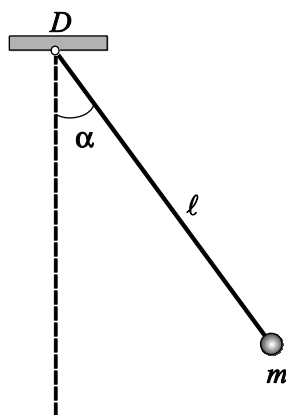


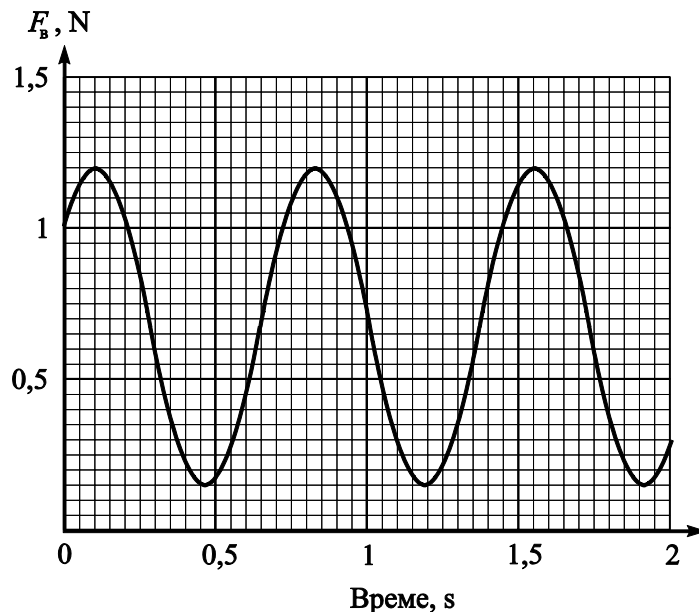
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Олимпиада по физика, Национален кръг, Плевен, 1 май 2010 г.

Задача 1. Сензор за сили.

С помощта на динамичен сензор, свързан с компютър, могат да се измерват бързопроменящи се сили. Махало е съставено от тежко топче (материална точка) с маса m , окачено на неразтеглива нишка с дължина ℓ , чиято маса може да се пренебрегне. Другият край D на нишката е закрепен към динамичен сензор (фиг.1). Топчето се люлее около равновесното си положение, а сензорът измерва вертикалната компонента F_v на силата, с която нишката действа на точката на окачване D . Графиката от фиг. 2 показва как силата F_v се изменя с течение на времето.



Фиг. 1.



Фиг.2.

- а) Определете от графиката числените стойности на силата F_v , когато ъгълът α между нишката и вертикалата е максимален и когато той е нула. [2 т]
- б) Направете от графиката числена оценка за дължината ℓ на нишката. [2 т]
- в) Изразете аналитично (с формули) силата F_v , когато ъгълът α между нишката и вертикалата е максимален и когато той е нула. [6 т]
- г) Определете числената стойност на максималния ъгъл α , на който се отклонява нишката спрямо вертикалата по време на люлеенето на махалото. [3 т]
- д) Колко е масата на топчето? [1 т]
- е) Защо методът, по който сте определили дължината ℓ на нишката в подусловие б), не е съвсем точен? (Приемете, че необходимите данни сте получили от компютъра с голяма точност.) [1 т]

Задача 2. Пудинг със сливи.

Един от първите модели на атомите (в частност на водородния атом) е така наречения модел “пудинг със сливи”, предложен от J. J. Thomson през 1904 г. В него се предполага, че атомите съдържат n електрона, намиращи се в равномерно положително заредено кълбо с радиус R и с електричен заряд ne . Нататък ще разглеждаме само случая на водородния атом. Удобно е да се използва величината обемна плътност ρ на

електричния заряд, която се определя като съдържащия се електричен заряд в единица обем, $\rho = \Delta q / \Delta V$.

а) Намерете силата $F(r)$, която действа на електрона, когато се намира на разстояние r от центъра на положително зареденото кълбо при $r < R$. [2 т]

б) Начертайте зависимостта на силата $F(r)$ от разстоянието r при $r \in [0, \infty]$. [2 т]

в) Намерете работата A , необходима да се премести неподвижен електрон от центъра на положително зареденото кълбо до безкрайност. [3 т]

г) Нека тази работа A е равна на експериментално измерената отделителна работа на водорода (енергията на йонизация) $A_{\text{отд.}} = 13,6 \text{ eV}$. Изчислете стойността на радиуса R на кълбото. [2 т]

д) Намерете формула за честотата ν на трептене на електрона вътре в кълбото. [2 т]

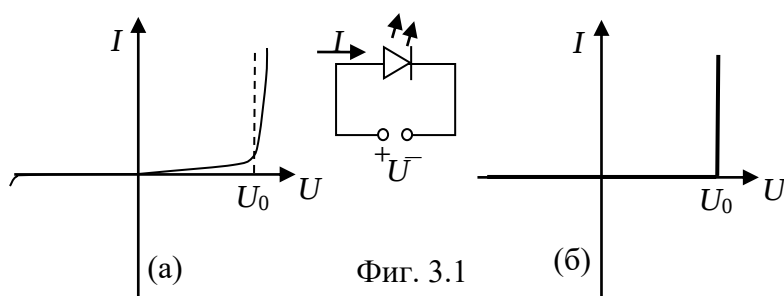
е) Ако електронът при трептенето си излъчва електромагнитна вълна, колко ще е дължината на вълната на тази вълна? [1,5 т]

