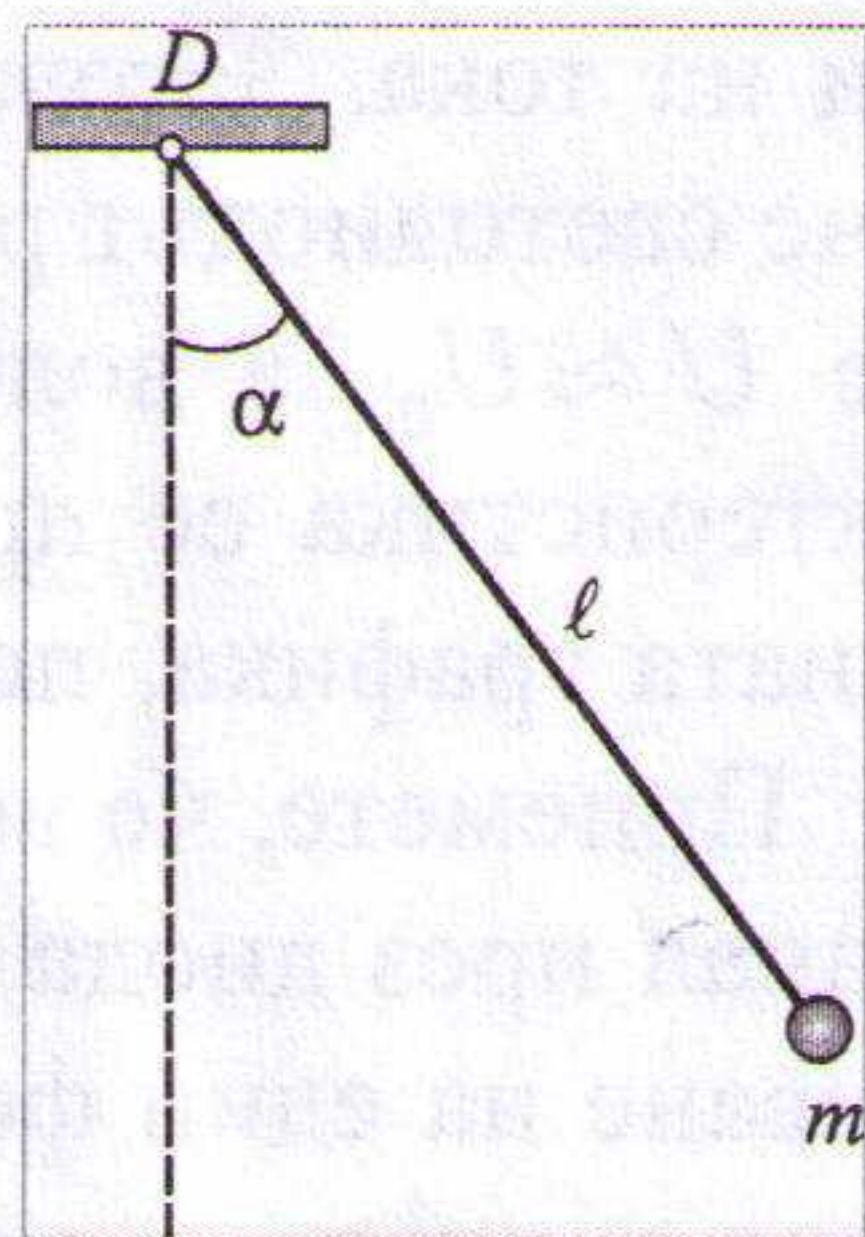


Тема за 10. – 12. клас

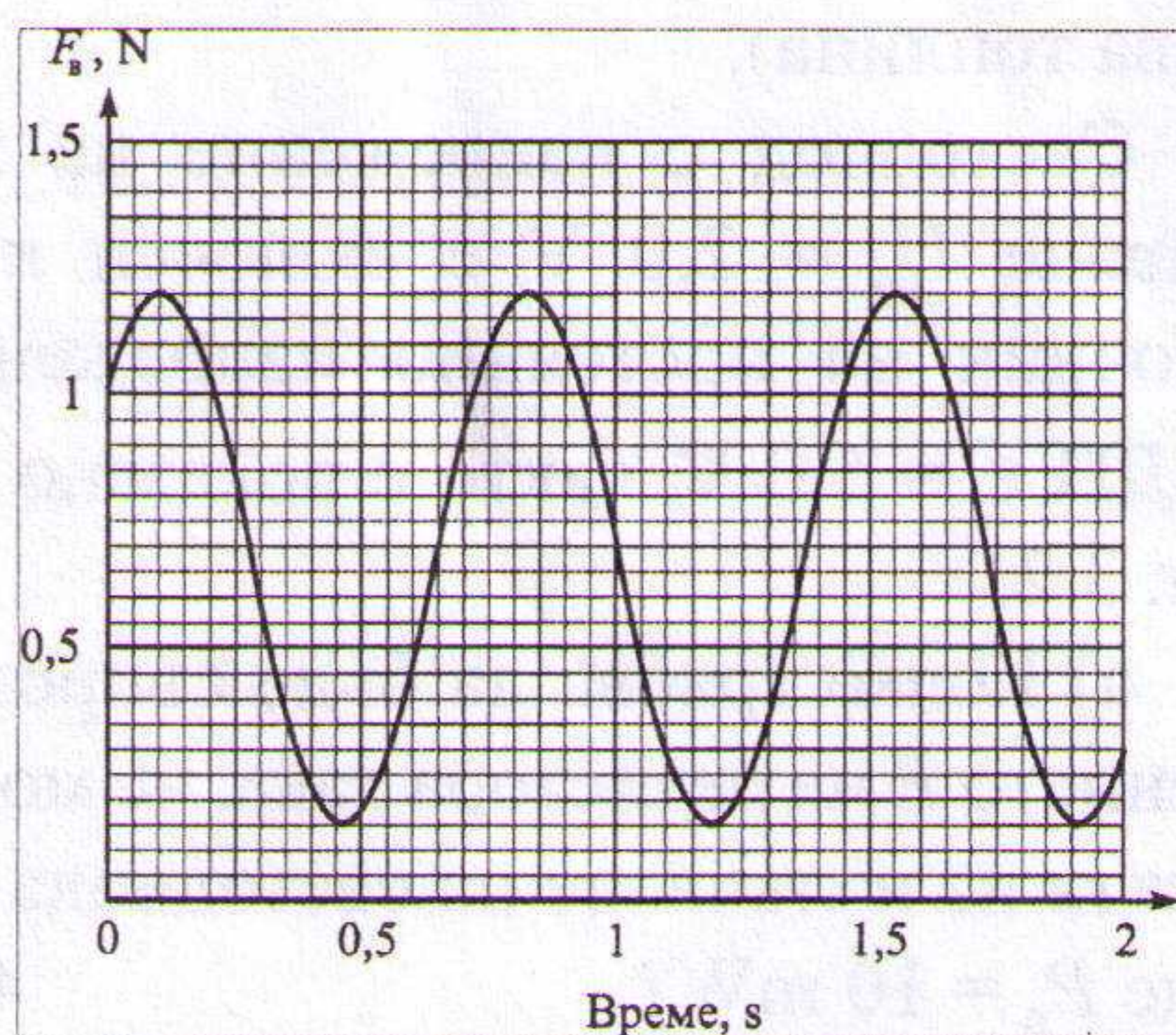
Задача 1. Сензор за сили

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 нареченият 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 разгледаме 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,

7.82

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

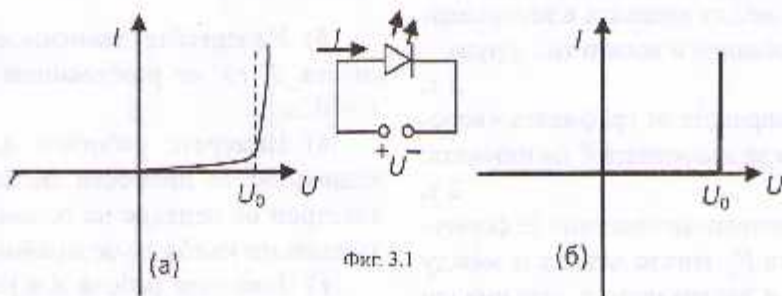
Светодиодът е полупроводников диод, който излъчва светлина, когато през него протича ток в права посока. На фиг. 3.1 (а) е показана т. нар. волтамперна характеристика на светодиода – зависимостта на тока I през диода от приложеното върху него напрежение U . При определено напрежение U_0 , наречено напрежение на запалване, токът през диода рязко нараства. При $U > U_0$ малки промени на напрежението предизвикват голе-

ми промени на тока. Затова може да се приеме, че светодиода работи при напрежение $U \approx U_0$, а волтамперната му характеристика се представя с идеализираната графика, показана на фиг. 3.1 (б). Присметете, 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 джаулска топлина).

