Відповіді на завдання І етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики

2026-2027 н.р.

8 клас

Задача 1

Суміш гороху та квасолі фасують у мішки масою 38 кг. У контейнер із внутрішніми розмірами 2 м × 1,5 м × 1 м вміщується 60 таких мішків, які щільно, без проміжків, заповнюють увесь його об'єм. Визначте масу гороху в одному мішку. Насипна густина гороху 700 кг/м³, квасолі 800 кг/м³. (Об'єм суміші вважати рівним сумі об'ємів гороху та квасолі, насипаних окремо; масу та об'єм тканини мішка не враховувати)

Розв'язання

Мішки щільно, без проміжків, заповнюють контейнер, тому об'єм одного мішка дорівнює об'єму контейнера, поділеному на кількість мішків. Об'єм контейнера:

$$V_к = abc = 2\ м \cdot 1{,}5\ м \cdot 1\ м = 3\ м^3$$

Об'єм одного мішка:

$$V = \frac{V_к}{N} = \frac{3\ м^3}{60} = 0{,}05\ м^3$$

Позначимо масу гороху в мішку $m_г$, а масу квасолі $m_{кв}$. Маса мішка складається з мас гороху і квасолі:

$$m_г + m_{кв} = M$$

За умовою об'єм суміші дорівнює сумі об'ємів гороху і квасолі. Об'єм кожного компонента знаходимо через його насипну густину, $V = m/\rho$, тому:

$$\frac{m_г}{\rho_г} + \frac{m_{кв}}{\rho_{кв}} = V$$

З першого рівняння $m_{кв} = M - m_г$. Підставимо цей вираз у друге рівняння і помножимо обидві його частини на $\rho_г\rho_{кв}$:

$$\rho_{кв}m_г + \rho_г(M - m_г) = \rho_г\rho_{кв}V$$

Звідси знаходимо масу гороху:

$$m_г = \frac{\rho_г(\rho_{кв}V - M)}{\rho_{кв} - \rho_г} = \frac{700\ кг/м^3 \cdot (800\ кг/м^3 \cdot 0{,}05\ м^3 - 38\ кг)}{100\ кг/м^3} = 14\ кг$$

---

*Оцінювання (сумарно **5 балів**):*

- *Обчислено об'єм одного мішка 0,05 м³ – **1 бал***
- *Записано рівняння для маси мішка як суму мас компонентів – **0.5 бали***
- *Записано рівняння для об'єму мішка як суму об'ємів компонентів – **0.5 бали***
- *Записано вирази для об'ємів гороху та квасолі через густини – **1 бал***
- *Правильно розв'язано систему рівнянь – **1 бал***
- *Отримано відповідь 14 кг – **1 бал***

Задача 2

Оля та Назар одночасно стартують з першого поверху 16-поверхового будинку. Оля їде ліфтом на останній поверх і одразу ж спускається ним униз, а Назар біжить сходами вгору. Ліфт долає один поверх за 3 с, а Назар – за 7 с. На якому поверсі та через який час після старту Оля в ліфті проїде повз Назара? (Рух ліфта і Назара вважати рівномірним; час розгону, гальмування та розвороту ліфта, а також відчинення дверей не враховувати)

Розв'язання

Ліфт і Назар рухаються рівномірно, тому шлях зручно вимірювати в прольотах між сусідніми поверхами. Між першим і шістнадцятим поверхами $n = 16 - 1 = 15$ прольотів.

Ліфт доїжджає до останнього поверху за час

$$t_1 = nt_{\text{л}} = 15 \cdot 3\ \text{с} = 45\ \text{с}$$

За цей час Назар піднімається лише на $45\ \text{с}/7\ \text{с} \approx 6{,}4$ прольоту, тобто ще не досягає верху. Отже, Оля проїде повз Назара тоді, коли ліфт уже спускатиметься.

