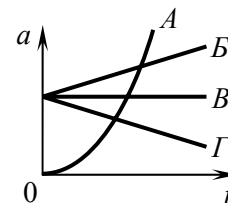


Единый государственный экзамен по физике, 2004 год демонстрационная версия

Часть А

А1. Равноускоренному движению соответствует график зависимости модуля ускорения от времени, обозначенный на рисунке буквой

- 1) *А* 2) *Б* 3) *В* 4) *Г*



Решение. При равноускоренном движении модуль ускорения остаётся постоянным. Этому соответствует график *В*.

Правильный ответ: 3.

А2. Под действием равнодействующей силы, равной 5 Н, тело массой 10 кг движется

- 1) равномерно со скоростью 2 м/с
 2) равномерно со скоростью 0,5 м/с
 3) равноускоренно с ускорением 2 м/с²
 4) равноускоренно с ускорением 0,5 м/с²

Решение. По второму закону Ньютона тело будет двигаться с ускорением $5 \text{ Н} / 10 \text{ кг} = 0,5 \text{ м/с}^2$. Движение будет равноускоренным.

Правильный ответ: 4.

А3. Комета находилась на расстоянии 100 млн. км от Солнца. При удалении кометы от Солнца на расстояние 200 млн. км сила притяжения, действующая на комету

- 1) уменьшилась в 2 раза 2) уменьшилась в 4 раза
 3) уменьшилась в 8 раз 4) не изменилась

Решение. По закону всемирного тяготения сила гравитационного притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния между телами. При удалении кометы на вдвое большее расстояние сила притяжения уменьшилась в 4 раза.

Правильный ответ: 2.

А4. При взвешивании груза в воздухе показание динамометра равно 2 Н. При опускании груза в воду показание динамометра уменьшается до 1,5 Н. Выталкивающая сила равна

- 1) 0,5 Н 2) 1,5 Н 3) 2 Н 4) 3,5 Н

Решение. Выталкивающая сила равна разности показаний динамометра в воздухе и в воде: $2 \text{ Н} - 1,5 \text{ Н} = 0,5 \text{ Н}$.

Правильный ответ: 1.

А5. Груз массой 1 кг под действием силы 50 Н, направленной вертикально вверх, поднимается на высоту 3 м. Изменение кинетической энергии груза при этом равно

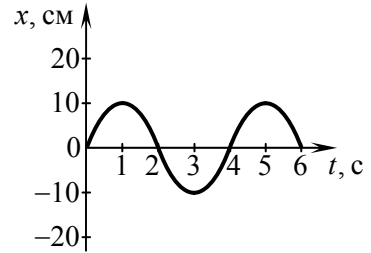
- 1) 30 Дж 2) 120 Дж 3) 150 Дж 4) 180 Дж

Решение. Изменение кинетической энергии груза при этом равно суммарной работе действующей силы ($A_F = Fh$) и силы тяжести ($A_{mg} = -mgh$):

$$\Delta E_k = Fh - mgh = 50 \text{ Н} \cdot 3 \text{ м} - 1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} = 120 \text{ Дж}.$$

Правильный ответ: 2.

А6. На рисунке представлена зависимость координаты центра шара, подвешенного на пружине, от времени. Период колебаний равен



- 1) 2 с 2) 4 с 3) 6 с 4) 10 с

Решение. Период можно определить, например, как промежуток времени между соседними максимумами. Из графика видно, что он равен 4 с.

Правильный ответ: 2.

А7. Давление идеального газа зависит от:

- А. Концентрации молекул.
Б. Средней кинетической энергии молекул.

- 1) только от А 2) только от Б 3) и от А, и от Б 4) ни от А, ни от Б

Решение. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории имеет вид:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E},$$

где p — давление газа, n — концентрация молекул, \bar{E} — их средняя кинетическая энергия. Давление газа зависит и от концентрации молекул, и от их средней кинетической энергии.

Правильный ответ: 3.

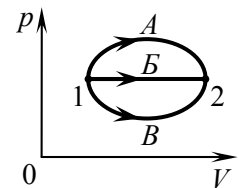
А8. Теплопередача всегда происходит от тела с

- 1) большим запасом количества теплоты к телу с меньшим запасом количества теплоты
2) большей теплоемкостью к телу с меньшей теплоёмкостью
3) большей температурой к телу с меньшей температурой
4) большей теплопроводностью к телу с меньшей теплопроводностью

Решение. По второму началу термодинамики теплопередача всегда происходит от тела с большей температурой к телу с меньшей температурой.

