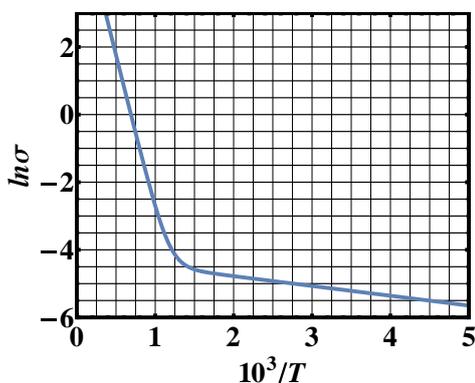
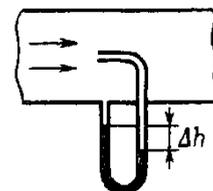


# Индивидуальное задание №1 к курсу «Прикладная физика»

## Вариант 1

1 В широкой части горизонтально расположенной трубы нефть течет со скоростью  $v_1=2$  м/с. Определить скорость  $v_2$  нефти в узкой части трубы, если разность  $\Delta p$  давлений в широкой и узкой частях ее равна 6,65 кПа.

2 Трубка Пито (см. рис.) установлена по оси газопровода, площадь внутреннего сечения которого равна  $S$ . Пренебрегая вязкостью, найти объем газа, проходящего через сечение трубы в единицу времени, если разность уровней в жидкостном манометре равна  $\Delta h$ , а плотность жидкости и газа соответственно  $\rho_0$  и  $\rho$ .



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Образец из чистого беспримесного полупроводника, у которого ширина запрещенной зоны 0,72 эВ, а подвижности электронов и дырок 0,36 и 0,18 м<sup>2</sup>/(В·с), находится при 300 К в поле электромагнитного излучения.

При этом его удельное сопротивление 0,43 Ом·м. Определить, какая доля электропроводности образца обусловлена фотопроводимостью. Указание: использовать выражение для концентрации свободных электронов и дырок

$$n_e = n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left( -\frac{\Delta W}{2kT} \right)$$

5 При  $\beta$ -распаде  $^{112}\text{Pd}$  возникает  $\beta$ -активный нуклид  $^{112}\text{Ag}$ . Их периоды полураспада равны соответственно 21 и 3,2 ч. Найти отношение максимальной активности нуклида  $^{112}\text{Ag}$  к первоначальной активности препарата, если в начальный момент препарат содержал только нуклид  $^{112}\text{Pd}$ .

6 Покоящееся ядро  $^{213}\text{Po}$  испустило  $\alpha$ -частицу с кинетической энергией  $T_\alpha = 8,34$  МэВ. При этом дочернее ядро оказалось непосредственно в основном состоянии. Найти полную энергию, освобождаемую в этом процессе. Какую долю этой энергии составляет кинетическая энергия дочернего ядра? Какова скорость отдачи дочернего ядра?

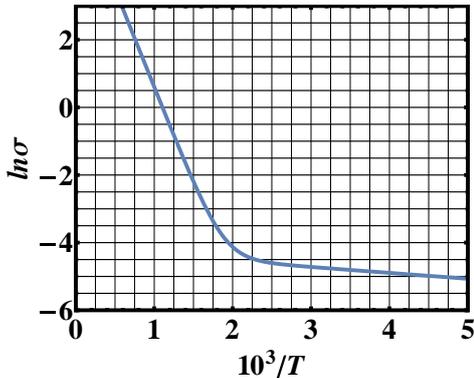
7 Найти скорости продуктов реакции  $^{20}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ , протекающей в результате взаимодействия нейтронов с покоящимися ядрами бора, если кинетическая энергия нейтронов пренебрежимо мала.

8 Мишень  $^7\text{Li}$  бомбардируют пучком нейтронов кинетической энергией  $T_0 = 1,00$  МэВ. Определить энергию возбуждения ядер, возникающих в результате неупругого рассеяния нейтронов, если энергия нейтронов, неупруго рассеянных под прямым углом к падающему пучку,  $T = 0,33$  МэВ.

## Вариант 2

1 Горизонтальный цилиндр насоса имеет диаметр  $d_1=20$  см. В нем движется со скоростью  $v_1=1$  м/с поршень, выталкивая воду через отверстие диаметром  $d_2=2$  см. С какой скоростью  $v_2$  будет вытекать вода из отверстия? Каково будет избыточное давление  $p$  воды в цилиндре?

2 На столе стоит широкий цилиндрический сосуд высоты  $h=50$  см. Сосуд наполнен водой. Пренебрегая вязкостью, найти максимальное расстояние от сосуда, на которое будет бить струя в поверхность стола, если в стенке сосуда сделать небольшое отверстие.



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Вычислить красную границу фотопроводимости при очень низких температурах для беспримесного полупроводника, у которого подвижности электронов и дырок подвижности электронов и дырок  $0,36$  и  $0,18$  м<sup>2</sup>/(В·с), а удельное сопротивление при температуре  $300$ К равно  $0,51$  Ом·м. Указание: использовать выражение для концентрации свободных электронов и дырок

$$n_e = n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left( -\frac{\Delta W}{2kT} \right)$$

5 Радионуклид  $^{118}\text{Cd}$  испытывает превращения по цепочке  $^{118}\text{Cd} \xrightarrow{30 \text{ мин}} ^{118}\text{In} \xrightarrow{4,5 \text{ мин}} ^{118}\text{Sn}$  (стабилен) (под стрелками указаны соответствующие периоды полураспада). Считая, что в момент  $t=0$  препарат содержал только Cd, найти какая часть ядер превратится в стабильные ядра через  $60$  мин.

