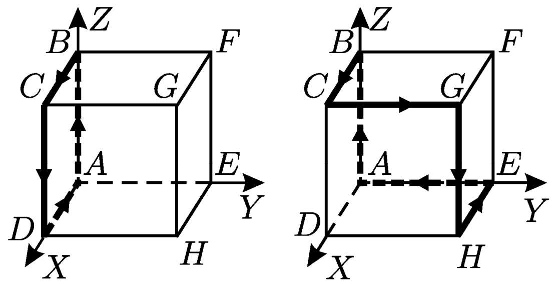
Обласна олімпіада з фізики
11 клас
Львів 2015

1. В посудині об’ємом V_1 знаходиться газ при тиску p_1. Знайдіть об’єм газу V_2 при ізотермічному розширені, якщо тиск зменшився удвічі. (3 *бали*)

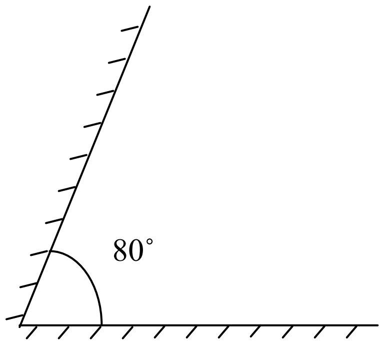
2. Мідний дріт довжини L та площею поперечного перерізу S має електричний опір R. Знайдіть масу дроту. Густина міді відома. (3 *бали*)

3. Струм протікає по контуру ABCDA (рис. а), який утворений чотирма ребрами куба, і створює в центрі куба магнітну індукцію величиною B_0. Знайдіть індукцію магнітного поля $\boldsymbol{B}$ в центрі куба, створену цим струмом, який протікає контуром ABCGHEA (рис. б) (6 *балів*)



а б

4. Два плоских дзеркала утворюють двогранний кут 80˚, у якому знаходиться точкове джерело світла. Скільки всього різних зображень точкового джерела світла можна побачити? (6 балів)



5. Закритий вертикальний циліндр розділений на дві рівні частини тонким масивним поршнем. В початковий момент часу поршень закріплений посередині циліндра, а знизу та зверху нього знаходиться рівна кількість одноатомного ідеального газу при температурі T і тиску p. Після того, як поршень відпускають, він зміщується вниз на деяку відстань і встановлюється в положенні рівноваги. У цьому положенні різниця тисків зверху та знизу поршня рівна Δp. Знайдіть, на яку температуру ΔT при цьому змінилась температура газу. Теплоємністю поршня і стінок циліндра знехтувати. (7 *балів*)

Розв'язки задач для 11 класу

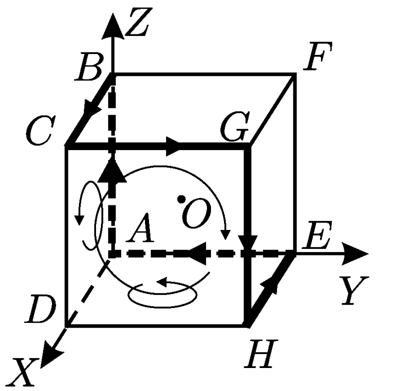
Задача 1

При ізотермічному процесі величина $pV = const$. Запишемо цей закон для двох станів: $p_1V_1 = p_2V_2$. Звідси знаходимо V_2: $V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2}$. За умовою задачі $p_2 = p_1/2$. Отже, $V_2 = 2V_1$.

Задача 2

Маса мідного дроту рівна $m = \rho V$. Об'єм визначаємо за наступною формулою $V=LS$. Отже, маса дроту рівна $m = \rho LS$.

Задача 3



Використовуючи правило свердлика можна знайти, що вектор індукції магнітного поля $\boldsymbol{B}_0$, який створюється струмом, що тече по контуру ABCDA, напрямлений вздовж осі y. Струм I, який протікає по контуру ABCGHEA можна представити як суму трьох струмів, які течуть по контурах ABCDA, DCGHD та ADHEA (див. рис). Кожен із цих контурів створює в центрі куба (точка O на рис) індукцію магнітного поля рівну B_0, яка напрямлена перпендикулярно до площини відповідного контура. Отже, на основі суперпозиції для шуканого вектора $\boldsymbol{B}$ можна написати наступне:

$$\boldsymbol{B} = (0, B_0, 0) + (-B_0, 0, 0) + (0, 0, B_0) = (-B_0, B_0, B_0).$$

Ветор $\boldsymbol{B}$ буде напрямлений вздовж відрізка OF в сторону точки F, а його величина рівна $B = \sqrt{3}B_0$.

Задача 4

Якщо джерело знаходиться недалеко від бісектриси двогранного кута, то ми можемо спостерігати чотири уявних зображень (див. рис. 1). Вони отримуються від відбивання світла від першого дзеркала (зображення 1), від другого дзеркала (зображення 2), а також при відбивані уявних зображень джерела світла 1 і 2 в дзеркалах 2 і 1 (зображення 12 і 21). Тут слід зауважити, що джерело може дати зображення тільки тоді, якщо воно знаходиться перед відбиваючою поверхнею дзеркал або на її продовженні. Оскільки уявні зображення джерела світла 12 і 21 знаходяться за продовженням відбиваючих поверхонь дзеркал 1 і 2, то світло від них відбитись більше не може.

