

Министерство на образованието и науката
Национално есенно състезание по физика,
8-10 ноември 2024 г., Бургас
Тема за 11.клас (V състезателна група)

Задача 1. Вълни на Дьо Бройл

Част А. Електрон се ускорява от състояние на покой в еднородно електрично поле под действие на напрежение U .

а) Намерете зависимостта на дължината на вълната на Дьо Бройл λ на електрона от напрежението U . [3 т.]

б) Начертайте графиката на зависимостта $\lambda(U)$ при $25 \text{ V} < U < 250 \text{ V}$. [1 т.]

Част Б. Електрон с енергия $E = 5,0 \text{ eV}$ се движи праволинейно, като електрическата му потенциална енергия първоначално е $W_1 = 0 \text{ eV}$ при $x < 0$, а при $x > 0$ със скок тя става $W_2 = 3,0 \text{ eV}$.

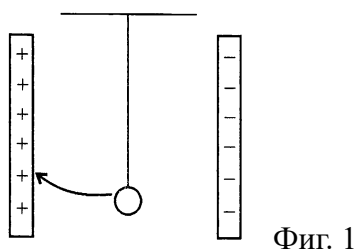
а) Начертайте графиката на потенциалната енергия $W(x)$ на електрона. [1 т.]

б) Областта 1 при $x < 0$ и областта 2 при $x > 0$ по аналогия с оптиката могат да се разглеждат като еднородни среди, на границата $x = 0$ между които може да се наблюдава отражение и преминаване от 1 в 2 на вълната на Дьо Бройл. Определете относителния показател на пречупване n . [5 т.]

Полезни константи: константа на Планк $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, маса на електрона $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, елементарен заряд $q_0 = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Задача 2. Трептене

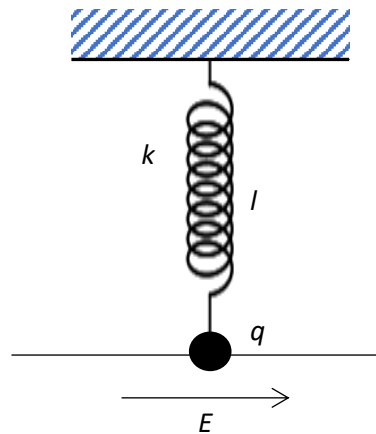
Част А. Между две разноименно заредени метални пластини с равни по големина заряди се намира метално незаредено топче, окачено на изолираща нишка (фиг. 1). Опишете и обяснете какво ще се наблюдава, ако топчето бъде отклонено от равновесното положение в посоката, указана на фиг. 1. [5 т.]



Указание. Електричното поле между пластините е еднородно около средата им, докато около краищата им е силно нееднородно.

Част Б. На фиг. 2 е показано малко метално топче с положителен електричен заряд $q = 10 \mu\text{C}$, нанизано на гладка изолирана хоризонтална спица и свързано с изолирана вертикална неразтегната пружина с дължина $l = 5 \text{ cm}$ и коефициент на еластичност $k = 50 \text{ N/m}$. Включва се еднородно електрично поле с хоризонтално насочен интензитет,

който бавно достига стойност $E = 50 \text{ N/C} = 50 \text{ V/m}$, като топчето се отмества на разстояние x_0 .



Фиг. 2

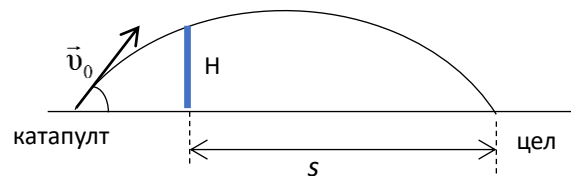
а) В какви граници трябва да бъде разстоянието x_0 , ако $x_0/l \ll 1$? [1 т.]

б) Намерете x_0 . [4 т.]

Полезна формула: $(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$ при $|x| \ll 1$

Задача 3. Стрелба под обсада

Обсадените в древна крепост са водели стрелба по настъпващия противник с помощта на катапулт зад крепостната стена с височина $H = 20 \text{ m}$. Началната скорост на изстрелваните гюлета е $v_0 = 25 \text{ m/s}$. На фиг. 3 е показана траекторията на гюле, която минава непосредствено над крепостната стена.



Фиг. 3

а) На какво максимално разстояние s_{\max} от крепостната стена може да се намира цел, по която стрелят обсадените, ако траекторията на гюлето е показаната на фиг. 3?

[8 т.]

б) Сравнете това разстояние с максималната възможна далечина на полета L_{\max} на гюлетата, ако няма крепостна стена. Съпротивлението на въздуха се пренебрегва. Приемете земното ускорение $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ [2 т.]

Указание. Тъй като вида на траекторията не зависи от посоката на движение по нея - от катапулта към целта или от целта към катапулта, разгледайте движението на гюлето от целта към катапулта в координатна система с начало в целта, вертикална ос нагоре и хоризонтална ос от целта към катапулта.

Полезна формула: $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha$