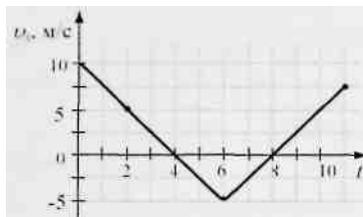


Часть I

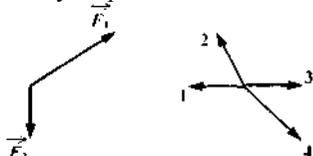
При выполнении заданий части I ч в бланке ответов I под номером выполняемого вами задания (A1-A25) поставьте знак "х" в клеточке номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. Тело движется оси  $x$ . По графику зависимости проекции скорости тела от времени  $t$  установите, какой путь прошло тело за время от  $t_1 = 6$  с до  $t_2 = 10$  с.



- 1) 10 м
- 2) 20 м
- 3) 25 м
- 4) 45 м

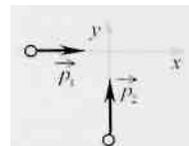
A2. На тело в инерциальной системе отсчета действуют две силы. Какой из векторов, изображенных на правом рисунке, правильно указывает направление ускорения тела в этой системе отсчета?



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A3. Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 4 раза больше, чем для второй. Каково отношение  $R_1/R_2$  радиусов орбит первой и второй планет?

- 1) 1/2
- 2) 2
- 3) 1/4
- 4) 4



A4. Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 3$  кг·м/с, а второго тела  $p_2 = 4$  кг·м/с. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

- 1) 1 кг·м/с
- 2) 5 кг·м/с
- 3) 4 кг·м/с
- 4) 7 кг·м/с

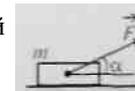
A5. Ящик тянут по земле за веревку по горизонтальной окружности длиной  $L = 40$  м с постоянной по модулю скоростью. Модуль силы трения, действующей на ящик со стороны земли  $F_{тр} = 80$  Н. Чему равна работа силы тяги за один оборот?

- 1) 0
- 2) 3,2 кДж
- 3) 10,0 кДж
- 4) 31,5 кДж

A6. Период колебаний потенциальной энергии пружинного маятника 1 с. Каким будет период ее колебаний, если массу груза маятника и жесткость пружины увеличить в 4 раза?

- 1) 1 с
- 2) 2 с
- 3) 4 с
- 4) 0,5 с

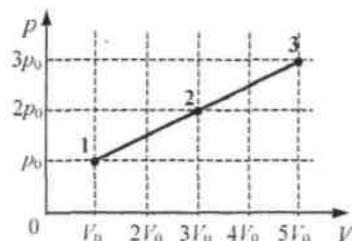
A7. Брусок массой  $m = 2$  кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы  $F = 12$  Н. Модуль силы трения, действующей на брусок  $F_{тр} = 2,8$  Н. Чему равен коэффициент трения между бруском и плоскостью?



- 1) 0,14
- 2) 0,20
- 3) 0,29
- 4) 0,35

A8. В комнате в одном сосуде находится водород, а в другом - азот. Средние значения кинетической энергии поступательного теплового движения молекул водорода и молекул азота одинаковы в том случае, если у этих газов одинаковы значения

- 1) давления
- 2) количества вещества
- 3) плотности
- 4) температуры



A9. На рисунке показан график процесса, проведенного над 1 молем идеального газа. Найдите отношение температур  $T_1/T_2$ .

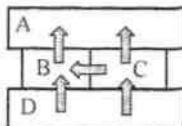
- 1) 1/3 2) 1/5 3) 1/6 4) 1/15

A10. Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 70%.

