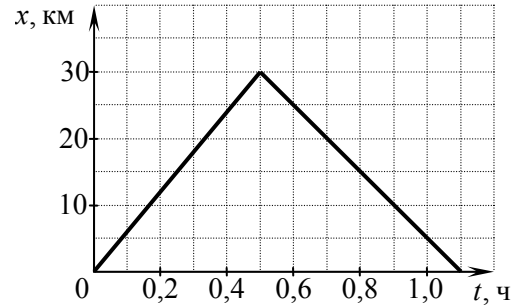


Единый государственный экзамен по физике, 2008 год демонстрационная версия

Часть А

А1. На рисунке представлен график движения автобуса из пункта А в пункт Б и обратно. Пункт А находится в точке $x = 0$, а пункт Б — в точке $x = 30$ км. Чему равна максимальная скорость автобуса на всём пути следования туда и обратно?



- 1) 40 км/ч 2) 50 км/ч 3) 60 км/ч 4) 75 км/ч

Решение. Из графика видно, что автобус ехал из пункта А в пункт Б с постоянной скоростью $30 \text{ км} / 0,5 \text{ ч} = 60 \text{ км/ч}$, а из пункта Б в пункт А — с постоянной скоростью $30 \text{ км} / 0,6 \text{ ч} = 50 \text{ км/ч}$. Максимальная скорость автобуса равна 60 км/ч.

Правильный ответ: 3.

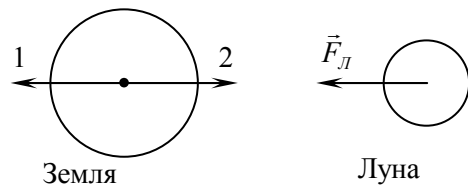
А2. Льдинку, плавающую в стакане с пресной водой, перенесли в стакан с солёной водой. При этом архимедова сила, действующая на льдинку,

- 1) уменьшилась, так как плотность пресной воды меньше плотности солёной
2) уменьшилась, так как уменьшилась глубина погружения льдинки в воду
3) увеличилась, так как плотность солёной воды выше, чем плотность пресной воды
4) не изменилась, так как выталкивающая сила равна весу льдинки в воздухе

Решение. Для плавающих тел действующая на них архимедова сила равна силе тяжести. Поскольку сила тяжести льдинки не изменилась, не изменилась и архимедова сила.

Правильный ответ: 4.

А3. На рисунке приведены условные изображения Земли и Луны, а также вектор $\vec{F}_Л$ силы притяжения Луны Землёй. Известно, что масса Земли примерно в 81 раз больше массы Луны. Вдоль какой стрелки (1 или 2) направлена и чему равна по модулю сила, действующая на Землю со стороны Луны?



- 1) вдоль 1, равна $F_Л$ 2) вдоль 2, равна $F_Л$
3) вдоль 1, равна $81F_Л$ 4) вдоль 2, равна $F_Л / 81$

Решение. По третьему закону Ньютона сила действия равна и противоположно направлена силе противодействия. Сила, действующая на Землю со стороны Луны, направлена вдоль 2 и равна $F_Л$.

Правильный ответ: 2.

A4. Тело равномерно движется по плоскости. Сила давления тела на плоскость равна 20 Н, сила трения 5 Н. Коэффициент трения скольжения равен

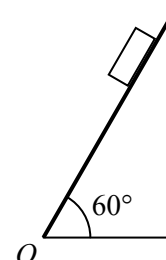
- 1) 0,8 2) 0,25 3) 0,75 4) 0,2

Решение. Коэффициент трения связывает силу давления тела на плоскость и силу трения:

$$F_{тр} = \mu P \Leftrightarrow \mu = \frac{F_{тр}}{P} = \frac{5 \text{ Н}}{20 \text{ Н}} = 0,25 .$$

Правильный ответ: 2.

A5. При выполнении лабораторной работы ученик установил наклонную плоскость под углом 60° к поверхности стола. Длина плоскости равна 0,6 м. Чему равен момент силы тяжести бруска массой 0,1 кг относительно точки O при прохождении им середины наклонной плоскости?

