

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
 Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
 CHIȘINĂU, 20 martie 2022

Теоретический тур ORF 2022,

12 класс

Задача 1

(10,0 б.)

1А. Параллельный пучок света с длиной волны λ падает нормально на дифракционную решетку. Найдите угловую дисперсию решетки $d\vartheta/d\lambda$ в зависимости от угла дифракции ϑ . - (2,0 б.)

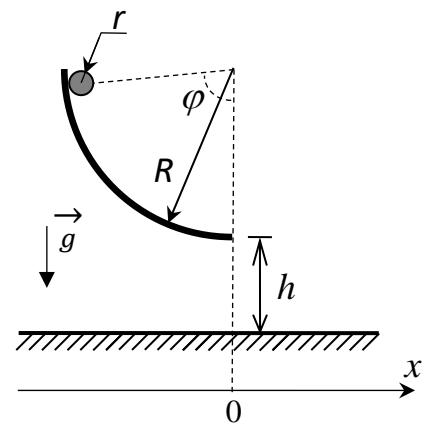
1В. Найдите кинетическую энергию K ионов гелия He^+ , если доплеровское смещение в 26 nm наблюдается под углом $\vartheta = \pi/6$ к направлению пучка ионов. Линия излучения гелия соответствует переходу между уровнями с $n = 4, n = 12$, где n - главное квантовое число. - (4,0 б.)

1С. Две катушки намотаны на один сердечник. Ток в одной катушке индуцирует магнитное поле и во второй. Индуктивности катушек равны L_1, L_2 . Найдите взаимную индуктивность катушек L_{12} , $\Phi_1 = L_1 J_1 + L_{12} J_2$, $\Phi_2 = L_2 J_2 + L_{12} J_1$. - (4,0 б.)

Задача 2

(10,0 б.)

Шарик массы m и радиуса r скатывается без проскальзывания с горки в виде дуги окружности радиуса R , расположенной на высоте h (смотри рисунок) от горизонтальной плоскости стола. Момент инерции шарика $I = 0,4 mr^2$. Начальная скорость шарика равна нулю, начальный угол ϕ_0 . Нормальная составляющая реакции опоры смещена от центра шарика на расстояние k . Скорость шарика на горке зависит от угла ϕ в соответствии с уравнением $v^2(\phi) = \frac{10}{7} R_c g (a_1 \cos \phi + a_2 \sin \phi + a_3 e^{a\phi})$.



2А. а) Найдите параметры a_1, a_2, a_3, a . - (4,0 б.)

б) Рассмотрите и объясните предел $k = 0$. - (1,0 б.)

2В. Найдите координату x_1 первого касания горизонтальной плоскости шаром. Координату x отсчитывайте от конца трамплина (точка отрыва). Рассмотрите предел $a \ll 1$ - (1,0 б.).

Определите потери энергии шарика на горке - (1,0 б.) и назовите причину этих потерь.

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
CHIȘINĂU, 20 martie 2022

Теоретический тур ORF 2022,

12 класс

2С. Удар при первом касании стола считайте абсолютно упругим. Считайте, что угловая скорость шара после удара равна нулю. Найдите расстояние между первым и вторым столкновением шарика с горизонтальной плоскостью стола:

а) без учета вращения шарика - (1,0 б.)

и б) с учетом вращения шарика - (2,0 б.) Объясните полученный результат.

Задача 3

(10,0 б.)

3А. Рассмотрим твёрдое тело, состоящее из газа свободных электронов (электронная плазма), концентрация которых равна n , и неподвижных ионов в узлах кристаллической решётки, так что

$$en = \rho_{ion}.$$

а) Оцените отношение потенциальной энергии взаимодействия между электронами V к их кинетической энергии K в полупроводнике при $n = \frac{3}{4\pi} \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, $T = 300\text{K}$, $\varepsilon = 10$. - (1,0 б.). Сместим электронный газ, как целое, на расстояние x . Возникающее при смещении электрическое поле заставляет электроны двигаться в направлении, противоположном смещению. Но в результате инерции электроны перелетают через положение равновесия. Повторение этого процесса приводит к колебаниям плазмы.

б) Найдите частоту плазменных колебаний. - (2,0 б.).

с) Оцените энергии квантов колебаний (плазмонов) в металлах и в полупроводниках. - (1,0 б.).

3В. Рассмотренное в пункте 3А смещение плазмы вызвано внешними силами.

а) Найдите работу A_e по такому смещению газа электронов в расчете на один электрон. - (1,0 б.).

Флуктуации (отклонения от равновесия) $\Delta x = x - \langle x \rangle$ принято характеризовать среднеквадратичным отклонением $\langle (\Delta x)^2 \rangle = \langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2$, так как $\langle \Delta x \rangle = 0$.

б) Считая, что работа A_e обусловлена не внешними силами, а тепловой флуктуацией энергии электронов $\sqrt{\langle (\Delta E)^2 \rangle}$, $\langle v^4 \rangle = 15(kT/m)^2$, найдите смещение электрона x . - (2,0 б.).

3С. Экранирование электрических полей в электронной плазме.

Рассмотрим внешний положительный заряд в плазме, расположенный на плоской поверхности с поверхностной плотностью σ . Краевыми эффектами пренебрежем. Согласно теореме Гаусса $\oint_S E(x) dS =$

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare
OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LVI
CHIȘINĂU, 20 martie 2022

Теоретический тип ORF 2022,

12 класс

$\frac{Q}{\varepsilon\varepsilon_0}$, $E(x) = (\sigma + \sigma_{ind}(x))/2\varepsilon\varepsilon_0$. В силу симметрии индуцированный заряд зависит от одной координаты x , отсчитываемой от плоскости. В неоднородном поле $E(x) = -\frac{d\phi(x)}{dx}$. Здесь $\phi(x)$ -потенциал поля в плазме, $E(x)$ -напряженность поля. Помимо поля заряженной плоскости на электроны действует и поле ионов решетки. Заряд ионов неподвижен, а электроны подвижны и в термодинамическом равновесии подчиняются распределению Больцмана $n(x) = n \exp\left(-\frac{U(x)}{kT}\right) \cong n\left(1 - \frac{U(x)}{kT}\right)$. Здесь $U(x)$ - потенциальная энергия электрона.

- а) Найдите потенциал поля $\phi(x)$ с учетом индуцированного заряда. Докажите, что $\phi(x) = \phi_0 e^{-x/\lambda_D}$.
Определите величины ϕ_0 - (1,0 б.), λ_D - (1,0 б.)
- б) Найдите экранированный кулоновский потенциал (потенциал Юкавы). - (0,5 б.).
Рассмотрите предел, когда индуцированный заряд равен нулю. - (0,5 б.).

Задачи составлены:

dr. hab., prof. univ. Alexandr Cliucanov

dr., conf. cerc. Sergiu Vatavu

Universitatea de Stat din Moldova