Воздух изотермически сжали, уменьшив его объем в два раза. Относительная влажность воздуха стала

- 1) 35% 2) 70% 3) 100% 4) 140%

A11. Четыре металлических бруска положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску. Температуры брусков в данный момент  $100^\circ\text{C}$ ,  $80^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$ . Температуру  $40^\circ\text{C}$  имеет брусок



- 1) A 2) B 3) C 4) D

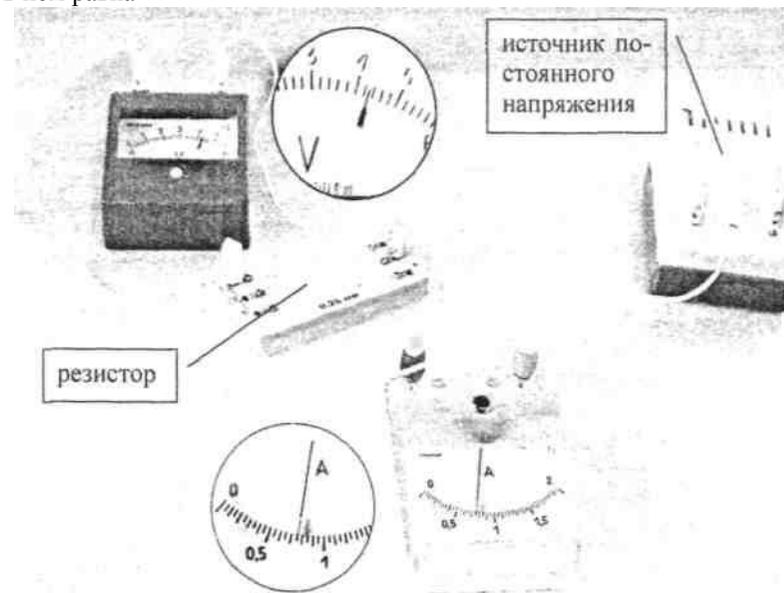
A12. В процессе эксперимента внутренняя энергия газа уменьшилась на 13 кДж, и он получил от нагревателя количество теплоты, равное 3 кДж. Следовательно, газ

- 1) сжали, совершив работу 10 кДж  
2) расширился, совершив работу 16 кДж  
3) расширился, совершив работу 10 кДж  
4) сжали, совершив работу 16 кДж

A13. Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 3 раза, при этом один из зарядов увеличили в 3 раза. Сила взаимодействия между ними

- 1) не изменилась  
2) увеличилась в 27 раз  
3) увеличилась в 3 раза  
4) уменьшилась в 3 раза

A14. На рисунке приведена фотография электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нем. При напряжении на резисторе 6 В сила тока в нем равна



- 1) 1,0 А 2) 3,4 А 3) 0,8 А 4) 1,7 А

A15. Прямолинейный проводник длины  $L$  с током  $I$  помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции  $B$ . Как изменится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину уменьшить в 2 раза, а индукцию магнитного поля увеличить в 4 раза?

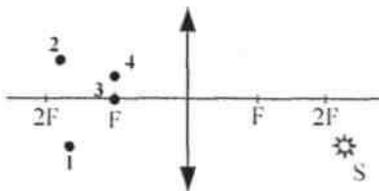
- 1) увеличится в 2 раза  
2) уменьшится в 2 раза  
3) не изменится  
4) уменьшится в 4 раза

A16. В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора изменяется по закону  $U_c = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 4 \text{ В}$ ,  $\omega = 2\pi \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$ . В какой из указанных ниже моментов времени энергия электрического поля конденсатора достигает максимума?



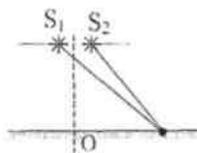
- 1) 0,25 мкс 2) 0,5 мкс 3) 0,75 мкс 4) 1,25 мкс

A17. Изображением точки S (см. рисунок), даваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ , является точка

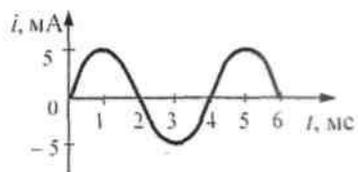


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A18. Два точечных источника света  $S_1$  и  $S_2$  находятся близко друг от друга и создают на удаленном экране Э устойчивую интерференционную картину (см. рисунок). Это возможно, если  $S_1$  и  $S_2$  — малые отверстия в непрозрачном экране, освещенные