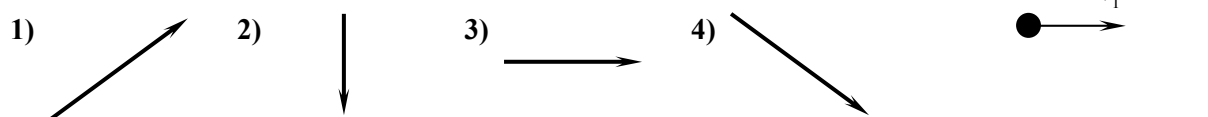


- 1) 0,15 Н·м 2) 0,30 Н·м 3) 0,45 Н·м 4) 0,60 Н·м

Решение. Угол между направлением силы тяжести наклонной плоскостью равен 30° . Момент силы тяжести равен $M = mg \cdot l / 2 \cdot \sin 30^\circ = 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,3 \text{ м} \cdot 0,5 = 0,15 \text{ Н} \cdot \text{м} .$

Правильный ответ: 1.

A6. Шары одинаковой массы движутся так, как показано на рисунке, и абсолютно неупруго соударяются. Как будет направлен импульс шаров после соударения?



Решение. Импульс шаров после соударения равен векторной сумме их импульсов до соударения. Он будет направлен вправо и вниз.

Правильный ответ: 4.

A7. Если и длину математического маятника, и массу его груза увеличить в 4 раза, то период свободных гармонических колебаний маятника

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

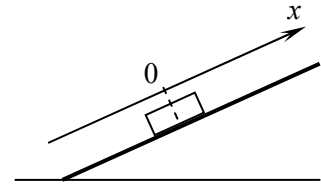
Решение. Период колебаний математического маятника равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} .$$

Увеличение длины маятника в 4 раза увеличивает период в 2 раза. Масса груза не влияет на период.

Правильный ответ: 1.

A8. После толчка брусок скользит вверх по наклонной плоскости. В системе отсчёта, связанной с плоскостью, направление оси Ox показано на левом рисунке. На каком из рисунков правильно показаны направления векторов скорости бруска \vec{v} , его ускорения \vec{a} и равнодействующей силы \vec{F} ?

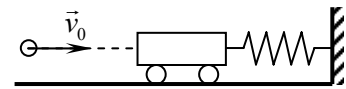


- 1) 2) 3) 4)

Решение. Поскольку брусок скользит вверх, его скорости сонаправлена с осью Ox . По второму закону Ньютона ускорение тела направлено в сторону равнодействующей силы. Подходит только рисунок 1.

Правильный ответ: 1.

A9. Пластилинный шар массой $0,1$ кг имеет скорость 1 м/с. Он налетает на неподвижную тележку массой $0,1$ кг, прикрепленную к пружине, и прилипает к тележке (см. рисунок). Чему равна полная механическая энергия системы при её дальнейших колебаниях? Трением пренебречь.



- 1) $0,1$ Дж 2) $0,5$ Дж 3) $0,05$ Дж 4) $0,025$ Дж

Решение. По закону сохранения импульса скорость тележки с прилипшим пластилиновым шаром равна

$$v = \frac{m_u v_u}{m_u + m_m} = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}}{0,1 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг}} = 0,5 \text{ м/с}.$$

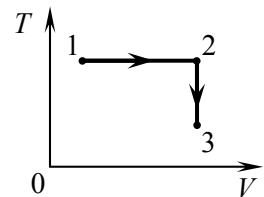
Далее в отсутствие сил трения энергия системы будет сохраняться. В момент после столкновения механическая энергия системы равна кинетической энергии тележки с пластилином:

$$E = \frac{(m_u + m_m)v^2}{2} = \frac{(0,1 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг}) \cdot (0,5 \text{ м/с})^2}{2} = 0,025 \text{ Дж}.$$

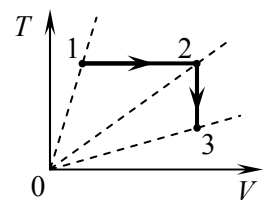
Правильный ответ: 4.

A10. Постоянная масса идеального газа участвует в процессе, показанном на рисунке. Наибольшее давление газа в процессе достигается

- 1) в точке 1 2) в точке 3
3) на всём отрезке 1–2 4) на всём отрезке 2–3



Решение. Проведём на графике линии изобар, проходящие через точки 1, 2 и 3 (см. рис.). В координатах $T-V$ чем больше угол наклона линии изобары, тем больше давление. Таким образом, наибольшее давление газа в состоянии 1.



