

Вариант № 1  
**Инструкция по выполнению работы**

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (А1–А21). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 содержит 10 задач: А22– А25 с выбором одного верного ответа и С1 – С 6, для которых требуется дать развернутые решения.

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.

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	$10^9$	санци	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 электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
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**

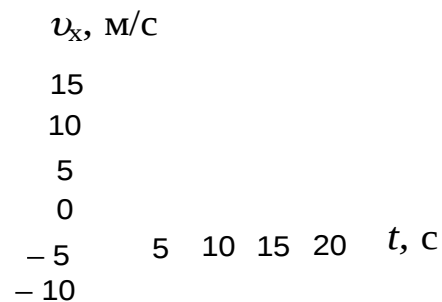
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

**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	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

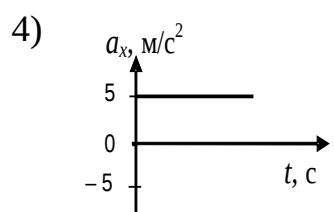
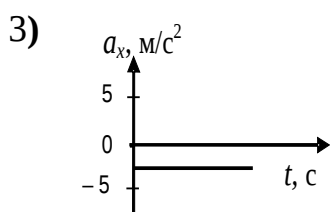
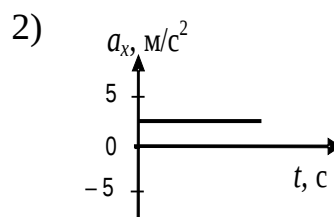
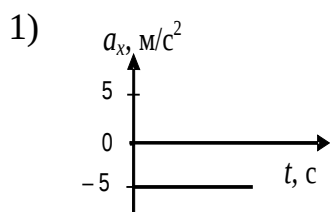
## Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A21) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.



**A1** На рисунке справа приведен график зависимости проекции скорости тела, движущегося вдоль оси  $Ox$  от времени.

График зависимости от времени ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 10 до 15 с совпадает с графиком



**A2**

Земля притягивает к себе висящую на крыше сосульку с силой 10 Н. С какой силой это сосулька притягивает к себе Землю?

- 1) 0,1 Н                    2) 2,5 Н                    3) 5 Н                    4) 10 Н

A3

Тело движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы, равной по модулю 8 Н. Импульс тела изменился на 40 кг·м/с. Сколько времени потребовалось для этого?

- 1) 0,5 с                    2) 5 с                    3) 48 с                    4) 320 с

A4

Две пружины имеют одинаковую жесткость. Первая из них растянута на 4 см. Потенциальная энергия второй пружины в 2 раза меньше, чем у первой. Вторая пружина

- 1) сжата на 2 см  
2) сжата на  $\sqrt{2}$  см  
3) растянута на 0,5 см  
4) растянута на 4 см

A5

Скорость тела, совершающего гармонические колебания, меняется с течением времени по закону  $v(t) = 3 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi t$ , где все величины выражены в СИ. Амплитуда колебаний скорости равна

- 1)  $3 \cdot 10^{-2}$  м/с                    2)  $6 \cdot 10^{-2}$  м/с                    3) 2 м/с                    4)  $2\pi$  м/с

A6

Какое утверждение справедливо для кристаллических тел?

- 1) В процессе плавления температура тела изменяется  
2) Атомы кристалла расположены упорядоченно  
3) В расположении атомов кристалла отсутствует порядок  
4) Атомы свободно перемещаются в пределах кристалла

V

0

T

A7

Какому процессу в идеальном газе соответствует график на рисунке, если масса газа не меняется?

- 1) Изобарному
- 2) Изотермическому
- 3) Изохорному
- 4) Адиабатному

**A8**

Твердое тело нагревают. На рисунке приведен график зависимости температуры тела от переданного ему количества теплоты. Масса тела 2 кг. Удельная теплоемкость вещества в этом процессе равна

$T, \text{K}$   
410  
380  
350  
320

0 20 40 60  $Q, \text{кДж}$

- 1) 250 Дж/(кг·К)
- 2) 375 Дж/(кг·К)
- 3) 500 Дж/(кг·К)
- 4) 600 Дж/(кг·К)

**A9**

Газ совершил работу 10 Дж и получил количество теплоты 6 Дж. Внутренняя энергия газа

- 1) увеличилась на 16 Дж
- 2) уменьшилась на 16 Дж
- 3) увеличилась на 4 Дж
- 4) уменьшилась на 4 Дж