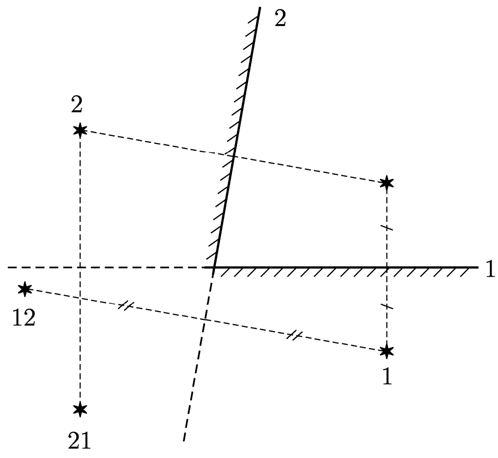


Рис.1

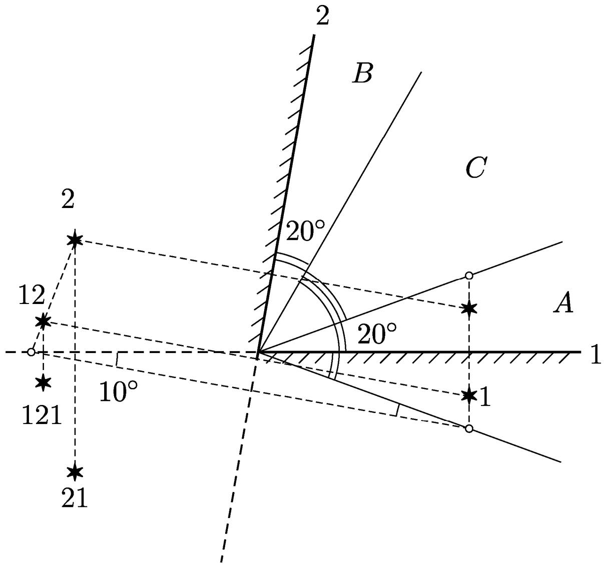


Рис. 2

Якщо джерело приблизити до поверхні якогось дзеркала, наприклад 1, то як видно з рис. 2 зображення 12 буде переміщатись в сторону площини дзеркала 1, перетне його та опиниться над продовження його відбиваючої поверхні. В такому випадку отримаємо ще одне уявне зображення 121, яке одержується при відбиванні уявного зображення 12 від поверхні дзеркала 1. В такому випадку буде спостерігатися п'ять уявних зображень джерела світла. З побудови на рис. 2 можна побачити, що уявне зображення 12 перетне площину дзеркала 1 тоді, коли джерело світла лежить у площині, яка створює із дзеркалом 1 кут 20˚. Аналогічні міркування можна провести і для випадку розташування джерела світла біля поверхні другого дзеркала.

Отже, якщо джерело світла знаходиться всередині двогранного кута 20˚ від будь-якого із дзеркал (області *A* та *B*), то будемо спостерігати п'ять уявних зображень джерела світла, а в решта випадків (область *C,* включно з обмежуючими її площинами) — чотири.

Задача 5

Позначимо площу циліндра через *S,* масу поршня — *m,* об'єм циліндра — *2V,* а кількість речовини ідеального газу — *2ν*. Для ідеального газу в початковому стані справедливе рівняння Менделеєва-Клапейрона:

$$pV = \nu RT. \quad (1)$$

Після того, як поршень відпустили він перейшов у положення рівноваги опустившись на висоту *h*. В результаті такого процесу температура газу знизилась на ΔT, а тиск в нижній частині циліндра зріс на величину Δp_1, а у верхній частині циліндра знизився на Δp_2. Запишемо закон Менделеєва-Клапейрона для ідеального газу, які знаходяться над поршнем і під ним:

$$(p + \Delta p_1)(V - Sh) = \nu R(T + \Delta T), \qquad (2)$$

$$(p - \Delta p_2)(V + Sh) = \nu R(T + \Delta T). \qquad (3)$$

Оскільки, поршень знаходиться в положенні рівноваги:

$$\Delta p_1 + \Delta p_2 = \Delta p = mg/S. \qquad (4)$$

При опусканні поршня зміна його потенціальної енергії в полі сили тяжіння *mgh* йде на зміну внутрішньої енергії газів (3/2) $2\nu\ R\Delta T$, тобто $3\nu R\Delta T = mgh$.Звідси висота опускання поршня рівна

$$h = 3\nu R\Delta T/mg. \qquad (5)$$

Фактично ми отримали систему рівнянь (1) - (5), яку потрібно розв'язати. Таку систему рівнянь розв'яжемо відносно ΔT.В результаті отримаємо квадратне рівняння на невідому величину ΔT:

$$15p^2(\Delta T)^2 + 6p^2T\,\Delta T - T^2(\Delta p)^2 = 0.$$

З рівняння (5) видно, що величина ΔT є додатня. Після розв'язку квадратного рівняння отримаємо таке значення приросту температури

$$\Delta \mathrm{T} = \frac{1}{30p^2}\left(-6p^2T + 6p^2T\sqrt{1 + \frac{5}{3}\left(\frac{\Delta p}{p}\right)^2}\right) = \frac{T}{5}\left(\sqrt{1 + \frac{5}{3}\left(\frac{\Delta p}{p}\right)^2} - 1\right).$$