

Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики
Теоретичний тур
9 клас

Завдання 1

Кулька для гри у пінг-понг радіусом $r = 15$ мм і масою $m = 5$ г занурена у воду на глибину $h_1 = 30$ см. Коли кульку відпустили, вона вистрибнула з води на висоту $h_2 = 10$ см. Скільки енергії перейшло в теплоту внаслідок тертя кульку з водою? Густина води $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

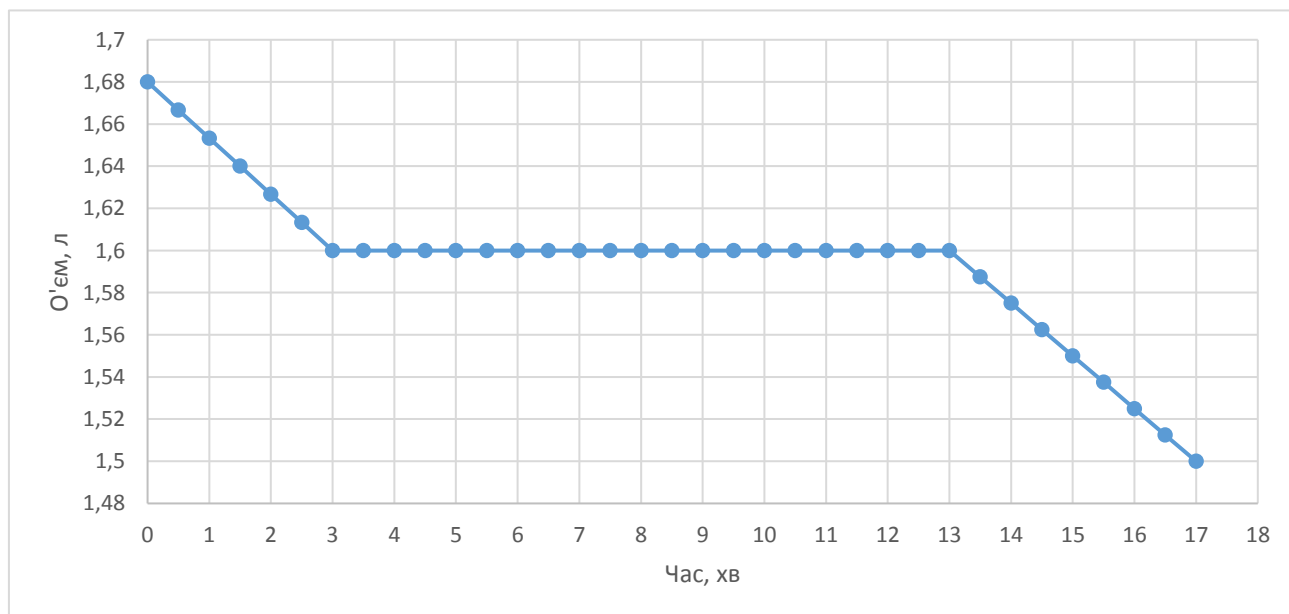
До відома. Об'єм кульки розраховується за формулою $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

Розв'язок

Дивись розв'язок завдання № 3 для 8-го класу

Завдання 2

Учень вирішив провести експеримент з визначення питомої теплоти плавлення λ льоду та питомої теплоти пароутворення води r . У електрочайник з холодною водою він засипав шматочки льоду та закріпив спеціальну тонку сітку так, щоб увесь лід опинився під водою. Після встановлення незмінної температури води, учень включив чайник у електромережу і почав спостерігати за зміною рівня води, а результати вимірювань відобразив на графіку. Використовуючи дані графіка, значення питомої теплоємності води 4200 Дж/(кг·К), густини води 1000 кг/м³, густини льоду 900 кг/м³, учень визначив λ і r . Але виявилося, що його результати суттєво відрізняються від табличних значень цих величин: одна



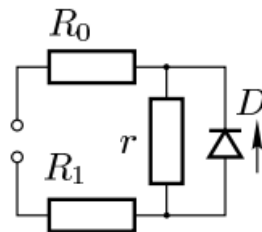
величина мала завищене значення, а інша – занижене. Які результати отримав учень? Поясніть причини таких відмінностей від табличних значень?

Розв'язок

Дивись розв'язок завдання № 4 для 8-го класу

Завдання 3

У електричному колі опір резисторів $R_0 = 15 \text{ Ом}$, $r = 15 \text{ Ом}$. Паралельно до резистора r під'єднали діод D . Визначте опір резистора R_1 , якщо сумарна потужність струмів резисторів R_1 та r не залежить від полярності прикладеної напруги. Опором діода знехтуйте.



До відома. Діод – це прилад, який пропускає електричний струм у одному напрямку. На рисунку показано підключення діода у випадку пропускання струму. Якщо змінити полюси джерела, то діод не буде пропускати електричний струм.

Розв'язок

Сила струму, яка проходить через резистор R_1 у момент, коли діод пропускає електричний струм (резистор r закорочено), дорівнює $I_1 = \frac{U}{R_0 + R_1}$.

Сумарна потужність резисторів R_1 та r дорівнює $P_1 = I_1^2 R_1$.

Коли діод не пропускає електричний струм, $I_2 = \frac{U}{R_0 + R_1 + r}$, а потужність $P_2 = I_2^2 (R_1 + r)$.