**A10**

Из сосуда начали выпускать сжатый воздух, одновременно охлаждая сосуд. В конце опыта абсолютная температура воздуха снизилась в 2 раза, а его давление уменьшилось в 3 раза. Масса воздуха в сосуде уменьшилась в

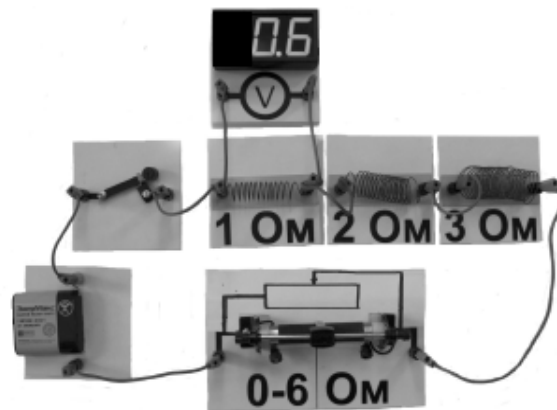
- 1) 6 раз
- 2) 3 раза
- 3) 2 раза
- 4) 1,5 раза

**A11**

Если расстояние между двумя точечными зарядами увеличить в 3 раза и каждый заряд увеличить в 3 раза, то сила их взаимодействия

- 1) уменьшится в 4 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) не изменится
- 4) увеличится в 2 раза

**A12** На фотографии – электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах.



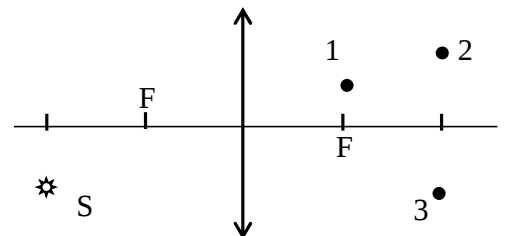
Чему будут равны показания вольтметра, если его подключить параллельно резистору 2 Ом? Вольтметр считать идеальным.

- 1) 0,3 В                      2) 0,6 В                      3) 1,2 В                      4) 1,8 В

**A13** Прямолинейный проводник длиной  $L$ , по которому течет ток  $I$ , помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции  $\vec{B}$ . Как изменится сила Ампера, действующая на проводник, если его длина будет в 2 раза больше, индукция магнитного поля уменьшится в 4 раза, а сила тока в проводнике останется прежней?

- 1) уменьшится в 2 раза  
 2) увеличится в 2 раза  
 3) уменьшится в 4 раз  
 4) не изменится

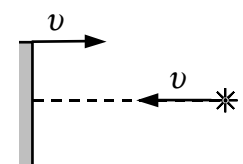
**A14** Где находится изображение точки  $S$  (см. рисунок), создаваемое собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ ?



- 1) в точке 1  
 2) в точке 2  
 3) в точке 3  
 4) на бесконечно большом расстоянии от линзы

**A15**

В инерциальной системе отсчета свет от неподвижного источника распространяется со скоростью  $c$  (см. рисунок). Если источник света и зеркало движутся навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями  $v$ , то скорость отраженного света в инерциальной системе отсчета, связанной с источником, равна



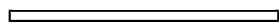
- 1)  $c$                       2)  $c - 2v$                       3)  $c + 2v$                       4)  $c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

**A16**

В электрической цепи, изображенной на рисунке, вольтметр, подсоединенный к резистору  $R_1$ , показывает напряжение  $U = 2$  В. ЭДС источника тока 5 В, а сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = 2$  Ом. Каково внутреннее сопротивление источника тока?

- 1) 0,1 Ом                      2) 2 Ом                      3) 3 Ом                      4) 1 Ом

$R_1$   
,  $r$   
 $R_2$



**A17**

Частоты света от двух источников связаны соотношением  $\nu_2 = 3\nu_1$ .

