

# Государственный экзамен по физике

|   |   |   |   |   |          |
|---|---|---|---|---|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $\Sigma$ |
|   |   |   |   |   |          |

III курс

18 января 2015 года

## ВАРИАНТ А

**1А.** Какой вклад вносит в величину расстояния от Земли до Солнца радиационное давление излучения Солнца? Температура поверхности Солнца  $T_c = 6000$  К, его радиус  $R_c = 7 \cdot 10^5$  км, масса  $M_c = 2 \cdot 10^{33}$  г. Масса Земли  $M_z = 6 \cdot 10^{27}$  г, радиус Земли  $R_z = 6,4 \cdot 10^3$  км. Орбиту Земли считать круговой, поверхность Земли — абсолютно поглощающей.

**2А.** Как изменится частота малых колебаний поршня в вертикальном цилиндре с водородом после его изобарического охлаждения, в результате которого объем газа уменьшился в 7 раз. Начальная температура газа  $T = 280$  К. Частота колебаний атомов в молекуле водорода  $\nu_H = 1,28 \cdot 10^{14}$  Гц, среднее расстояние между ними  $a = 0,75$  Å. Теплообменом с окружающей средой и трением в процессе колебаний пренебречь. Газ считать идеальным.

**3А.** В рамках американской программы СОИ рассматривалась космическая пушка, представляющая собой короткий и широкий соленоид, в центр которого помещают небольшие сверхпроводящие шарики, выталкиваемые полем вдоль его оси. Оцените максимальное ускорение шарика плотности  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup> в процессе разгона, полагая, что в центре соленоида длиной  $L = 1$  см и диаметром  $2R = 1$  м создано и поддерживается постоянным поле  $H_0 = 10^4$  Э.

**4А.** Под действием облучения алюминиевой пластины происходит выбивание электрона с  $K$ -оболочки, а затем происходит электронный переход с  $L$ -оболочки на  $K$ -оболочку и последующее испускание другого электрона с  $L$ -оболочки в вакуум ( $KLL$ -переход) — Оже-эффект. Энергия этого электрона  $E_1 = 1400$  эВ. При аналогичном  $LMM$ -переходе энергия электрона  $E_2 = 80$  эВ. Энергия ионизации  $K$ -электрона в алюминии  $I_K = 1960$  эВ. Оценить по водородоподобной модели эффективный заряд ядра для  $M$ -оболочки. Работой выхода пренебречь.

**5А.** Источником энергии Солнца являются термоядерные реакции  $pp$ -цикла, в результате которого происходит слияние четырех протонов с образованием альфа-частицы. При этом выделяется энергия 26,73 МэВ. Определите плотность потока нейтрино на Земле, если поток солнечного излучения у ее поверхности составляет 0,136 Вт/см<sup>2</sup>. Энергией нейтрино можно пренебречь.

# Государственный экзамен по физике

|   |   |   |   |   |          |
|---|---|---|---|---|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $\Sigma$ |
|   |   |   |   |   |          |

III курс

18 января 2015 года

## ВАРИАНТ Б

**1Б.** Насколько изменится из-за теплового излучения Солнца период обращения Земли вокруг Солнца за  $\tau = 10^6$  лет? Температуру поверхности Солнца  $T_c = 6000$  К и его радиус  $R_c = 7 \cdot 10^5$  км считать постоянными, а массу  $M_c = 2 \cdot 10^{33}$  г — мало меняющейся за указанное время. Орбиту Земли считать круговой.

**2Б.** После откачки внешнего атмосферного давления  $P_a$  частота малых колебаний поршня площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup> в вертикальном цилиндре с водородом уменьшилась от  $\nu_0 = 1,8$  до  $\nu_1 = 0,4$  Гц. Найти массу поршня и количество молей газа в цилиндре. Температуру газа в процессе откачки считать неизменной и равной  $T_0 = 300$  К. Частота колебаний атомов в молекуле водорода  $\nu_H = 1,28 \cdot 10^{14}$  Гц, среднее расстояние между ними  $a = 0,75$  Å. Теплообменом с окружающей средой и трением в процессе колебаний пренебречь. Газ считать идеальным. Как изменится исходная частота колебаний, если температуру газа понизить до  $T'_0 = 200$  К?

