

**ОБЛАСНА ОЛІМПІАДА З ФІЗИКИ – 2018**  
**8 КЛАС (ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР)**

**Задача 1. Рекорди у плаванні.**

У таблиці представлено рекорди світу на 400 м комплексним плаванням у хвилинах і секундах серед чоловіків і жінок:

Рік	Час	Спортсмени
1960	5:04	Деніс Рунзавіль
	5:36	Донна де Варона
1972	4:31	Гарі Холл
	5:03	Гейл Нілл
1982	4:20	Рікарду Праду
	4:36	Петра Шнайдер
2000	4:12	Том Долан
	4:34	Яна Клочкова

На скільки метрів українська плавчиня Яна Клочкова випередила б американського плавця Деніса Рунзавіля, якщо б вони змогли змагатись разом? Відповідь дайте з точністю до десятих.

**Розв'язок.**

Дано:

$$t_1 = 5 \text{ хв } 4 \text{ с} = 304 \text{ с}$$

$$t_2 = 4 \text{ хв } 34 \text{ с} = 274 \text{ с}$$

$$S = 400 \text{ м}$$

$d$  – ?

**Спосіб 1.**

Середня швидкість руху Деніса Рунзавіля

$$v_1 = \frac{S}{t_1} = \frac{400}{304} \text{ м/с}$$

За час  $t_2$ , коли Яна Клочкова фінішує на дистанції 400 м Деніс Рунзавіль пропливе шлях

$$S_1 = v_1 t_2 = \frac{400}{304} \cdot 274 = 360,5 \text{ м}$$

Відповідно,

$$d = S - S_1 = 400 - 360,5 = 39,5 \text{ м}$$

**Спосіб 2.**

Середня швидкість руху Деніса Рунзавіля

$$v_1 = \frac{S}{t_1} = \frac{400}{304} \text{ м/с}$$

Різниця у часі запливу по дистанції між Яною Клочковою і Денісом Рунзавілем

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 304 - 274 = 30 \text{ с}$$

Шлях, який пропливає Деніс Рунзавіль за цей час дорівнює

$$d = v_1 \cdot \Delta t = \frac{400}{304} \cdot 30 = 39,5 \text{ м}$$

**Відповідь.** 39,5 м.

## Задача 2. Дитячий конструктор.

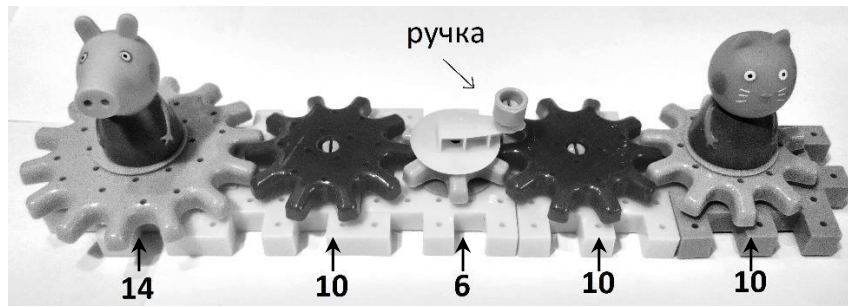


Рис. 1. Вихідна позиція.

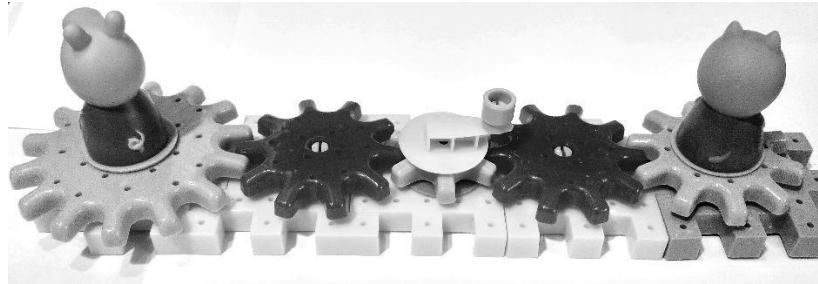


Рис. 2. Розташування після одного оберту ручки.

