

## Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

### Вариант № 11

#### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (B1–B5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий B1 и B2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B3–B5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

При выполнении заданий B3–B5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

#### Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

#### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

#### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
электрический заряд	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

#### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

#### Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

#### Плотность

		подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

#### Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

#### Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

**Нормальные условия:** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$

#### Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

**Часть 1**

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

**A1** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени.

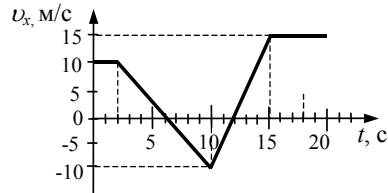


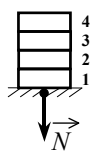
График зависимости от времени проекции ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 6 до 10 с совпадает с графиком

- 1)  $a_x, \text{M/c}^2$  vs  $t, \text{c}$  (constant at 5)    2)  $a_x, \text{M/c}^2$  vs  $t, \text{c}$  (constant at 0)    3)  $a_x, \text{M/c}^2$  vs  $t, \text{c}$  (constant at -5)    4)  $a_x, \text{M/c}^2$  vs  $t, \text{c}$  (constant at -10)

**A2** В инерциальной системе отсчета сила  $F$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $a$ . Ускорение тела массой  $2m$  под действием силы  $2F$  в этой системе отсчета равно

- 1)  $a$     2)  $2a$     3)  $\frac{1}{2}a$     4)  $4a$

**A3** Четыре одинаковых кирпича массой  $m$  каждый сложены в стопку (см. рисунок). Если убрать верхний кирпич, то сила  $N$ , действующая со стороны 1-го кирпича на горизонтальную опору, уменьшится на

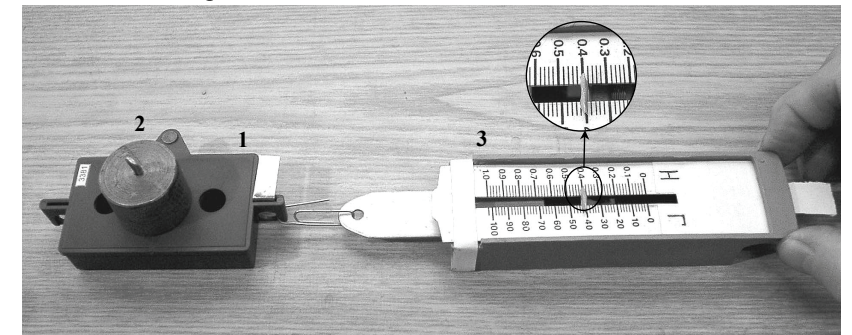


- 1)  $\frac{3mg}{4}$     2)  $mg$     3)  $\frac{mg}{3}$     4)  $\frac{mg}{4}$

**A4** Легковой автомобиль и грузовик массами  $m_1 = 1000$  кг и  $m_2 = 3000$  кг движутся по дороге, причем скорость легкового автомобиля  $v = 108$  км/ч. Какова скорость грузовика, если отношение импульса грузовика к импульсу автомобиля равно 1,5?

- 1) 32 км/ч    2) 48 км/ч    3) 54 км/ч    4) 60 км/ч

**A5** На фотографии представлена установка для изучения равномерного движения бруска (1), на котором находится груз (2). Брусок движется по горизонтальной поверхности.



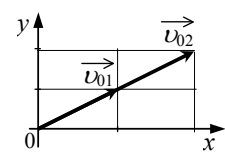
Работа силы упругости пружины динамометра (3) при перемещении бруска с грузом на 20 см равна

- 1) 0,4 Дж    2) 0,04 Дж    3) 0,08 Дж    4) 0,16 Дж

**A6** Струны рояля издают звуки в диапазоне от  $\nu_1 = 90$  Гц до  $\nu_2 = 9000$  Гц. Отношение граничных длин звуковых волн  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  этого диапазона равно

- 1) 1    2) 100    3) 0,01    4) 0,1

**A7** Два тела брошены под одинаковым углом к горизонту так, что их начальные скорости отличаются в 2 раза (см. рисунок). Сравните дальности их полета  $L_1$  и  $L_2$ . Сопротивлением воздуха пренебречь.