Правильный ответ: 3.

А9. В каком из процессов перехода идеального газа из состояния 1 в состояние 2, изображенном на pV -диаграмме (см. рис.), газ совершает наибольшую работу?



- 1) А
2) Б
3) В
4) во всех трёх процессах газ совершает одинаковую работу

Решение. Работа равна площади под графиком зависимости $p(V)$. Наибольшая площадь заключена под графиком, соответствующим процессу A . Наибольшую работу газ совершает в процессе A .

Правильный ответ: 1.

A10. Весной при таянии льда в водоёме температура окружающего воздуха

- 1) уменьшается
- 2) увеличивается
- 3) не изменяется
- 4) может увеличиваться или уменьшаться

Решение. Для таяния льда ему необходимо передать некоторое количество теплоты. Вода, находящаяся в одном водоёме с тающим льдом, имеет температуру $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и отдать энергию льду не может. Теплота забирается у воздуха, при этом его температура уменьшается.

Правильный ответ: 1.

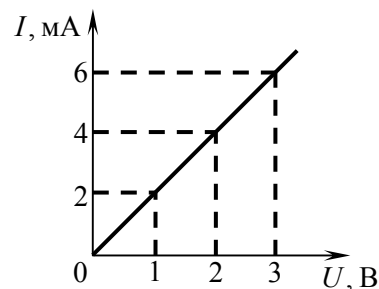
A11. Лёгкий незаряженный шарик из металлической фольги подвешен на тонкой шёлковой нити. При поднесении к шарiku стержня с положительным электрическим зарядом (без прикосновения) шарик

- 1) притягивается к стержню
- 2) отталкивается от стержня
- 3) не испытывает ни притяжения, ни отталкивания
- 4) на больших расстояниях притягивается к стержню, на малых расстояниях отталкивается

Решение. Свободные электроны в металлическом шарике, притягиваясь к положительно заряженному стержню, перераспределяются и создадут в ближней к стержню части шарика избыток электронов, а в дальней части шарика — недостаток. Отрицательно заряженная часть шарика, находясь ближе к стержню, будет сильнее притягиваться, чем положительно заряженная часть шарика отталкиваться. В целом шарик притягивается к стержню.

Правильный ответ: 1.

A12. При увеличении напряжения U на участке электрической цепи сила тока I в цепи изменяется в соответствии с графиком (см. рис.). Электрическое сопротивление на этом участке цепи равно



- 1) 2 Ом
- 2) 0,5 Ом
- 3) 2 мОм
- 4) 500 Ом

Решение. Электрическое сопротивление равно отношению напряжения к силе тока. В данном случае наблюдается прямо пропорциональная зависимость между ними, поэтому для расчёта можно выбрать любую точку:

$$R = \frac{1\text{ В}}{2\text{ мА}} = \frac{2\text{ В}}{4\text{ мА}} = \frac{3\text{ В}}{6\text{ мА}} = 500\text{ Ом}.$$

Правильный ответ: 4.

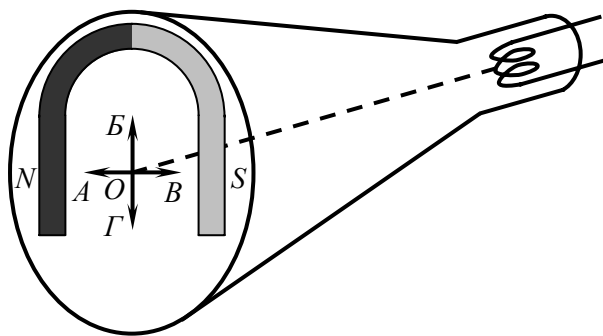
A13. При силе тока в электрической цепи $0,3\text{ А}$ сопротивление лампы равно 10 Ом . Мощность электрического тока, выделяющаяся на нити лампы, равна:

- 1) 0,03 Вт
- 2) 0,9 Вт
- 3) 3 Вт
- 4) 30 Вт

Решение. Мощность электрического тока равна $W = I^2 R = (0,3 \text{ A})^2 \cdot 10 \text{ Ом} = 0,9 \text{ Вт}$.

Правильный ответ: 2.