Нехай до моменту зустрічі Назар піднявся на x прольотів. За той самий час ліфт проїхав усі n прольотів угору і ще $(n - x)$ прольотів униз, тобто загалом $2n - x$ прольотів. Час руху Назара і ліфта до зустрічі однаковий:

$$xt_{\text{Н}} = (2n - x)t_{\text{л}}$$

Підставляємо числа:

$$7x = 3(30 - x) \quad \Rightarrow \quad 10x = 90 \quad \Rightarrow \quad x = 9$$

Назар стартував з першого поверху, тому номер поверху зустрічі $k = 1 + x$. Час від старту до зустрічі $t = xt_{\text{Н}} = 9 \cdot 7$ с:

$$k = 10, \quad t = 63\ \text{с}$$

---

*Оцінювання (сумарно **5 балів**):*

- *Враховано, що між 1-м і 16-м поверхами 15 прольотів – **0.5 бали***
- *Пояснено, що зустріч відбувається під час спуску ліфта (обчислено час підйому 45 с; або просто з міркувань, що ліфт рухається швидше) – **0.5 бали***
- *Складено рівняння рівності часів руху – **1 бал***
- *Розв'язано рівняння рівності часів руху – **1 бал***
- *Отримано номер поверху 10 (враховано, що відлік з першого поверху) – **1 бал***
- *Отримано час 63 с – **1 бали***

Примітки для журі: -Якщо учасник не врахував, що відлік для ліфта починається з першого поверху, то максимум балів за задачу – 4 бали (при усіх інших правильних міркуваннях, отримана відповідь – 10.4 поверху).
-Якщо учасник не врахував, що відлік для Назара починається з першого поверху, то максимум балів за задачу – 4 бали (при усіх інших правильних міркуваннях, отримана відповідь – 9.3 поверху)
-Якщо учасник не врахував, що відлік для Назара та ліфта починається з першого поверху, то максимум балів за задачу – 3 бали (при усіх інших правильних міркуваннях, отримана відповідь – 9.6 поверху)

Задача 3

У циліндричній посудині з внутрішнім діаметром 20 см рівень води на 10 см нижчий за її верхній край. У воду по одній опускають однакові пластикові кульки масою 50 г, які не тонуть. Яку найбільшу кількість кульок можна опустити в посудину, щоб вода не почала виливатися? (Кульки весь час плавають, не торкаючись дна і стінок посудини; густина води 1000 кг/м³)

Розв'язання

Вода почне виливатися, коли її рівень підніметься до верхнього краю посудини, тобто на $\Delta h = 10$ см. Площа дна посудини:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot (0{,}2\text{ м})^2}{4} = 0{,}0314\text{ м}^2$$

Отже, усі кульки разом можуть витіснити об'єм води

$$V = S\Delta h = 0{,}0314\text{ м}^2 \cdot 0{,}1\text{ м} = 3{,}14 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3 = 3140\text{ см}^3$$

Кулька плаває, тому сила Архімеда, що діє на неї, врівноважує силу тяжіння:

$$\rho g V_1 = mg,$$

де V_1 – об'єм зануреної частини кульки, тобто об'єм витісненої нею води. Звідси

$$V_1 = \frac{m}{\rho} = \frac{0{,}05\text{ кг}}{1000\text{ кг/м}^3} = 5 \cdot 10^{-5}\text{ м}^3 = 50\text{ см}^3$$

Цей об'єм залежить лише від маси кульки і не залежить від її розміру. Кількість кульок, які можна опустити в посудину:

$$N = \frac{V}{V_1} = \frac{3140\text{ см}^3}{50\text{ см}^3} = 62{,}8$$

Кількість кульок має бути цілою, але не перевищувати отримане число. Отже:

$$N = 62$$

Альтернативний розв'язок: учасник шукає, на яку висоту підніметься рівень води в посудині через одну кульку, і порівнює скільки кульок потрібно для досягнення $\Delta h = 10$ см.

*Оцінювання (сумарно **5 балів**):*

- *Записано формулу для площу дна посудини – **0.5 бали***
- *Записано умову плавання кульки – **1 бал***
- *Обчислено об'єм води, який витісняє одна кулька, 50 см³ – **1 бал***
- *Обчислено об'єм, на який може піднятися вода (альтернативно: обчислено, на скільки піднімається рівень води від однієї кульки, $\Delta h_1 = V_1/S \approx 0{,}16$ см) – **1 бал***
- *Обчислено відношення 62,8 (через відношення об'ємів або висот) – **1 бал***
- *Округлено вниз з поясненням, отримано відповідь 62 – **0.5 бал** (відповідь 63 без пояснення – 0 балів за цей критерій)*

Примітка для журі: - якщо учасник надто грубо округлив Δh_1 (наприклад, до 0,2 см) і через це отримав неправильну кількість кульок, учасник не отримує бали за останні 2 пункти.

