

### Молодша ліга

**1 (3,5 бали).** Початкова різниця тисків дорівнює  $\rho_1 gh$ , де  $\rho_1$  — густина води. Через певний час пластинка перестає розганятися та рухається рівномірно. Це означає, що різниця тисків води знизу та зверху зрівноважує силу тяжіння пластинки  $\rho_2 ghS$ ,  $\rho_2$  — густина сталі. Отже, різниця тисків тепер дорівнює  $\rho_2 gh$ , вона збільшилася в 7,8 раза.

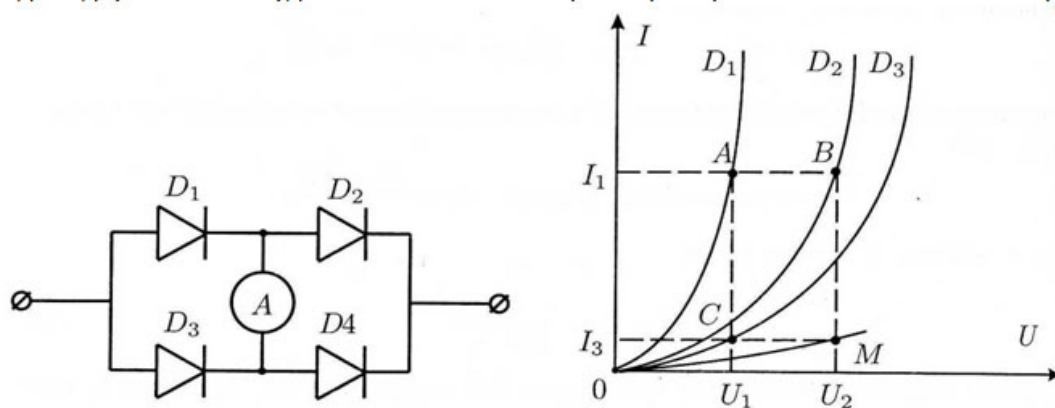
**2 (8 клас, 4 бали).**

Маса кульки не зміниться, тому й об'єм води, що вона витісняє, не зміниться. Об'єм води, що виливається, дорівнюватиме тільки збільшенню об'єму води внаслідок теплового розширення,  $V = V(1 + \beta_v \Delta t)$ .

**2 (9 клас, 4 бали).** Відсутність струму через амперметр говорить про рівність напруг на діодах  $D_1$  і  $D_3$ , а також на діодах  $D_2$  і  $D_4$  і рівність струмів через  $D_1$  і  $D_2$ , також через  $D_3$  і  $D_4$ . Тому можемо записати

$$I_1(U_1) = I_2(U_2) \quad \text{і} \quad I_3(U_1) = I_4(U_2)$$

Відповідну залежність будь-якої точки вольт-амперної характеристики можна побачити на графіках.



Знайдемо будь-яку точку вольт-амперної характеристики діода  $D_4$ . Візьмемо довільне значення  $U_1$  напруги на діоді  $D_1$ . Знайдемо точку A (на малюнку), яка визначає струм  $I_1$ , який протікає через діод  $D_1$ . Такий самий струм протікає через діод  $D_2$ . Тому точка B визначає напругу  $U_2$  на ньому. Така ж напруга на діоді  $D_4$ , а струм через нього такий самий, як через діод  $D_3$ . Цей струм  $I_3$  відповідає точці C. Таким чином, знайдено координати  $U_2$  та  $I_3$  точки M шуканого графіку. Таким самим чином побудовані інші точки графіку на малюнку.

**3 (3,5 бали).**

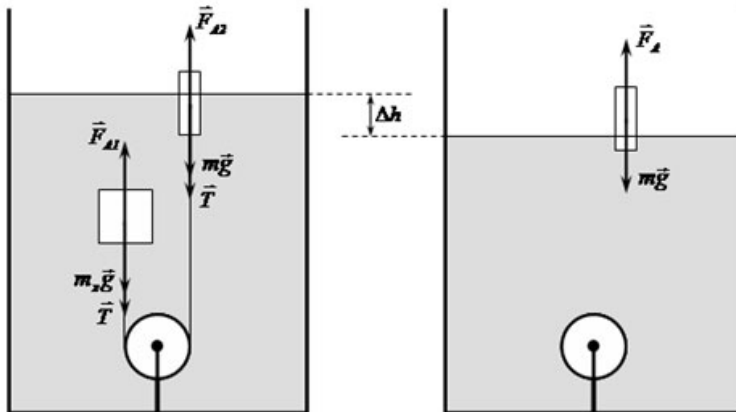


рис. 2

В результаті танення льоду, як відомо, рівень рідини зменшиться і зникне сила  $T$ , тому пінопласт спливе. Оскільки об'єм зануреної частини пінопласту зменшиться, та об'єм льоду більший за об'єм утвореної води, тому й рівень рідини у посудині понизиться на  $\Delta h$ .