6 Вычислить суммарную кинетическую энергию частиц, возникающих при  $\beta$ - распаде покоящегося нейтрона. Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

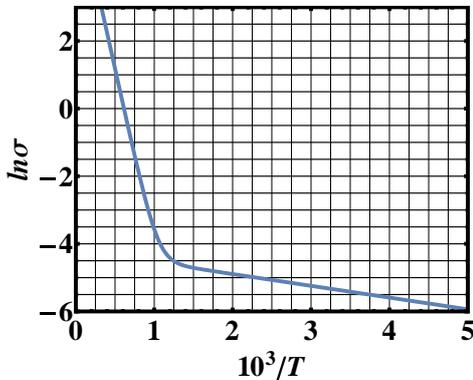
7 Вычислить энергию реакции  $^2\text{H}(d, p)^3\text{H}$ , если энергия налетающих дейтронов  $T_d=1,20$  МэВ и протон, вылетевший под прямым углом к направлению движения дейтрона, имеет энергию  $T_p=3,30$  МэВ.

8 Определить энергию возбуждения ядра  $^4\text{He}$ , возникшего в результате захвата протона с кинетической энергией  $2,0$  МэВ покоящимся ядром  $^3\text{H}$ .

### Вариант 3

1 К поршню спринцовки, расположенной горизонтально, приложена сила  $F=15$  Н. Определить скорость  $v$  истечения воды из наконечника спринцовки, если площадь  $S$  поршня равна  $12$  см<sup>2</sup>.

2 Из отверстия в дне высокого цилиндрического сосуда вытекает вода. Площадь сечения сосуда в 100 раз больше сечения отверстия. Найти ускорение, с которым перемещается уровень воды в сосуде.



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Образец из чистого беспримесного полупроводника, у которого ширина запрещенной зоны  $0,72$  эВ, а подвижности электронов и дырок  $0,36$  и  $0,18$  м<sup>2</sup>/(В·с), находится при  $300$  К. После включения источника света его удельное сопротивление стало  $0,3$  Ом·м. Определите его удельное сопротивление через  $15$  мс, если среднее время жизни носителей заряда  $10$  мс. Указание: использовать выражение для концентрации свободных электронов и дырок  $n_e =$

$$n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left( -\frac{\Delta W}{2kT} \right)$$

5 Радионуклид  $^{118}\text{Cd}$  испытывает превращения по цепочке  $^{118}\text{Cd} \xrightarrow{30 \text{ мин}} ^{118}\text{In} \xrightarrow{4,5 \text{ мин}} ^{118}\text{Sn}$  (стабилен) (под стрелками указаны соответствующие периоды полураспада). Считая, что в момент  $t=0$  препарат содержал только Cd, найти во сколько раз уменьшится активность препарата через  $60$  мин.

6 Ядра  $^{210}\text{Po}$  испускают  $\alpha$ -частицы с кинетической энергией  $T=5,30$  МэВ, причем практически все дочерние ядра образуются не посредственно в основном состоянии. Определить количество тепла, которое выделяет  $10,0$  мг препарата  $^{210}\text{Po}$  за период, равный среднему времени жизни этих ядер.

7 Определить кинетическую энергию протонов, вызывающих реакцию  $^9\text{Be}(p, \alpha) ^6\text{Li} + 2,13$  МэВ, если энергия  $\alpha$ -частиц, которые вылетают под прямым углом к направлению движения протонов, равна  $4,02$  МэВ.

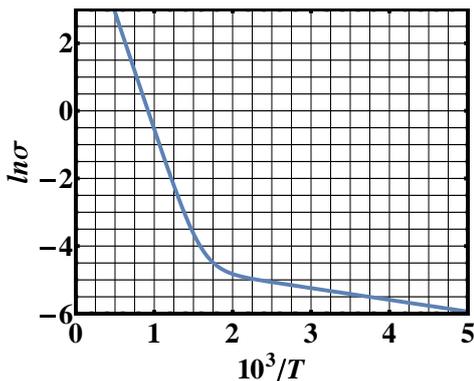
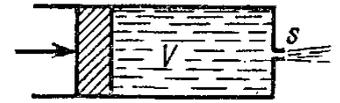
8 Для получения мощных потоков быстрых нейтронов в реактор помещают дейтерид лития  $\text{LiD}$ , в котором медленные нейтроны реактора возбуждают реакцию  $^6\text{Li}(n, \alpha) ^3\text{H} + 4,80$  МэВ.

Определите максимальную энергию тритонов – ядер трития.

## Вариант 4

1 Давление  $p$  ветра на стену равно 200 Па. Определить скорость  $v$  ветра, если он дует перпендикулярно стене. Плотность  $\rho$  воздуха равна  $1,29 \text{ кг/м}^3$ .