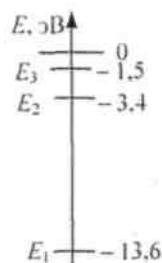
- 1) каждое своей лампочкой накаливания
- 2) каждое своей горящей свечой
- 3) каждое своим солнечным зайчиком от зеркал в руках человека
- 4) светом от одного и того же точечного источника



A19. На графике представлена зависимость силы тока от времени в колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки, соединенных последовательно. Какое утверждение о соотношении меняющихся в ходе колебаний величин верно для момента времени  $t = 1$  мс?

- 1) сумма энергии катушки и конденсатора минимальна
- 2) энергия катушки равна энергии конденсатора
- 3) энергия катушки максимальна, энергия конденсатора минимальна
- 4) энергия катушки минимальна, энергия конденсатора максимальна

A20. На рисунке представлены несколько самых нижних уровней энергии атома водорода. Может ли атом, находящийся в состоянии  $E_1$ , поглотить фотон с энергией 1,5 эВ?



- 1) да, при этом атом переходит в состояние  $E_2$
- 2) да, при этом атом переходит в состояние  $E_3$
- 3) да, при этом атом ионизуется, распадаясь на протон и электрон
- 4) нет, энергии фотона недостаточно для перехода атома в возбужденное состояние

A21. Какая доля радиоактивных атомов распадается через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

- 1) 100%
- 2) 75%
- 3) 50%
- 4) 25%

A22. Ядро висмута  $^{211}_{83}\text{Bi}$  после одного  $\alpha$ -распада и одного электронного  $\beta$ -распада превращается в ядро

- 1) таллия  $^{209}_{81}\text{Tl}$
- 2) свинца  $^{207}_{82}\text{Pb}$
- 3) золота  $^{203}_{79}\text{Au}$
- 4) ртути  $^{203}_{80}\text{Hg}$

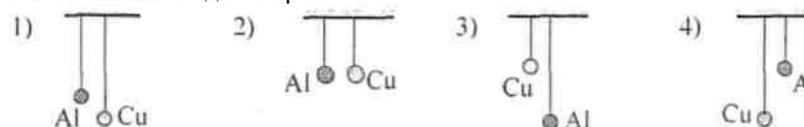
A23. В таблице представлены результаты измерений максимальной энергии фотоэлектронов при двух разных значениях частоты падающего монохроматического света ( $\nu_{\text{кр}}$  — частота, соответствующая красной границе фотоэффекта).

Частота падающего света $\nu$	$2 \nu_{\text{кр}}$	$3 \nu_{\text{кр}}$
Максимальная энергия фотоэлектронов $E_{\text{макс}}$	$E_0$	-

Какое значение энергии пропущено в таблице?

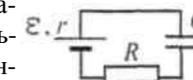
- 1)  $3/2 E_0$
- 2)  $2 E_0$
- 3)  $3 E_0$
- 4)  $4 E_0$

A24. Необходимо экспериментально выяснить зависимость периода малых колебаний математического маятника от вещества, из которого изготовлен груз. Какую пару маятников (см. рисунок) можно взять для этой цели? Грузы маятников - полые шарики из меди и алюминия одинаковой массы и одинакового внешнего диаметра.



A25

Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором  $R = 10$  кОм (см. рисунок). Результаты измерений напряжения между обкладками конденсатора представлены в таблице. Точность измерения напряжения  $\Delta U = 0,1$  В



t, с	0	1	2	3	4	5	6	7
U, В	0	3,8	5,2	5,7	5,9	6,0	6,0	6,0

Оцените силу тока в цепи в момент  $t = 3$  с. Сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

- 1) 220 мкА
- 2) 80 мкА
- 3) 30 мкА
- 4) 10 мкА

## 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. В результате перехода с одной круговой орбиты на другую скорость движения спутника Земли уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника, его центростремительное ускорение и период обращения вокруг Земли? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

