

Відбірково-тренувальні збори кандидатів до складу команд учнів України для участі у міжнародній учнівській олімпіади з фізики 2017 року

17.05.2017 Пашко М.І.

1. У циліндричній вертикальній посудині під поршнем площею S знаходиться у рівновазі 1 моль ідеального газу (кисню) при температурі T . У середині поршня та середині дна закріплені точкові заряди q та $-q$. Посудину починають повільно нагрівати. Теплоємність самої посудини з поршнем дорівнює C , прискорення вільного падіння g . (рис.1) Нехтуючи зовнішнім атмосферним тиском, втратами енергії у навколишнє середовище та поляризацією кисню (вважати, що його діелектрична проникливість дорівнює 1), визначити теплоємність всієї системи (або функцію її залежності від температури) під час розширення у наступних випадках:

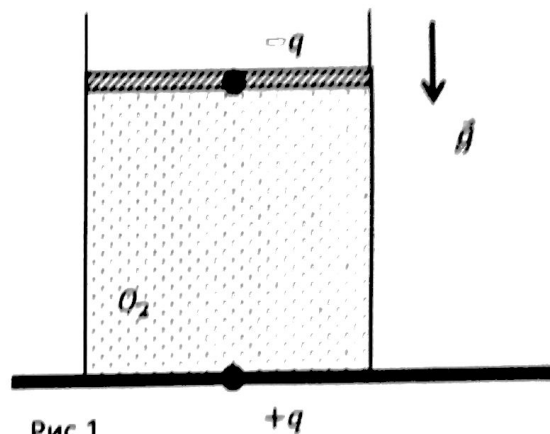


Рис.1

- 1.1. Поршень невагомий.
- 1.2. Маса поршня дорівнює M .
- 1.3. Маса поршня M . Між поршнем та стінками посудини існує постійна сила сухого тертя F .

2. Автомобіль з вертикально розташованою антеною рухається прямолінійно по горизонтальній поверхні зі сталою швидкістю 9 м/с . На кінці антени знаходиться джерело хвиль потужністю $1,5\text{ кВт}$, що випромінює їх рівномірно у всі боки. У даній задачі вважати швидкість звуку сталою та дорівнює 340 м/с , швидкість світла $3 \cdot 10^8\text{ м/с}$. $\pi = 3,14$. $e = 2,7$.

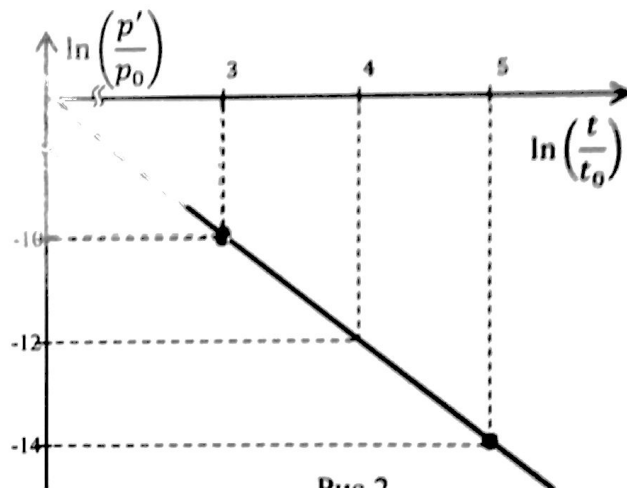


Рис.2

- 2.1. Будемо вважати хвилі звуковими. Яку інтенсивність звуку буде реєструвати нерухомий детектор, що знаходиться прямо попереду автомобіля у той момент, коли відстань між ними буде дорівнювати 48 м . Відповідь навести у мВт/м^2 та округлити до цілих.
- 2.2. Будемо вважати хвилі світловими. Нехай автомобіль віддаляється від дуже великої вертикальної ідеально відбиваючої світло поверхні, рухаючись перпендикулярно до неї. Відбите від дзеркала світло реєструється детектором, що, разом з джерелом у його центрі, розташований на антені паралельно до дзеркала. Детектор виготовлений у формі круглої пластини. Знайти його площу S , використовуючи ділянку графіка залежності (рис 2.) зареєстрованої потужності P' відбитого світла від часу t у так званому двічі логарифмічному масштабі з параметрами: $P_0 = 1\text{ Вт}$, $t_0 = 1\text{ с}$. В початковий момент автомобіль був у самій відбиваючій поверхні.

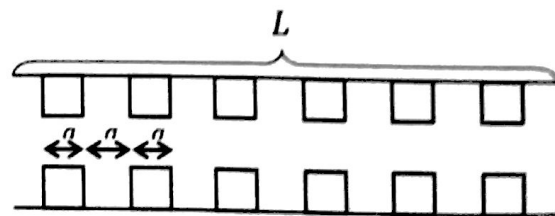


Рис.3

- 2.3. Замість джерела та детектора, на автомобілі встановили пряму циліндричну гофровану трубу довжиною $L = 1\text{ м}$, з розміром елемента гофри $a = 3\text{ мм}$ (переріз труби дивись на рис.3), що паралельна до швидкості автомобіля та відкрита з обох боків. Чи буде «звучати» труба під час руху авто? Якщо так, то вказати всі можливі частоти звучання. Вважати, що швидкість, з якою повітря проходить трубу дорівнює швидкості автомобіля.