За умовою $P_1 = P_2$. Отже,

$$U^2 \frac{R_1}{(R_0 + R_1)^2} = U^2 \frac{R_1 + r}{(R_0 + R_1 + r)^2}.$$

Після перетворення виразу отримаємо квадратне рівняння:

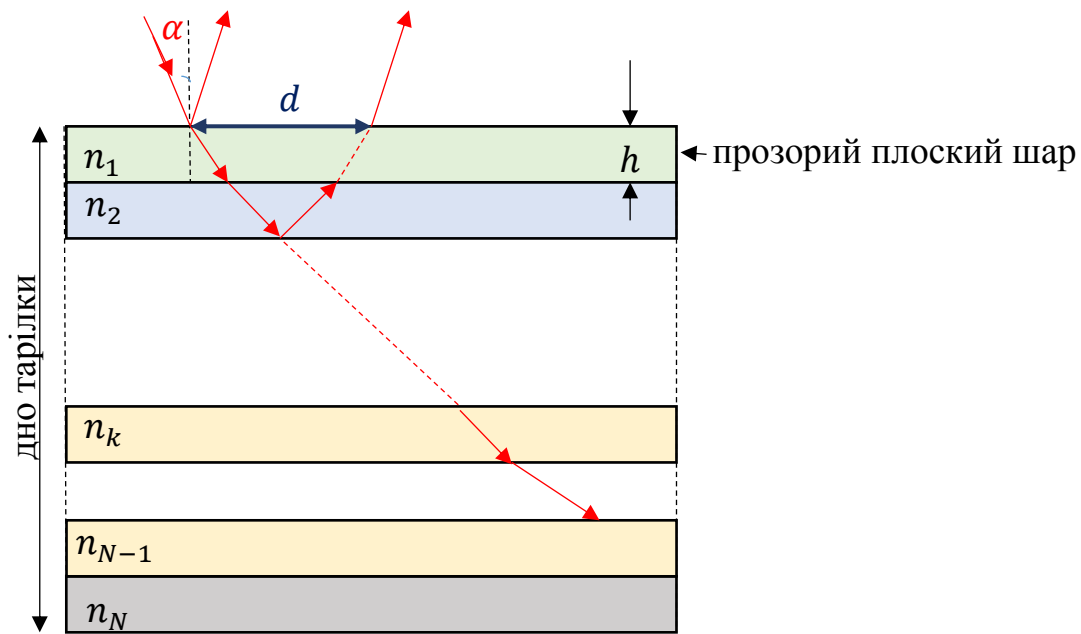
$$R_1^2 + rR_1 - R_0^2 = 0,$$

$$\text{яке має корені } R_1 = \frac{1}{2} \left(-r \pm \sqrt{r^2 + 4R_0^2} \right).$$

Від'ємний корінь рівняння не має фізичного змісту, тому $R_1 = 9 \text{ Ом}$.

Завдання 4

Дно тарілки має N паралельних плоских прозорих шарів однакової товщини h . Показник заломлення шару n залежить від номеру шару ($n_1 = 1, n_2 = 2, \dots, n_N = N$). На дно тарілки з повітря під кутом 30° падає світловий промінь. Визначте номер шару k , у якому промінь повністю відіб'ється. Визначте, яка відстань d буде між падаючим та відбитим променями на поверхні дна тарілки.



Розв'язок

Відзначимо кут заломлення β_k променя в k -му прозорому шарі за допомогою закону заломлення:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta_1} = \frac{n_1}{1}, \quad \frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} = \frac{n_2}{n_1} \text{ і так далі.}$$

З цих виразів отримуємо, що

$$\sin \alpha = n_1 \sin \beta_1 = n_2 \sin \beta_2 = \dots = n_k \sin \beta_k \quad (1)$$

$$\text{Отже, } \sin \beta_k = \frac{\sin \alpha}{n_k}.$$

Щоб промінь повністю відбився від межі двох сусідніх шарів (наприклад між k шаром та $k+1$ шаром), повинна виконуватися умова повного внутрішнього відбивання, що $\beta_{k+1} > \beta_k$ (β_k – кут повного внутрішнього відбивання між k та $k+1$ шарами, $\sin \beta_k = \frac{n_{k+1}}{n_k}$).

Тоді необхідно, щоб $\sin \beta_{k+1} > \sin \beta_k = \frac{n_{k+1}}{n_k}$ або $n_k \sin \beta_k > n_{k+1}$.

Використовуючи вираз (1), отримаємо, що $\sin \alpha = n_k \sin \beta_k > n_{k+1}$. Оскільки $\sin \alpha$ не може бути більшим за 1, то n_{k+1} також не може бути більшим за 1. Тому ...

Відстань d між точками, де два відбиті промені залишають пластину, дорівнює

$$d = x \cos \alpha = 2h \cdot \tan \beta_1 \cdot \cos \alpha = \frac{2h \cdot \sin \beta_1 \cdot \cos \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta_1}}$$

Підставимо у цей вираз вираз для $\sin \beta_1$ із закону відбивання $\sin \alpha = n_1 \sin \beta_1$.

$$\text{Отримаємо, що } d = \frac{2h \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha}} = \frac{h \cdot \sin 2\alpha}{\sqrt{n_1^2 - \sin^2 \alpha}}.$$