2 Какую работу необходимо совершить, чтобы, действуя постоянной силой на поршень (см. рис.), выдавить из горизонтально расположенного цилиндра всю воду за время  $t$ ? Объем воды в цилиндре равен  $V$ , площадь сечения отверстия  $s$ , причем  $s$  значительно меньше площади поршня. Трение вязкость пренебрежимо малы.



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Образец из чистого беспримесного полупроводника, у которого ширина запрещенной зоны  $0,72 \text{ эВ}$ , а подвижности электронов и дырок  $0,36$  и  $0,18 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ , находится при  $300 \text{ К}$  в поле электромагнитного излучения. Определить его удельное сопротивление, если доля электропроводности образца, обусловленная фотопроводимостью, составляет  $15\%$ . Указание: использовать выражение для концентрации свободных электронов и дырок  $n_e = n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{\Delta W}{2kT}\right)$

5 Радионуклид  $A_1$  испытывает превращения по цепочке:  $A_1 \xrightarrow{\lambda_1} A_2 \xrightarrow{\lambda_2} A_3 \rightarrow \dots$  (под стрелками указаны соответствующие постоянные распада). Полагая, что в начальный момент препарат содержал только ядра нуклида  $A_1$  в количестве  $N_{10}$ , найти выражение, определяющее закон накопления нуклида  $A_3$ .

6 Зная массу дочернего нуклида и энергию  $\beta$ -распада  $Q$ , найти массу нуклида  ${}^6\text{He}$ , испытывающего  $\beta^-$ -распад,  $Q = 3,50 \text{ МэВ}$ . Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

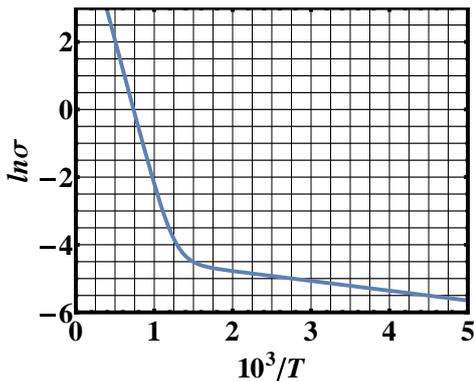
7 Дейтроны с кинетической энергией  $T_d = 10,0 \text{ МэВ}$ , взаимодействуя с ядрами углерода, возбуждают реакцию  ${}^{13}\text{C}(d, \alpha){}^{11}\text{B}$ ,  $Q = +5,16 \text{ МэВ}$ . Определить угол между направлениями разлета продуктов реакции, если возникающие ядра разлетаются симметрично.

8 Реакция  ${}^7\text{Li}(t, n){}^9\text{Be} + 10,4 \text{ МэВ}$  является одним из источников быстрых нейтронов. Найти максимальную энергию этих нейтронов, если энергия налетающих ядер трития составляет  $2,75 \text{ МэВ}$ .

## Вариант 5

1 Струя воды диаметром  $d=2$  см, движущаяся со скоростью  $v=10$  м/с, ударяется о неподвижную плоскую поверхность, поставленную перпендикулярно струе. Найти силу  $F$  давления струи на поверхность, считая, что после удара о поверхность скорость частиц воды равна нулю.

2 Насосная станция города поддерживает в водопроводе на уровне первого этажа давление 5 атм. Определите (пренебрегая трением при течении жидкости) скорость струи воды, вытекающей из крана на первом, втором и третьем этажах, если краны каждого последующего этажа расположены на 4 м выше кранов предыдущего. На какой этаж вода по водопроводу уже не поднимется?



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Вычислить температуру, при которой удельное сопротивление беспримесного полупроводника равно  $0,010$  Ом·м; красная граница фотопроводимости при очень низких температурах составляет  $1,73$  мкм; а подвижности электронов и дырок подвижности электронов и дырок  $0,36$  и  $0,18$  м<sup>2</sup>/(В·с), а. Указание: использовать

$$\text{выражение для концентрации свободных электронов и дырок } n_e = n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left( -\frac{\Delta W}{2kT} \right)$$

5 Радионуклид  $^{27}\text{Mg}$  образуется с постоянной скоростью  $q=5,0 \cdot 10^{10}$  ядро/с. Определить количество ядер  $^{27}\text{Mg}$ , которое накопится в препарате через промежуток времени значительно превосходящий его период полураспада.

6 Ядра  $^{210}\text{Po}$  испускают  $\alpha$ -частицы с кинетической энергией  $T=5,30$  МэВ, причем практически все дочерние ядра образуются не посредственно в основном состоянии. Определить первоначальную активность препарата  $^{210}\text{Po}$ , если за время, равное его периоду полураспада, препарат выделил  $2,2$  кДж тепла.

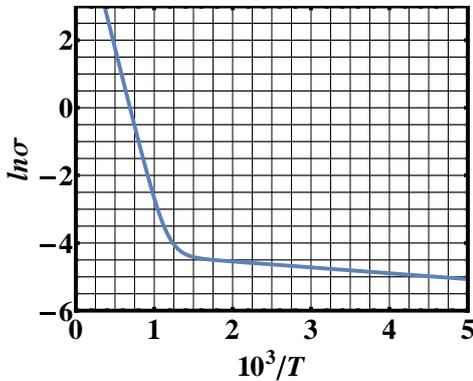
7 Дейтроны с кинетической энергией  $T_d=10,0$  МэВ, взаимодействуя с ядрами углерода, возбуждают реакцию  $^{13}\text{C}(d, \alpha)^{11}\text{B}$ ,  $Q=+5,16$  МэВ. Определить угол между направлениями разлета продуктов реакции, если  $\alpha$ -частица вылетает под прямым углом к пучку дейтронов.

