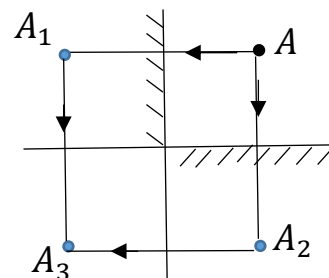


Завдання II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики  
(2018-2019 навчальний рік)  
9 клас

1. Точкове джерело світла розташоване між двома взаємно перпендикулярними плоскими дзеркалами. Скільки буде зображень джерела світла? Побудуйте їх.

Розв'язок

Кількість зображень визначаємо за формулою  $n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$ , де  $\alpha$  – кут між дзеркалами:  $n = \frac{360^\circ}{90^\circ} - 1 = 3$ . На малюнку  $A_1$ ,  $A_2$  – зображення точкового джерела в дзеркалах 1 та 2;  $A_3$  – вторинне зображення, яке створюється зображеннями  $A_1$  та  $A_2$ .



2. До кінців свинцевого дроту довжиною  $l = 1$  м прикладена напруга  $U = 10$  В. Через який час  $\tau$  дріт почне плавитися, якщо через неї пропустити електричний струм? Початкова температура дроту  $20^\circ\text{C}$ , температура плавлення свинцю –  $327^\circ\text{C}$ , питомий опір –  $1,7 \cdot 10^{-6}$  Ом  $\cdot$  м, питома теплоємність свинцю –  $0,125 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ , густина –  $11,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Втратами теплоти знехтувати.

Розв'язок

За законом збереження енергій робота струму дорівнює кількості теплоти, отриманій свинцем:  $cm(t - t_0) = \frac{U^2 \tau}{R}$ , де  $m$  – маса дроту;  $c$  – питома теплоємність свинцю;  $t_0$  – початкова температура дроту;  $t$  – температура плавлення свинцю;  $R$  – опір дроту. Звідси,  $\tau = \frac{cm(t - t_0)R}{U^2}$  (1).

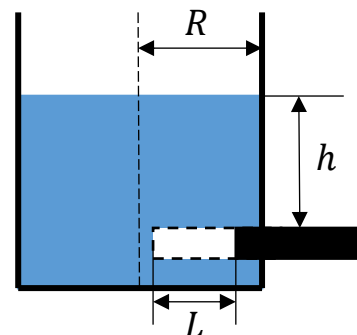
Маса дроту  $m = \rho'V = \rho'Sl$  (2), де  $\rho'$  – густина свинцю.

Опір дроту:  $R = \frac{\rho l}{S}$  (3), де  $\rho$  – питомий опір дроту.

Підставимо вирази (2) та (3) у вираз (1). Отримаємо:

$$\tau = \frac{c\rho'Sl(t-t_0)\rho l}{U^2 S} = \frac{c\rho'(t-t_0)\rho l^2}{U^2} = 7,5 \text{ с.}$$

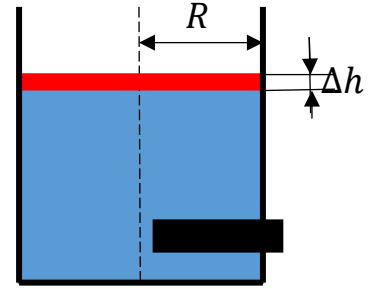
3. У циліндричній посудині радіусом  $R$ , що частково заповнена рідиною, густина якої  $\rho$ , у боковій стінці зроблено отвір, який закритий пробкою. Яку роботу необхідно виконати, щоб удавити пробку в посудину на відстань  $L$ ? Пробка має форму циліндра радіусом  $r$ . Центр отвору знаходиться на глибині  $h$ . Посудина достатньо висока, щоб рідина з неї не виливалася. Тертям знехтувати.



## Розв'язок

### Спосіб I.

Під час удавлювання пробка витісняє частину води об'ємом  $\Delta V$  і рівень води підвищується на висоту  $\Delta h$ . При цьому зростає його потенціальна енергія. Робота по вдавлюванню пробки дорівнюватиме зміні потенціальної енергії води в об'ємі  $\Delta V$ :



$$A = \Delta E_{\text{п}} = \Delta mg \left( h + \frac{\Delta h}{2} \right) = \rho \Delta V g \left( h + \frac{\Delta h}{2} \right) \quad (1).$$

Об'єм витісненої води дорівнює об'єму втиснутої частини пробки:  $\Delta V = \Delta V_{\text{пр}}$ . Оскільки  $\Delta V = \pi R^2 \Delta h$ ,  $\Delta V_{\text{пр}} = \pi r^2 L$  (2), то  $\pi R^2 \Delta h = \pi r^2 L$ . Звідси  $\Delta h = \frac{r^2 L}{R^2}$  (3).

