

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Олимпиада по физика, Национален кръг
Хасково, 21 – 22 април 2012 г.
Тема за 10. – 12. клас
Първи етап

Задача 1. Ефектът на доминото

а) Трупче с маса m , което се движи с начална скорост v_0 , удря челоно друго трупче със същата маса, което е неподвижно. Ударът е идеално еластичен. Намерете скоростите v_1 и v_2 на трупчетата след удара. [3 т.]

Реалният удар между две тела никога не е идеално еластичен, тъй като част от началната им механична енергия се трансформира в топлина. В такъв случай е прието ударът да се характеризира с така наречения *коефициент на възстановяване* η , който се дефинира по следния начин:

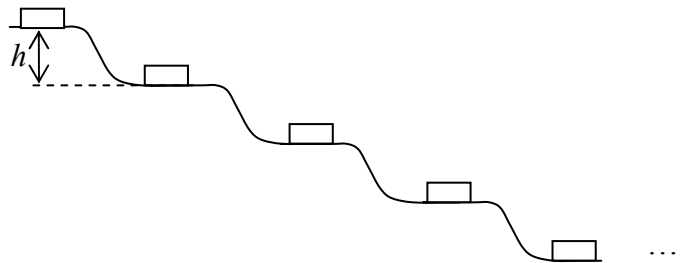
$$\eta = \frac{v'_{\text{отн}}}{v_{\text{отн}}},$$

където $v_{\text{отн}}$ и $v'_{\text{отн}}$ са големините на относителните скорости на телата едно спрямо друго съответно преди и след удара. Коефициентът на възстановяване има стойности $0 \leq \eta \leq 1$ и зависи единствено от материалите, от които са изработени телата.

б) Както в точка а), ударът между трупчетата е челен, като преди удара едното трупче се движи със скорост v_0 , а другото е неподвижно. Ударът обаче не е еластичен и се характеризира с коефициент на възстановяване η .

- Определете скоростите v_1 и v_2 на трупчетата след удара. [6 т.]
- Намерете промяната ΔU на вътрешната енергия на трупчетата в резултат на удара помежду им. [2 т.]

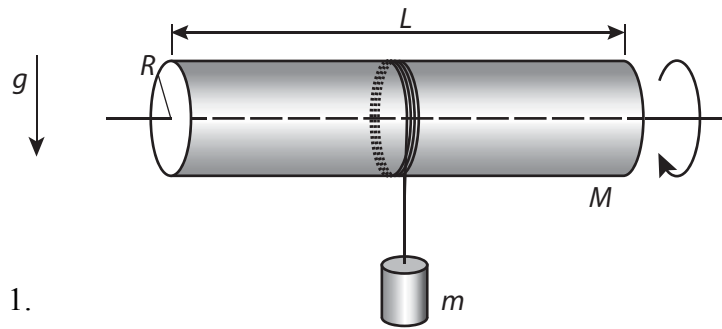
в) Голям брой хоризонтални „тераси“ са разположени една под друга през еднакви височини h . Еднакви трупчета, всяко с маса m , са поставени неподвижни – по едно на всяка тераса. На най-горното трупче е придадена много малка начална скорост, поради която то се хлъзга до долната тераса и удря следващото трупче. То на свой ред се хлъзга до третата тераса и удря поставеното на нея трупче и т.н. Намерете границата v_∞ , към която клони скоростта на N -тото трупче, след като бъде ударено, когато $N \rightarrow \infty$.



Коефициентът на възстановяване при всички удари е η . Триенето между трупчетата и повърхността се пренебрегва. Земното ускорение е g . Приемете също така, че трупчетата се хлъзгат по повърхността, без да се отделят от нея. [4 т.]

Задача 2. Въртящ се зареден цилиндър

На фиг.1 е показан дълъг кух тънкостенен цилиндър от диелектрик с радиус R , дължина L ($L \gg R$) и маса M . Върху околната повърхност на цилиндъра е разпределен равномерно електричен заряд Q . По средата на цилиндъра е навита лека неразтеглива нишка, към свободния край на която е закачена теглилка с маса m . В началния момент системата е в покой. Освобождават теглилката и тя започва да се спуска надолу и да върти цилиндъра. Цилиндърът се върти без триене около геометричната си ос, която е разположена хоризонтално. Нишката не се хлъзга по повърхността на цилиндъра. Съпротивлението на въздуха не се отчита. Земното ускорение е g .



Фиг. 1.

Да означим с v скоростта на теглилката в момент, когато тя е изминала път s .

а) Изразете кинетичната енергия на теглилката и на цилиндъра като функция на скоростта v . [2 т.]

б) Изразете индукцията B на магнитното поле в цилиндъра като функция на скоростта v . [4 т.]