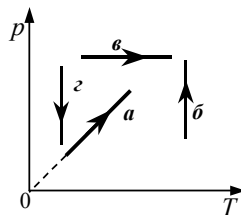


- 1)  $\frac{L_2}{L_1} = 2\sqrt{2}$     2)  $\frac{L_2}{L_1} = 2$     3)  $\frac{L_2}{L_1} = \sqrt{2}$     4)  $\frac{L_2}{L_1} = 4$

**A8** Наибольшая упорядоченность в расположении частиц характерна для

- 1) газов  
2) жидкостей  
3) кристаллических тел  
4) аморфных тел

**A9** На  $pT$ -диаграмме показаны четыре процесса изменения состояния постоянной массы идеального газа. Изотермическим расширением является процесс

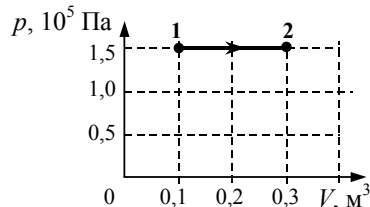


- 1)  $a$
- 2)  $b$
- 3)  $c$
- 4)  $d$

**A10** Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 30%. Какой будет относительная влажность, если объем сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

- 1) 90%
- 2) 60%
- 3) 30%
- 4) 10%

**A11** Газ под поршнем расширился и перешел из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Какую работу совершил газ?

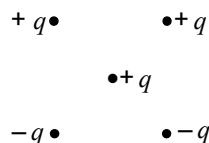


- 1)  $1,5 \cdot 10^5$  Дж
- 2)  $3 \cdot 10^4$  Дж
- 3)  $1,5 \cdot 10^4$  Дж
- 4)  $0,45 \cdot 10^4$  Дж

**A12** Тепловая машина за один цикл получает от нагревателя количество теплоты 500 Дж и совершает работу 200 Дж. Какое количество теплоты отдает она холодильнику за три цикла?

- 1) 300 Дж
- 2) 900 Дж
- 3) 100 Дж
- 4) 2100 Дж

**A13** Как направлена кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на положительный точечный заряд  $q$ , помещенный в центр квадрата (см. рисунок), в вершинах которого находятся заряды:  $+q, +q, -q, -q$ ?



- 1)  $\rightarrow$
- 2)  $\leftarrow$
- 3)  $\uparrow$
- 4)  $\downarrow$

**A14** Каким было время протекания тока силой 5 А по проводнику, если напряжение на его концах составило 120 В, и за это время в проводнике выделилось количество теплоты, равное 540 кДж?

- 1) 0,9 с
- 2) 187,5 с
- 3) 900 с
- 4) 22500 с

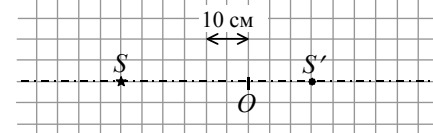
**A15** Магнитная стрелка компаса зафиксирована на оси (северный полюс затемнен, см. рисунок). К стрелке поднесли сильный постоянный полосовой магнит и освободили ее. При этом стрелка

- 1) повернется на  $180^\circ$
- 2) повернется на  $90^\circ$  по часовой стрелке
- 3) повернется на  $90^\circ$  против часовой стрелки
- 4) останется в прежнем положении

**A16** Плоская электромагнитная волна распространяется в вакууме вдоль оси Ох. Какова разность фаз колебаний напряженности электрического поля в волне в точках, чьи координаты отличаются на  $\Delta x = \frac{\lambda}{4}$  ( $\lambda$  – длина волны)?

- 1)  $\frac{\pi}{2}$
- 2)  $\pi$
- 3)  $\frac{\pi}{4}$
- 4)  $\frac{\pi}{3}$

**A17** На рисунке показаны главная оптическая ось линзы, положение оптического центра  $O$ , источник света  $S$  и его изображение  $S'$ .



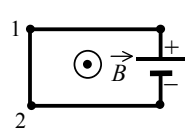
Фокусное расстояние линзы равно

- 1) -10 см
- 2) 10 см
- 3) 15 см
- 4) 30 см

**A18** Дифракционная решетка с периодом  $d$  освещается монохроматическим светом. На экране, установленном за решеткой параллельно ей, возникает дифракционная картина, состоящая из темных и светлых вертикальных полос. В первом опыте решетка освещается зеленым светом, во втором – синим, а в третьем – фиолетовым. Применяя решетки с различными  $d$ , добиваются того, что расстояние между светлыми полосами во всех опытах становится одинаковым. Значения постоянной решетки  $d_1, d_2, d_3$  в первом, во втором и в третьем опытах соответственно, удовлетворяют условиям

- 1)  $d_1 = d_2 = d_3$
- 2)  $d_1 > d_2 > d_3$
- 3)  $d_2 > d_1 > d_3$
- 4)  $d_1 < d_2 < d_3$

**A19**



Электрическая цепь, состоящая из прямолинейных горизонтальных проводников и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  которого направлен вертикально вверх (см. рисунок, вид сверху). Куда направлена вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 1–2?

