

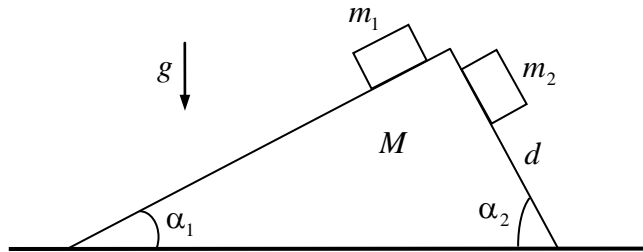
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

Казанлък, 11 – 13 април 2014 г.

Тема за 10. – 12. клас

Задача 1. Трупчета върху призма

Върху идеално гладка равнина е поставена призма с маса M , чиито околни стени представляват идеално гладки наклонени равнини, които сключват ъгли α_1 и α_2 с хоризонта, както е показано на фиг. 1. От най-високата точка на призмата са пуснати без начална скорост две малки трупчета с маси m_1 и m_2 .



Фиг. 1

А) Какво би трябвало да е отношението m_1/m_2 , за да остане призмата неподвижна? [3 точки]

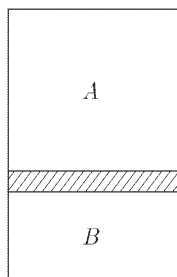
Б) Намерете израз за големината на ускорението a_0 , с което ще се движи призмата преди някое от трупчетата да стигне до хоризонталната плоскост, при произволни стойности на параметрите в задачата. Получете изрази за големините на ускоренията a_1 и a_2 на трупчетата спрямо призмата. [8 точки]

В) Нека $\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha_2 = 60^\circ$, $m_1/M = 0,1$, $m_2/M = 0,2$, а земното ускорение $g = 10 \text{ m/s}^2$. На колко са равни числените стойности на големините на ускоренията a_0 , a_1 и a_2 ? Каква е посоката на движение на призмата? [2 точки]

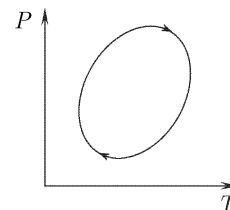
Г) За колко време t второто (дясното) трупче ще достигне хоризонталната плоскост, ако разстоянието, което трябва да измине, е $d = 50 \text{ cm}$? [2 точки]

Задача 2. В задачата част А и част Б са независими.

Част А. Във вертикален цилиндричен съд под и над подвижното бутало се намират еднакви количества идеален газ (фиг. 2.1.) Буталото се движи в цилиндъра без триене. При началната температура отношението на обемите на двата газа е $V_1^A/V_1^B = n$. На колко ще бъде равно отношението $x = V_2^A/V_2^B$, когато температурата е k пъти по-голяма от началната температура? [9 точки]



Фиг. 2.1.



Фиг. 2.2.

Част Б. На фиг. 2.2. е представен цикличен процес, който се извършва с фиксирано количество идеален газ.

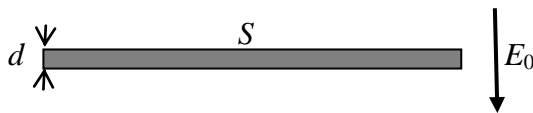
А) Намерете чрез построение точките от графиката на процеса, в които обемът на газа е минимален и максимален. Обяснете построението. [4 точки]

Б) Определете участъците от цикличния процес, на който газът се разширява и на който се свива. [2 точки]

Задача 3. Електростатична индукция

От уроците по физика знаете, че ако поставите електронеутрално парче метал във външно електростатично поле, върху повърхността на метала се натрупват индуцирани заряди. Знаете ли обаче колко бързо се натрупват тези заряди? Ами няма ли електроните в метала да „свършат“, ако приложеното поле е прекалено силно? Тази задача ще ви помогне да си отговорите на тези въпроси.

Електронеутрална медна пластинка с дебелина $d = 1 \text{ mm}$ и площ $S = 10 \text{ cm}^2$ е поставена във външно електрично поле с интензитет $E_0 = 3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$, насочен перпендикулярно на пластината.



А) Пречертайте фигурата и означете знаците на индуцираните заряди върху горната и долната повърхност на пластината. Дайте кратка (1–3 изречения) обосновка защо сте избрали тези знаци на зарядите. Приемете, че върху страничните повърхности не се натрупват заряди. [2 точки]

Б) Намерете големината Q на зарядите, индуцирани върху горната и долната повърхност след установяване на електростатично равновесие. [5 точки]

В) Каква относителна част η от свободните електрони в пластинката се натрупват върху нейната повърхност?

Приемете, че всеки атом на медта отдава един свободен електрон. [3 точки]

Г) Веднага след поставянето на пластината във външното поле, върху повърхността ѝ все още няма натрупани заряди. Какъв ток I протича между горната и долната повърхност на пластината в този момент? [3 точки]

Не разглеждайте ефекти, свързани с индуктивността на системата и с инертността на електроните.

Д) Приблизително за колко време t ще се натрупат индуцираните заряди върху повърхността? Посочете накратко (1–3 изречения) защо вашата оценка за времето е приблизителна. [2 точки]

Данни:

Електрична константа, $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$;

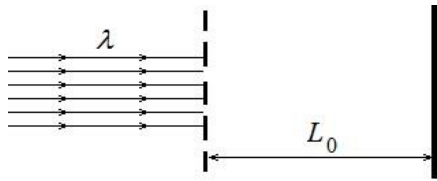
Елементарен електричен заряд, $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;

Специфично съпротивление на медта, $\rho = 1,68 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$;

Плътност на медта, $\rho_w = 8,90 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;

Маса на атома на медта, $M = 1,0 \times 10^{-25} \text{ kg}$.

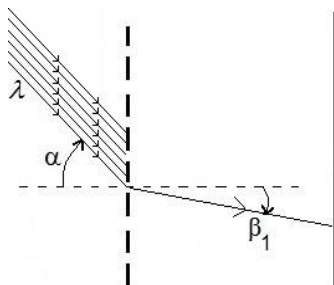
Задача 4. В двете подусловия се използва кохерентна монохроматична светлина с дължина на вълната $\lambda = 600 \text{ nm}$.



Фиг. 4.1

А) Светлинният сноп пада перпендикулярно върху дифракционна решетка с константа d (Фиг. 4.1). Дифракционната картина се наблюдава върху екран, разположен на разстояние L_0 от решетката. Опишете качествено как широчината на процепите влияе върху положението на максимумите. На какво разстояние L

трябва да се премести екранът, така че положението на максимума от $(m+1)$ -ви порядък при новото разстояние (т.е. L) да съвпада с положението на максимума от m -ти порядък при старото разстояние (т.е. L_0)? Каква е най-малката константа на решетката, при която може да се наблюдават максимуми от 5-ти порядък? [4 точки]



Фиг. 4.2

Б) Светлината пада под ъгъл α върху дифракционна решетка с константа d (Фиг. 4.2). На ъгли $\beta_1 \approx 14^\circ$ и $\beta_2 \approx 74^\circ$, измерени от една и съща страна на нормалата, се наблюдават два последователни максимума от дифракционната картина. Определете константата на решетката d . Колко максимума и при какви ъгли β могат да се наблюдават при този ъгъл на падане? Определете порядъ-

ците на съответните максимуми и ъгъла на падане α . [11 точки]