Правильный ответ: 1.

A11. На фотографии представлены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха. Ниже приведена психрометрическая таблица, в которой влажность указана в процентах.

t сух. терм.	Разность показаний сухого и влажного термометров								
	°C	0	1	2	3	4	5	6	7
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44



Относительная влажность воздуха в помещении, в котором проводилась съёмка, равна

- 1) 37 % 2) 40 % 3) 48 % 4) 59 %

Решение. Из рисунка видно, что температура сухого термометра равна 23 °С. Влажный термометр показывает 16 °С. Разница составляет 7 °С. Из таблицы видно, что относительная влажность воздуха составляет 48 %.

Правильный ответ: 3.

A12. При постоянной температуре объём данной массы идеального газа возрос в 4 раза. Давление газа при этом

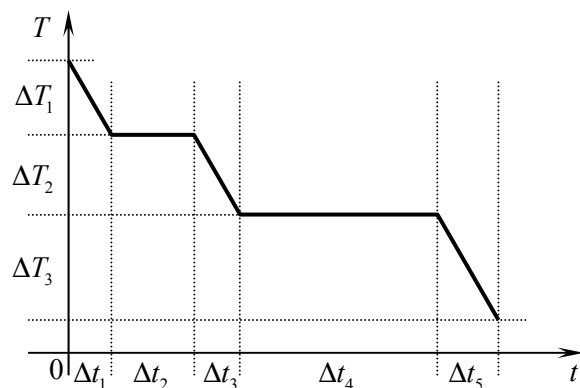
- 1) увеличилось в 2 раза 2) увеличилось в 4 раза
3) уменьшилось в 2 раза 4) уменьшилось в 4 раза

Решение. По закону Бойля — Мариотта при изотермическом процессе давление обратно пропорционально объёму. При увеличении объёма в 4 раза давление уменьшается в 4 раза.

Правильный ответ: 4.

A13. На рисунке представлен график зависимости абсолютной температуры T воды массой m от времени t при осуществлении теплоотвода с постоянной мощностью P . В момент времени $t = 0$ вода находилась в газообразном состоянии. Какое из приведенных ниже выражений определяет удельную теплоёмкость льда по результатам этого опыта?

- 1) $\frac{P \cdot \Delta t_5}{m}$ 2) $\frac{P \cdot \Delta t_2}{m}$ 3) $\frac{P \cdot \Delta t_3}{m \cdot \Delta T_2}$ 4) $\frac{P \cdot \Delta t_5}{m \cdot \Delta T_3}$



Решение. На графике участки ломаной соответствуют следующим процессам (слева направо): охлаждение водяного пара, конденсация пара в воду, охлаждение воды, кристаллизация воды в лёд, охлаждение льда. Теплоёмкость льда можно определить из последнего участка графика как отношение забранной теплоты к массе и изменению температуры льда. Забранная теплота равна произведению мощности на время. В итоге получаем:

$$c = \frac{P \cdot \Delta t_5}{m \cdot \Delta T_3}.$$

Правильный ответ: 4.

A14. Одноатомный идеальный газ в количестве 4 молей поглощает количество теплоты 2 кДж. При этом температура газа повышается на 20 К. Работа, совершаемая газом в этом процессе, равна

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

Решение. По первому началу термодинамики

$$\begin{aligned} Q = \Delta U + A &\Leftrightarrow A = Q - \Delta U = Q - \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \\ &= 2000 \text{ Дж} - \frac{3}{2} \cdot 4 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 20 \text{ К} = 1 \text{ кДж} . \end{aligned}$$

Правильный ответ: 2.

A15. Тепловая машина имеет КПД 25 %. Средняя мощность передачи теплоты холодильнику в ходе её работы составляет 3 кВт. Какое количество теплоты получает рабочее тело машины от нагревателя за 10 с?

- 1) 0,4 Дж 2) 40 Дж 3) 400 Дж 4) 40 кДж

Решение. За 10 с тепловая машина отдаёт холодильнику $3 \text{ кВт} \cdot 10 \text{ с} = 30 \text{ кДж}$ теплоты. Теплота, получаемая от нагревателя, и теплота, отдаваемая холодильнику, связаны соотношением:

$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_n} \Leftrightarrow Q_n = \frac{Q_x}{1 - \eta} = \frac{30 \text{ кДж}}{1 - 0,25} = 40 \text{ кДж} .$$

Правильный ответ: 4.