Підставимо вирази (2), (3) у вираз (1):  $A = \rho g \pi r^2 L \left( h + \frac{r^2 L}{2 R^2} \right)$ .

### Спосіб II.

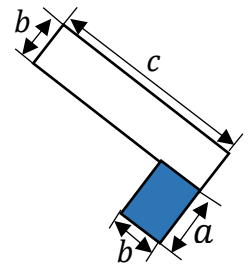
Робота з втискання пробки дорівнюватиме роботі по подоланню сили гідростатичного тиску:  $A = F_c L$  (1), де  $F_c$  – середня сила гідростатичного тиску.  $F_c = p_c S_{\text{пр}}$  (2), де  $p_c = \frac{p_{\text{поч}} + p_{\text{кінц}}}{2} = \frac{\rho g h + \rho g (h + \Delta h)}{2} = \frac{\rho g (2h + \Delta h)}{2}$  (3);  $S_{\text{пр}} = \pi r^2$  (4).

Підставимо вирази (4), (3) в (2):  $F_c = \frac{\rho g (2h + \Delta h) \pi r^2}{2}$  (5).

Об'єм виштовхнутої води дорівнює об'єму втиснутої частини пробки:  $\pi R^2 \Delta h = \pi r^2 L$ . Звідси  $\Delta h = \frac{r^2 L}{R^2}$  (6).

Підставимо вирази (5), (6) в (1):  $A = \rho g \pi r^2 L \left( h + \frac{r^2 L}{2 R^2} \right)$ .

4. Дерев'яна та металева однорідні балки з'єднані так, як показано на малюнку. Розміри, які вказані на малюнку:  $a = 10$  см,  $b = 5$  см,  $c = 35$  см. Темним кольором зображена металева балка. Відомо, що вся ця конструкція може плавати, якщо повністю занурена у воду. Який кут з вертикаллю утворює довга балка?



## Розв'язок

На кожну балку діє сила Архімеда та сила тяжіння. Оскільки балки однорідні й повністю занурені у воду, то кожна з сил прикладена до центру мас відповідної балки.

Усі сили направлені вздовж вертикалі. Металева балка (якщо вона відокремлена від дерев'яної) тоне у воді, тому рівнодійна сили Архімеда та сили тяжіння прикладена в точці В і направлена вниз (рис. 1).

Рівнодійна сил, що діє на дерев'яну балку (якщо вона відокремлена від металевої), направлена вгору, оскільки сила

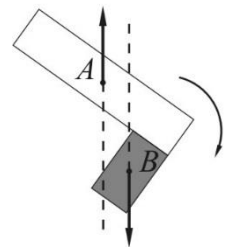


Рис. 1.

Архімеда перевищує силу тяжіння. Прикладена вона до центру мас дерев'яної балки в точці А.

Конструкція може плавати, якщо вона знаходиться в положенні стійкої рівноваги. Дослідимо положення конструкції. З рис. 1 видно, що точки А і В можуть не лежати на одній прямій, тоді балка починає обертатися, оскільки виникає обертальний момент. Отже, щоб балка могла знаходитися в стійкій рівновазі, необхідно, щоб обидві рівнодійні розміщувалися на одній вертикалі.

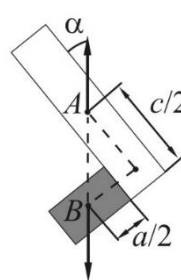


Рис. 2

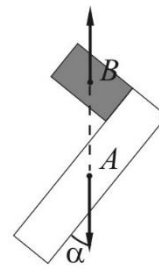


Рис. 3

Очевидно, що таких положень рівноваги два (рис. 2 та рис. 3): стійке, коли центр мас дерев'яної балки знаходиться вище центра мас металевої балки (рис. 2), та нестійке, коли центр мас металевої балки знаходиться вище центра мас дерев'яної балки (рис. 3).

Отже, для стійкого положення із співвідношення сторін трикутника  $ABC$  отримаємо:

$$\operatorname{ctg} = \frac{AB}{BC} = \frac{\frac{c-b}{2}}{\frac{a+b}{2}} = \frac{c-b}{a+b} = 2.$$

У положенні нестійкої рівноваги (рис. 3) кут з вертикаллю буде такий же.