Отношение энергий фотонов  $\frac{E_2}{E_1}$ , испускаемых этими источниками, равно

- 1) 0,75                      2) 1                      3) 3                      4) 9

**A18**

Ядро криптона  ${}_{36}^{72}\text{Kr}$  содержит

- 1) 72 протона, 36 нейтронов  
2) 108 протонов, 36 нейтронов  
3) 72 протона, 108 нейтронов  
4) 36 протонов, 36 нейтронов

**A19**

Радиоактивный свинец  ${}_{82}^{212}\text{Pb}$ , испытав один  $\alpha$ -распад и два  $\beta$ -распада, превратился в изотоп

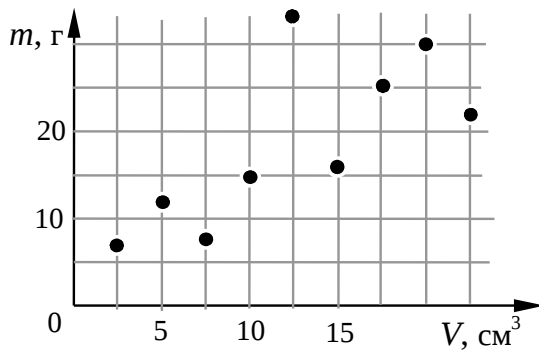
- 1) свинца  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$                       2) полония  ${}_{84}^{212}\text{Po}$                       3) висмута  ${}_{83}^{212}\text{Bi}$                       4) таллия  ${}_{81}^{208}\text{Tl}$

**A20**

Заряды обкладок плоского конденсатора, емкость которого  $C$ , равны  $q$  и  $-q$ . Какую из приведенных ниже величин можно определить по этим данным?

- 1) площадь обкладок  
2) напряжение между обкладками  
3) расстояние между обкладками  
4) напряженность электрического поля между обкладками

A21



Ученик предположил, что для сплошных тел из одного и того же вещества их масса прямо пропорциональна их объему. Для проверки этой гипотезы он взял бруски разных размеров из разных веществ. Результаты измерения объема брусков и их массы ученик отметил точками на координатной плоскости  $\{V, m\}$ , как показано на рисунке.

Погрешности измерения объема и массы равны соответственно  $1 \text{ см}^3$  и  $1 \text{ г}$ . Какой вывод можно сделать по результатам эксперимента?

- 1) Условия проведения эксперимента не соответствуют выдвинутой гипотезе.
- 2) С учетом погрешности измерений эксперимент подтвердил правильность гипотезы.
- 3) Погрешности измерений столь велики, что не позволили проверить гипотезу.
- 4) Эксперимент не подтвердил гипотезу.

## Часть 2

*Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.*

B1

Камень уронили с крыши. Как меняются по мере падения камня модуль его ускорения, потенциальная энергия в поле тяжести и модуль импульса? Сопротивление воздуха не учитывать.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

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

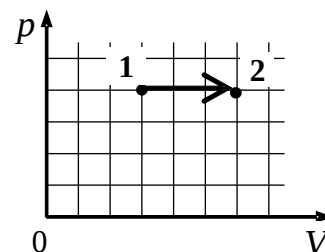
Модуль ускорения	Потенциальная энергия	Модуль импульса
------------------	-----------------------	-----------------



камня	энергия камня	камня

**В2**

Идеальный одноатомный газ в теплоизолированном сосуде с поршнем переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как меняются в ходе указанного на диаграмме процесса давление газа, его температура и внутренняя энергия?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

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

Давление	Температура	Внутренняя энергия

**В3**

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\lambda$  – длина волны фотона,  $h$  – постоянная Планка,  $c$  – скорость света в вакууме). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) Импульс фотона	1) $hc\lambda$
Б) Энергия фотона	2) $\lambda/hc$
	3) $hc/\lambda$
	4) $h/\lambda$

А	Б

**В4**

Два резистора подключены к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Напряжение на первом резисторе равно  $U_1$ , а на втором резисторе равно  $U_2$ . Чему равны сопротивления первого и второго резисторов?

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите

соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА		ФОРМУЛА	
A) Сопротивление резистора $R_1$	1)	$r \times \frac{U_2}{\mathcal{E} - U_1 - U_2}$	
B) Сопротивление резистора $R_2$	2)	$r \times \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_2}{U_2}$	
	3)	$r \times \frac{U_1}{\mathcal{E} - U_1 - U_2}$	
$R_1$	4)	$r \times \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_2}{U_1}$	
$R_2$			

А	Б

### Часть 3

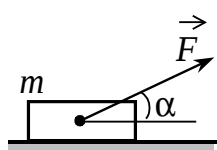
**Задания третьей части представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение в черновике. При выполнении заданий А 22- А 25 в бланке ответов № 1 под номером выполняемых вами заданий поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранных вами ответов.**

A22

Масса Юпитера в 318 раз больше массы Земли, радиус орбиты Юпитера в 5,2 раза больше радиуса орбиты Земли. Во сколько раз сила притяжения Юпитера к Солнцу больше силы притяжения Земли к Солнцу? (Считать орбиты Юпитера и Земли окружностями.)

