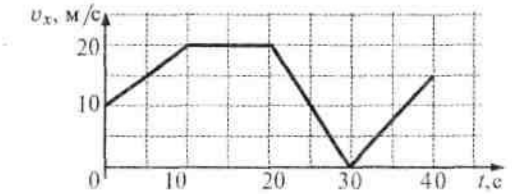
Окунева В.С.

Логика анализа содержания заданий ЕГЭ по физике

(на примере типовых заданий 2011 года)

Вариант 2

ЧАСТЬ 1



А1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени. Модуль ускорения автомобиля максимален на интервале времени

1) от 0 с до 10 с 2) от 10 с до 20 с

3) от 20 с до 30 с 4) от 30 с до 40 с

Ускорение – это величина, показывающая как быстро изменяется скорость тела. Величина ускорения определяется формулой: $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{v_2-v_1}{t_2-t_1}$. На интервале <u>от 20 с до 30 с</u> $a=\dfrac{0-20}{30-20}=\dfrac{-20\,\text{м/с}}{10\,\text{с}}=\dfrac{-2\,\text{м/с}}{1\,\text{с}}=-2\,\dfrac{\text{м}}{\text{с}^2}$. $|a|=2\,\dfrac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Знак «–» означает, что в указанный интервал времени скорость уменьшалась на $2\,\text{м/с}$ за каждую секунду. Аналогично можно найти ускорение на любом из указанных в вариантах ответов интервалов. Так, в интервале времени <u>от 10 с до 20 с</u> автомобиль двигался равномерно: $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{20-20}{20-10}=0$. Вообще-то, чтобы ответить на поставленный вопрос не обязательно делать указанные вычисления. Достаточно оценить какой участок кривой составляет с осью x больший угол или на каком интервале времени (в задаче они одинаковы) скорость автомобиля изменяется на большую величину (!!!)?

А2. В инерциальной системе отсчета сила $\vec{F}$ сообщает телу массой m ускорение $\vec{a}$. Ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\dfrac{1}{2}\vec{F}$ в этой системе отсчета равно 1) $\vec{a}$ 2) $\dfrac{1}{4}\vec{a}$ 3) $\dfrac{1}{8}\vec{a}$ 4) $4\vec{a}$.

Исходное условие: $a=\dfrac{F}{m}$. После изменений: $\vec{a}_{\text{изм}}=\dfrac{0{,}5\vec{F}}{2m}=\dfrac{0{,}5}{2}\cdot\dfrac{\vec{F}}{m}=\dfrac{1}{4}\vec{a}$.

А3. При подвешивании груза массой m к стальному тросу длина троса возрастает на ΔL от его начального значения L. Величина ΔL не изменится, если

1) L будет вдвое больше, а m – вдвое меньше 2) L и m будут вдвое больше

3) L и m будут вдвое меньше 4) L будет вчетверо меньше, а m – вдвое меньше.

Из закона Гука силы упругости $F_{\text{упр}}$, противостоящие растяжению троса под действием силы тяжести mg груза, прямо пропорциональны удлинению $\Delta L :\Rightarrow\ mg=k\cdot\Delta L$. Если увеличить длину троса в 2 раза, то есть сделать длину равной $2L$, под действием той же силы каждая половинка троса растянется на ΔL и общее удлинение такого троса станет равным $2\Delta L$. Однако, по условию, длина троса не должна измениться. А это означает, что действующая на трос сила должна быть вдвое меньше – $\dfrac{m}{2}\cdot g$. $\Rightarrow$ верным будет ответ № 1.

А4. Шайба абсолютно упруго ударилась о неподвижную стену. При этом направление движения шайбы изменилось на 90°. Импульс шайбы перед ударом равен $p=1$ кг-м/с. Чему равен модуль изменения импульса шайбы в результате удара?

1) 0 2)1кг-м/с 3) $\sqrt{2}$ кг-м/с 4) 2 кг-м/с

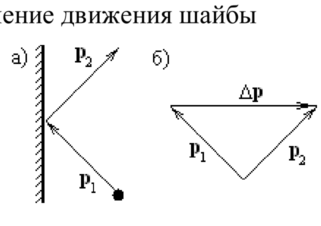


Иллюстрация к задаче – рис. а). Задачу можно решить только на основе построения диаграммы векторов, соответствующей описываемому процессу.

