

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ОКРЕМИХ ТИПІВ ЗАДАЧ ПІДВИЩЕНОЇ СКЛАДНОСТІ З МЕХАНІКИ

Андрій ДРОБІН,

*старший викладач кафедри інформаційно-комунікаційних технологій та
безпечного освітнього середовища комунального закладу «Кіровоградський
обласний інститут післядипломної педагогічної освіти імені Василя*

Сухомлинського», кандидат педагогічних наук;

Павло ЛАСКУРИК,

*вчитель фізики комунального закладу «Долинський опорний заклад загальної
середньої освіти - гімназія I-III ступенів №3 Долинської міської ради», вчитель-
методист, заслужений вчитель України, відмінник освіти України;*

Сергій САМОЙЛОВ,

*методист науково-методичної лабораторії природничо-математичних
дисциплін комунального закладу «Кіровоградський обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти імені Василя Сухомлинського»*

Науково-технічна революція, яка відбувається просто зараз і яку ми можемо спостерігати буквально онлайн, не лише не зменшила, але й посилила вимоги до рівня розвитку компетентностей пересічного громадянина в різних сферах життя. Це і компетентності в сфері опанування інформаційними і цифровими технологіями, і комунікативні навички, і компетентності у сфері природничо-математичних наук, техніки, технологій, інженерії, уміння не просто навчатися, а й навчатися постійно і самостійно, здобуваючи нові компетентності. Ці процеси знайшли відображення у державній політиці реформування шкільної освіти [7] та у законодавчій сфері [2, 3, 5].

Успіх у професійній діяльності пересічного громадянина залежить від умінь розв'язувати проблеми, що виникають кожної хвилини, життєві задачі та проблемні ситуації в побуті й у виробничій сфері. А це задачі практичного та прикладного змісту, які вимагають уміння застосовувати свої теоретичні знання на практиці. Навчити цьому – завдання вчителя.

Ефективна та якісна реалізація соціального замовлення, поставлених перед школою завдань, у першу чергу залежить від учителя, його інтелектуального розвитку, комунікабельності, професійної майстерності, творчого потенціалу, готовності до безперервної самоосвіти, здібності до гнучкого соціально-педагогічного мислення, професійного самовдосконалення. Це діяльність, спрямована на розширення та поглиблення предметних знань і вмінь, підвищення рівня загальної ерудиції та предметної підготовки.

Розділ «Механіка» шкільного курсу фізики є базою всього курсу фізики, має чітку практичну спрямованість, тому його практичне втілення в щоденних життєвих процесах людини беззаперечне. Як приклад можна навести рух тіл, годинник, гойдалку, обертання коліс транспорту, м'ясорубку, обертання Землі та Місяця як небесних тіл, розповсюдження повітряних та водяних хвиль, вплив сил на процеси та багато іншого. Тому розгляд цих реальних процесів, які пояснюються фізикою з точки зору класичної механіки, є завжди актуальним на

різних етапах уроку, у різних його формах. Але, не дивлячись на класичну природу даної теми, окремі питання методики розв'язування задач з механіки, зокрема задач підвищеної складності, вимагають специфічних, нестандартних підходів до їх розв'язання і недостатньо досліджені у дидактиці фізики, що дозволяє зробити висновок про доцільність їх розгляду та опису методики розв'язування.

Навчитися розв'язувати задачі можна лише у процесі їх розв'язування. Існує два підходи до розв'язування задач. Перший – вивчення теорії передую процесу розв'язування задач, і подальше її закріплення відбувається практичним застосуванням, тобто розв'язуванням задач або виконанням практичної роботи. Другий – розгляд розв'язання задач як процесу опанування певною теорією, адже історичне створення більшості наукових фізичних теорій є наслідком розв'язання конкретних наукових задач, тобто створення проблемної ситуації та пошук шляхів її розв'язання. Крім того, розв'язання (а також складання власних) задач різного типу слід розглядати як потужний метод розвитку інноваційної та критичної складової мислення, реалізації міжпредметних зв'язків та одну зі складових виконання наукових проектів на фізичну тематику».

Практично необмежені можливості для розвитку мислення учнів відкриваються перед учителем при навчанні розв'язуванню фізичних задач. Потрібно лише, щоб процес навчання розв'язуванню задач слугував не тільки і не стільки засвоєнню та запам'ятовуванню формул, а був спрямований на розвиток критичного, логічного, аналітичного мислення на основі вивчення тих фізичних процесів та явищ, що складають умову задачі, вчив пошуку різносторонніх підходів до розв'язку задачі та практичному застосуванню.

Сам розділ «Механіка» в шкільному курсі фізики є досить складним за змістом для учнів, і складним, стосовно методики його викладання, для вчителів. Причин є декілька. Перш за все потрібен добре сформований математичний апарат, адже розв'язування рівнянь, їх систем, векторні фізичні величини, тригонометричні функції та інше, що накладає значні обмеження на можливості педагога з реалізації поставлених завдань та міжпредметна узгодженість за змістом.

