

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

11 – 12 март 2017 г., Вършец

Специална тема

Задача 1. Спътник.

а) Намерете налягането на въздуха $p(h)$ като функция на височината над морското равнище. Може да приемете, че температурата на въздуха T не се променя. Моларната маса на въздуха е μ . Налягането на морското равнище е p_0 . Универсалната газова константа е R . Земното ускорение на морското равнище е g . Радиусът на Земята е R_3 . [2,5 т.]

б) Големината на силата на съпротивление, която действа на някакъв обект при неговото движение в атмосферата, е от вида $F_{\text{съпр}} = k\rho^a S^b v^c$, където k е безразмерен коефициент, ρ е плътността на въздуха на съответната височина над морското равнище, S е лицето на максималното напречно сечение на обекта, а v е големината на скоростта, с която той се движи. Чрез анализ на размерностите намерете неизвестните степени a , b и c . [1 т.]

Кълбовиден спътник има маса $m = 100$ kg и радиус $R_c = 0,5$ m. Спътникът се движи приблизително по кръгова орбита на височина $H = 200$ km над морското равнище. Разредената земна атмосфера оказва върху спътника сила на съпротивление като в подточка б), с коефициент $k = 0,6$. Числените стойности на константите, които ще са ви необходими, са дадени по-долу.

в) Определете периода τ , за който спътникът прави една пълна обиколка по своята орбита около Земята. [0,8 т.]

г) Намерете мощността P , която силата на съпротивление оказва върху спътника. За определяне на съответната плътност на въздуха използвайте формулата, която сте получили в подточка а). [0,7 т.]

д) Силата на съпротивление принуждава спътника да се движи по спиралообразна крива. Въпреки това моментното му движение може да се апроксимира достатъчно добре като движение по окръжност с бавно намаляващ радиус $r(t) = R_3 + h(t)$. Изразете пълната механична енергия на спътника чрез масата му m и неговата моментна големина на скоростта $v(t)$. Като използвате израза за мощността на силата на съпротивление, получен в подточка г), намерете \dot{v} (големината на тангенциалното ускорение на спътника). Намалява или расте големината на скоростта на спътника? [1,5 т.]

е) Като използвате израза за \dot{v} , получен в подточка д), определете ъгловото ускорение ε на сателита. [2,5 т.]

ж) Оценете изменението Δh (спрямо първоначалната височина H) на височината на спътника над морската повърхност, породено от силата на съпротивление за време τ (една обиколка на спътника около Земята). [1 т.]

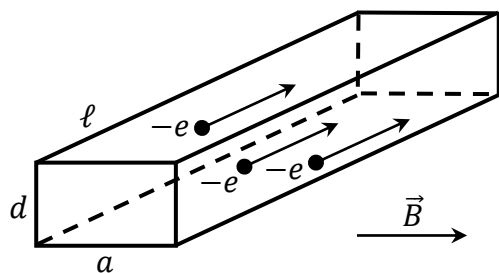
• $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + \text{const}; \int \frac{dx}{(c_1x+c_2)^2} = -\frac{1}{c_1(c_1x+c_2)} + \text{const}; c_1, c_2$ - произволни константи

• Числени стойности на физични константи:

$T = 288$ K; $\mu = 29,0$ g/mol; $p_0 = 101$ kPa;

$R = 8,31$ J/mol.K; $g = 9,81$ m/s²; $R_3 = 6,37 \cdot 10^6$ m.

Задача 2. Модел на Друде, закон на Ом и ефект на Хол.



Моделът на Друде дава просто и сравнително добро описание на движението на свободните електрони в проводници при постоянно външно напрежение U между двата края на проводника. Всеки електрон се разглежда като класическа частица със заряд $-e$, на която действа сила на съпротивление, пропорционална на скоростта на електрона: $\vec{F}_{\text{съпр}} = -\gamma\vec{v}$, където γ е

положителна величина, която характеризира взаимодействието между електрона и решетката от положителни йони. Разглеждаме меден проводник с дължина ℓ и правоъгълно напречно сечение с размери a и d , както е показано на фигурата. Плътноста на медта е ρ , а моларната й маса е μ . Числото на Авогадро е N_A . Първоначално върху проводника не е приложено външно магнитно поле.

а) Намерете големината на постоянната дрейфова скорост v_d , с която се движат електроните, след като е изминало достатъчно дълго време от затварянето на веригата. [2,5 т.]

б) Броят на свободните електрони в проводника е равен на броя медни йони. На колко е равна големината на електричния ток I , който протича между двата края на проводника под действие на приложеното напрежение? Определете съответното електрично съпротивление R на проводника в модела на Друде. [3 т.]

в) Нека да приложим постоянно външно магнитно поле \vec{B} , което е ориентирано напречно на дължината на проводника, както е показано на фигурата. Под действие на магнитното поле се индуцират заряди върху две срещуположни околни стени на проводника (ефект на Хол). Коя стена се зарежда положително? Намерете Холовото напрежение U_H , което се създава между двете заредени околни стени. [2,5 т.]

г) Намерете колко е общият индуциран заряд Q върху положително заредената околна стена на проводника. Може да пренебрегнете ефектите, които произтичат от крайната дължина на проводника. Диелектричната проницаемост на вакуума е ϵ_0 . [2 т.]

Задача 3. Физика на ХХ век.

Част I Протон с кинетична енергия $E_k = 940$ MeV се удря еластично в друг неподвижен протон, така че след сблъсъка частиците се движат на равни ъгли от двете страни на посоката на движение на първоначално налитания протон. Пресметнете ъгъла θ между посоките на движение на частиците след удара. [3 т.]

Част II Хелиев атом ($Z = 2$ протона в ядрото) се намира в основно състояние. Като използвате атомния модел на Бор и принципа за неопределеност на Хайзенберг:

а) оценете разстоянието r_0 от ядрото, на което се намират електроните; [3 т.]

б) оценете енергията E_0 на двата електрона в основното състояние; [1 т.]

в) определете разстоянието до ядрото r_0^* , на което се намира единственият останал електрон след еднократна йонизация на хелиевия атом; [1 т.]

г) намерете приблизително каква минимална енергия $E_i^{(1)}$ е необходима за еднократната йонизация на атома; [1,5 т.]

д) направете оценка на минималната енергия $E_i^{(2)}$, която е необходима за двукратна йонизация на хелиевия атом. [0,5 т.]

Физични константи: маса на протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, скорост на светлината във вакуум $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s, заряд на електрона $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C, маса на електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg, диелектрична проницаемост на вакуума $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m, константа на Планк $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s.