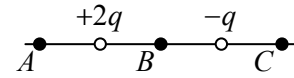
A16. Как изменится сила электростатического взаимодействия двух электрических зарядов при перенесении их из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью 81, если расстояние между ними останется прежним?

- 1) увеличится в 81 раз 2) уменьшится в 81 раз
3) увеличится в 9 раз 4) уменьшится в 9 раз

Решение. Сила электростатического взаимодействия двух точечных электрических зарядов обратно пропорциональна диэлектрической проницаемости среды. Диэлектрическая проницаемость вакуума равна 1. При переносе зарядов в среду с диэлектрической проницаемостью 81 сила их взаимодействия уменьшится в 81 раз.

Правильный ответ: 2.

A17. На рисунке показано расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $+2q$ и $-q$. Модуль вектора напряжённости электрического поля этих зарядов имеет



- 1) максимальное значение в точке A 2) максимальное значение в точке B
 3) одинаковые значения в точках A и C 4) одинаковые значения во всех трёх точках

Решение. Обозначим расстояние между зарядами $2a$. Рассчитаем модули векторов напряжённости электрического поля этих зарядов в точках A , B и C :

$$|\vec{E}_A| = \left| -\frac{2q}{a^2} + \frac{q}{(3a)^2} \right| = \frac{17q}{9a^2},$$

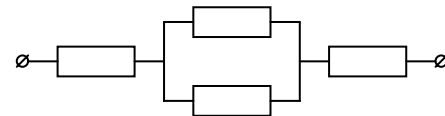
$$|\vec{E}_B| = \left| \frac{2q}{a^2} + \frac{q}{a^2} \right| = \frac{3q}{a^2},$$

$$|\vec{E}_C| = \left| \frac{2q}{(3a)^2} - \frac{q}{a^2} \right| = \frac{7q}{9a^2}.$$

Видно, что максимальное значение получилось в точке B .

Правильный ответ: 2.

A18. В участке цепи, изображенном на рисунке, сопротивление каждого из резисторов равно 2 Ом . Полное сопротивление участка равно



- 1) 8 Ом 2) 6 Ом 3) 5 Ом 4) 4 Ом

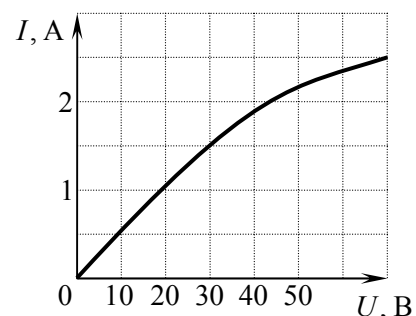
Решение. Сопротивление двух параллельно соединённых резисторов равно

$$\frac{2 \text{ Ом} \cdot 2 \text{ Ом}}{2 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом}} = 1 \text{ Ом}.$$

Полное сопротивление равно $2 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом} = 5 \text{ Ом}$.

Правильный ответ: 3.

A19. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на её клеммах. При напряжении 30 В мощность тока в лампе равна



- 1) 135 Вт 2) $67,5 \text{ Вт}$ 3) 45 Вт 4) 20 Вт

Решение. Из графика видно, что при напряжении 30 В сила тока равна $1,5 \text{ А}$. Мощность тока равна $30 \text{ В} \cdot 1,5 \text{ А} = 45 \text{ Вт}$.

Правильный ответ: 3.

A20. Сравните индуктивности L_1 и L_2 двух катушек, если при одинаковой силе тока энергия магнитного поля, создаваемого током в первой катушке, в 9 раз больше, чем энергия магнитного поля, создаваемого током во второй катушке.

- 1) L_1 в 9 раз больше, чем L_2 2) L_1 в 9 раз меньше, чем L_2
 3) L_1 в 3 раза больше, чем L_2 4) L_1 в 3 раза меньше, чем L_2

Решение. При одинаковой силе тока энергия магнитного поля в катушке прямо пропорциональна её индуктивности. Поскольку энергия магнитного поля первой катушки в 9 раз больше, то и её индуктивность в 9 раз больше второй.