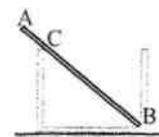
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Центростремительное ускорение	Период обращения вокруг Земли

В2. Установите соответствие между процессами в идеальном газе и формулами, которыми они описываются ( $N$  - число частиц,  $p$  - давление,  $V$  - объем,  $T$  - абсолютная температура,  $Q$  - количество теплоты.) К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ	ФОРМУЛЫ
А) Изобарный процесс при $N = const$	1) $pT = const$
Б) Изотермический процесс при $N = const$	2) $V/T = const$
	3) $pV = const$
	4) $Q = const$

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 знак (цифру, запятую, знак минус) пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.



В3. Однородный массивный стержень АВ покоится, упираясь в стык дна и стенки банки концом В и опираясь в край банки в точке С (см. рисунок). Модуль силы с которой стержень давит на стенку сосуда в точке С равен 0,5 Н. Вертикальная составляющая силы, с которой стержень давит на сосуд в точке В, равна по модулю 0,6 Н, а ее горизонтальная составляющая равна по модулю 0,3 Н. Чему равна масса стержня? Трением пренебречь.

В4. Две частицы, имеющие отношение зарядов  $q_1/q_2 = 1/4$  и отношение  $m_1/m_2 = 2$ , влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и движутся по окружностям. Определите отношение радиусов траекторий  $R_1/R_2$  частиц, если отношение их скоростей  $v_1/v_2 = 2$ .

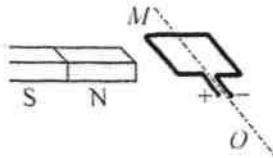
В5. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена лампа накаливания. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диаметром 2 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Найдите площадь тени диска на полу. Ответ выразите в  $m^2$  и округлите десятых долей.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

### Часть 3

Задания С1-С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения с бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1. Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси  $MO$ , если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.



Полное правильное решение каждой из задач С2-С6 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.

С2. Шайба массой  $m = 100$  г начинает движение по желобу  $AB$  из точки  $A$  из состояния покоя. Точка  $A$  расположена выше точки  $B$  на высоте  $H = 6$  м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на величину  $\Delta E$ . В точке  $B$  шайба вылетает из желоба под углом  $\alpha = 15^\circ$  к горизонту и падает на землю в точке  $D$ , находящейся на одной горизонтали с точкой  $B$  (см. рисунок).  $BD = 4$  м. Найдите величину  $\Delta E$ . Сопротивлением воздуха пренебречь.

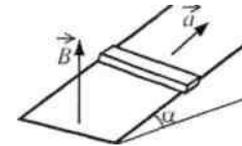


С3. В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа  $p_1 = 4 \cdot 10^3$  Па. Расстояние от дна сосуда до поршня  $L = 30$  см. Площадь поперечного сечения поршня  $S = 25$  см<sup>2</sup>. В результате медленного нагревания газа поршень сдвинулся на расстояние  $x = 10$  см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения величиной  $F_{тр} = 3 \cdot 10^3$  Н. Какое количество теплоты получил газ в этом процессе? Считать, что сосуд находится в вакууме.

С4. По гладкой горизонтальной направляющей длиной  $2l$  скользит заряженная бусинка. Заряд ее  $Q > 0$ , а масса  $m$ . На концах направляющей находятся положительные заряды  $q > 0$  (см. рисунок). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия, период которых равен  $T$ .



Во сколько раз следует уменьшить заряд бусинки, чтобы период ее колебаний увеличился в 3 раза?



С5. 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  $m/L = 0,1$  кг/м. Модуль индукции магнитного поля  $B = 0,2$  Тл. Чему равно ускорение стержня?

С6. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем. Чему равен модуль напряженности этого поля, если на пути  $S = 5 \cdot 10^{-2}$  м электрон разгоняется до скорости, составляющей 10% от скорости света в вакууме? Релятивистские эффекты не учитывать.