При розв'язуванні задач з механіки, як правило, вчителі обмежуються розглядом задач на формальне застосування формул для визначення певних фізичних величин. При такому підході реалізується лише репродуктивне навчання, яке не сприяє розвитку логічного мислення, аналітичних здібностей, творчості. Нижче наведена група задач, які вимагають різних прийомів пошуку розв'язку: аналітико-синтетичного, алгоритмічного, евристичного. Всі запропоновані задачі, є задачами підвищеного рівня складності, але при розв'язанні не виходять за межі шкільної програми з фізики та математики.

Розглянемо конкретні випадки розв'язування задач на визначення періоду коливань, або частоти коливань складних коливальних систем, комбінованих маятників, а також на дослідження характеристик руху тіл, аналогічних коливальному руху.

У механіці розрізняють варіаційні та неваріаційні принципи, що відображають загальні закономірності механічних явищ, з яких можна одержати рівняння руху.

Неваріаційні принципи механіки встановлюють закономірності руху тіла (системи тіл) під дією прикладених до тіла сил. Це добре відомі закони Ньютона. Але в механіці принципово можливі два способи опису процесів: силовий (неваріаційний) та енергетичний.

Спосіб силового опису (з використанням законів динаміки) може бути незручним тим, що не завжди відомі чи очевидні всі сили взаємодії. А також часто силовий опис вимагає використання великої кількості рівнянь, що ускладнюють процес розв'язання. Перевага енергетичного опису стану системи (варіаційні принципи) полягає в тому, що рівняння руху не містить невідомих сил реакції зв'язків, і має нескладний, а іноді досить простий розв'язок.

В основі методу віртуальних переміщень покладено властивість сил реакції, робота яких при нескінченно малому відхиленні системи від положення рівноваги рівна нулю. Дана властивість сил реакції випливає із закону збереження енергії: сили реакції діють, але немає переміщення тіл системи. У стані рівноваги на тіла системи крім сил реакції діють інші зовнішні сили. При нескінченно малому відхиленні системи від положення рівноваги повна робота зовнішніх сил, що діють на систему рівна нулю:

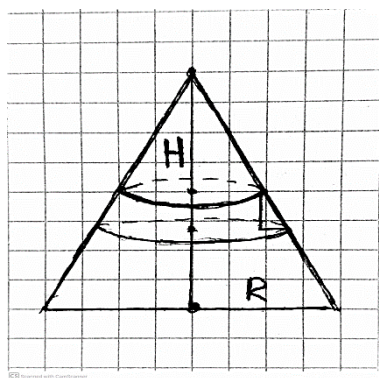
Для рівноваги будь-якої механічної системи з ідеальними зв'язками необхідно і достатньо, щоб сума елементарних робіт, діючих на систему сил, при будь-якому віртуальному переміщенні, була рівна нулю.

(Ідеальні зв'язки – невагомі, нерозтяжні).

Задача 1.

Кільце, виготовлене із важкого гнучкого ланцюжка, масою m надіте на гладкий прямий конус, висота якого H , а радіус основи R . Кільце в стані спокою розміщене в горизонтальній площині. Знайти силу натягу ланцюжка.

Розв'язання.



Надамо кільцю віртуального переміщення вниз на δh . Робота сили тяжіння $\delta A = mg\delta h$

Відповідно робота сили пружності $\delta A_{\text{пр}} = F_H \delta \ell$.

Видовження ланцюжка $\delta \ell = 2\pi(R + \delta R) - 2\pi R = 2\pi\delta R$.

Із рисунка видно, що $\frac{R}{H} = \frac{\delta R}{\delta h}$, звідси: $\delta R = \frac{R}{H} \delta h$.

Тоді робота сили пружності:

$\delta A_{\text{пр}} = F_H \frac{2\pi R}{H} \delta h$. Із рівності робіт $mg\delta h =$

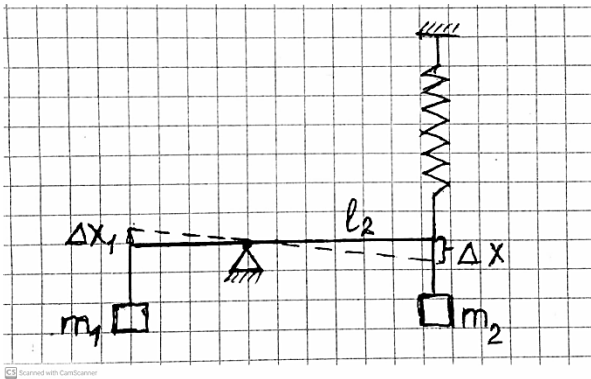
$F_H \frac{2\pi R}{H} \delta h$ знаходимо: $F_H = \frac{mgH}{2\pi R}$.

Задача 2.

На деякій відстані x від горизонтально розміщеного стержня з вантажами m_1 та m_2 знаходиться нижній кінець пружини, верхній кінець якої закріплений. Пружину розтягнули і прикріпили до кінця стержня з вантажем m_2 (див. рис.),

при цьому стержень залишився в горизонтальному положенні. Жорсткість пружини k , плечі важеля ℓ_1 і ℓ_2 . Знайти видовження пружини x .

Розв'язання.



У стані рівноваги пружина видовжилась на x .

Надамо системі віртуально нескінченно малого переміщення: при цьому пружина і вантаж m_2 опустяться на δx , а вантаж m_1 підніметься на δx_1 .