На рисунках зображено конструкцію складену із п'яти шестерень. Перша шестерня має 14 зубців, друга – 10, третя – 6, четверта – 10 і п'ята – 10 зубців. На першій і останній шестернях знаходяться іграшкові фігурки.

Яку мінімальну кількість повних обертів ручки на третій шестерні потрібно зробити, щоб обидві фігурки повернулись у вихідну позицію?

### Розв'язок.

Дано:

$$k_1 = 14$$

$$k_3 = 6$$

$$k_5 = 10$$

$N_3$  – ? (кількість обертів третьої шестерні)

Для розв'язку задачі нам потрібно враховувати рух трьох шестерень: першої, третьої і п'ятої. Друга і четверта шестерні лише передають обертальний рух від третьої шестерні на дві крайні.

Лінійні швидкості зубців шестерень (крайніх точок) є однаковими, тобто

$$v_1 = v_3 = v_5$$

Лінійна швидкість пов'язана із частотою обертання  $n$  і, відповідно, кількістю обертів  $N$ :

$$v = 2\pi Rn = 2\pi R \frac{N}{t}$$

Час обертання  $t$  усіх шестерень однаковий, тому

$$R_1 N_1 = R_3 N_3 = R_5 N_5$$

Радіуси шестерень пропорційні кількостям зубців, тобто

$$R_1 : R_3 : R_5 = k_1 : k_3 : k_5 = 14 : 6 : 10 = 7 : 3 : 5$$

Звідси,

$$7N_1 = 3N_3 = 5N_5$$

або

$$7N_1 = 3N_3$$

$$3N_3 = 5N_5$$

Остаточно,

$$N_1 = \frac{3}{7}N_3$$

$$N_5 = \frac{3}{5}N_3$$

Отримані співвідношення означають, що за одного оберту ручки ( $N_3 = 1$ ) перша шестерня зробить  $3/7$  оберту, а п'ята –  $3/5$  оберту.

Для того, щоб перша шестерня зробила ціле число обертів,  $N_3$  повинно бути кратним 7, тобто перша шестерня повертається у вихідне положення після 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 обертів ручки.

Для того, щоб п'ята шестерня зробила ціле число обертів,  $N_3$  повинно бути кратним 5, тобто п'ята шестерня повертається у вихідне положення після 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 обертів ручки.

Порівнюючи отримані ряди, бачимо, що мінімальною кількістю обертів  $N_3$ , за якої і перша, і п'ята шестерня повернуться у вихідне положення є значення 35.

**Відповідь.**  $N_3 = 35$ .

### Задача 3. Пружина.

Коли на пружині жорсткістю  $k = 400 \text{ Н/м}$  перебуває у стані спокою тіло масою  $m = 2 \text{ кг}$ , то вона стискається на величину  $h$  у порівнянні із недеформованим станом (рис. 3а). Знайдіть величину деформації пружини  $h$  у цьому випадку.

В іншому випадку (рис. 3б) тіло масою  $m$  відпускають із стану спокою, коли воно ледь торкається недеформованої пружини. Знайдіть величину деформації пружини  $H$ , за якої вона зможе зупинити тіло  $m$ . (Прискорення вільного падіння  $g = 10 \text{ Н/кг}$ ).

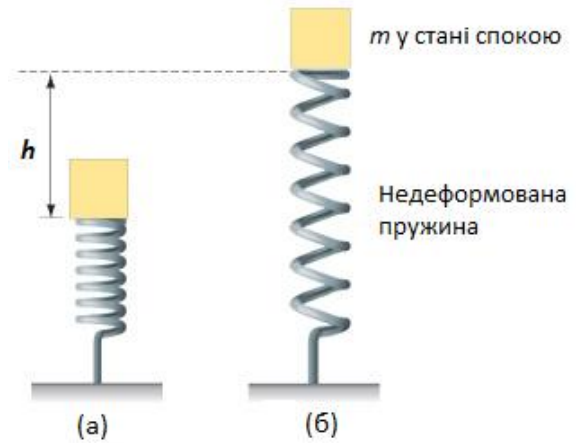


Рис. 3. Тіло масою  $m$  на пружині.