A14. Если перед экраном электронно-лучевой трубки осциллографа поместить постоянный магнит так, как показано на рисунке, то электронный луч сместится из точки O в направлении, указанном стрелкой



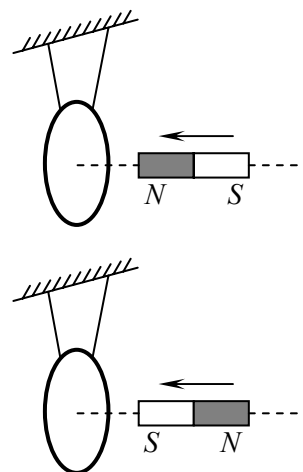
- 1) A
- 2) B
- 3) B
- 4) G

Решение. Линии магнитного поля направлены от северного полюса магнита к южному (слева направо). По правилу «левой руки» расположим левую руку так, чтобы линии магнитного поля входили в ладонь (ладонью влево), сомкнутые пальцы смотрели в направлении движения электронов (к себе). Тогда оттопыренный большой палец будет смотреть вверх. Поскольку электроны заряжены отрицательно, то действующая на них сила Лоренца направлена вниз. Электронный луч сместится из точки O в направлении G .

Правильный ответ: 4.

A15. Постоянный магнит вводят в замкнутое алюминиевое кольцо на тонком длинном подвесе (см. рис.). Первый раз — северным полюсом, второй раз — южным полюсом. При этом

- 1) в обоих опытах кольцо отталкивается от магнита
- 2) в обоих опытах кольцо притягивается к магниту
- 3) в первом опыте кольцо отталкивается от магнита, во втором — кольцо притягивается к магниту
- 4) в первом опыте кольцо притягивается к магниту, во втором — кольцо отталкивается от магнита

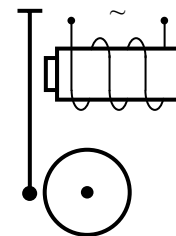


Решение. По правилу Ленца индукционный ток направлен так, чтобы своим магнитным полем препятствовать причине вызвавшего его. В обоих случаях кольцо будет отталкиваться от вводимого магнита.

Правильный ответ: 1.

A16. Катушка квартирного электрического звонка с железным сердечником подключена к переменному току бытовой электросети частотой 50 Гц (см. рис.). Частота колебаний якоря

- 1) равна 25 Гц
- 2) равна 50 Гц
- 3) равна 100 Гц
- 4) зависит от конструкции якоря



Решение. Катушка, подключённая к переменному току частотой 50 Гц, является переменным магнитом, у которого 50 раз в секунду в части, расположенной ближе к якорю, северный полюс сменяет южный полюс. Металлический якорь одинаково притягивается как к северному полюсу электромагнита, так и к южному, поэтому, сменяя друг друга, эти полюса 100 раз в секунду притягивают якорь. Частота его колебаний равна 100 Гц.

Правильный ответ: 3.

A17. Скорость распространения электромагнитных волн

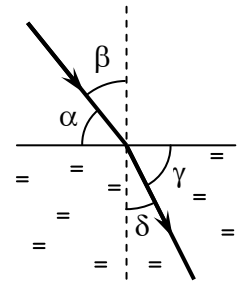
- 1) имеет максимальное значение в вакууме
- 2) имеет максимальное значение в диэлектриках
- 3) имеет максимальное значение в металлах
- 4) одинакова в любых средах

Решение. Скорость распространения электромагнитных волн имеет максимальное значение в вакууме.

Правильный ответ: 1.

A18. На рисунке показаны направления падающего и преломленного лучей света на границе раздела «воздух-стекло». Показатель преломления стекла равен отношению

- 1) $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$
- 2) $\frac{\sin \alpha}{\sin \delta}$
- 3) $\frac{\sin \beta}{\sin \gamma}$
- 4) $\frac{\sin \beta}{\sin \delta}$



Решение. По закону преломления света и с учётом того, что показатель преломления воздуха равен единице, получаем:

$$\frac{n_{cm}}{n_{возд}} = \frac{\sin \beta}{\sin \delta} \Leftrightarrow n_{cm} = \frac{\sin \beta}{\sin \delta}.$$

Правильный ответ: 4.

A19. Энергия фотона равна

- 1) $\frac{hc}{\lambda}$
- 2) $\frac{h}{\lambda}$
- 3) $\frac{h\nu}{c^2}$
- 4) $\frac{h\nu}{c}$

Решение. По формуле Планка энергия фотона равна $E = h\nu$. Частота фотона связана с его длиной волны соотношением $\lambda\nu = c$. Выразив частоту фотона и подставив формулу Планка, получаем:

$$E = \frac{hc}{\lambda}.$$

Правильный ответ: 1.