-Якщо учасник не проводив проміжні чисельні розрахунки, а отримав кінцеву формулу, в яку підставив числа, то за кожен пункт учасник претендує на повний бал.

Задача 4

Лісоруб масою 80 кг має перенести додому 110 кг дров стежкою з глибоким пухким снігом, який витримує тиск не більше ніж 25 кПа. Щоб не провалитися, лісоруб узув снігоступи площею 0,05 м² кожен. Для безпеки лісоруб хоче, щоб максимальний тиск, який він створює при ходьбі, не був більший за 80 % від критичного. Скільки разів йому доведеться пройти стежкою з дровами? (Масу снігоступів не враховувати; g = 10 Н/кг)

Розв'язання

Тиск, який лісоруб створює на сніг, дорівнює відношенню сили тиску до площі опори: $p = F/S$. Сила тиску на сніг дорівнює вазі лісоруба разом із дровами, $F = (M + m)g$, де M – маса лісоруба, m – маса дров, які він несе за один раз.

За умовою лісоруб не хоче перевищувати 80 % від критичного тиску, тому найбільший допустимий тиск:

$$p = 0{,}8\, p_{\text{кр}} = 0{,}8 \cdot 25 \text{ кПа} = 20 \text{ кПа} = 20\,000 \text{ Па}$$

Під час ходьби лісоруб по черзі переставляє ноги, і в ці моменти вся його вага припадає лише на один снігоступ. Саме тоді тиск на сніг найбільший, тому площею опори слід вважати площу одного снігоступа, а не двох: $S = 0{,}05$ м².

Найбільша допустима сила тиску:

$$F = pS = 20\,000 \text{ Па} \cdot 0{,}05 \text{ м}^2 = 1000 \text{ Н}$$

Ця сила дорівнює вазі лісоруба з дровами, звідки знаходимо їхню загальну масу:

$$(M + m)g = F \quad \Rightarrow \quad M + m = \frac{F}{g} = \frac{1000 \text{ Н}}{10 \text{ Н/кг}} = 100 \text{ кг}$$

Отже, за один раз лісоруб може нести не більше

$$m = 100 \text{ кг} - 80 \text{ кг} = 20 \text{ кг}$$

дров. Щоб перенести всі $m_{\text{заг}} = 110$ кг дров, йому доведеться пройти стежкою з дровами 5 разів з повним навантаженням (по 20 кг дрів), і ще один раз з рештою 10 кг. Тобто всього 6 разів.