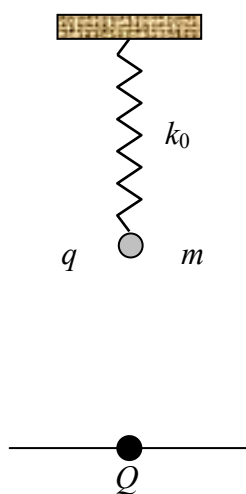
в) Покажете, че енергията W_B на магнитното поле в цилиндъра е пропорционална на квадрата на скоростта: $W_B = \frac{1}{2}kv^2$. [2 т.] Определете константата k . [2 т.]

г) Определете ускорението a на теглилката. [5 т.]

Полезни формули и информация:

- Когато по дълга цилиндрична намотка (соленоид) тече ток I , той създава магнитно поле. Вътре в соленоида полето е приблизително равномерно и неговата индукция е $B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \mu_0 i$, където μ_0 е магнитната константа, N – броят на навивките, L – дължината на соленоида, а $i = \frac{NI}{L}$ е токът на единица дължина от соленоида. Извън соленоида полето се приема за равно на нула.
- Плътността на енергията w_B на магнитното поле (магнитната енергия в единица обем от полето) се изразява с формулата $w_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$.

Задача 3. Заредено пружинно махало.



Фиг. 2

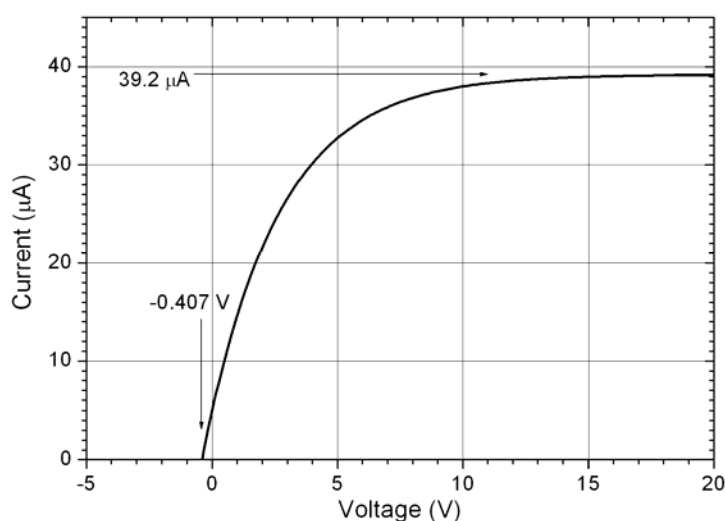
На вертикална пружина с коефициент на еластичност $k_0 = 90 \text{ N/m}$ е окачено метално топче с маса $m = 180 \text{ g}$ и електричен заряд $q = 1 \mu\text{C}$ (фиг. 2). Когато махалото е неподвижно, под него се поставя неподвижен заряд $Q = q$ и то започва да извършва вертикални хармонични трептения. Разстоянието между равновесното положение на махалото при тези трептения и неподвижния заряд е $x_0 = 10 \text{ cm}$. Във втория случай под махалото се поставя неподвижен заряд $Q = -q$ и то започва да трепти хармонично. Разстоянието между равновесното положение на махалото при тези трептения и неподвижния заряд е също $x_0 = 10 \text{ cm}$. Константата в закона на Кулон е $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$.

а) Намерете амплитудите A_1 и A_2 на трептене на махалото в двата случая. [2 т.]

- б) Определете разстоянието r между равновесните положения на махалото в първия и втория случай. [2 т.]
- в) Намерете коефициентите на еластичност k_1 и k_2 на връщащите сили, под действие на които се извършват хармоничните трептения в първия и втория случай, ако отместването x от равновесното положение е много по-малко от x_0 [9 т.]
- г) Пресметнете периодите на трептене T_1 и T_2 . [2 т.]

Задача 4. Вакуумен фотодиод.

Вакуумният фотодиод представлява вакуумиран кварцов балон, на който от вътрешната страна е изпарен тънък слой метал, който през балона може да се осветява със светлина. Този електрод се нарича катод. Другият електрод не може да се осветява. Между тези два електрода се подава напрежение и се измерва токът през фотодиода. При облъчване на фотодиода с монохроматична светлина с дължина на вълната $\lambda = 488,0 \text{ nm}$ и мощност $P = 1,000 \text{ mW}$ се наблюдава следната зависимост на тока през фотодиода от електродвижещото напрежение на източника:



Метал	A , eV
Ba	2,52
Na	2,36
K	2,29
Rb	2,26
Cs	2,14

- а) Изчислете отделителната работа A (в eV) на метала, от който е направен фотокатода? Кой от изброените в таблицата метали е използван? [5 т.]
- б) Изчислете в какъв интервал е дължината на вълната на видима светлина, с която като осветяваме фотокатода, през него може да тече ток? [5 т.]
- в) Квантов добив η наричаме отношението на избитите от фотокатода електрони и падналите върху него фотони. Колко процента е квантовия добив η на този фотокатод? [5 т.]

константа на Планк: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

електричен заряд на електрона: $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

скорост на светлината: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$