Правильный ответ: 1.

A21. Среди приведённых примеров электромагнитных волн максимальной длиной волны обладает

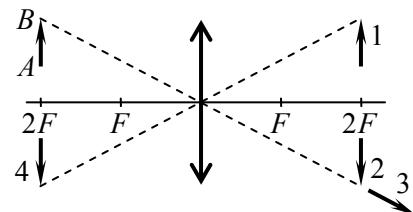
- 1) инфракрасное излучение Солнца
- 2) ультрафиолетовое излучение Солнца
- 3) излучение γ -радиоактивного препарата
- 4) излучение антенны радиопередатчика

Решение. Максимальной длиной волны среди приведённых примеров обладает излучение антенны радиопередатчика.

Правильный ответ: 4.

A22. Какой из образов 1–4 служит изображением предмета AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?

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



Решение. Собирающая линза даёт действительное перевернутое изображение предметов, находящихся на расстоянии большем фокусного.

Правильный ответ: 2.

A23. Два первоначально покоившихся электрона ускоряются в электрическом поле: первый в поле с разностью потенциалов U , второй — $2U$. Ускорившиеся электроны попадают в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны скорости движения электронов. Отношение радиусов кривизны траекторий первого и второго электронов в магнитном поле равно

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

Решение. Радиус кривизны траекторий прямо пропорционален импульсу частицы. Приобретаемый импульс, в свою очередь, прямо пропорционален корню квадратному из разности потенциалов. Поскольку разность потенциалов для первого электрона составляет $1/2$ от разности потенциалов для второго электрона, то отношение радиусов кривизны траекторий первого и второго электронов равно $1/\sqrt{2}$.

Правильный ответ: 3.

A24. Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло — воздух равен $8/13$. Какова скорость света в стекле?

- 1) $4,88 \cdot 10^8$ м/с
- 2) $2,35 \cdot 10^8$ м/с
- 3) $1,85 \cdot 10^8$ м/с
- 4) $3,82 \cdot 10^8$ м/с

Решение. Обозначим предельный угол полного внутреннего отражения α . По закону преломления

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{v_{cm}}{v_{возд}} \Leftrightarrow v_{cm} = v_{возд} \cdot \sin \alpha = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot \frac{8}{13} = 1,85 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

Правильный ответ: 3.

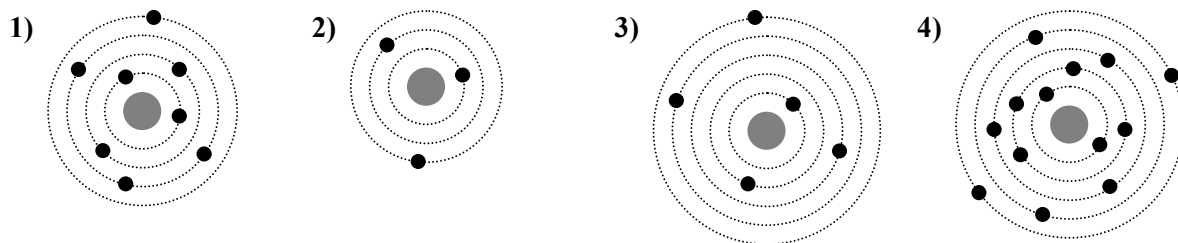
A25. Один учёный проверяет закономерности колебания пружинного маятника в лаборатории на Земле, а другой учёный — в лаборатории на космическом корабле, летящем вдали от звёзд и планет с выключенным двигателем. Если маятники одинаковые, то в обеих лабораториях эти закономерности будут

- 1) одинаковыми при любой скорости корабля
- 2) разными, так как на корабле время течёт медленнее
- 3) одинаковыми только в том случае, если скорость корабля мала
- 4) одинаковыми или разными в зависимости от модуля и направления скорости корабля

Решение. Согласно постулату специальной теории относительности, все физические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчёта. Лабораторию на Земле и космический корабль можно считать инерциальными системами отсчёта. Закономерности будут одинаковыми при любой скорости корабля.

Правильный ответ: 1.

A26. На рисунке изображены схемы четырех атомов. Чёрными точками обозначены электроны. Какая схема соответствует атому ${}^{13}_5\text{B}$?