- 1) вертикально вверх, к читателю  $\odot$
- 2) вертикально вниз, от читателя  $\otimes$
- 3) горизонтально вправо  $\rightarrow$
- 4) горизонтально влево  $\leftarrow$

**A20**

В таблице приведены значения энергии для второго и третьего энергетических уровней атома водорода.

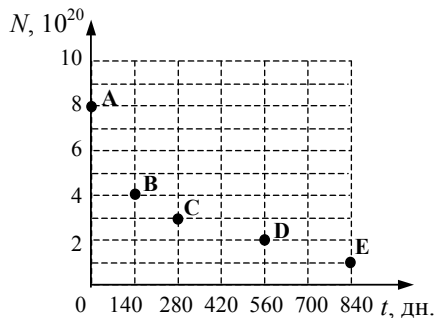
Номер уровня	Энергия, $10^{-19}$ Дж
2	- 5,45
3	- 2,42

Какой должна быть энергия фотона, при поглощении которого атом переходит со второго уровня на третий?

- 1)  $7,87 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 2)  $5,45 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 3)  $3,03 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 4)  $2,42 \cdot 10^{-19}$  Дж

**A21**

Ядра полония  $^{210}_{84}\text{Po}$  испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 140 дней. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер полония. Через какую из точек, кроме точки А, пройдет график зависимости от времени числа еще не испытавших радиоактивный распад ядер полония?



- 1) В
- 2) С
- 3) D
- 4) E

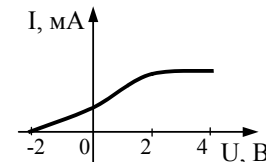
**A22**

При бомбардировке ядра алюминия  $^{27}_{13}\text{Al}$  нейтронами образуется  $\alpha$ -частица  $^4_2\text{He}$  и возникает ядро

- 1)  $^{26}_{12}\text{Mg}$
- 2)  $^{30}_{14}\text{Si}$
- 3)  $^{24}_{11}\text{Na}$
- 4)  $^{30}_{15}\text{P}$

**A23**

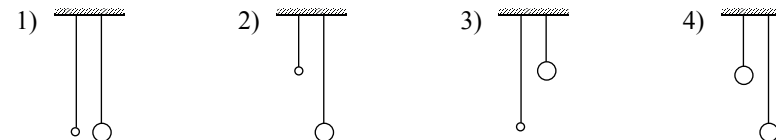
На рисунке представлен график зависимости силы тока от напряжения, поданного на фотоэлемент. Какова длина волны света, падающего на катод фотоэлемента, если работа выхода электронов из катода равна  $3,3 \cdot 10^{-19}$  Дж?



- 1)  $49,5 \cdot 10^{-7}$  м
- 2)  $3,0 \cdot 10^{-7}$  м
- 3)  $5,1 \cdot 10^{-7}$  м
- 4)  $7 \cdot 10^{-7}$  м

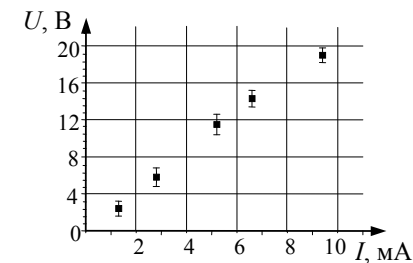
**A24**

Ученик изучает свойства математического маятника. Какую пару маятников (см. рисунок) он должен выбрать, чтобы на опыте обнаружить независимость периода колебаний маятника от массы его груза? Шарики сплошные, из одинакового материала.



**A25**

В школьной лаборатории получена зависимость напряжения между концами проводника от силы протекающего по нему постоянного тока (см. рисунок). Каково примерно сопротивление этого проводника по результатам проведенных измерений?



- 1) 540 Ом
- 2) 960 Ом
- 3) 1,2 кОм
- 4) 1,8 кОм

**Часть 2**

*Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и других символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.*

**В1** С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением легкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рисунок). Как изменятся время движения, ускорение и модуль работы силы трения, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой  $2m$ ?