A20. Атом водорода находился в нормальном состоянии. При первом столкновении с другим атомом, он перешел в возбужденное состояние, а при следующем столкновении был ионизирован. Энергия системы «ядро — электрон» имела

- 1) максимальное значение в нормальном состоянии атома
- 2) максимальное значение в возбужденном состоянии атома
- 3) максимальное значение в ионизированном состоянии атома
- 4) одинаковое значение во всех трех состояниях

Решение. Энергия системы «ядро — электрон» в любом из связанных состояний меньше, чем в ионизированном.

Правильный ответ: 3.

A21. Ракета массой 10^5 кг стартует вертикально вверх с поверхности Земли с ускорением 15 м/с^2 . Если силами сопротивления воздуха при старте пренебречь, то сила тяги двигателей ракеты равна

- 1) $5 \cdot 10^5 \text{ Н}$ 2) $1,5 \cdot 10^6 \text{ Н}$ 3) $2,5 \cdot 10^6 \text{ Н}$ 4) $1,5 \cdot 10^7 \text{ Н}$

Решение. На ракету действуют две силы: сила тяжести (mg), направленная вниз, и сила тяги (F), направленная вверх. По второму закону Ньютона:

$$ma = F - mg \Leftrightarrow F = m(a + g) = 10^5 \text{ кг} \cdot (15 \text{ м/с}^2 + 10 \text{ м/с}^2) = 2,5 \cdot 10^6 \text{ Н}.$$

Правильный ответ: 3.

A22. На Землю упал из космического пространства метеорит. Изменились ли механическая энергия и импульс системы «Земля — метеорит» в результате столкновения?

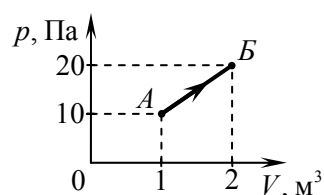
- 1) изменились и механическая энергия системы, и её импульс
 2) импульс системы не изменился, её механическая энергия изменилась
 3) механическая энергия системы не изменилась, её импульс изменился
 4) не изменились

Решение. Импульс системы «Земля — метеорит» в отсутствии внешних сил не изменился, а её механическая энергия уменьшилась: часть механической энергии в результате столкновения перешла в тепловую.

Правильный ответ: 2.

A23. При переходе из состояния A в состояние B (см. рис.) температура идеального газа

- 1) увеличилась в 2 раза
 2) увеличилась в 4 раза
 3) уменьшилась в 2 раза
 4) уменьшилась в 4 раза



Решение. Давление, объём и температура идеального газа связаны уравнением Менделеева — Клапейрона: $pV = \nu RT$. Из рисунка видно, что при переходе из состояния A в состояние B объём и давление газа возросли в 2 раза, следовательно, температура увеличилась в 4 раза.

Правильный ответ: 2.

A24. Идеальному газу сообщили количество теплоты 400 Дж. Газ расширился, совершив работу 600 Дж. Внутренняя энергия газа при этом

- 1) увеличилась на 1000 Дж
 2) увеличилась на 200 Дж
 3) уменьшилась на 1000 Дж
 4) уменьшилась на 200 Дж

Решение. По первому началу термодинамики количество теплоты, переданной системе, идёт на изменение её внутренней энергии и совершение ею работы: $Q = \Delta U + A$. Откуда $\Delta U = Q - A = 400 \text{ Дж} - 600 \text{ Дж} = -200 \text{ Дж}$.

Правильный ответ: 4.

A25. Плоский конденсатор зарядили и отключили от источника тока. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если увеличить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора? Расстояние между обкладками конденсатора мало как до, так и после увеличения расстояния между ними.

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

Решение. Энергия электрического поля внутри конденсатора равна

$$W = \frac{q^2}{2C}.$$

При увеличении в 2 раза расстояния между обкладками плоского конденсатора его ёмкость уменьшается в 2 раза. Заряд на обкладках не изменился. Если увеличить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора, энергия электрического поля внутри конденсатора увеличится в 2 раза.

Правильный ответ: 2.

A26. В трёх опытах на пути светового пучка ставились экраны с малым отверстием, тонкой нитью и широкой щелью. Явление дифракции происходит

- 1) только в опыте с малым отверстием в экране
- 2) только в опыте с тонкой нитью
- 3) только в опыте с широкой щелью в экране
- 4) во всех трёх опытах

Решение. Явление дифракции происходит при наличии препятствия с размерами сравними-ми или превышающими длину волны. Во всех трёх опытах размеры препятствий превышают длину световой волны.

Правильный ответ: 4.