Решение. Число электронов в нейтральном атоме совпадает с числом протонов, которое записывается внизу перед наименованием элемента. В атоме ${}^{13}_5\text{B}$ 5 электронов.

Правильный ответ: 3.

A27. Какая доля от большого количества радиоактивных атомов остается нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

- 1) 25 %
- 2) 50 %
- 3) 75 %
- 4) 0 %

Решение. По закону радиоактивного распада

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{N(2T)}{N_0} = 2^{-\frac{2T}{T}} = 0,25 = 25 \%$$

Правильный ответ: 1.

A28. В результате серии радиоактивных распадов уран ${}^{238}_{92}\text{U}$ превращается в свинец ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Какое количество α - и β -распадов он испытывает при этом?

- 1) 8 α и 6 β
- 2) 6 α и 8 β
- 3) 10 α и 5 β
- 4) 5 α и 10 β

Решение. При α -распаде масса ядра уменьшается на 4 а. е. м., а при β -распаде масса не изменяется. В серии распадов масса ядра уменьшилась на $238 - 206 = 32$ а. е. м. Для такого уменьшения массы требуется 8 α -распадов.

Правильный ответ: 1.

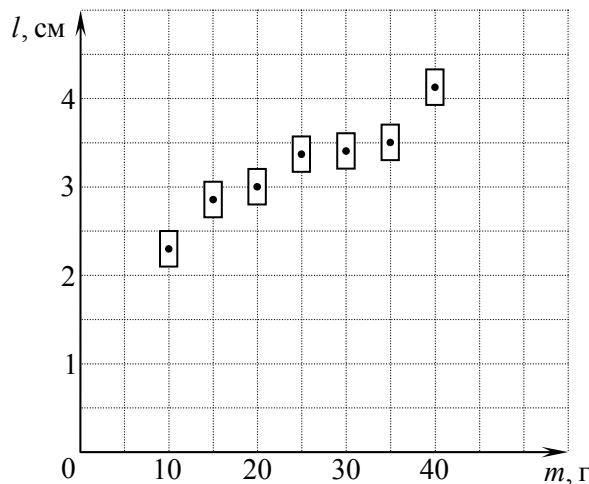
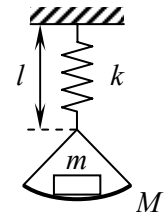
A29. В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода $3,4 \cdot 10^{-19}$ Дж и стали освещать её светом частоты $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Затем частоту уменьшили в 2 раза, одновременно увеличив в 1,5 раза число фотонов, падающих на пластину за 1 с. В результате этого число фотоэлектронов, покидающих пластину за 1 с,

- 1) увеличилось в 1,5 раза
- 2) стало равным нулю
- 3) уменьшилось в 2 раза
- 4) уменьшилось более чем в 2 раза

Решение. При уменьшении частоты падающего света в 2 раза энергия фотонов, равная $h\nu = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^{14} \text{ Гц} = 2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$, станет меньше работы выхода. Фотоэффект перестанет наблюдаться, число фотоэлектронов, покидающих пластину, станет равным нулю.

Правильный ответ: 2.

A30. На графике представлены результаты измерения длины пружины при различных значениях массы грузов, лежащих в чашке пружинных весов (рисунок справа). С учётом погрешностей измерений ($\Delta m = \pm 1$ г, $\Delta l = \pm 0,2$ см) жёсткость пружины k приблизительно равна

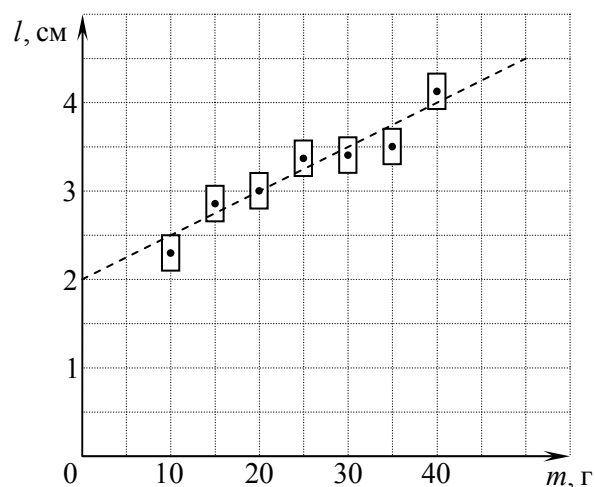


- 1) 7 Н/м
- 2) 10 Н/м
- 3) 20 Н/м
- 4) 30 Н/м

Решение. Проведём через точки графика прямую линию (см. рис.). Видно, что при отсутствии груза ($m = 0$ г) длина пружины равна $l_0 = 2$ см. Жёсткость пружины равна отношению силы, действующей на пружину, к величине деформации:

$$k = \frac{F}{l - l_0} = \frac{mg}{l - l_0} = \frac{0,05 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг}}{0,045 \text{ м} - 0,02 \text{ м}} = 20 \text{ Н/м}.$$

Правильный ответ: 3.



Часть В

В1. Плоский воздушный конденсатор отключили от источника тока, а затем увеличили расстояние между его пластинами. Что произойдёт при этом с зарядом на обкладках конденсатора, ёмкостью конденсатора и напряжением на его обкладках?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) Заряд конденсатора	1) увеличится
Б) Ёмкость	2) уменьшится
В) Напряжение на обкладках	3) не изменится

А	Б	В

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов).

Решение. По закону сохранения заряд на обкладках конденсатора не изменится. Ёмкость конденсатора обратно пропорциональна расстоянию между обкладками. При увеличении расстояния между ними, ёмкость уменьшается. Напряжение, равное отношению заряда к ёмкости, наоборот, возрастёт.

Ответ: 321.

В2. Груз массой 2 кг, закреплённый на пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает гармонические колебания. Максимальное ускорение груза при этом равно 10 м/с^2 . Какова максимальная скорость груза?

Решение. Ускорение груза максимально при максимальной действующей силе, которая возникает в крайних положениях растяжения или сжатия пружины. В этот момент скорость груза равна нулю, а полная энергия равна потенциальной энергии деформированной пружины:

$$E = \frac{kx^2}{2} = \frac{k(F/k)^2}{2} = \frac{(ma)^2}{2k}.$$

Наибольшая скорость у груза в момент прохождения положения равновесия. В этот момент полная энергия равна кинетической энергии груза:

$$E = \frac{mv^2}{2} \Leftrightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{(ma)^2}{2k} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{m}{k}}a = \sqrt{\frac{2 \text{ кг}}{200 \text{ Н/м}}} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ м/с}.$$

Ответ: 1.

В3. В баллоне находятся 20 кг азота при температуре 300 К и давлении 10^5 Па . Каков объём баллона? Ответ округлите до целых.

Решение. Используя уравнение Менделеева — Клапейрона, получаем:

$$pV = \frac{m}{M}RT \Leftrightarrow V = \frac{mRT}{pM} = \frac{20 \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}}{10^5 \text{ Па} \cdot 0,028 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 18 \text{ м}^3.$$

Ответ: 18.

В4. Прямолинейный проводник длиной $l = 0,2 \text{ м}$, по которому течёт ток $I = 2 \text{ А}$, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,6 \text{ Тл}$ и расположен перпендикулярно вектору \vec{B} . Каков модуль силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля?

Решение. Сила Ампера равна $F_A = IBl = 2 \text{ А} \cdot 0,6 \text{ Тл} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,24 \text{ Н}$.

Ответ: 0,24.

Часть С

С1. Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно и равны $v_{nl} = 15 \text{ м/с}$ и $v_{op} = 5 \text{ м/с}$. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом $\mu = 0,17$. На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30 %?

Решение. Обозначим массу пластилина m , тогда масса бруска равна $4m$. Используя закон сохранения импульса, определим скорость бруска с пластилином после соударения:

$$5m \cdot v = 4mv_{op} - mv_{nl} \Leftrightarrow v = \frac{4v_{op} - v_{nl}}{5} = \frac{4 \cdot 5 \text{ м/с} - 15 \text{ м/с}}{5} = 1 \text{ м/с}.$$

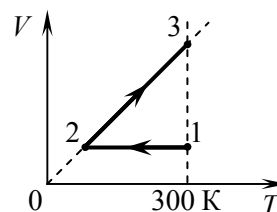
Вес бруска с пластилином на горизонтальной поверхности равен $P = 5mg$, а сила трения, действующая на брусок, равна $F_{mp} = \mu P = 5\mu mg$. Используя закон сохранения энергии, определим искомое расстояние:

$$\frac{5mv^2}{2} = \frac{5m(0,7v)^2}{2} + F_{mp} \cdot l \Leftrightarrow l = \frac{5m \cdot 0,51v^2}{2 \cdot 5\mu mg} = \frac{0,51v^2}{2\mu g} = \frac{0,51 \cdot (1 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 0,17 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,15 \text{ м}.$$

Ответ: 0,15 м.