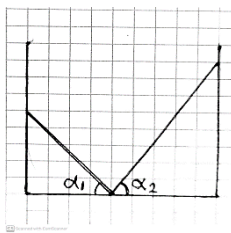
Відповідні роботи: сили пружності $\delta A_{\text{пр}} = -kx\delta x$, сили тяжіння $\delta A_2 = m_2 g \delta x$ та $\delta A_1 = -m_1 g \delta x_1$. Із

співвідношення між плечами важеля ℓ_1 та ℓ_2 і переміщеннями δx та δx_1 :

$$\frac{\delta x}{\delta x_1} = \frac{\ell_2}{\ell_1} \text{ знаходимо: } \delta x_1 = \frac{\delta x \ell_1}{\ell_2}. \delta A_{\text{пр}} + \delta A_1 + \delta A_2 = 0. \text{ Враховуючи}$$

вирази відповідних робіт одержимо $-kx + m_2 g - m_1 g \frac{\ell_1}{\ell_2} = 0$ одержимо $x = \frac{m_2 \ell_2 - m_1 \ell_1}{k \ell_2}$.

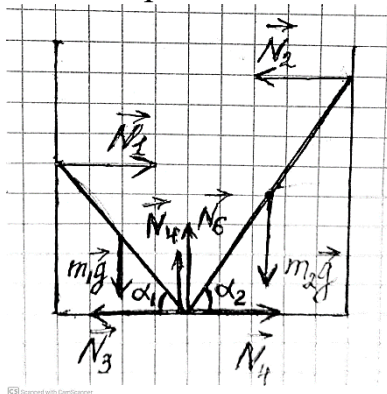
Задача 3.



Два однорідних стержні маси яких m_1 і m_2 спираються на гладкі вертикальні стінки і гладку горизонтальну поверхню. Знайти співвідношення між кутами α_1 і α_2 у рівноважному стані.

Розв'язання.

У випадку силового опису стану системи, розкладемо сили, що діють на кожний стержень, і запишемо умови рівноваги системи.



Умова рівності моментів сил, що діють на стержні, відносно точки дотику стержнів між собою

$$N_1 \ell_1 \sin \alpha_1 = m_1 g \frac{\ell_1}{2} \cos \alpha_1$$

$$N_2 \ell_2 \sin \alpha_2 = m_2 g \frac{\ell_2}{2} \cos \alpha_2$$

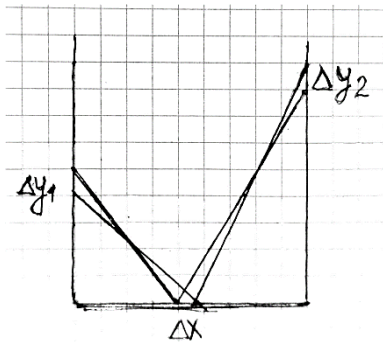
За I законом Ньютона: $N_1 = N_3$, $N_2 = N_4$, за

III законом Ньютона $N_3 = N_4$, отже рівні між

собой $N_1 = N_2$.

Поділивши перше рівняння на друге, одержимо: $\tan \alpha_1 = \frac{m_1}{m_2} \tan \alpha_2$.

Застосуємо метод віртуальних переміщень. Нехай стержні зазнають



віртуальних зміщень на δy_1 вниз, лівий, і відповідно на $-\delta y_2$ вгору – правий. При цьому точка дотику стержнів зміститься на δx .

До зміщення стержня $x^2 + y^2 = \ell^2$

Після зміщення: $(x + \delta x)^2 + (y - \delta y)^2 = \ell^2$,

звідси

$$x\delta x = y\delta y, \text{ або } \delta y = \frac{x\delta x}{y} = \frac{\delta x}{\tan \alpha}$$

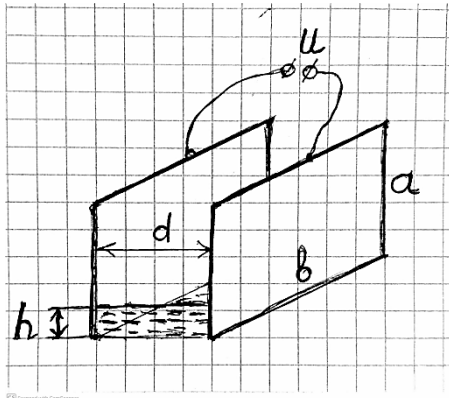
(враховано, що $\frac{x}{y} = \frac{1}{\tan \alpha}$, величиною

доданків $(\delta x)^2$ та $(\delta y)^2$ нехтуємо).

Із рівності нулю суми робіт сили тяжіння, одержимо:

$$m_1 g \delta y_1 = m_2 g \delta y_2 \text{ або } m_1 \frac{\delta x}{\tan \alpha_1} = m_2 \frac{\delta x}{\tan \alpha_2}, \text{ звідси: } \tan \alpha_1 = \frac{m_1}{m_2} \tan \alpha_2.$$

Задача 4.



Дві вертикально розміщені паралельні пластини торкаються поверхні рідини з діелектричною проникністю ϵ і густиною ρ . Відстань між пластинами d . Пластини приєднують до джерела напруги U . Якою буде висота стовпа рідини між пластинами після встановлення рівноваги? Розміри пластин вказані на рисунку.