A27. Волновыми свойствами

- 1) обладает только фотон
- 2) обладает только электрон
- 3) обладают как фотон, так и электрон
- 4) не обладают ни фотон, ни электрон

Решение. Согласно экспериментально подтверждённой гипотезе Луи де Бройля все частицы вещества, подобно свету, обладают волновыми свойствами.

Правильный ответ: 3.

A28. При попадании теплового нейтрона в ядро урана происходит деление ядра. Какие силы разгоняют осколки ядра?

- 1) ядерные
- 2) электромагнитные
- 3) гравитационные
- 4) силы слабого взаимодействия

Решение. Ядро заряжено положительно, осколки ядра тоже. Одноимённо заряженные тела отталкиваются друг от друга за счёт электромагнитного взаимодействия.

Правильный ответ: 2.

A29. Из 20 одинаковых радиоактивных ядер за 1 мин испытало радиоактивный распад 10 ядер. За следующую минуту испытают распад

- 1) 10 ядер 2) 5 ядер 3) от 0 до 5 ядер 4) от 0 до 10 ядер

Решение. Радиоактивный распад — случайный процесс. Вероятности того, что за следующую минуту испытают распад 0 ядер, 1 ядро, 2 ядра, ..., 10 ядер, отличны от нуля и сравнимы друг с другом.

Правильный ответ: 4.

A30. Два электрона движутся в противоположные стороны со скоростями $0,9c$ и $0,8c$ относительно Земли (c — скорость света в вакууме). Скорость v второго электрона в системе отсчёта, связанной с первым электроном, равна

- 1) $1,7c$ 2) c 3) $0,9c < v < c$ 4) $0,1c$

Решение. По закону сложения скоростей

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} = \frac{0,9c + 0,8c}{1 + \frac{0,9c \cdot 0,8c}{c^2}} = \frac{1,7}{1,72}c = 0,998c.$$

Правильный ответ: 3.

Часть В

B1. Автомобиль движется по выпуклому мосту. При каком значении радиуса круговой траектории автомобиля в верхней точке траектории водитель испытает состояние невесомости, если модуль скорости автомобиля в этой точке равен 72 км/ч ?

Решение. Поскольку движение происходит по искривлённой траектории с постоянной по модулю скоростью, то у автомобиля есть тангенсальное ускорение (a_τ), направленное в верхней точке вниз. По второму закону Ньютона это ускорение вызвано равнодействующей сил: силы тяжести (mg), направленной вниз, и силы реакции опоры (N), направленной вверх:

$$ma_\tau = mg - N.$$

В состоянии невесомости $N = 0$, поэтому $a_\tau = g$. Тангенсальное ускорение связано со скоростью радиусом кривизны соотношением:

$$a_\tau = \frac{v^2}{R}.$$

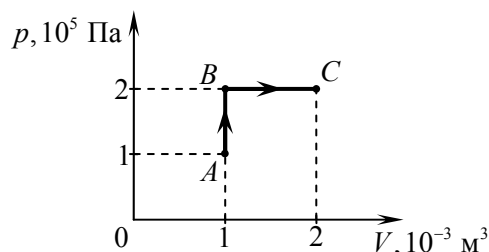
Значит, радиуса круговой траектории автомобиля в верхней точке траектории равен

$$R = \frac{v^2}{g} = \frac{(20 \text{ м/с})^2}{10 \text{ м/с}^2} = 40 \text{ м}.$$

Ответ: 40.

B2. Рассчитайте количество теплоты, сообщенное одноатомному идеальному газу в процессе $A-B-C$, представленном на pV -диаграмме (см. рис.).

Решение. У одноатомного идеального газа внутренняя энергия равна $U = 3\nu RT/2$. Воспользовавшись



первым началом термодинамики и уравнением Менделеева — Клапейрона, получаем:

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + A_{AB} = \frac{3}{2} \nu R(T_B - T_A) + 0 = \frac{3}{2} (p_B V_B - p_A V_A) = \frac{3}{2} (p_B - p_A) V_A,$$
$$Q_{BC} = \Delta U_{BC} + A_{BC} = \frac{3}{2} \nu R(T_C - T_B) + p_B (V_C - V_B) = \frac{5}{2} p_B (V_C - V_B).$$

Количество теплоты, сообщенное газу за весь процесс, равно:

$$Q = Q_{AB} + Q_{BC} = \frac{3}{2} (p_B - p_A) V_A + \frac{5}{2} p_B (V_C - V_B) =$$
$$= \frac{3}{2} \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 + \frac{5}{2} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 650 \text{ Дж}.$$

Ответ: 650.