8 Какой минимальной кинетической энергией должен обладать нейтрон, чтобы в результате неупругого рассеяния на ядре  $^9\text{Be}$  сообщить последнему энергию возбуждения  $2,40$  МэВ?

## Вариант 6

1 Бак высотой  $h=1,5$  мм наполнен до краев водой. На расстоянии  $d=1$  м от верхнего края бака образовалось отверстие малого диаметра. На каком расстоянии  $l$  от бака падает на пол струя, вытекающая из отверстия?

2 Насос должен подавать каждую секунду объем воды  $V$  на высоту  $h$  по трубе постоянного сечения  $S$ . Какова должна быть мощность насоса? Плотность воды  $\rho$ .



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Образец из чистого беспримесного полупроводника, у которого ширина запрещенной зоны  $0,72$  эВ, а подвижности электронов и дырок  $0,36$  и  $0,18$   $\text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ , находится при  $300$  К. Через  $8$  мс после включения источника света его удельное сопротивление стало  $0,4$  Ом·м. Определите его удельное сопротивление сразу после включения источника света, если среднее время жизни носителей заряда  $10$  мс. Указание: использовать выражение для концентрации свободных электронов и дырок

$$n_e = n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left( -\frac{\Delta W}{2kT} \right)$$

5 Радионуклид  $^{27}\text{Mg}$  образуется с постоянной скоростью  $q = 5,0 \cdot 10^{10}$  ядро/с. Определить количество ядер  $^{27}\text{Mg}$ , которое накопится в препарате через промежуток времени равный периоду полураспада.

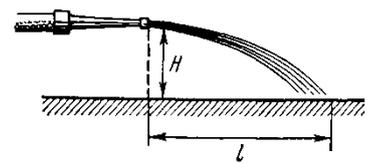
6 Зная массу дочернего нуклида и энергию  $\beta$ -распада  $Q$ , найти массу нуклида  $^{22}\text{Na}$ , испытывающего  $\beta^+$ -распад,  $Q = 1,83$  МэВ. Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

7 Определить кинетическую энергию ядер  $^7\text{Be}$  возникающих в реакции  $p + ^7\text{Li} \rightarrow ^7\text{Be} + n$ ,  $Q = -1,65$  МэВ при пороговом значении энергии протона.

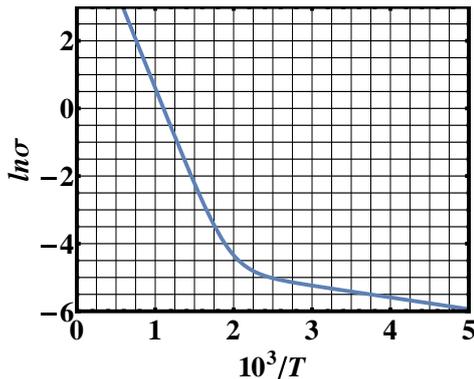
8 Вычислить кинетическую энергию протонов, неупруго рассеянных под прямым углом на покоящихся ядрах  $^{16}\text{O}$ . Известно, что нижние уровни ядра  $^{16}\text{O}$  соответствуют энергии возбуждения  $0,87$ ;  $3,00$ ;  $3,80$  МэВ. Кинетическая энергия бомбардирующих протонов  $T_0 = 4,3$  МэВ.

## Вариант 7

1 Струя воды с площадью  $S_1$  поперечного сечения, равной  $4 \text{ см}^2$ , вытекает в горизонтальном направлении из брандспойта, расположенного на высоте  $H=2 \text{ м}$  над поверхностью Земли, и падает на эту поверхность на расстоянии  $l=8 \text{ м}$  (см. рис.). Пренебрегая сопротивлением воздуха движению воды, найти избыточное давление  $p$  воды в рукаве, если площадь  $S_2$  поперечного сечения рукава равна  $50 \text{ см}^2$ ?



2 Вертикальная струя идеальной жидкости вытекает из горизонтального отверстия радиуса  $r_0$  со скоростью  $v_0$ . Найти радиус струи на расстоянии  $h$  ниже отверстия.



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Образец из чистого беспримесного полупроводника, у которого подвижности электронов и дырок  $0,36$  и  $0,18 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ , находится при  $300 \text{ К}$  в поле электромагнитного излучения. При этом его удельное сопротивление  $0,43 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Определите ширину запрещенной зоны полупроводника, если доля электропроводности образца, обусловленная фотопроводимостью составляет  $15\%$ . Указание: использовать выражение для концентрации свободных электронов и

$$n_e = n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{\Delta W}{2kT}\right)$$

5 Радионуклид  $^{124}\text{Sb}$  образуется с постоянной скоростью  $q = 1,0 \cdot 10^9$  ядро/с. С периодом полураспада  $T = 60$  сут он превращается в стабильный нуклид  $^{124}\text{Te}$ . Найти через сколько времени после начала образования активность  $^{124}\text{Sb}$  станет  $A = 3,7 \cdot 10^8$  Бк ( $10 \text{ мКи}$ ).