Розв'язання.

Скористаємось методом віртуальних переміщень. У стані рівноваги діелектрична рідина знаходиться на висоті h .

Нехай рівень рідини збільшиться на δh . Робота сили тяжіння при цьому

$$\delta A_1 = -\left(\frac{1}{2} m_2 g (h + \delta h) - \frac{1}{2} m_1 g h\right) = -\frac{1}{2} (\rho g b d (h + \delta h)^2 - \rho g b d h^2) = -\rho g (h b d) \delta h$$

$$\delta A_1 = -\rho g (h b d) \delta h.$$

Робота сил електричного поля буде рівна зміні енергії конденсатора

(обумовлена зміною його ємності δC). $\delta A_2 = \frac{\delta C U^2}{2}$. Частково заповнений

конденсатор можна розглянути як два паралельно з'єднаних конденсатори. При

висоті рівня рідини h буде ємність $C_1 = \frac{\epsilon_0 S_1}{d} + \frac{\epsilon_0 \epsilon b h}{d}$, (S_1 – площа пластини,

що незаповнена діелектриком). При збільшенні висоти на δh ємність

$$\text{конденсатора стане рівною: } C_2 = \frac{\epsilon_0 S_1}{d} + \frac{\epsilon_0 \epsilon b (h + \delta h)}{d} - \frac{\epsilon_0 b \delta h}{d} = \frac{\epsilon_0 S_1}{d} + \frac{\epsilon_0 \epsilon b h}{d} + \frac{\epsilon_0 b \delta h (\epsilon - 1)}{d}.$$

$$\text{Зміна ємності } \delta C = C_2 - C_1 = \frac{\epsilon_0 b \delta h (\epsilon - 1)}{d}. \text{ Тоді } \delta A_2 = \frac{\epsilon_0 b \delta h (\epsilon - 1) U^2}{2d}.$$

Враховуючи, що $\delta A_1 + \delta A_2 = 0$, одержимо: $h = \frac{\epsilon_0 (\epsilon - 1) U^2}{2 \rho g d^2}$.

Розв'язати цю задачу можна, скориставшись тим фактом, що в стані рівноваги потенціальна енергія системи має екстремальне значення. Тобто похідна від потенціальної енергії буде рівна нулю.

$W = -\frac{mgh}{2} + \frac{CU^2}{2}$. Або виразивши масу піднятої рідини, та ємність конденсатора, одержимо: $W = -\frac{\rho g b d h^2}{2} + \left(\frac{\varepsilon \varepsilon_0 b h}{d} + \frac{\varepsilon_0 b (a-h)}{d}\right) \frac{U^2}{2}$.

Взявши похідну від W по h і прирівнявши її до нуля, одержимо:

$$h = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)U^2}{2\rho g d^2}$$

Використання різних методів визначення центра мас системи тіл. Найпоширенішим при розв'язуванні задач шкільного курсу фізики є метод, в основі якого покладена теорема Варіньона:

Момент рівнодійної сил відносно довільно вибраної осі рівний сумі моментів всіх сил відносно цієї осі.

Однак є ряд інших методів, які іноді можуть суттєво спростити розв'язок задачі. У випадках, коли тіло не можна вважати матеріальною точкою, важливо знайти такий спосіб розбиття тіла на елементарні частини, що дозволить визначити положення центра мас нескладними математичними перетвореннями.

Задача 5.

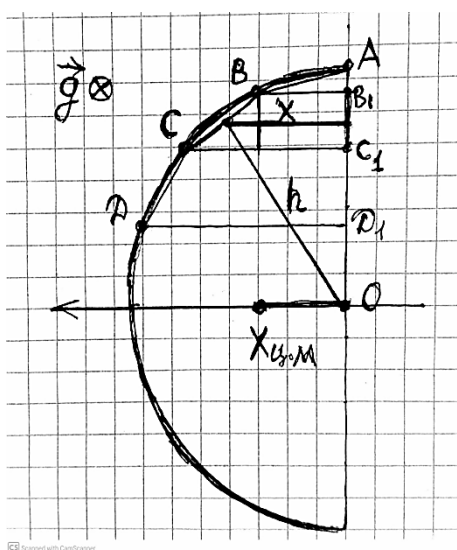
Знайти центр мас тонкого однорідного півкільця радіусом R .

Розв'язання.

Впишемо в коло правильний багатокутник. На рисунку сила тяжіння діє перпендикулярно до площини рисунка. Моменти сил тяжіння, прикладені до середини сторін багатокутника відносно осі АО (відносно діаметра) рівний:

$$M = \rho g (AB \cdot x_1 + BC \cdot x_2 + CD \cdot x_3 + \dots) \quad (1)$$

Де ρ - маса одиниці довжини півкільця, $x_1, x_2, x_3 \dots$ відстані від осі АО до середини відповідних сторін багатокутника. Розглянемо довільну сторону багатокутника, наприклад ВС.



Як видно з рисунка, $\frac{B_1C_1}{BC} = \cos \alpha$ (вершина кута В)

З іншого боку $\frac{x}{h} = \cos \alpha$. (Рівні як кути із взаємно перпендикулярними сторонами).

$$\text{Тоді } B_1C_1 \cdot h = BC \cdot x$$

Отже кожний доданок у дужках у формулі (1) можна замінити відповідно рівним.