#### Розв'язок.

Дано:

$$k = 400 \text{ Н/м}$$

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$$h - ?$$

$$H - ?$$

а) У випадку коли тіло масою  $m$  лежить у стані спокою на пружині, сила пружності зрівноважує вагу тіла. Тобто,

$$kh = mg$$

Звідси,

$$h = \frac{mg}{k} = \frac{2 \cdot 10}{400} = 0.05 \text{ м} = 5 \text{ см.}$$

б) Величину деформації  $H$  знайдемо із закону збереження механічної енергії. У даній задачі потенціальна енергія тіла  $m$  перетворюється у потенціальну енергію пружини. За нульовий рівень оберемо рівень, який знаходиться нижче від початкової висоти на величину  $H$ . На початковій і кінцевій висоті швидкість тіла дорівнює нулю, тобто кінетична енергія тіла на цих рівнях дорівнює нулю.

Звідси маємо:

$$mgH = \frac{kH^2}{2}$$

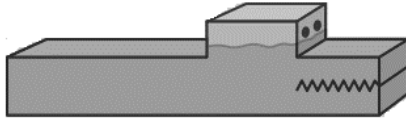
Шукана величина:

$$H = \frac{2mg}{k} = 2h = 10 \text{ см.}$$

У другому випадку величина деформації є більшою оскільки, крім роботи, проведеної силою тяжіння виконано додаткову роботу із піднімання тіла на певну висоту.

**Відповідь.**  $h = 5 \text{ см}$ ;  $H = 10 \text{ см}$ .

#### Задача 4. Крокодил.



Крокодил чатує на здобич, плаваючи ледве висунувши голову, щоб здобич не могла легко його побачити. Один із способів, яким він може регулювати ступінь занурення, полягає у зміні розмірів легень. Іншим способом може бути ковтання каменів (гастролітів), які потім перебувають у шлунку як баласт. На рисунку зображено дуже спрощену модель крокодила (“паралелепіпедодил”) масою 130 кг, що плаває з частково висунутою головою. Верхня поверхня голови має площу  $0,2 \text{ м}^2$ .

Якщо крокодил проковтне камені із загальною масою 1% (1,3 кг) від маси тіла, на скільки глибоко він зануриться? (Густина води  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ).

#### Розв’язок.

Дано:

$$m = 130 \text{ кг}$$

$$\Delta m = 1,3 \text{ кг}$$

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$S = 0,2 \text{ м}^2$$

$$\Delta h - ?$$

Якщо крокодил плаває, то відповідно до закону Архімеда виштовхувальна сила дорівнює силі тяжіння. Тобто,

$$F_{\text{Тяж}} = F_A$$
$$mg = \rho_{\text{в}} g V$$

де  $V$  – об’єм зануреної частини крокодила.

У нашій моделі “паралелепіпедодила” об’єм складається із двох частин: об’єм тіла  $V_1$  і об’єм зануреної частини голови  $V_2$ . Тому,

$$mg = \rho_{\text{в}} g V_1 + \rho_{\text{в}} g V_2 \quad (1)$$

Об’єм зануреної частини голови дорівнює добутку площі на глибину занурення

$$V_2 = S \cdot h$$

Якщо маса крокодила зростає на невелику величину  $\Delta m$ , то сила Архімеда зміниться

$$F_A' = \rho_{\text{в}} g V_1 + \rho_{\text{в}} g S(h + \Delta h)$$

де  $\Delta h$  - зміна глибини занурення.