6 Распад ядер  $^{226}\text{Th}$  происходит из основного состояния и сопровождается испусканием  $\alpha$ -частиц с энергией  $6,33$ ;  $6,23$ ;  $6,10$  и  $6,03 \text{ МэВ}$ . Рассчитать энергию возбужденных состояний дочернего ядра, в которые происходит распад. Учсть, что одна из энергий  $\alpha$ -частицы соответствует переходу из основного в основное состояние.

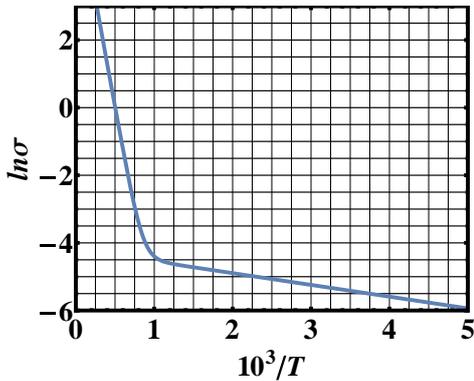
7 Определить кинетическую энергию ядер  $^{15}\text{O}$  возникающих в реакции  $n + ^{19}\text{F} \rightarrow ^{15}\text{O} + p + 4n$ ,  $Q = -35,8 \text{ МэВ}$  при пороговом значении энергии нейтрона.

8 Вычислить кинетическую энергию протонов, неупруго рассеянных под прямым углом на покоящихся ядрах  $^{20}\text{Ne}$ . Известно, что нижние уровни ядра  $^{20}\text{Ne}$  соответствуют энергии возбуждения  $1,5$ ;  $2,2$  и  $4,2 \text{ МэВ}$ . Кинетическая энергия бомбардирующих протонов  $T_0 = 4,3 \text{ МэВ}$ .

## Вариант 8

1 Бак высотой  $H=2$  м до краев заполнен жидкостью. На какой высоте  $h$  должно быть проделано отверстие в стенке бака, чтобы место падения струи, вытекающей из отверстия, было на максимальном от бака расстоянии?

2 Сосуд с водой подвешен к потолку. Высота воды в сосуде  $H$ . На сколько изменится сила натяжения подвеса, если в дне сосуда открыть маленькое отверстие, из которого будет вытекать струя сечения  $S$ ? Плотность воды  $\rho$ .



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Вычислить суммарную подвижность носителей беспримесного полупроводника, у которого красная граница фотопроводимости при очень низких температурах составляет  $1,73$  мкм; а удельное сопротивление при температуре  $350$ К равно  $0,55$  Ом·м. Указание: использовать выражение для концентрации свободных электронов и дырок

$$n_e = n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp \left( -\frac{\Delta W}{2kT} \right)$$

5 Радионуклид  $^{124}\text{Sb}$  образуется с постоянной скоростью  $q = 1,0 \cdot 10^9$  ядро/с. С периодом полураспада  $T = 60$  сут он превращается в стабильный нуклид  $^{124}\text{Te}$ . Найти какая масса нуклида  $^{124}\text{Te}$  накопится в препарате за четыре месяца после начала его образования.

6 Ядро  $^{32}\text{P}$  испытывает  $\beta$ -распад, в результате которого дочернее ядро оказывается непосредственно в основном состоянии. Определить максимальную кинетическую энергию  $\beta$ -частиц и соответствующую кинетическую энергию дочернего ядра. Указание: расчет масс частиц и энергии реакции проводить с помощью таблицы дефектов масс.

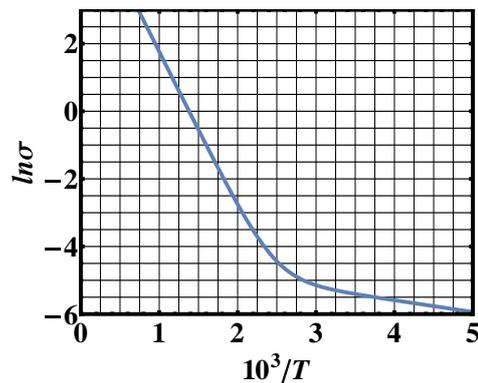
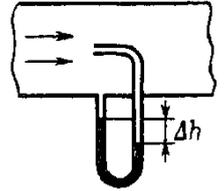
7 Оценить минимальную кинетическую энергию налетающей  $\alpha$ -частицы, необходимую для ее прохождения над кулоновским потенциальным барьером ядра  $^7\text{Li}$ . Возбудит ли  $\alpha$ -частица такой энергии реакцию  $^7\text{Li}(\alpha, n)^{10}\text{B}$ ?

8 Найти максимальную кинетическую энергию  $\alpha$ -частиц, возникающих в результате реакции  $^{16}\text{O}(d, \alpha)^{14}\text{B} + 3,1$  МэВ при энергии бомбардирующих дейтронов  $2,0$  МэВ.

