетонний конфайнмент реактора?

✓ Ви звинувачуєте атом у небезпеці під час війни. Проте підриг Каховської ГЕС показав, що гідроенергетика може бути не менш катастрофічною зброєю. Чи означає це, що ми маємо відмовитися від усіх великих джерел енергії, бо вони «небезпечні»?

✓ Для створення систем накопичення енергії (ESS) у масштабах країни потрібна неймовірна кількість літію, кобальту та рідкоземельних металів, видобуток яких екологічно брудний. Чи не міняємо ми «ядерну проблему» на «металеву катастрофу»?

✓ Ви кажете, що АЕС «витісняють» дешеву енергію. Але чи не є сама потреба постійно вмикати/вимикати джерела через примхи погоди найдорожчим способом керування мережею, за який зрештою платить споживач?

✓ Ви критикуєте «бетонних гігантів». А що ви скажете про SMR, які за розміром як вантажівка, можуть швидко маневрувати й бути розосереджені по країні? Чи не вирішують вони всі ваші претензії до негнучкості та централізації?

✓ ВДЕ потребують величезних площ. Що робити країнам з високою щільністю населення або обмеженою територією (як Японія чи Південна Корея), де просто немає місця для гігантських вітропарків? Хіба АЕС для них не є єдиним шансом на незалежність?

✓ Якщо ми закриваємо АЕС лише тому, що агресор може ними шантажувати, чи не є це формою капітуляції? Чи не краще розробляти системи ППО та міжнародні протоколи захисту, ніж відмовлятися від прогресивної технології через дії терористів?

Заключна промова спікера 3 команди “ЗА”. Підбиваючи підсумки, хочу закликати вас подивитися не на страхи минулого століття, а на цифри сьогодення. Ми почули сьогодні багато занепокоєнь. Але давайте будемо відвертими: жодне джерело енергії не є ідеальним. Проте, коли на одній чаші терезів — кероване зберігання відпрацьованого палива під суворим наглядом, а на іншій — некерований викид мільярдів тонн парникових газів в атмосферу, що руйнує клімат прямо зараз, — вибір стає очевидним. Світові лідери на конференції COP28 у Дубаї вже визнали: для досягнення кліматичної стабільності потужність ядерної енергетики потрібно потроїти. Це не просто слова — це математичний розрахунок виживання. Адже, атомна енергія — це:

1. Чистота. Мінімальний вуглецевий слід на рівні з вітрогенерацією.

2. Стабільність. Енергія, яка не залежить від того, чи світить сонце і чи дме вітер.

3. Відповідальність. Це галузь, яка рахує кожен грам своїх відходів, на відміну від вугільної промисловості.

Ми не маємо розкоші відмовлятися від найбільш потужного інструменту декарбонізації через старі упередження. Якщо ми справді хочемо зупинити зміну клімату, ми повинні довіряти науці. А наука каже: майбутнє планети — за мирним атомом. Дякую за увагу!

Заклучна промова спікера 3 команди “ПРОТИ”. Підбиваючи підсумки сьогоднішньої дискусії, ми маємо відкинути романтизм «мирного атома» і поглянути на цифри. Опоненти багато говорили про стабільність, але вони так і не змогли спростувати три фундаментальні факти:

1. Атомна енергетика — це фінансовий тягар. Ми не можемо дозволити собі витратити 10 мільярдів доларів на один об'єкт, який почне працювати лише через 15 років. У світі, де енергетичні технології змінюються щороку, це все одно що купувати неймовірно дорогий комп'ютер, який вам доставлять лише через десятиліття — на момент отримання він уже буде застарілим брукхтом.

2. Це приховані борги для наших дітей. Називати атомну енергію дешевою — це все одно що взяти кредит і вважати ці гроші прибутком. Вартість виведення з експлуатації та зберігання відходів — це величезний чек, який ми виписуємо майбутнім поколінням. Ми отримуємо світло сьогодні, а вони будуть платити за розбирання наших реакторів наступні сто років.

3. Відсутність ринкової життєздатності. Якщо технологія потребує мільярдних державних субсидій та відмови страхових компаній від ризиків — це не бізнес і не прогрес. Це штучно підтримувана індустрія, яка програє конкуренцію відновлювальним джерелам енергії вже сьогодні.