Рівновага сил

$$(m + \Delta m)g = \rho_{\text{в}} g V_1 + \rho_{\text{в}} g S(h + \Delta h) \quad (2)$$

Віднімаючи рівняння (1) від рівняння (2) отримуємо

$$\Delta m \cdot g = \rho_{\text{в}} g S \cdot \Delta h$$

Отже,

$$\Delta h = \frac{\Delta m}{\rho_{\text{в}} S} = \frac{1,3}{1000 \cdot 0,2} = 6,5 \times 10^{-3} \text{ м} = 6,5 \text{ мм.}$$

**Відповідь.** 6,5 мм.

### Задача 5. Срібна корона.

Король вирішив придбати нову корону виготовлену зі срібла масою 2 кг. Король розробляє схему, яка дозволяє переконатись у тому що корона виготовлена із чистого срібла. Спочатку король бере корону і поміщає її у киплячий котел з водою на 25 хвилин. Він записує, що кінцева температура води становить 100 °С. Далі він обережно виймає корону і поміщає її в іншу посудину з водою. Посудина виготовлена із алюмінію масою 1,0 кг і містить 1,8 л води за температури 16 °С. Через декілька хвилин температура стабілізувалася так, щоб корона, алюмінієва посудина та вода досягли однакової кінцевої температури 20 °С. Використовуючи свій надійний абак, король швидко вирішує, чи корона зроблена з чистого срібла, чи підроблена.

На основі даних встановіть чи корона виготовлена із чистого срібла, а якщо ні, то який ймовірний склад корони у відсотках?

Речовина	Питома теплоємність, Дж/кг·°С
Свинець	140
Срібло	240
Латунь	380
Залізо	450
Алюміній	920
Вода	4200

#### Розв'язок.

Дано:

$$m_1 = 2 \text{ кг}, m_2 = 1,0 \text{ кг}, m_3 = 1,8 \text{ кг}$$

$$c_2 = 920 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°С}, c_3 = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{°С},$$

$$t_1 = 100 \text{ °С}, t_2 = 16 \text{ °С}, t_3 = 20 \text{ °С}$$

$$c_x = ?$$

Спочатку знайдемо питому теплоємність  $c_x$  матеріалу, з якого виготовлена корона.

Складемо рівняння теплового балансу. У теплообміні беруть участь три тіла. Віддає енергію гаряча корона: її температура зменшується від 100 °С до кінцевої температури 20 °С. Одержують енергію холодна вода та алюмінієва посудина: їх температура збільшується від 16 °С до 20 °С.

Кількість теплоти, віддана гарячою короною:

$$Q_1 = c_x m_1 (t_1 - t_3) \quad (1)$$

Кількість теплоти, одержана алюмінієвою посудиною і холодною водою:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_3 - t_2) + c_3 m_3 (t_3 - t_2) \quad (2)$$

Відповідно до рівняння теплового балансу:

$$Q_1 = Q_2 \quad (3)$$

Підставивши рівняння (1) і (2) у рівняння (3), дістанемо:

$$c_x m_1 (t_1 - t_3) = c_2 m_2 (t_3 - t_2) + c_3 m_3 (t_3 - t_2)$$

Виконавши потрібні перетворення, отримаємо:

$$c_x = \frac{(c_2 m_2 + c_3 m_3)(t_3 - t_2)}{m_1 (t_1 - t_3)}$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$c_x = \frac{(920 \cdot 1,0 + 4200 \cdot 1,8)(20 - 16)}{2 \cdot (100 - 20)} = 212 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$$

Порівнюючи отримане значення із даними із таблиці приходимо до висновку, що корона виготовлена із матеріалу із питомою теплоємністю меншою ніж у срібла. Ймовірно це сплав свинцю і срібла.

Для того, щоб знайти її відсотковий склад позначимо вміст свинцю  $x$ . Тоді вміст срібла в короні буде дорівнювати  $(1 - x)$ .

Із табличних даних  $c_{Pb} = 140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  та  $c_{Ag} = 240 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

Отже,

$$c_{Pb} \cdot x + c_{Ag}(1 - x) = c_x$$

$$140 \cdot x + 240 \cdot (1 - x) = 212$$

$$28 = 100x$$

$$x = \frac{28}{100} = 0.28 \text{ тобто } 28\%$$

Тобто вміст свинцю становить 28 %, а вміст срібла становить  $(100 - 28) = 72\%$ .

**Відповідь.** Питома теплоємність матеріалу, з якого виготовлена корона  $c = 212 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ .

Вміст свинцю становить 28 %, а вміст срібла становить 72%.