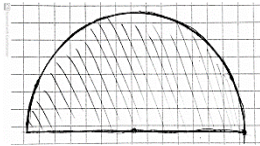
$$M = \rho g (A_1B_1 \cdot h + B_1C_1 \cdot h + C_1D_1 \cdot h + \dots) = \rho g h (A_1B_1 + B_1C_1 + C_1D_1) = \rho g h 2R$$

При збільшенні кількості сторін $n \rightarrow \infty$ тоді $h \rightarrow R$.

$$\text{Отже } M = 2\rho g R^2. \text{ З іншого боку } M =$$

$$\pi \rho R g x_{\text{цм}}. \text{ Звідси: } x_{\text{цм}} = \frac{2R}{\pi}.$$

Задача 6



Визначити положення центра мас однорідного тонкого півкруга радіусом R .

Розв'язання.

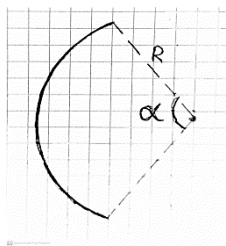
Проведемо розбиття півкруга на трикутники. Центр мас трикутника лежить на відстані $\frac{2}{3}h$ від центра.

При збільшенні кількості трикутників $n \rightarrow \infty$ тоді $h \rightarrow R$.

Аналогічно до розв'язку попередньої задачі: $x_{\text{цм}} =$

$$\frac{2(\frac{2}{3}R)}{\pi} = \frac{4R}{3\pi}.$$

Задача 7.



Визначити положення центра мас тонкого однорідного дроту, зігнутого дугою радіусом R , що має центральний кут α .

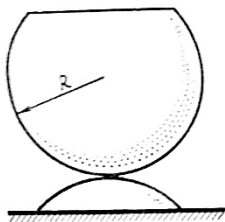
Відповідь: $x_{\text{цм}} = \frac{2R \sin \frac{\alpha}{2}}{\alpha}.$

Задача 8.

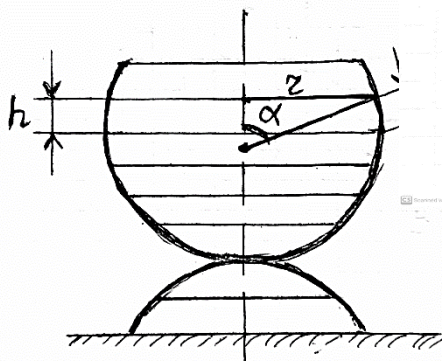
Однорідну тонкостінну сферу радіусом R розрізали на дві частини і скріпили так, як показано на рисунку. На якій висоті знаходиться центр тяжіння отриманого «келиха», якщо висота його ніжки h ?

Розв'язання.

Проведемо розбиття «келиха» на вузькі горизонтальні смужки висотою h .



Scanned with CamScanner



Scanned with CamScanner

Площа S колової смужки рівна $S = 2\pi r \ell$ де $r = R \sin \alpha$,
 $\ell = \frac{h}{\sin \alpha}$ (зазначені на рисунках

кути рівні, як кути із взаємно перпендикулярними сторонами. Радіус сфери перпендикулярний до поверхні сфери). Тоді

$$S = 2\pi R \sin \alpha \frac{h}{\sin \alpha} = 2\pi R h.$$

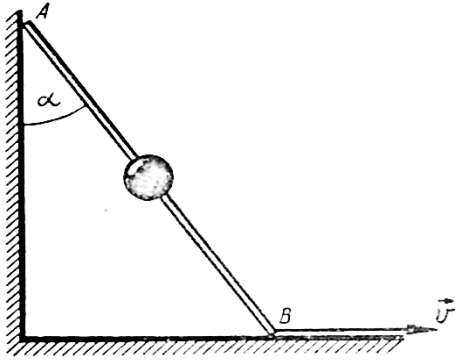
Якщо маса одиці площі рівна ρ , то маса колової смужки

буде рівна $m = 2\pi R h \rho$. Як видно із одержаних формул – площа смужки (а отже і її маса) не залежить від радіуса цієї смужки! Тобто маси всіх смужок рівної висоти будуть однаковими, це означає що маса рівномірно розподілена по висоті. Отже центр тяжіння знаходиться на середині висоти «келиха», тобто на висоті R від основи.

(Подібний «несподіваний» висновок, щодо рівності площ, зустрічається в шкільному курсі – площі кільцевих зон Френеля, при розбитті сферичного фронту хвилі, теж виявляються рівними).

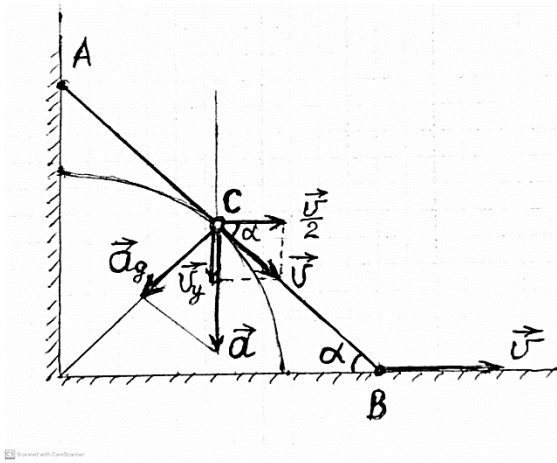
Задача 9

По сторонах прямого угла ковзае стержень довжиною 2ℓ , посередині якого закріплена кулька масою m . Швидкість точки B стала і рівна v . Визначте з якою силою діє кулька на стержень в той момент, коли кут $\alpha = 45^\circ$.



Розв'язання.

На кульку під час руху діють сила тяжіння, та сила реакції стержня. За другим законом Ньютона $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$

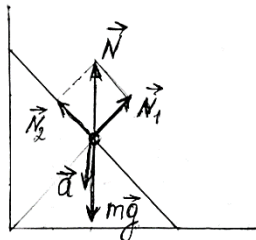


Але нам невідомий напрям сили реакції стержня, тому потрібно визначати напрям прискорення руху кульки.

Для початку проаналізуємо траєкторію її руху. У будь-який момент часу стержень є гіпотенузою прямого кута, по стінках якого він ковзає. Відрізок, що сполучає кульку з вершиною прямого кута – є медіаною прямокутного трикутника (кулька закріплена посередині). Отже кулька під

час руху завжди знаходиться на однаковій відстані від вершини прямого кута (рівній половині довжини гіпотенузи ℓ), тобто рухається по колу. Доцентрове прискорення кульки $\vec{a}_д$ напрямлене до вершини прямого кута, а швидкість кульки – по дотичній до кола. При вказаному куті $\alpha = 45^\circ$ положення стержня співпадає з дотичною.

За умовою – швидкість точки B – горизонтальна і стала! Тому горизонтальні швидкості всіх інших точок стержня також будуть сталими, а величина горизонтальної складової швидкості кожної точки буде залежати лише від відстані цієї точки вздовж стержня від т.В. Тому горизонтальна швидкість кульки буде $\frac{v}{2}$.



Тоді повна швидкість руху кульки в момент, коли $\alpha = 45^\circ$ буде рівна $v_c = \frac{v}{2 \cos \alpha} = \frac{v}{\sqrt{2}}$. Доцентрове прискорення кульки $a_d = \frac{v_c^2}{2} = \frac{v^2}{2\ell}$.

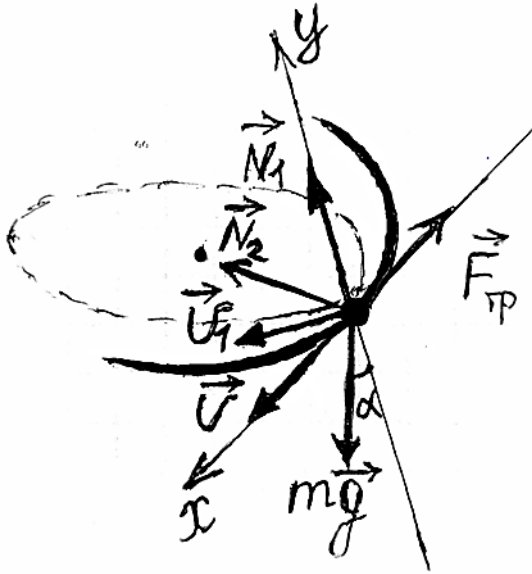
Оскільки горизонтальна швидкість кульки є сталою, то повне (результуюче) прискорення, а отже і сила реакції стержня можуть бути тільки вертикальними. З рисунка

бачимо: $a = \frac{a_d}{\cos \alpha} = \frac{v^2}{\sqrt{2} \ell}$. Остаточнo одержимо: $N - mg = -ma$

$$N = m(g - \frac{v^2}{\sqrt{2} \ell}).$$

Задача 10

По тонкій дротяній спіралі, що утворює гвинтову лінію і розміщена вертикально, ковзає нанизана бусинка. Радіус спіралі рівний R , кут нахилу витків до горизонту рівний α . Знайти встановлену швидкість руху бусинки, якщо коефіцієнт тертя бусинки об дріт рівний μ .



Розв'язання.

На бусинку під час руху діють сила тяжіння, сила тертя, напрямлена по дотичній до гвинтової лінії, проти руху, сила реакції дротини, на рисунку зображена як дві складові $\vec{N}_1$ – перпендикулярна до дротини у вертикальній площині, та $\vec{N}_2$ – у горизонтальній площині.

Вектори сил $\vec{N}_1, \vec{F}_{\text{тр}}, m\vec{g}$, а також $\vec{v}, \vec{v}_1$ – лежать у вертикальній площині. $\vec{v}_1$ – є проекцією $\vec{v}$ на горизонтальну вісь.

Для сили тертя: $F_{\text{тр}} = \mu N$

Оскільки швидкість бусинки – стала, то $F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha$. З цих рівнянь визначаємо, що $N = \frac{mg \sin \alpha}{\mu}$.