- 1) в 5,2 раза      2) в 11,8 раз      3) в 61 раз      4) в 1653 раза

A23



Массивный брусок движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы  $F = 12$  Н. Коэффициент трения между бруском и плоскостью  $\mu = 0,2$ . Модуль силы трения, действующей на брусок,  $F_{\text{тр}} = 2,8$  Н. Чему равна масса бруска?

- 1) 1,4 кг                      2) 2,0 кг                      3) 2,4 кг                      4) 2,6 кг

A24

Плоская электромагнитная волна распространяется вдоль оси  $Ox$  в положительном направлении. Какова разность фаз колебаний напряженности электрического поля в начале координат и в точке  $M$  с координатами  $x = 3$  м,  $y = 2$  м,  $z = 1$  м, если длина волны равна 4 м?

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

A25

Один из способов измерения постоянной Планка основан на определении максимальной кинетической энергии фотоэлектронов с помощью измерения напряжения, задерживающего их. В таблице представлены результаты одного из первых таких опытов.

Задерживающее напряжение $U$ , В	0,4	0,9
Частота света $\nu$ , $10^{14}$ Гц	5,5	6,9

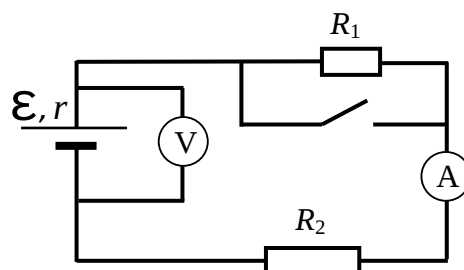
Постоянная Планка по результатам этого эксперимента равна

- 1)  $6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с      2)  $6,3 \cdot 10^{-34}$  Дж·с      3)  $6,0 \cdot 10^{-34}$  Дж·с      4)  $5,7 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

**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, C2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.**

C1

На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резисторов и измерительных приборов. Укажите, как изменятся показания вольтметра при замыкании ключа. Используя законы постоянного тока, проанализируйте эту схему и обоснуйте свой ответ.



**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**

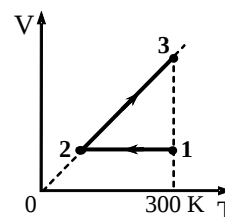
**численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

C2

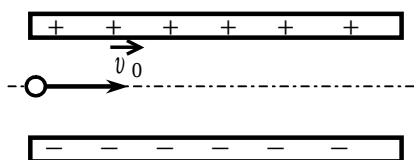
Кусок пластины сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластины и бруска перед ударом направлены противоположно и равны  $v_{пл} = 15$  м/с и  $v_{бр} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластины. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластиной к моменту, когда их скорость уменьшится в 2 раза?

C3

10 моль одноатомного идеального газа сначала охладили, уменьшив давление в 3 раза, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рисунок). Какое количество теплоты получил газ на участке 2 – 3?

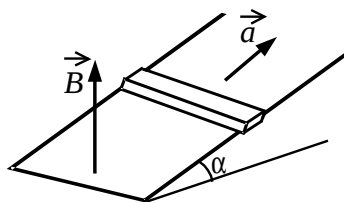


C4



Электрон влетает в плоский конденсатор со скоростью  $v_0$  ( $v_0 \ll c$ ), параллельно пластинам (см. рисунок), расстояние между которыми  $d$ . На какой угол отклонится при вылете из конденсатора вектор скорости электрона от первоначального направления, если конденсатор заряжен до разности потенциалов  $\Delta\phi$ ? Длина пластин  $L$  ( $L \gg d$ ).

C5



Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток  $I = 4$  А. Угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ . Отношение массы стержня к его длине  $\frac{m}{l} = 0,1$  кг/м. Модуль индукции магнитного поля  $B = 0,2$  Тл. Определите ускорение, с которым движется стержень.

C6

Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4$  В/м. Какой путь пролетел в этом электрическом поле электрон, если он приобрел скорость  $v = 3 \cdot 10^6$  м/с. Релятивистские эффекты не учитывать.