

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Национално есенно състезание по физика
Вършец, 10 ноември 2012 г.
Специална тема

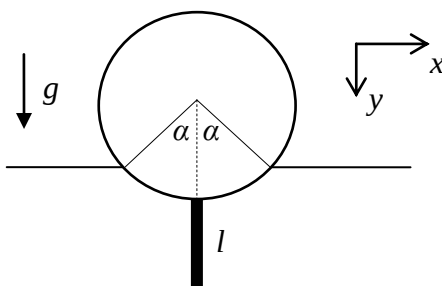
Задача 1. Люлееща се шамандура

Шамандура е съставена от однородно кълбо с радиус R и плътност ρ , като радиално на кълбото е прикрепена неподвижно пръчка с дължина l и маса, равна на масата на кълбото, както е показано на *Фигура 1*. Шамандурата плава в морска вода с плътност ρ_0 . Плътността на пръчката е по-голяма от ρ_0 , а обемът ѝ може да се пренебрегне.

а) Получете уравнение за стойността на ъгъла α (виж *Фигура 1*), когато шамандурата е в състояние на равновесие. Пространственият ъгъл при върха на изобразения сферичен сектор е равен на $2\pi(1 - \cos \alpha)$. [3т]

б) Намерете периода на малките вертикални трептения на шамандурата около равновесното ѝ положение. Отговорът зависи от дадените величини и ъгъла α . Приемете, че ефективната маса на шамандурата е с $1/3$ пъти по-голяма от масата ѝ поради увличането на морската вода при движението на шамандурата. [3т]

в) Пресметнете периода на трептенията на пръчката, ако е отклонена на малък ъгъл от вертикалата. Да се счита, че шамандурата се люлее около ос, минаваща през центъра на кълбото. [4т]



Фигура 1

Задача 2. Електрични квадрупולי

Нека са дадени три заряда с големина $+e$, $-2e$ и $+e$, разположени на разстояние d един от друг и лежащи на една права. Конфигурацията от заряди не притежава сумарен електричен заряд и диполен момент, а се характеризира с квадруполен момент.

а) Намерете приближен израз за потенциала U на разстояние $r \gg d$ от централния заряд ($-2e$) по правата, свързваща зарядите. [2т]

б) Приблизително на колко е равен интензитетът E на разстояние $r \gg d$ от централния заряд по правата, свързваща зарядите. [2т]

в) Намерете по аналогичен начин потенциала U на разстояние $r \gg d$ от централния заряд по правата, перпендикулярна на правата, свързваща зарядите. [1т]

г) Колко е приблизителната стойност на интензитета E на разстояние $r \gg d$ от централния заряд по правата, перпендикулярна на правата, свързваща зарядите? [2т]

д) Оценете силата F , с която си взаимодействат два еднакви квадрупола от вида описан по-горе, ако лежат на една и съща права и централните им заряди се намират на разстояние $r \gg d$. [2т]

е) Нека на разстояние $r \gg d$ от централния заряд на гореописания квадрупол по посока на правата, свързваща зарядите, е разположена (перпендикулярно на правата) заземена проводяща равнина. Намерете приближен израз за силата, с която си взаимодействат квадруполът и равнината. [1т]

■ Полезни приближения ($|x| \ll 1$):

$$\frac{1}{1+x} \approx 1 - x + x^2; \quad \frac{1}{(1+x)^2} \approx 1 - 2x + 3x^2; \quad \sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2};$$

$$\tan x \approx x; \quad \cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}; \quad \frac{1}{(1+x)^4} \approx 1 - 4x + 10x^2.$$

Задача 3. Разпад на K^+ -мезон

Част 1. Две частици се движат с релативистки скорости по взаимно перпендикулярни направления. Частиците имат импулси p_1 , p_2 и пълни енергии E_1 , E_2 . Ако частиците са единствен продукт при разпада на трета частица, намерете:

а) нейната маса в покой m_0 ; [2т]

б) скоростта ѝ v ; [1т]

в) нейното направление на движение. [1т]

Част 2. K^+ -мезон в покой се разпада на π^+ -мезон и π^0 -мезон. π^+ -мезонът се разпада на μ -мезон и неутрино. Като използвате, че $m_K = 493.7 \text{ MeV}/c^2$, $m_{\pi^+} = 139.6 \text{ MeV}/c^2$, $m_{\pi^0} = 135 \text{ MeV}/c^2$, $m_\mu = 106 \text{ MeV}/c^2$, $m_\nu \approx 0 \text{ MeV}/c^2$, да се намери:

а) каква е максималната пълна енергия $E_{\max}$ на крайния μ -мезон; [3т]

б) каква е минималната му пълна енергия $E_{\min}$? [3т]