Доцентрове прискорення бусинки лежить у горизонтальній площині співнаправлене з $\vec{N}_2$ (на рис.. зображене коло), а його модуль залежить від величини $\vec{v}_1$ – дотичної до цього кола.

$$ma_{\text{д}} = \frac{mv_1^2}{R} = \frac{mv^2 (\cos \alpha)^2}{R}.$$

Доцентрового прискорення бусинці надає сила $\vec{N}_2$: $N_2 = \frac{mv^2 (\cos \alpha)^2}{R}$.

$N^2 = N_1^2 + N_2^2$. З рисунка визначаємо: $N_1 = mg \cos \alpha$.

Враховуючи вирази для N_1, N_2, N , одержимо:

$$\frac{(mg \sin \alpha)^2}{\mu^2} = \frac{(mv^2 (\cos \alpha)^2)^2}{R^2} + (mg \cos \alpha)^2.$$

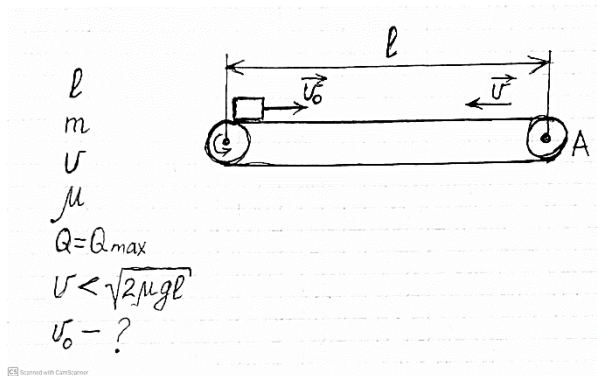
З останнього рівняння після спрощень та перетворень знаходимо:

$$v = \frac{\sqrt{Rg}}{\cos \alpha} \left(\frac{(\sin \alpha)^2}{\mu^2} - (\cos \alpha)^2 \right)^{\frac{1}{4}}.$$

Задача 11.

Стрічка транспортера довжиною ℓ , на якій лежить брусок масою m , рухається зі швидкістю v . Визначте швидкість v_0 , з якою потрібно штовхнути брусок проти руху транспортера, щоб кількість теплоти, що виділиться при гальмування бруска стрічкою транспортера, була максимальною. Чому рівна ця

максимальна кількість теплоти Q , якщо коефіцієнт тертя рівний μ і виконується умова $v < \sqrt{2\mu g \ell}$?



Розв'язання.

Очевидно, що виділена кількість теплоти буде максимальною, якщо брусок пройде максимальну відстань відносно стрічки транспортера.

Штовхнувши брусок зі швидкістю v_0 від лівого краю, він має біля правого краю т.А відносно землі зупинитись (інакше впаде). Отже відносно землі:

Прискорення бруску надає сила тертя: $a = \mu g$, в момент зупинки: $0 = v_0 - \mu g t$, тоді час руху до зупинки: $t = \frac{v_0}{\mu g}$.

Шлях пройдений до зупинки відносно землі рівний довжині стрічки транспортера: $\ell = v_0 t - \frac{at^2}{2} = \frac{v_0^2}{2\mu g}$, звідси виразимо швидкість бруска v_0 : $v_0 = \sqrt{2\mu g \ell}$.

А відносно стрічки транспортера брусок пройде:

$$s_1 = \ell + vt = \ell + \frac{vv_0}{\mu g} = \ell + v \sqrt{\frac{2\ell}{\mu g}}.$$

Після зупинки в т.А брусок почне рухатись назад з проковзуванням з таким же прискоренням $a = \mu g$. Проковзування зупиниться, коли швидкість бруска стане рівна v : $v = \mu g t_1$, звідси $t_1 = \frac{v}{\mu g}$.

Відносно землі брусок пройде у зворотньому напрямі $\ell_1 = \frac{at_1^2}{2} = \frac{v^2}{2\mu g}$.

! За умовою $v < \sqrt{2\mu g \ell}$, отже $\ell_1 < \ell$ і брусок перестане проковзувати до того, як дійде до лівого краю.

Відносно стрічки транспортера брусок пройде $s_2 = vt_1 - \ell_1 = \frac{v^2}{\mu g} - \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{v^2}{2\mu g}$.

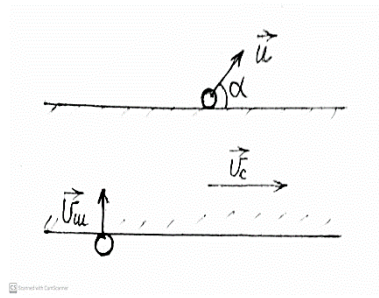
Весь пройдений відносно стрічки транспортера шлях:

$$s = s_1 + s_2 = \ell + v \sqrt{\frac{2\ell}{\mu g}} + \frac{v^2}{2\mu g}.$$

Кількість теплоти, що виділиться ;

$$Q = F_{\text{тр}} s = \mu m g \left(\ell + v \sqrt{\frac{2\ell}{\mu g}} + \frac{v^2}{2\mu g} \right) = \frac{m(\sqrt{2\mu g \ell} + v)^2}{2}.$$

Задача 12.



На горизонтальну шорстку стрічку шириною ℓ , що рухається зі швидкістю v_c , заїжджає шайба зі швидкістю $v_{ш}$, напрямлено перпендикулярно до краю стрічки, причому модулі швидкостей стрічки і шайби однакові. Шайба з'їжджає із стрічки зі швидкістю, напрямленою під кутом 45° до краю. Визначити коефіцієнт тертя шайби об стрічку.