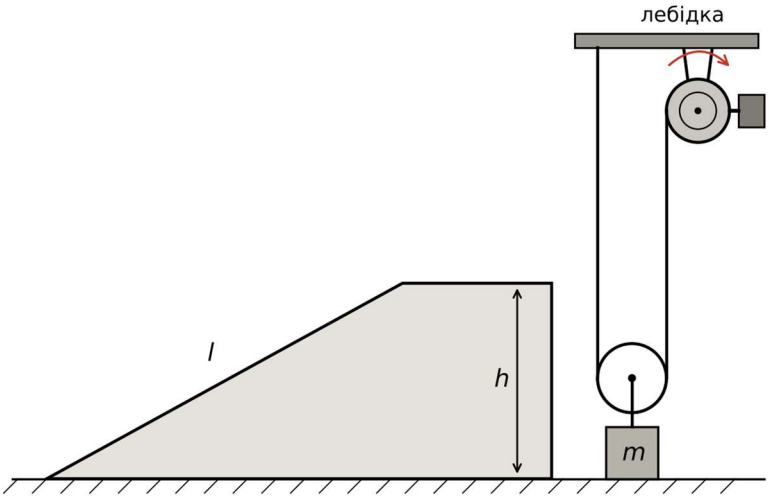
---

*Оцінювання (сумарно **5 балів**):*

- *Обчислено допустимий тиск 20 кПа – **0.5 бали***
- *Пояснено, що під час ходьби лісоруб спирається на один снігоступ, і використано його площу – **1 бал** (якщо використано площу двох снігоступів, ці бали не нараховуються, решта оцінюється за методом)*
- *Обчислено найбільшу силу тиску 1000 Н – **1 бал***
- *Знайдено загальну масу лісоруба з дровами 100 кг – **1 бал***
- *Знайдено масу дров, яку можна нести за один раз, 20 кг – **0.5 бали***
- *Отримано кількість переходів (6 разів) – **1 бал***

Задача 5

Вантаж масою m = 50 кг піднімають із землі на платформу висотою h = 6 м за допомогою лебідки потужністю 250 Вт і рухомого блока (див. рисунок). ККД всієї установки 75 %. Потім вантаж відпускають з верхнього краю похилої площини довжиною l = 10 м, і він дуже повільно ковзає вниз, зупиняючись біля її підніжжя. Визначте час підйому вантажу, а також роботу та середню силу тертя під час спуску. (Швидкість вантажу під час спуску вважати близькою до нуля; g = 10 Н/кг)



Розв'язання

Корисна робота лебідки – це робота з підняття вантажу на висоту h, яка дорівнює зміні його потенціальної енергії:

$$A_{\text{кор}} = mgh = 50 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 6 \text{ м} = 3000 \text{ Дж}$$

Частина роботи лебідки витрачається на тертя та на підняття самого блока, тому повна робота лебідки більша за корисну. З означення ККД $\eta = A_{\text{кор}}/A$ знаходимо повну роботу:

$$A = \frac{A_{\text{кор}}}{\eta} = \frac{3000 \text{ Дж}}{0{,}75} = 4000 \text{ Дж}$$

Рухомий блок дає виграш у силі вдвічі, але канат при цьому доводиться намотати вдвічі довший, тому виграшу в роботі немає. Усі втрати вже враховано в ККД, тому окремо блок враховувати не потрібно. Потужність – це робота, виконана за одиницю часу, $N = A/t$, тому час підйому:

$$t = \frac{A}{N} = \frac{4000 \text{ Дж}}{250 \text{ Вт}} = 16 \text{ с}$$

На верхньому краю похилої площини вантаж має потенціальну енергію $E_{\text{п}} = mgh = 3000$ Дж відносно її підніжжя. Вантаж починає рух практично без швидкості, ковзає дуже повільно і зупиняється внизу, тому його кінетична енергія весь час близька до нуля. Отже, уся потенціальна енергія вантажу через тертя перетворюється на внутрішню енергію (вантаж і площина нагріваються), і робота сили тертя за модулем дорівнює mgh. Сила тертя напрямлена протилежно до руху вантажу, тому її робота від'ємна:

$$A_{\text{тер}} = -mgh = -3000 \text{ Дж}$$

Уздовж площини вантаж пройшов шлях l, тому з формули роботи $\left|A_{\text{тер}}\right| = F_{\text{тер}}\, l$ знаходимо середню силу тертя:

$$F_{\text{тер}} = \frac{\left|A_{\text{тер}}\right|}{l} = \frac{3000\ \text{Дж}}{10\ \text{м}} = 300\ \text{Н}$$

Той самий результат можна отримати через сили: під час рівномірного ковзання сила тертя врівноважує складову сили тяжіння вздовж площини, $F_{\text{тер}} = mg\, h/l = 300$ Н.

---

*Оцінювання (сумарно **5 балів**):*

- *Обчислено корисну роботу 3000 Дж – **0.5 бали***
- *Через ККД знайдено повну роботу 4000 Дж – **1 бал***
- *Отримано час підйому 16 с – **1 бал***
- *Пояснено, що під час спуску вся потенціальна енергія йде на подолання тертя (або використано рівновагу сил) – **1 бал***
- *Отримано роботу сили тертя: значення 3000 Дж – **0.5 бали**, від'ємний знак або коментар про напрям – **0.5 бали***
- *Обчислено середню силу тертя 300 Н – **0.5 бали***