**3Б.** Во сколько раз можно увеличить жесткость пружины, поместив на ее концах два одинаковых заряда?

**4Б.** Под действием облучения кремниевой пластины происходит выбивание  $K$ -электрона, а затем происходит электронный переход с  $L$ -оболочки на  $K$ -оболочку и последующее испускание другого электрона с  $L$ -оболочки в вакуум ( $KLL$ -переход) — Оже-эффект. Энергия этого электрона  $E_1 = 1600$  эВ. Энергия ионизации  $K$ -электрона в кремнии  $I_K = 2300$  эВ. Найти энергию электрона при  $LMM$ -переходе, если эффективный заряд ядра для  $M$ -оболочки в водородоподобной модели равен 9. Работой выхода пренебречь.

**5Б.** В 2014 г. детектор BOREXINO впервые зарегистрировал солнечные нейтрино, образующиеся в  $pp$ -цикле при слиянии двух протонов в дейтрон. Какова максимальная кинетическая энергия образующихся нейтрино? Энергия покоя протона 938,272 МэВ, дейтрона 1875,612 МэВ, электрона 0,511 МэВ.

# Государственный экзамен по физике

|   |   |   |   |   |          |
|---|---|---|---|---|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $\Sigma$ |
|   |   |   |   |   |          |

III курс

18 января 2015 года

## ВАРИАНТ В

**1В.** Насколько изменится из-за теплового излучения Солнца радиус орбиты обращения Земли вокруг Солнца за  $\tau = 10^6$  лет? Температуру поверхности Солнца  $T_c = 6000$  К и его радиус  $R_c = 7 \cdot 10^5$  км считать постоянными, а массу  $M_c = 2 \cdot 10^{33}$  г — мало меняющейся за указанное время. Орбиту Земли считать круговой радиусом  $R = 150 \cdot 10^6$  км.

**2В.** После откачки внешнего атмосферного давления  $P_a$  частота малых колебаний поршня площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup> в вертикальном цилиндре с водородом уменьшилась от  $\nu_0 = 1,8$  до  $\nu_1 = 0,5$  Гц. Найти массу поршня и количество молей газа в цилиндре. Начальная температура газа  $T_0 = 300$  К. Частота колебаний атомов в молекуле водорода  $\nu_H = 1,28 \cdot 10^{14}$  Гц, среднее расстояние между ними  $a = 0,75$  Å. Теплообменом с окружающей средой при откачке и колебаниях, а также трением пренебречь. Как изменится исходная частота колебаний, если начальную температуру понизить до  $T'_0 = 40$  К?

**3В.** В рамках американской программы СОИ рассматривалась космическая пушка, представляющая собой длинный и узкий соленоид, в центр которого помещают небольшие сверхпроводящие шарики, выталкиваемые полем вдоль его оси. Оцените максимальную скорость шарика плотности  $\rho = 1$  г/см<sup>2</sup> в процессе разгона, полагая что в центре соленоида длиной  $L = 1$  м и диаметром  $2R = 1$  см создано и поддерживается постоянным поле  $H_0 = 10^5$  Э.

**4В.** Под действием облучения магниевой пластины происходит выбивание  $K$ -электрона, а затем происходит электронный переход с  $L$ -оболочки на  $K$ -оболочку и последующее испускание другого электрона с  $L$ -оболочки в вакуум ( $KLL$ -переход) — Оже-эффект. Найти энергию этого электрона, если энергия ионизации  $K$ -электрона в магнии  $I_K = 1600$  эВ. Эффективный заряд ядра для  $L$ -оболочки магния в водородоподобной модели равен 8,5. Работой выхода пренебречь.

**5В.** В 2014 г. детектор BOREXINO впервые зарегистрировал солнечные нейтрино, образующиеся в  $pp$ -цикле при слиянии двух протонов в дейтрон. В 100 т сверхчистого сцинтиллятора, у которого  $A/Z = 2$ , где  $A, Z$  — атомное число и заряд ядра, регистрируется за день в среднем 145 актов рассеяния нейтрино на электронах. Оцените сечение рассеяния, если поток нейтрино на поверхности Земли составляет  $f = 6,6 \cdot 10^{10}$  с<sup>-1</sup> · см<sup>-2</sup>. Энергия нейтрино много больше энергии связи электронов сцинтиллятора.