Наш висновок такий: енергетика має бути не лише потужною, а й економічно відповідальною. Ми не маємо права укладати майбутнє нашої країни у технологію, вартість якої починається з мільярдів, а закінчується непередбачуваними витратами на десятиліття вперед. Обираючи шлях АЕС, ми обираємо дорогу в борг. Закликаємо Вас вас обрати шлях економічного глузду та інвестицій у технології, які працюють на нас, а не ми на них. Дякую за увагу!

Час членам журі та слухачам підвести підсумок дебатів.

Чек-лист оцінювання дебатів

Тема. Атомна енергетика

Команда: _____

Рекомендації для членів журі (як визначити переможця):

✓ **«Вага» аргументу:** Аргумент, підкріплений цифрою (наприклад, «АЕС дають 55% енергії України»), важить більше, ніж загальна фраза «Це важливо для країни».

✓ **Гнучкість:** Якщо команда «ПРОТИ» визнала, що АЕС чисті, але зробила акцент на безпеці під час війни (актуальний контекст), — це сильний стратегічний хід.

✓ **Вміння ставити запитання:** Оцінюйте не лише відповіді, а й гостроту запитань, які учні ставили опонентам під час перехресного допиту.

Критерій	Опис (на що звернути увагу)	Бали (1–5)
1. Зміст та факти	Чи використовувалися статистичні дані (МАГАТЕ, цифри CO ₂ , відсотки генерації)? Чи були посилання на наукові факти чи лише на емоції?	
2. Логіка аргументації	Чи був кожен аргумент структурованим (Твердження Пояснення Доказ)? Чи не було логічних помилок?	
3. Контраргументація	Наскільки вдало команда розбила доводи опонентів? Чи відповіли вони на поставлені «незручні» запитання?	
4. Культура мовлення	Чіткість дикції, впевненість, дотримання регламенту (часу). Відсутність агресії та переходу на особистості.	
5. Командна робота	Чи доповнювали спікери один одного, чи не суперечили власним аргументам?	

Загальний бал: _____

Залучення всього класу — це чудовий спосіб підтримувати дисципліну та увагу тих, хто не потрапив до основних команд. Поки тривають дебати, решта класу працює як аналітичний центр. Ви можете роздати їм такі короткі анкети:

Бланк глядача (аналітика)

1. Найпереконливіший аргумент «ЗА»: _____
2. Найпереконливіший аргумент «ПРОТИ»: _____
3. Хто поставив найскладніше питання? _____
4. Моя думка змінилася чи залишилася незмінною? (Так/Ні) _____

Короткий гайд для підбиття підсумків (слово вчителя). Сьогодні ми побачили, що атомна енергетика — це не просто складні формули, а реальний вибір між стабільною економікою та екологічною безпекою майбутніх поколінь. Команда «ЗА» переконливо довела, що без «мирного атома» неможливо швидко зупинити глобальне потепління та забезпечити людство енергією у режимі 24/7. Водночас команда «ПРОТИ» змусила нас замислитися над величезною відповідальністю за радіоактивні відходи та ризиками, які неможливо ігнорувати в сучасному нестабільному світі. Ці дебати показали: майбутнє енергетики лежить у розумному балансі між потужністю ядерних реакторів та гнучкістю відновлюваних джерел енергії. Незалежно від обраної позиції, головним результатом гри стало ваше вміння критично аналізувати факти та поважати аргументи опонента. Ви переконалися, що справжня наука завжди стоїть на межі між технічним прогресом та етичним вибором, який незабаром робитиме саме ваше покоління.

ПОДОРОЖУЮ

КВЕСТ

Подорож у часі: таємниці радіоактивності



Мета: сформувати уявлення про явище радіоактивності; познакомити з ученими та історією відкриття; розрізняти види радіоактивного випромінювання; усвідомити користь і небезпеку радіації.

Формат проведення: 2-3 команди, кожна з яких отримує «Хронопаспорт мандрівника», а за правильні відповіді — «кристали часу».

Легенда: Поручено часову вісь науки! Відкриття радіоактивності можуть зникнути з історії. Команда Хронофізиків, які мають пройти крізь століття й відновити знання про радіоактивність.

Станція 1. 1896 рік Париж — Таємниця Анрі Беккереля

Похмурий день. Не можливо провести дослідження солей урану. Тривають пошуки зв'язку між рентгенівським випромінюванням і фосфоресценцією (здатністю світитися після опромінення світлом). Беккерель засмучений. Але...

- ✓ Що стало несподіваним відкриттям?
- ✓ Чи потрібне було світло для випромінювання?
- ✓ Щоб отримати ключ, пояснити суть явища радіоактивності?