В3. В катушке сила тока равномерно увеличивается со скоростью 2 А/с. При этом в ней возникает ЭДС самоиндукции 20 В. Какова энергия магнитного поля катушки при силе тока в ней 5 А?

Решение. Энергия магнитного поля катушки равна:

$$W = \frac{LI^2}{2},$$

где I — сила тока в катушке, а L — её индуктивность, которая связывает ЭДС самоиндукции со скоростью изменения силы тока соотношением:

$$U = L \frac{dI}{dt} = LI \dot{I}.$$

Выразив индуктивность из последнего равенства и подставив его в выражение для энергии, получаем:

$$W = \frac{UI^2}{2\dot{I}} = \frac{20 \text{ В} \cdot (5 \text{ А})^2}{2 \cdot 2 \text{ А/с}} = 125 \text{ Дж}.$$

Ответ: 125.

В4. Изображение предмета, расположенного на расстоянии 40 см от рассеивающей линзы, наблюдается на расстоянии 24 см от линзы. Найдите модуль фокусного расстояния рассеивающей линзы. Ответ выразите в сантиметрах (см).

Решение. Фокусное расстояние можно определить, воспользовавшись формулой линзы:

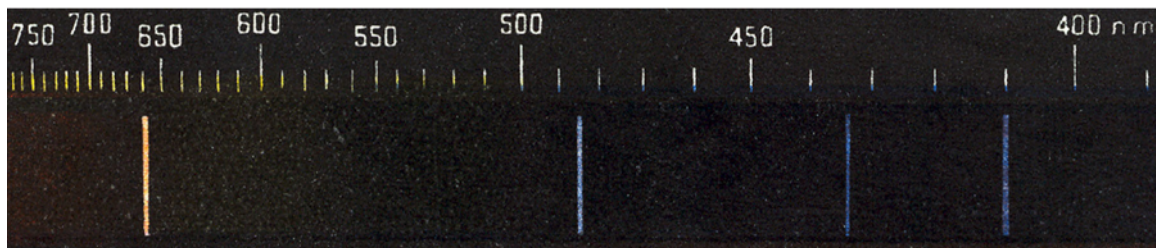
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2},$$

где $d_1 = 40$ см — расстояние от предмета до линзы, $d_2 = -24$ см — расстояние от изображения до линзы, взятое со знаком «минус», поскольку рассеивающая линза даёт мнимое изображение. Фокусное расстояние для рассеивающей линзы (f) отрицательно:

$$f = \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2} = \frac{40 \text{ см} \cdot (-24 \text{ см})}{40 \text{ см} - 24 \text{ см}} = -60 \text{ см}.$$

Ответ: 60.

В5. На фотографии представлен спектр излучения водорода в видимой части спектра. Цифры на числовой оси — длины волн в нанометрах (нм).



Оцените в джоулях (Дж) энергию фотона с максимальной энергией в видимой части спектра водорода. Полученный результат умножьте на 10^{20} и округлите его до двух значащих цифр.

Решение. Энергия фотона равна:

$$E = \frac{hc}{\lambda}.$$

Из рисунка видно, что минимальная длина волны фотонов в видимой части спектра равна $\lambda = 410$ нм. Их энергия максимальна и равна

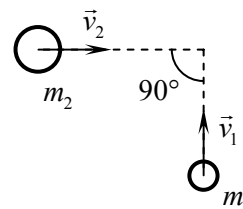
$$E = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{410 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

$$E \cdot 10^{20} = 48 \text{ Дж}.$$

Ответ: 48.

Часть С

С1. Два тела, массы которых соответственно $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг, скользят по гладкому горизонтальному столу (см. рис.). Скорость первого тела $v_1 = 3$ м/с, скорость второго тела $v_2 = 6$ м/с. Какое количество теплоты выделится, когда они столкнутся и будут двигаться дальше, сцепившись вместе? Вращения в системе не возникает. Действием внешних сил пренебречь.



Решение. Суммарный импульс системы, равный $\vec{p} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$, остаётся неизменным. Поскольку тела движутся перпендикулярно друг другу, величина суммарного импульса равна

$$p = \sqrt{(m_1v_1)^2 + (m_2v_2)^2}.$$

После столкновения скорость сцепившихся тел будет равна $v = p/(m_1 + m_2)$. Количество выделившейся теплоты равно разности механических энергий до и после столкновения:

$$Q = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} - \frac{(m_1v_1)^2 + (m_2v_2)^2}{2(m_1 + m_2)} =$$

$$= \frac{m_1m_2(v_1^2 + v_2^2)}{2(m_1 + m_2)} = \frac{1 \text{ кг} \cdot 2 \text{ кг} \cdot ((3 \text{ м/с})^2 + (6 \text{ м/с})^2)}{2 \cdot (1 \text{ кг} + 2 \text{ кг})} = 15 \text{ Дж}.$$

Ответ: 15 Дж.