## Вариант 9

1 Насос представляет собой расположенный горизонтально цилиндр с поршнем площади  $S$  и выходным отверстием площади  $s$ , расположенным на оси цилиндра. Определите скорость истечения струи жидкости из насоса если поршень под действием силы  $F$  перемещается с постоянной скоростью. Плотность жидкости  $\rho$ .

2 Трубка Пито (см. рис.) установлена по оси газопровода, площадь внутреннего сечения которого равна  $S$ . Пренебрегая вязкостью, найти разность уровней в жидкостном манометре равна  $\Delta h$ , если объем газа, проходящего через сечение трубы в единицу времени равен  $V$ , а плотность жидкости и газа соответственно  $\rho_0$  и  $\rho$ .



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Образец из чистого беспримесного полупроводника имеет удельное сопротивление  $0,01$  Ом·м. После включения источника света его удельное сопротивление стало  $0,005$  Ом·м. Определите, через сколько миллисекунд его удельное сопротивление станет равным  $0,0075$  Ом·м; если среднее время жизни носителей заряда  $10$  мс.

5 Радионуклид  $A_1$ , образующийся с постоянной скоростью  $q$  ядро/с, испытывает цепочку превращений по схеме:  $A_1 \xrightarrow{\lambda_1} A_2 \xrightarrow{\lambda_2} A_3$  (стабилен) (под стрелками указаны постоянные распада). Найти закон накопления количества ядер  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  с течением времени, полагая, что в начальный момент препарат их не содержал.

6 При распаде ядер  $^{212}\text{Po}$  испускаются четыре группы  $\alpha$ -частиц: основная с энергией  $8,780$  МэВ и длиннопробежные с энергиями  $9,492$ ;  $10,422$  и  $10,543$  МэВ. Рассчитать энергии возбужденных состояний ядра  $^{212}\text{Po}$ , если известно, что дочерние ядра во всех случаях возникают непосредственно в основном состоянии.

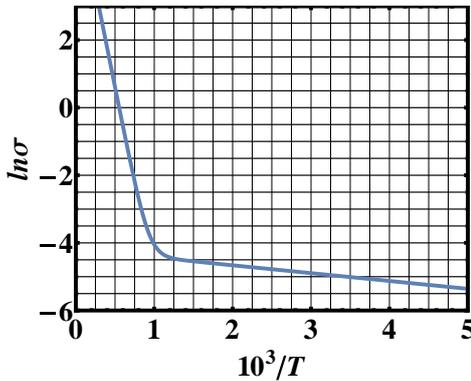
7 Литиевую мишень облучают  $\alpha$ -частицами с кинетической энергией  $T_\alpha = 10,0$  МэВ. В результате ядерной реакции  ${}^7\text{Li}(\alpha, n){}^{10}\text{B}$ ,  $Q = 2,79$  МэВ из мишени вылетают нейтроны. Найти кинетическую энергию нейтронов, влетающих под углом  $90^\circ$  к направлению движения бомбардирующих  $\alpha$ -частиц.

8 Реакция  ${}^2\text{H}(t, n){}^4\text{He} + 17,6$  МэВ является одним из источников быстрых нейтронов. Найти максимальную энергию этих нейтронов, если энергия ядер трития составляет  $2,75$  МэВ.

## Вариант 10

1 По длинной наклонной плоскости стекает широкий поток воды. На протяжении  $l$  по течению глубина потока уменьшается вдвое. На протяжении какого пути глубина потока уменьшится в четыре раза?

2 Цилиндрический сосуд высоты  $h$  с площадью основания  $S$  наполнен водой. В дне сосуда открыли отверстие площадью  $s \ll S$ . Пренебрегая вязкостью воды, определить, через сколько времени вся вода вытечет из сосуда.



3 На рис. показан график зависимости логарифма электропроводности от обратной температуры ( $T$ , К) для некоторого полупроводника с донорной примесью (полупроводник  $n$ -типа). Найти с его помощью ширину запрещенной зоны полупроводника и глубину залегания примесного уровня.

4 Образец из чистого беспримесного полупроводника, у которого ширина запрещенной зоны  $0,72$  эВ, а подвижности электронов и дырок  $0,36$  и  $0,18$   $\text{м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ , в поле электромагнитного излучения. При этом его удельное сопротивление  $0,43$  Ом·м. Определите температуру образца, если доля электропроводности образца, обусловленная фотопроводимостью, составляет  $14\%$ . Указание: использовать выражение для концентрации свободных электронов и дырок

$$n_e = n_h = 2 \left( \frac{mkT}{2\pi\hbar^2} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{\Delta W}{2kT}\right)$$

5 Радионуклид  $^{138}\text{Xe}$ , образующийся с постоянной скоростью  $q = 1,0 \cdot 10^{10}$  ядро/с, испытывает превращения по схеме  $^{138}\text{Xe} \xrightarrow{17 \text{ мин}} ^{138}\text{Cs} \xrightarrow{32 \text{ мин}} ^{138}\text{Ba}$  (стабилен) (под стрелками указаны периоды полураспада). Вычислить суммарную активность данного препарата через  $60$  мин после начала накопления.

6 Вычислить максимальное значение импульса электронов, испускаемых ядрами  $^{10}\text{Be}$ , если известно, что дочерние ядра оказываются непосредственно в основном состоянии. Указание: расчет масс частиц и энергии реакции проводить с помощью таблицы дефектов масс.