На кой електромагнитен диапазон ще принадлежи тя? [0,5 т]

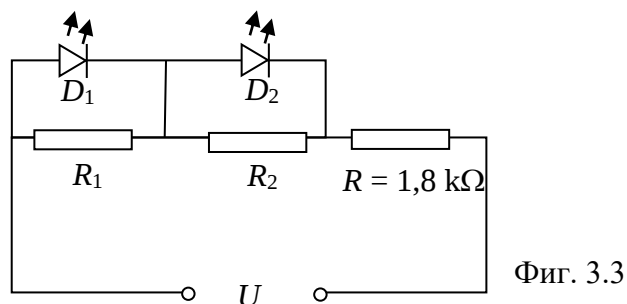
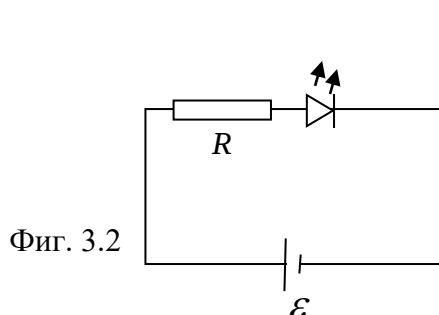
ж) Съществува ли наистина преход във водородния атом, при който да се поглъща (или излъчва) светлина с такава дължина на вълната? Обосновете отговора си. [2 т]

Задача 3. Светодиод

Светодиодът е полупроводников диод, който излъчва светлина, когато през него протича ток в права посока. На Фиг. 3.1 (а) е показана т. нар. волтамперна характеристика на светодиода – зависимостта на тока I през диода от приложеното върху него напрежение U . При определено напрежение U_0 , наречено напрежение на запалване, токът през диода рязко нараства. При $U > U_0$ малки промени на напрежението предизвикват големи промени на тока. Затова, може да се приеме, че светодиодът работи при напрежение $U \approx U_0$, а волтамперната му характеристика се представя с идеализираната графика, показана на Фиг. 3.1 (б). Приемете, че всеки електрон, преминал през диода, е предизвикал излъчване на един фотон и цялата отделена в диода енергия е под формата на светлина (а не като джаулева топлина)..



Светодиод с напрежение на запалване $U_0 = 2,0 \text{ V}$ е включен към източник на постоянно напрежение с ЕДН $\mathcal{E} = 5,0 \text{ V}$, както е показано на Фиг. 3.2.



- а) Колко трябва да бъде съпротивлението R на резистора така, че мощността на излъчване на светодиода да бъде $P_0 = 10 \text{ mW}$? [4 т]
- б) Колко е коефициентът на полезно действие (КПД) на показаната електрическа верига. КПД се определя като отношение на енергията, излъчена от диода за дадено време към общата енергия, отделена във веригата за същото време. [2 т]
- в) Светодиодът излъчва практически монохроматична светлина. Колко е нейната дължина на вълната λ ? В коя, част на спектъра излъчва светодиодът? [4 т]
- г) На Фиг. 3.3 е показана схема на тристепенен индикатор на напрежение. Колко трябва да бъдат съпротивленията R_1 и R_2 така, че при напрежение $U \leq 5 \text{ V}$ диодите да не светят, при $5 \text{ V} < U \leq 10 \text{ V}$ да свети само диодът D_1 , а при $U > 10 \text{ V}$ да светят и двата диода? [5 т]

Задача 4. Модел на ядро

Както е известно, ядрата на атомите са изградени от протони и неутрони (нуклони) с приблизително равни маси $m_N = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Те взаимодействат помежду си чрез ядрени сили, които определят радиуса на ядрата R в зависимост от масовото число A като $R = r_0 (A)^{\frac{1}{3}}$, $r_0 = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$. Според слоестия модел нуклоните могат да се разглеждат като независими частици, които се намират в потенциална яма с формата на куб с ръб a и дълбочина U_0 (когато частица е в ямата, нейната потенциална енергия е U_0). Те образуват слоеве от частици с една и съща енергия, които са запълнени аналогично на електронните слоеве в атомите. Електроните, протоните и неутроните са частици с един и същ спин.

а) Определете размера a от изискването потенциалната яма с форма на куб да моделира сферично ядро със същия обем. [1 т]

б) Като отчетете вълновите свойства на нуклоните, намерете възможните стойности на енергията на един нуклон за ядрото на кислород $^{16}_8\text{O}$, изразени чрез U_0 , r_0 , m_N и константата на Планк $\hbar$. В потенциалната яма с форма на куб всеки от двата вида нуклони извършва три независими движения – по x , по y и по z , насочени перпендикулярно на стените на ямата. За всяко от независимите движения се формира стояща вълна на дълбо Бройл. [6 т]

в) Намерете енергията на ядрото $^{16}_8\text{O}$, когато се намира в основно състояние, като приемете че $U_0 = -55 \text{ MeV}$. [6 т]

г) Определете минималната честота на фотон, при чието поглъщане от ядро на кислород $^{16}_8\text{O}$ в основно състояние, ще се отдели нуклон. [2 т]

физични константи:

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

електрична константа $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$

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

маса на електрона $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

константа на Планк $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ или $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

земно ускорение $g = 9,8 \text{ m/s}^2$