С2. 10 моль одноатомного идеального газа сначала охладили, уменьшив давление в 3 раза, а затем нагрели до первоначальной температуры 300 К (см. рис.). Какое количество теплоты получил газ на участке 2–3?

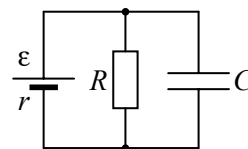
Решение. Поскольку при изохорном охлаждении давление уменьшилось в 3 раза, температура также уменьшилась в 3 раза и составила $T_2 = 100 \text{ К}$. На участке 2–3 давление газа остаётся постоянным. Теплоёмкость идеального одноатомного газа в изобарном процессе равна $C_p = 5\nu R/2$. Количество теплоты, переданное газу на участке 2–3, равно



$$Q = C_p (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \cdot 10 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot (300 \text{ К} - 100 \text{ К}) = 41550 \text{ Дж}.$$

Ответ: 41550 Дж.

С3. К источнику тока с ЭДС $\varepsilon = 9 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$ подключили параллельно соединенные резистор с сопротивлением $R = 8 \text{ Ом}$ и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого $d = 0,002 \text{ м}$. Какова напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора?



Решение. Сила электрического тока в цепи равна $I = \varepsilon / (R + r)$. Разность потенциалов между клеммами резистора равна $U = IR = \varepsilon R / (R + r)$. Такая же разность потенциалов будет между обкладками конденсатора. Напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора равна

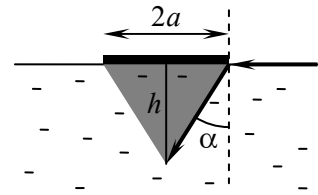
$$E = U / d = \frac{\varepsilon R}{d(R + r)} = \frac{9 \text{ В} \cdot 8 \text{ Ом}}{0,002 \text{ м} \cdot (8 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом})} = 4000 \text{ В/м}.$$

Ответ: 4 кВ/м.

С4. На поверхности воды плавает надувной плот шириной 4 м и длиной 6 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. Определите глубину тени под плотом. Глубиной погружения плота и рассеиванием света водой пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $4/3$.

Решение. Обозначим ширину плота $2a = 4$ м, предельный угол полного внутреннего отражения α (см. рис.). Глубина тени равна $h = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha$. По закону преломления света:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{n_{\text{возд}}}{n_{\text{воды}}} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{4}.$$

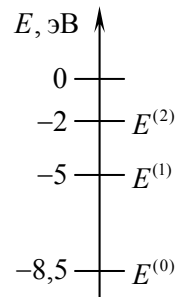


Получаем

$$h = a \cdot \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha} = 2 \text{ м} \cdot \frac{\sqrt{1 - (\frac{3}{4})^2}}{\frac{3}{4}} = 1,76 \text{ м}.$$

Ответ: 1,76 м.

С5. Предположим, что схема энергетических уровней атомов некоего вещества имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, отскочил, приобретя некоторую дополнительную энергию. Импульс электрона после столкновения с покоящимся атомом оказался равным $1,2 \cdot 10^{-24}$ кг·м/с. Определите кинетическую энергию электрона до столкновения. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь.



Решение. Обозначим энергию электрона до столкновения W . Энергия электрона увеличилась, значит, энергия атома уменьшилась. Из состояния с энергией $E^{(1)}$ атом мог перейти только в состояние с энергией $E^{(0)}$. Используя закон сохранения энергии, получаем:

$$\begin{aligned} W + E^{(1)} &= \frac{p^2}{2m} + E^{(0)} \Leftrightarrow W = \frac{p^2}{2m} + E^{(0)} - E^{(1)} = \\ &= \frac{(1,2 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} + (-8,5 - (-5)) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 2,3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}. \end{aligned}$$

Ответ: $2,3 \cdot 10^{-19}$ Дж.