Позначимо масу льоду  $m_L$ , об'єм льоду  $V_L$ , масу пінопласту  $m$ , об'єм зануреної частини пінопласту до танення льоду  $V_{01}$ , після танення льоду -  $V_{02}$ ; густину льоду  $\rho_L$ , густину пінопласту  $\rho$ , густину води  $\rho_B$ .

Розглянемо випадок рівноваги тіл до танення льоду (лівий рисунок), розставимо сили, які діють на кожне з тіл та запишемо умову рівноваги для кожного з тіл.

Для льоду:

$$m_L g + T = F_{A1}$$

$$m_L g + T = \rho_B g V_L \quad \text{звідки} \quad V_L = \frac{m_L g + T}{\rho_B g}$$

Для пінопласту:

$$mg + T = F_{A2}$$

$$mg + T = \rho_B g V_{01} \quad \text{звідки} \quad V_{01} = \frac{mg + T}{\rho_B g}$$

Тоді об'єм води  $V_1$ , як витіснена льодом та пінопластом у першому випадку:

$$V_1 = \frac{(m_L + m)g + 2T}{\rho_B g} \quad (1)$$

Після танення льоду об'єм витісненої води  $V_2$  дорівнює сумі об'ємів: об'єму води, яка утвориться після танення льоду  $V_B$ , та об'єму зануреної частини пінопласту  $V_{02}$ .

об'єму води, яка утвориться після танення льоду  $V_B$ :  $V_B = \frac{m_L}{\rho_B}$

Запишемо умову плавання для пінопласту в другому випадку (правий рисунок):

$$mg = F_A$$

$$mg = \rho_B g V_{02} \quad \text{звідки} \quad V_{02} = \frac{m}{\rho_B}$$

Тоді об'єм витісненої води у другому випадку:  $V_2 = V_B + V_{02} = \frac{m_L + m}{\rho_B}$  (2)

Тоді зміна витісненого об'єму рідини в першому та другому випадках:  $\Delta V = V_1 - V_2$  (3)

Підставивши (1) та (2) в (3) отримаємо:  $\Delta V = \frac{2T}{\rho_B g}$

Тоді зміна висоти рівня води  $\Delta h = \frac{\Delta V}{S} = \frac{2T}{\rho_B g S}$

Перевірка одиниць вимірювання:  $[\Delta h]_{SI} = \frac{H}{\frac{кг}{м^3} \frac{H}{кг} м^2} = м$

**Відповідь:**  $\Delta h = 4 \text{ см}$ .

**4 (4 бали).** Невеличкий отвір дає зображення предмета, що покладено у принцип дії камери-обскури. Цього разу предметом було Сонце, а характерна форма півмісяця означала, що фотографія була зроблена під час сонячного затемнення.

Для розрахунку відстані від отвору до екрану, необхідної для спостереження зображення, уявимо собі, що ми спостерігаємо Сонце через отвір, знаходячись на екрані. Якщо Сонце буде повністю вміщатися у отворі, тобто кутовий розмір Сонця буде менший за кутовий розмір отвору, освітленість екрану буде визначатися формою отвору. Якщо ж кутовий розмір отвору буде менший, то ми зможемо через цей отвір роздивитися окремі деталі сонячного диска. Це означає, що на екрані буде зображення джерела світла. Таким чином, умовою спостереження зображення Сонця є те, що кутовий розмір отвору менший за кутовий розмір Сонця.

$$D_{\text{отвору}}/L < D_{\text{Сонця}}/R_{\text{орбіти Землі}}$$

Відстань до екрана

$$L > D_{\text{отвору}} R_{\text{орбіти Землі}}/D_{\text{Сонця}}$$

Граничне значення відстані до екрана отримуємо близько 50см. Ясно, що чим більша ця відстань, тим більша чіткість зображення, але тим менша його яскравість.