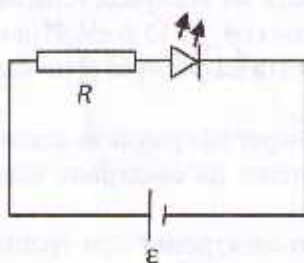
Светодиод с напрежение на запалване $U_0 = 2,0 \text{ V}$ е включен към източник на постоянно напрежение с ЕДН $\mathcal{E} = 5,0 \text{ V}$, както е показано на фиг. 3.2.

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.**

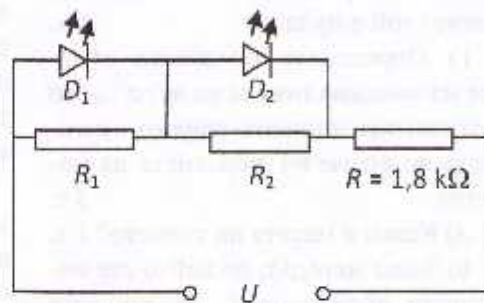
б) Колко е коефициентът на полезно действие (КПД) на показаната електрическа верига. КПД се опреде-



Фиг. 3.1



Фиг. 3.2



Фиг. 3.3

ля като отношение на енергията, излъчвана 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 $R = r_0(A)^{1/3}$, $r_0 = 1,3 \cdot 10^{-15}\text{ m}$. Според слоевия 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 изискуването 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 Дьо 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 чисто 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 $g = 9,8\text{ m/s}^2$.

231