7 Литиевую мишень облучают  $\alpha$ -частицами с кинетической энергией  $T_\alpha = 10,0$  МэВ. В результате ядерной реакции  $^7\text{Li}(\alpha, n)^{10}\text{B}$ ,  $Q = 2,79$  МэВ из мишени вылетают нейтроны. Найти кинетическую энергию нейтронов, влетающих под углом  $180^\circ$  к направлению движения бомбардирующих  $\alpha$ -частиц.

8 Найти энергию возбуждения покоящегося ядра массой  $M$ , которую оно получит при захвате  $\gamma$ -кванта с энергией  $\hbar\omega$ .

### 7. Таблица свойств нуклидов

Z	Нуклид	Спнн ядра	Избыток массы нуклида М-А, а. е. м	Массовое содержание в естественной смеси изотопов, %	Тип распада	Период полураспада	Энергия $\alpha$ - и $\beta$ -частиц $T_{\beta\text{макс}}$ , МэВ
1	<i>n</i>	1/2	0,008665	—	$\beta^-$	11,7 мин	0,78
	<sup>1</sup> H	1/2	0,007825	99,985		—	
2	<sup>2</sup> H	1	0,014102	0,015		—	
	<sup>3</sup> H	1/2	0,0160049	—	$\beta^-$	12,3 года	0,018
	<sup>3</sup> He	1/2	0,016030	$3 \cdot 10^{-4}$		—	
3	<sup>4</sup> He	0	0,002604	$\sim 100$		—	
	<sup>6</sup> Li	1	0,015126	7,52		—	
4	<sup>7</sup> Li	3/2	0,016005	92,48		—	
	<sup>7</sup> Li	3/2	0,016931	—	<i>K</i>	53 сут	
	<sup>8</sup> Be	0	0,005308	—	2 $\alpha$	$10^{-16}$ с	0,039
5	<sup>9</sup> Be	3/2	0,012186	100		—	
	<sup>10</sup> Be	0	0,013535	—	$\beta^-$	$2,5 \cdot 10^6$ лет	0,555
	<sup>10</sup> B	3	0,012939	20		—	
6	<sup>11</sup> B	3/2	0,009305	80		—	
	<sup>11</sup> C	3/2	0,011431	—	$\beta^+$	20,4 мин	0,97
	<sup>12</sup> C	0	0	98,89		—	
7	<sup>13</sup> C	1/2	0,003354	1,11		—	
	<sup>14</sup> C	0	0,003242	—	$\beta^-$	5570 лет	0,155
	<sup>13</sup> N	—	0,005739	—	$\beta^-$	10 мин	1,2
	<sup>14</sup> N	1	0,003074	99,63		—	
8	<sup>15</sup> N	1/2	0,000108	0,37		—	
	<sup>15</sup> O	—	0,003072	—	$\beta^+$	2,1 мин	1,68
	<sup>16</sup> O	0	-0,005085	99,76		—	
9	<sup>17</sup> O	5/2	-0,000867	0,037		—	
	<sup>18</sup> O	0	-0,000840	0,204		—	
	<sup>18</sup> F	—	0,000950	—	$\beta^+$	1,87 ч	0,649
	<sup>19</sup> F	1/2	-0,001595	100		—	
10	<sup>20</sup> F	—	-0,000015	—	$\beta^-$	12 $\mu$	5,42
	<sup>20</sup> Ne	0	-0,007560	90,52		—	
	<sup>21</sup> Ne	—	-0,006151	0,26		—	
11	<sup>22</sup> Ne	0	-0,008616	8,82		—	
	<sup>22</sup> Na	3	-0,005565	—	$\beta^+$	2,6 года	0,540
	<sup>23</sup> Na	3/2	-0,010227	100		—	
12	<sup>24</sup> Na	4	-0,009033	—	$\beta^-$	15 ч	1,39
	<sup>23</sup> Mg	—	-0,005865	—	$\beta^+$	11 с	2,95
	<sup>24</sup> Mg	0	-0,014956	78,60		—	
	<sup>25</sup> Mg	5/2	-0,014160	10,11		—	
13	<sup>26</sup> Mg	0	-0,0117409	11,29		—	
	<sup>27</sup> Mg	1/2	-0,015655	—	$\beta^-$	8,5 мин	1,75 и 1,59
	<sup>26</sup> Al	—	-0,013100	—	$\beta^+$	6,7 с	3,20
	<sup>27</sup> Al	5/2	-0,018465	100		—	
	<sup>28</sup> Al	3	-0,018092	—	$\beta^-$	2,3 мин	2,86
14	<sup>28</sup> Si	0	-0,023073	92,27		—	
	<sup>29</sup> Si	1/2	-0,023509	4,68		—	
	<sup>30</sup> Si	0	-0,026239	3,05		—	
15	<sup>31</sup> Si	—	-0,024651	—	$\beta^-$	2,65 ч	1,47
	<sup>30</sup> P	—	-0,021680	—	$\beta^+$	2,5 мин	3,24
	<sup>31</sup> P	1/2	-0,026237	100		—	
	<sup>32</sup> P	—	-0,026092	—	$\beta^-$	14,3 сут	1,71