3. Частка масою m та зарядом e рухається по коловій орбіті радіусом r_0 у горизонтальній площині зазору магніту, в якому магнітне поле спадає вздовж радіуса за законом $B_z(r) = A/r^n$. ($0 < n < 1$). Центр орбіти співпадає з віссю симетрії z . (рис.4). Нехтуючи силою тяжіння та випромінюванням:

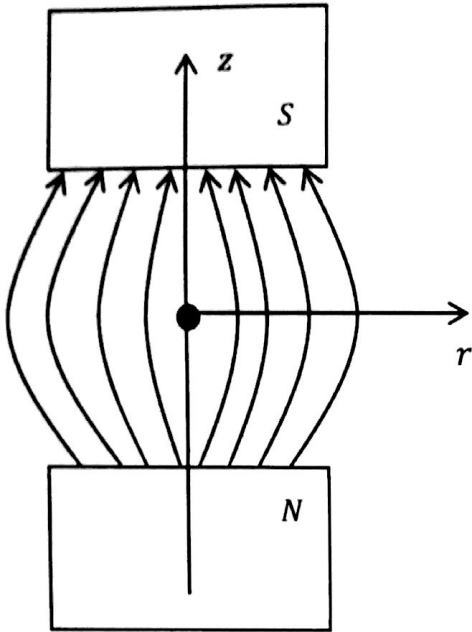


Рис. 4

3.1. Встановити чи буде орбіта стійкою при невеликих зміщеннях з горизонтальної площини? Якщо да, то з якою циклічною частотою ω_z буде коливатися частка у вертикальному напрямку?

3.2. Встановити чи буде орбіта стійкою при невеликих радіальних зміщеннях? Якщо так, то з якою циклічною частотою ω_r буде коливатися частка?

Підказка: Для отримання виразу, що зв'яже $\oint_L B dl = \oint_L B_r dl = \mu_0 \sum_{k=1}^n I_k$ компоненти магнітного поля

$B(r)$ та $B(z)$ скористуйтеся теоремою про циркуляцію вектору магнітної індукції B : циркуляція вектору B вздовж довільного замкненого контуру дорівнює добутку магнітної сталої μ_0 на алгебраїчну суму струмів, що охоплює цей контур.

4. 4.1 В деяких приладах заряджений потужний конденсатор ємності C необхідно розрядити за потрібний характерний час T на розрядну лампу опору R . Для реалізації такого розряду у коло додають котушку індуктивності L . (рис.5). Але якщо в колі виникнуть коливання, то струм, що буде йти у зворотному напрямку може пошкодити лампу. Тому найбільш оптимальним варіантом розряду лампи без виникнення коливань вважається розряд за експоненціальним законом у вигляді $q = q_0 \cdot \exp(-t/T)$. Знайти діапазон значень індуктивності, що дає можливість експоненціального розряду. Вважати відомими R , C та q_0 . Знайдіть залежність заряду конденсатора від часу під час розряду, для відомого L з цього діапазону.

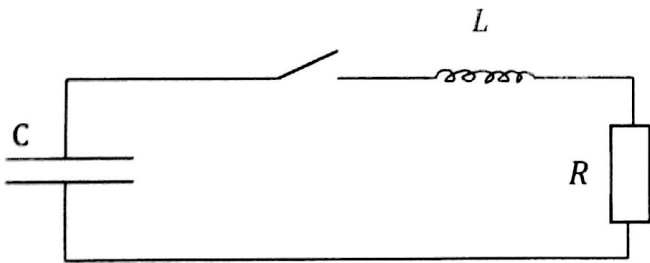


Рис.5

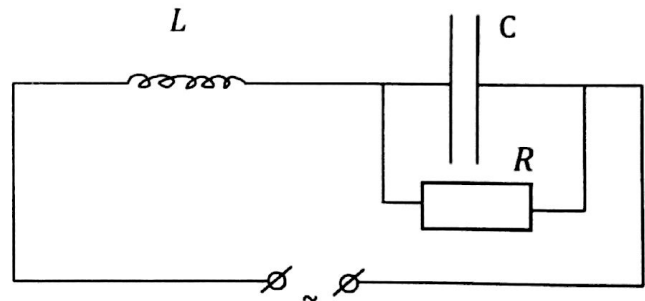


Рис.6

- 4.2. Котушку L , конденсатор C та активний опір R з'єднують так як показано на рис.6, та підключають до джерела змінної синусоїдальної напруги U та частоти $\omega = (LC)^{-1/2}$. Знайти залежність струму, що йде крізь лампу від напруги в джерелі та параметрів схеми. Для чого може бути використана така схема?
- 4.3. Коливальний контур, що складається з котушки індуктивності L та конденсатора ємності C , був заземлений через резистор дуже малого опору R . К іншому виходу з контуру під'єднали металеву сферу, радіусом r . Конденсатор зарядили до напруги U_0 та замкнули перемикач. Вважати, що перед замиканням коливань у колі не було! Конденсатор та сфера знаходяться далеко один від одного. Не намагаючись отримати точні залежності, зробити по можливості найбільш наближену до справжньої формулу: періоду коливань у колі, максимальної силу струму у котушці під час коливань та добротності Q коливальної системи. (Добротність розраховується як $Q = 2\pi W / \Delta W$, де W – повна енергія у системі, ΔW – втрати цієї енергії за період). Опором котушки, з'єднувальних проводів та сфери можна знехтувати. Також вважайте, що кількість теплоти, що виділяється на резисторі за період коливань набагато менша за енергію коливального контуру.