Станція 2. 1903 рік. Франція — Лабораторія Марії та П'єра Кюрі

Неопалюване приміщення, влітку задушливе, а взимку холодне, що раніше слугувало анатомічним театром та ангаром для студентів. Повітря сповнене радіоактивного пилу, дах, що протікає, велике скупчення перероблюваної руди. Скляні кристалізатори, металеві ванни для кип'ятіння, газові пальники та електрометри, сконструйовані П'єром Кюрі для вимірювання радіоактивності. Ампули з радіоактивною речовиною в кишнях, записники, просочені радіоактивними речовинами....



Завдання: Розташуйте в правильному порядку: полоній, радій, уран

✓ Чому дослідження Кюрі були небезпечними?

✓ Які елементи вони відкрили?

✓ Хто з дослідників став справжньою «Леді Радіоактивність», відкривши Радій та Полоній?

✓ Назвіть жінку-вчену, яка двічі отримала Нобелівську премію.

Станція 3. Альфа, Бета, Гамма

1899–1900р.р. Е. Резерфорд. Манчестерський університет. Радіоактивний матеріал (уранова руда) розміщувався на дні вузького свинцевого контейнера, що створювало вузький пучок випромінювання. Пучок проходив через сильне магнітне поле, яке відхиляло позитивно заряджені альфа-частинки в один бік, негативно заряджені бета -частинки (електрони) — в інший.



...1900 р . Поль Віллард. Лабораторія хімічного відділення Вищої нормальної школи у Парижі. Лабораторне середовище зосереджене на дослідженні солей радію, які вчений отримав від П'єра та Марії Кюрі. Зразки радію, розміщені в екранованому контейнері з вузьким отвором для створення спрямованого пучка променів. Фотопластинка, на якій фіксувалися відбитки променів. Навіть після проходження через свинець, який зупиняв інші частинки, на пластинці залишалося чітке зображення, що свідчило про колосальну проникну здатність нового випромінювання. Вчений виявив третій тип випромінювання — гамма- промені, що мають надвисоку проникну здатність, аналогічну рентгенівським, але з меншою довжиною хвилі.



Завдання «Радіаційний сейф»

✓ Уяви, що ти знайшов зачинений сейф, оббитий товстим шаром свинцю. Що найімовірніше намагалися зупинити таким захистом?

- ✓ Ти помістив радіоактивний промінь у потужне магнітне поле. Один із потоків відхилився в бік так, ніби це позитивно заряджений «м'яч». Що це за потік?
- ✓ Тобі потрібно терміново зупинити бета-частинки, але під рукою немає свинцю. Що з цього списку спрацює як надійний щит?
- ✓ Під час альфа-розпаду ядро «вистрілює» частинкою. На скільки одиниць при цьому зменшується масове число атома?
- ✓ Яке випромінювання найбезпечніше ззовні? найнебезпечніше?

Станція 4. 1945 рік Хіросіма — Радіація: небезпека

6 серпня 1945 року Хіросіма перетворилася на апокаліптичні руїни після скидання атомної бомби «Малюк». Навколо епіцентру (в радіусі 1 км) майже всі будівлі були зрівняні з землею, а люди горять заживо. Температура настільки висока, що тече черепиця на дахах. Після вибуху небо потемніло, здійнялася величезна грибоподібна хмара, а згодом пролився радіоактивний дощ. Миттєво загинуло близько 70–80 тисяч людей...



Ситуаційне завдання: У місті зафіксовано радіаційне забруднення. Що потрібно зробити?

Завдання: 1. Твій «лічильник Гейгера» почав шалено клацати біля шматка уранової руди. Що саме він фіксує?

2. Ти почув сигнал «Увага всім!» і повідомлення про радіаційну аварію. Твоя перша дія?

3. Тобі потрібно загерметизувати квартиру. Які місця в домі ти заклеїш скотчем або закриєш вологою тканиною в першу чергу?

4. Запаси води — критично важливі. Яку воду найбезпечніше вживати під час радіаційної тривоги?

5. Ти повернувся з вулиці в зону можливого зараження. Що потрібно зробити з одягом, щоб не «занести» радіацію в ліжку або на кухню?

6. Йодна профілактика — серйозний захід. Коли саме слід приймати калій йодид?

7. Ти знаходишся в укритті. Як правильно харчуватися в умовах радіаційної небезпеки?

8. Припустимо, ти змушений вийти на вулицю. Який аксесуар буде найважливішим для захисту органів дихання?