Z	Нуклид	Спин ядра	Избыток массы нуклида $M-A$ , а. е. м	Массовое содержание в естественной смеси изотопов, %	Тип распада	Период полураспада	Энергия $\alpha$ - и $\beta$ -частиц $T_{\text{макс}}$ , МэВ
16	$^{32}\text{S}$	0	-0,027926	95,02			
	$^{33}\text{S}$	3/2	-0,028540	0,75			
	$^{34}\text{S}$	0	-0,032136	4,21			
17	$^{35}\text{S}$	3/2	-0,030966	—	$\beta^-$	87 сут	0,167
	$^{35}\text{Cl}$	3/2	-0,031146	75,4			
	$^{36}\text{Cl}$	2	-0,031688	—	$\beta^-, K$	$3,1 \cdot 10^5$ лет	0,714
18	$^{37}\text{Cl}$	3/2	-0,034104	24,6			
	$^{36}\text{Ar}$	0	-0,032452	0,34			
	$^{37}\text{Ar}$	3/2	-0,033228	—	$K$	32 сут	
19	$^{39}\text{Ar}$	—	-0,035679	—	$\beta^-$	265 лет	0,565
	$^{40}\text{Ar}$	0	0,037616	99,60			
	$^{39}\text{K}$	3/2	-0,036286	93,08			
24	$^{42}\text{K}$	2	-0,037583	—	$\beta^-$	1,52 ч	3,55 и 1,99
25	$^{51}\text{Cr}$	7/2	-0,055214	—	$K$	28 сут	
27	$^{55}\text{Mn}$	5/2	-0,061946	100			
29	$^{58}\text{Co}$	2	-0,064246	—	$K \beta^+$	72 сут	0,47
	$^{59}\text{Co}$	7/2	-0,066811	100			
	$^{60}\text{Co}$	4	-0,066194	—		5,2 года	0,31
30	$^{63}\text{Cu}$	3/2	-0,070406	69,1			
	$^{65}\text{Cu}$	3/2	-0,072214	30,9			
35	$^{65}\text{Zn}$	5/2	-0,070766	—	$K, \beta^+$	245 сут	0,325
38	$^{82}\text{Br}$	6	-0,083198	—	$\beta^-$	36 ч	0,456
	$^{88}\text{Sr}$	0	-0,09436	82,56			
	$^{89}\text{Sr}$	5/2	-0,09257	—	$\beta^-$	51 сут	1,46
39	$^{89}\text{Sr}$	0	-0,09223	—	$\beta^-$	28 лет	0,535
	$^{90}\text{Y}$	2	-0,09282	—	$\beta^-$	64 ч	2,24
	$^{107}\text{Ag}$	1/2	-0,09303	51,35			
53	$^{127}\text{I}$	5/2	-0,09565	100			
	$^{128}\text{I}$	1	-0,09418	—	$\beta^-, K$	25 мии	2,12 и 1,67
	$^{197}\text{Au}$	3/2	-0,03345	100			
81	$^{198}\text{Au}$	2	-0,03176	—	$\beta^-$	2,7 сут	0,96
	$^{204}\text{Tl}$	—	-0,02611	—	$\beta^-$	4,1 года	0,77
	$^{206}\text{Pb}$	0	-0,02554	23,6			
82	$^{207}\text{Pb}$	1/2	-0,02410	22,6			
	$^{208}\text{Pb}$	0	-0,02336	52,3			
	$^{209}\text{Bi}$	9/2	-0,01958	100			
84	$^{210}\text{Bi}$	4	-0,01589	—	$\alpha$	$2,6 \cdot 10^6$ лет	4,97
	$^{210}\text{Po}$	—	-0,01713	—	$\alpha$	138 сут	5,3
	$^{222}\text{Rn}$	—	0,01753	—	$\alpha$	3,8 сут	5,49
88	$^{226}\text{Ra}$	0	0,02536	—	$\alpha$	1620 лет	4,777 и 4,589
90	$^{232}\text{Th}$	0	0,03821	100	$\alpha$	$1,4 \cdot 10^{10}$ лет	4,00 и 3,98
	$^{233}\text{Th}$	—	0,04143	—	$\beta^-$	22 мин	1,23
92	$^{234}\text{U}$	0	0,04090	0,006	$\alpha$	$2,5 \cdot 10^5$ лет	4,76 и 4,72
	$^{235}\text{U}$	7/2	0,04383	0,71	$\alpha$	$7,1 \cdot 10^8$ лет	4,20—4,58
	$^{236}\text{U}$	0	0,04573	—	$\alpha$	$2,4 \cdot 10^7$ лет	4,45 и 4,50
	$^{238}\text{U}$	0	0,05076	99,28	$\alpha$	$4,5 \cdot 10^9$ лет	4,13 и 4,18
94	$^{239}\text{U}$	—	0,05432	—	$\beta^-$	23,5 мин	1,21
	$^{238}\text{Pu}$	—	0,04952	—	$\alpha$	89,6 года	5,50 и 5,45
	$^{239}\text{Pu}$	1/2	0,05216	—	$\alpha$	$2,4 \cdot 10^4$ лет	5,15—5,10