Розв'язання.

Шайба ковзає по стрічці. Її швидкість v відносно стрічки в початковий момент $v = v_{ш}\sqrt{2}$ (модулі швидкостей шайби і стрічки однакові, тому кут $\alpha = 45^\circ$).

Шайба рухається під дією сил тяжіння, реакції опори, тертя ковзання. Прискорення шайбі надає сила тертя. АЛЕ сила тертя може змінити швидкість по величині, але не за напрямком!

За умовою, кінцева швидкість злітання шайби u (по величині нам невідома), відносно землі напрямлена під кутом $\alpha = 45^\circ$.

Нехай швидкість злітання шайби відносно стрічки w , але $\vec{w}$ напрямлена так само як $\vec{v}$, тобто також під кутом $\alpha = 45^\circ$. Зрозуміло, що $\vec{u} = \vec{v}_c + \vec{w}$. Враховуючи значення кутів одержимо $u = w = \frac{v_c}{\sqrt{2}} = \frac{v_{ш}}{\sqrt{2}}$.

Відносно стрічки шайба пройшла шлях $s = \frac{\ell}{\sin \alpha} = \sqrt{2}\ell$. Робота сили тертя рівна зміні кінетичної енергії шайби.

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mw^2}{2} = \mu mg\sqrt{2}\ell, \text{ виразивши } v \text{ та } w \text{ через } v_{ш} \text{ одержимо: } \mu = \frac{3v_{ш}^2}{4\sqrt{2}g\ell}.$$

Висновки: Як видно з наведених прикладів, такі задачі з механіки можна ефективно використовувати на всіх етапах освітнього процесу з фізики: для розвитку пізнавального інтересу, мотивації учнів до навчання фізики, під час створення проблемної навчальної ситуації, що потребує розв'язання, у процесі опанування нового матеріалу, під час формування умінь практичного застосування учнями отриманих знань, з метою повторення, закріплення, систематизації та узагальнення засвоєного матеріалу, для перевірки рівня засвоєння навчального матеріалу, діагностування навчальних досягнень учнів тощо.

Слід зазначити, що в умовах особистісно орієнтованого навчання важливо не втратити здібних учнів, для яких потрібно здійснювати відповідний добір фізичних задач, які враховували б їх пізнавальні можливості й нахили, рівень

їхньої готовності до самостійної освітньої діяльності, давали можливість розвитку та задоволення освітніх потреб. Також педагог має враховувати практичну та прикладну спрямованість як самої фізичної науки, так і фізичних задач, як окремої форми здійснення освітньої діяльності, спонукати до застосування фізичних знань у життєвих ситуаціях. Все це в руках учителя. Тому, до праці!

Список використаних джерел:

1. Гельфгат И.М., Генденштейн Л.Э., Кирик Л.А.. 1001 задача по физике с решениями. Харьков-Москва. Центр «Инновации в науке, технике, образовании», 1995. 596 с.
2. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. Затверджений Постановою КМУ від 23 листопада 2011 р. № 1392. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF#Text>
3. Державний стандарт базової середньої освіти. Затверджений постановою КМУ від 30 вересня 2020 р. № 898. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF#Text>
4. Задачи по физике: учебное пособие для подготовительных отделений вузов / под ред. О.Я. Савченко. 2-е изд., перераб. М. : Наука, 1988. 414 с.
5. Закон України «Про Освіту». Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>
6. Мантула Т.І. Реалізація компетентнісного підходу в процесі навчання: моделювання уроку з використанням технологій Веб-2.0: Науково-методичний посібник. Кіровоград: ТОВ «Поліграф – сервіс», 2009. 132 с.
7. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року. Затверджена Розпорядженням КМУ від 14 грудня 2016 р. № 988-р. Взято з <https://www.kmu.gov.ua/npas/249613934>
8. Шаскольская М.П., Эльцин И.А. Сборник избранных задач по физике под редакцией: Учеб. руковод./ под ред. С.Э.Хайкина. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1986. 208 с.

МЕТОДИЧНІ ОРІЄНТИРИ ЩОДО ВИКЛАДАННЯ ПРЕДМЕТІВ «ФІЗИЧНА КУЛЬТУРА» ТА «ЗАХИСТ УКРАЇНИ» В 6-11 КЛАСАХ У 2022–2023 НАВЧАЛЬНОМУ РОЦІ

Микола КОРОБОВ,

завідувач науково-методичної лабораторії фізичної культури, спорту і захисту України комунального закладу «Кіровоградський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти імені Василя Сухомлинського»

Фізична культура

Фізичне виховання – могутній засіб активного впливу на розвиток організму і вдосконалення його функцій. Інваріантна складова Типових навчальних планів, до якої входить навчальний предмет «Фізична культура», сформована на державному рівні і є однаковою для всіх закладів загальної середньої освіти незалежно від підпорядкування та форми власності.

Типовими освітніми програмами для закладів загальної середньої освіти у 2022/2023 навчальному році на вивчення предмета «Фізична культура» в інваріантній складовій передбачено: Рівень стандарту: 6 – 9 класи – 3 години на