С2. В медный стакан калориметра массой 200 г, содержащий 150 г воды, опустили кусок льда, имевший температуру 0°C . Начальная температура калориметра с водой 25°C . В момент времени, когда наступило тепловое равновесие, температура воды и калориметра стала равной

5 °С. Рассчитайте массу льда. Удельная теплоёмкость меди 390 Дж/(кг·К), удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг. Потери тепла калориметром считать пренебрежимо малыми.

Решение. Обозначим $\Delta t_1 = 25 \text{ °С} - 5 \text{ °С} = 20 \text{ К}$, $\Delta t_2 = 5 \text{ °С} - 0 \text{ °С} = 5 \text{ К}$. При охлаждении вода и медный стакан отдают количество теплоты, равное

$$Q = m_в c_в \Delta t_1 + m_м c_м \Delta t_1.$$

Эта теплота идёт на плавление куска льда и нагревание образовавшейся воды:

$$Q = \lambda_л m_л + m_л c_в \Delta t_2.$$

Масса куска льда равна

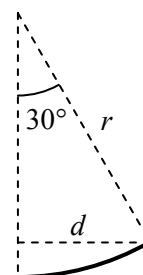
$$m_л = \frac{(m_в c_в + m_м c_м) \Delta t_1}{\lambda_л + c_в \Delta t_2} = \frac{(0,15 \text{ кг} \cdot 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) + 0,2 \text{ кг} \cdot 390 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})) \cdot 20 \text{ К}}{3,35 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг} + 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 5 \text{ К}} = 0,04 \text{ кг}.$$

Ответ: 0,04 кг.

С3. В кинескопе телевизора разность потенциалов между катодом и анодом 16 кВ. Отклонение электронного луча при горизонтальной развёртке осуществляется магнитным полем, создаваемым двумя катушками. Ширина области, в которой электроны пролетают через магнитное поле, равна 10 см. Какова индукция отклоняющего магнитного поля при значении угла отклонения электронного луча 30°?

Решение. Изобразим траекторию электронов на рисунке. d — ширина области, r — радиус окружности, по дуге которой движутся электроны. Поскольку угол отклонения равен 30°, $r = 2d$. Радиус окружности связан с индукция отклоняющего магнитного поля, скоростью, массой и зарядом электрона соотношением:

$$r = \frac{mv}{|e|B}.$$



Импульс, который приобретают электроны между катодом и анодом, можно найти из равенства:

$$\frac{mv^2}{2} = |e|U \Leftrightarrow mv = \sqrt{2|e|mU}.$$

Таким образом, получаем:

$$B = \frac{mv}{|e|r} = \frac{\sqrt{2|e|mU}}{|e|2d} = \sqrt{\frac{mU}{2|e|d^2}} = \sqrt{\frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 16 \cdot 10^3 \text{ В}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot (0,1 \text{ м})^2}} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}.$$

Ответ: $2,1 \cdot 10^{-3}$ Тл.

С4. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью $C = 8000$ пФ. При длительном освещении катода светом с частотой $\nu = 10^{15}$ Гц фототок, возникший вначале, прекращается. Работа выхода электронов из кальция $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Какой заряд q при этом оказывается на обкладках конденсатора?

Решение. Прекращение фототока обозначает, что разность потенциалов между обкладками конденсатора $U = q/C$ достигло запирающего напряжения, которое связано с частотой падающего света уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:

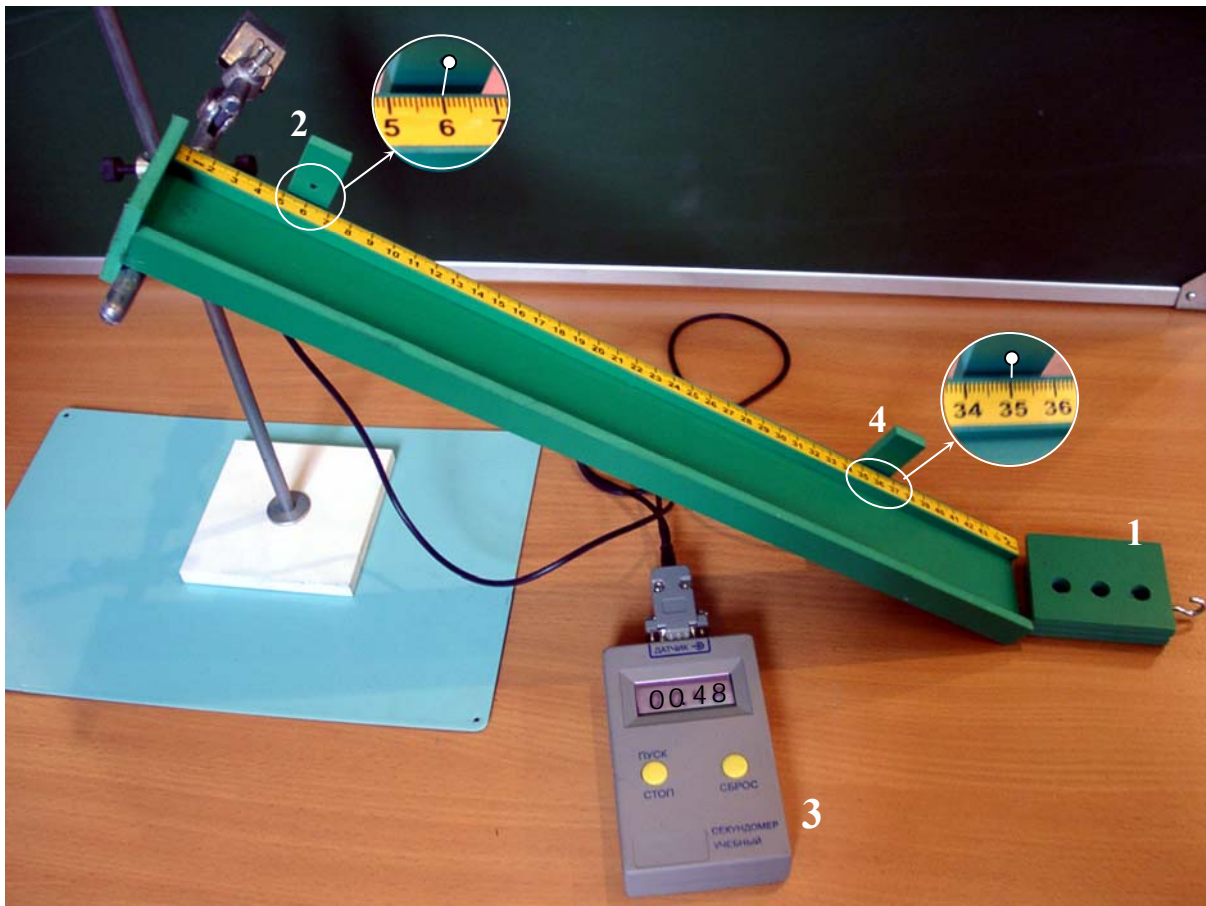
$$h\nu = A + |e|U.$$

Таким образом, накопившийся заряд равен

$$q = CU = \frac{C(h\nu - A)}{|e|} = \frac{8 \cdot 10^{-9} \Phi \cdot (6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 10^{15} \text{ Гц} - 4,42 \cdot 10^{-19} \text{ Дж})}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}.$$

Ответ: $1,1 \cdot 10^{-8}$ Кл.

С5. На рисунке представлена фотография установки по исследованию скольжения каретки (1) массой 40 г по наклонной плоскости под углом 30° . В момент начала движения верхний датчик (2) включает секундомер (3). При прохождения кареткой нижнего датчика (4) секундомер выключается. Оцените количество теплоты, которое выделилось при скольжении каретки по наклонной плоскости между датчиками.



Решение. Количество выделившейся теплоты равно $Q = F_{\text{тр}} S$, где $F_{\text{тр}}$ — сила трения между кареткой и плоскостью, $S = 35 \text{ см} - 6 \text{ см} = 29 \text{ см}$ — пройденный путь. По второму закону Ньютона:

$$ma = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} \Leftrightarrow F_{\text{тр}} = m(g \sin \alpha - a).$$

Поскольку начальная скорость каретки равна нулю, то

$$S = \frac{at^2}{2} \Leftrightarrow a = \frac{2S}{t^2}.$$

В итоге получаем:

$$Q = mS \left(g \sin \alpha - \frac{2S}{t^2} \right) = 0,04 \text{ кг} \cdot 0,29 \text{ м} \cdot \left(10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5 - \frac{2 \cdot 0,29 \text{ м}}{(0,48 \text{ с})^2} \right) = 0,029 \text{ Дж}.$$

Ответ: 0,029 Дж.