9. Який із принципів захисту каже нам: «Чим далі від джерела — тим менша доза»?

10. Після аварії важливо проводити дезактивацію приміщення. Як це правильно робити?

Станція 5. Сьогодення — Радіація на службі людини

Спеціально обладнана кімната з товстими бетонними або свинцевими стінами для захисту від випромінювання. У центрі розташований лінійний прискорювач, який рухається навколо пацієнта, що лежить на кушетці, з фіксуючими пристроями для точного націлювання. Під час сеансу персонал знаходиться за екраном, контролюючи процес через монітори. Камери відеоспостереження та переговорний пристрій для зв'язку лікаря з пацієнтом. Процедура проходить у позиції, визначеній під час попередньої КТ-симуляції, для максимальної точності впливу на пухлину, зберігаючи здорові тканини.



Завдання: Розподіліть приклади:

Користь / Небезпека

Рентген, лікування раку, АЕС, ядерна зброя, датчики диму

Творче завдання: Придумайте слоган: «Радіація — це...»

Завдання:

1. Яка головна небезпека радіоактивного випромінювання для живих організмів на рівні клітин?
2. Чому радіоактивність називають «природною»?
3. Агрокомпанія хоче експортувати полуницю до віддалених країн. Для подовження терміну зберігання використовується гамма-опромінення (холодна пастеризація). Спростуйте або доведіть твердження: «Після обробки радіацією продукти самі стають радіоактивними».
4. Пацієнту призначено процедуру ПЕТ-сканування (позитронно-емісійна томографія) з використанням ізотопу Флуору-18, період напіврозпаду якого становить приблизно 110 хвилин. Чому для такої діагностики не використовують ізотопи з періодом напіврозпаду в кілька років? Поясніть пацієнту, чому користь від процедури перевищує ризики від отриманого опромінення.
5. Під час процедури пацієнт отримав порцію препарату, що містить ізотоп Йод-131. Період піврозпаду цього нукліда становить 8 діб. Лікарі визначили, що пацієнт може повернутися до звичного способу життя без обмежень, коли активність зразка в його організмі зменшиться у 64 рази порівняно з початковою. Обчисліть, через скільки діб активність препарату в організмі пацієнта зменшиться у 64 рази. Скільки періодів піврозпаду має минути для такого зменшення активності?

Фінал квесту

Команди складають хронолінію радіоактивності: **відкриття → види → властивості → безпека → застосування.**

Нагорода. Сертифікат «Хронофізик»

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.
2. Закон України «Про повну загальну середню освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20#Text>.
3. Державний стандарт базової середньої освіти, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. URL: <http://surl.li/ztjar>
4. Радіаційна медицина: підручник (ВНЗ III—IV р. а.) / Д.А. Бази́ка, Г.В. Кулі́ніч, М.І. Пили́пенко; за ред. М.І. Пили́пенка. Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Медицина». 2013. 232с.
5. Основи радіаційної медицини: Навч. посібник /О.П. Овчаренко, А.П. Лазар, Р.П. Матюшко. Вид. 2-е, стереотип. Одеса: Одес. держ. мед. ун-т, 2003.
6. Фізика. Збірник компетентнісних завдань 7-9 клас : навчальне видання. /А.М.Северинова (голова авт.кол.) та ін. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 160 с.
7. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах: навч. Посіб / М.І. Шут, В.П. Сергієнко. Київ: Шкільний світ, 2004. 68с.
8. Модельна навчальна програма «Фізика. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (автори Кремінський Б. Г., Гельфгат І. М., Божинова Ф. Я., Ненашев І. Ю., Кірюхіна О. О.): наказ Міністерства освіти і науки України від 24.12.2024 № 1787).
9. Бібліотеки LibreTexts. URL: <https://ukrayinska.libretexts.org/>
10. На урок. URL: <https://naurok.com.ua/vseukra-nskiy-konkurs-dlya-vchiteliv-prezentaciya-do-uroku-fiziki-u-11-klasi-laboratorna-robota-sposterezheniya-interferenci-ta-difrakci-svitla-11604>
11. ЮТУБ. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=P7HbG-iDi8s>
12. ЮТУБ. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ORajlO5yg4Q>

Видання підготовлено до друку та віддруковано
редакційно-видавничим відділом КНЗ «ЧОІПОПП ЧОР»
Зам. № 1819 Тираж 100 пр.
18003, Черкаси, вул. Бидгощська, 38/1