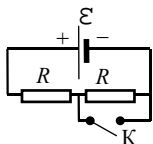
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время движения	Ускорение	Модуль работы силы трения

**В2** На рисунке показана цепь постоянного тока. Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  – ЭДС источника тока,  $R$  – сопротивление). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) Сила тока в цепи при замкнутом ключе К
- Б) Сила тока в цепи при разомкнутом ключе К

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{\mathcal{E}}{2R}$
- 2)  $\frac{\mathcal{E}}{R}$
- 3)  $\frac{2\mathcal{E}}{R}$
- 4)  $\frac{\mathcal{E}}{4R}$

А	Б

*Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.*

**В3** Сталкиваются два пластилиновых шарика с массами  $m_1 = 10$  г и  $m_2 = 20$  г, причем векторы их скоростей непосредственно перед столкновением направлены навстречу друг другу и одинаковы по модулю:  $v_1 = v_2 = 4,5$  м/с. Какой будет их скорость сразу после столкновения?

**В4** В кофейник налили 800 г воды при температуре 19°C и включили нагреватель. Через какое время вода в кофейнике полностью выкипит, если мощность нагревателя 2 кВт, а его КПД 80%? Ответ выразите в минутах и округлите до целых.

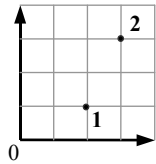
**В5** Заряженная частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом  $10^{-3}$  м. Сила, действующая на частицу со стороны магнитного поля, равна  $3,2 \cdot 10^{-13}$  Н. Какова кинетическая энергия движущейся частицы? Ответ выразите в электронвольтах (эВ).

**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1**

**Часть 3**

**Задания C1–C6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.**

**C1**



В кабинете физики проводились опыты с разреженным газом постоянной массы. По невнимательности ученик, отметив на графике начальное и конечное состояния газа (см. рисунок), не указал, какие две величины из трех (давление  $p$ , объем  $V$ , температура  $T$ ) отложены по осям. В журнале осталась запись, согласно которой названные величины изменялись следующим образом:  $p_1 < p_2$ ,  $V_1 > V_2$ ,  $T_1 < T_2$ . Пользуясь этими данными, определите, какие величины были отложены на горизонтальной и вертикальной осях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали.

**Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

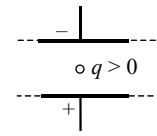
**C2**

На озере два рыбака сидят в покоящейся лодке, масса которой  $M = 100$  кг и длина  $L = 6$  м: один – на носу, а второй – на корме. Их массы равны соответственно  $m_1 = 60$  кг и  $m_2 = 80$  кг. Насколько сместится лодка относительно берега озера, если первый рыбак перейдет ко второму? (Трением пренебречь.)

**C3**

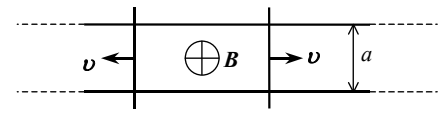
В горизонтально расположенной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной 15 см, который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз. На сколько градусов следует нагреть воздух в трубке, чтобы объем, занимаемый воздухом, стал прежним? Температура воздуха в лаборатории 300 К, а атмосферное давление составляет 750 мм рт.ст.

**C4**



Между горизонтальными обкладками плоского конденсатора висит заряженная капелька ртути (см. рисунок). Каков ее заряд, если известно, что разность потенциалов между обкладками  $\Delta\phi = 1$  кВ, расстояние между ними  $d = 2$  см, а масса капельки  $m = 2,4 \cdot 10^{-15}$  кг?

**C5**



Два параллельных рельса расположены на расстоянии  $a = 1$  м друг от друга в горизонтальной плоскости в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл (см. рисунок). Рельсы замкнуты перемычками, которые, сохраняя с ними надежный контакт, движутся в противоположные стороны с одинаковой по величине скоростью  $v = 2$  м/с. Сопротивление каждой из перемычек  $R = 2$  Ом, а сопротивление рельсов пренебрежимо мало. Какова величина силы тока, текущего по перемычкам?

**C6**

При реакции синтеза  ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{p}$  образуются ядро гелия и протон и выделяется 18,3 МэВ энергии. Какую кинетическую энергию уносит протон, если кинетическая энергия исходных частиц пренебрежимо мала по сравнению с выделившейся?