Запишем процесс изменения импульса шайбы в векторной форме: $\mathbf{p}_1+\Delta\mathbf{p}=\mathbf{p}_2$ (смотри рис. б). Вспомни правило «треугольника» для сложения векторов). Поскольку удар абсолютно упругий $p_1=p_2=p=1\,\text{кг}\cdot\text{м/с}$. С рисунком б) работаем как с обыкновенным треугольником. Из треугольника векторов следует:

$\Delta p=\sqrt{p_1^2+p_2^2}=\sqrt{2p^2}=\sqrt{2\cdot 1^2}=\sqrt{2}\ \text{кг}\cdot\text{м/с}$ (Теорема Пифагора)

А5. Санки массой m тянут в гору с постоянной скоростью. Когда санки поднимутся на высоту h от первоначального положения, их полная механическая энергия

1) не изменится 2)увеличится на mgh

3) будет неизвестна, т. к. не задан наклон горки 4) будет неизвестна, т. к. не задан коэффициент трения

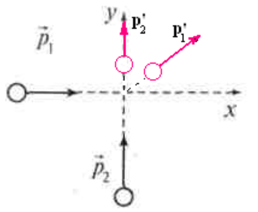
Полная механическая энергия тела (санок) складывается из его кинетической и потенциальной энергии. $W = W_к + W_п$. Потенциальная энергия – это энергия обусловленная взаимодействием тел, или частей одного тела. В данном случае речь идет о гравитационном взаимодействии (о взаимном притяжении) Земли и санок Независимо от того, как происходил процесс подъёма санок на высоту h полная механическая энергия санок, точнее системы «Земля–санки» увеличится на величину $W_п = mgh$, поскольку и на вершине горы кинетическая энергия санок не изменилась (Санки тянут в гору с постоянной скоростью). Кинетическая энергия – это энергия движущегося тела.

А6. Массивный шарик, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Чтобы увеличить период колебаний в 2 раза, достаточно массу шарика

1) увеличить в 4 раза 2)уменьшить в 4 раза 3) увеличить в 2 раза 4) уменьшить в 2 раза

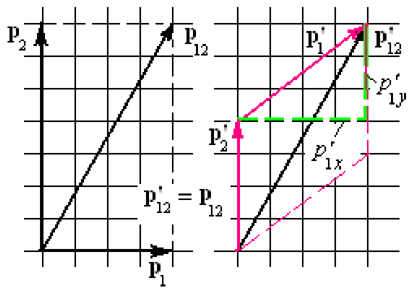
Период – это время одного полного колебания. Период колебаний шарика, подвешенного на пружине, определяется выражением: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Поэтому, чтобы период колебаний такого маятника стал равным $2T$, его масса должна быть равной $4m$. В самом деле: $2\pi\sqrt{\frac{4m}{k}} = 2T$. Это можно понять, вспомнив 2-й закон Ньютона: чем массивнее шарик, тем меньше его ускорение под действием силы упругости пружины, а, следовательно, тем больше времени понадобится шарику, чтобы совершить одно полное колебание.

Полезно также запомнить, что собственная (циклическая) частота колебаний $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Она связана с периодом колебаний соотношением $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$.



А7. По гладкой горизонтальной плоскости по осям *x* и *y* движутся две шайбы с импульсами, равными по модулю $p_1 = 2\,кг \cdot м/с$ и $p_2 = 3{,}5\,кг \cdot м/с$, как показано на рисунке. После соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси *y* в прежнем направлении с импульсом, равным по модулю $p_3 = 2\,кг \cdot м/с$. Найдите модуль импульса первой шайбы (p'_1) после удара.

1)2 кг-м/с 2) 2,5 кг-м/с 3)3,5 кг-м/с 4) 4 кг-м/с



А) Задача на закон сохранения импульса системы из двух шаров. Её можно решить, графически реализовав этот закон.

Начиная решать задачу, полезно несколько изменить обозначения – все импульсы после столкновения снабдим индексом «штрих» (‘), сохранив их нумерацию. В нашем случае $p_3 = p'_2 = 2\,кг \cdot м/с$. Найти (p'_1).

До столкновения. Строим, соблюдая масштаб: $\left(1\,см = 1\,кг \cdot \frac{м}{с}\right)$

$$\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_{12}. \text{(См. рис. а).}$$

По закону сохранения импульса $\mathbf{p}'_{12} = \mathbf{p}_{12}$.

Переносим импульс $\mathbf{p}_{12}$ параллельно самому себе на рис. б), обозначив его $\mathbf{p}'_{12}$.

После столкновения. $\mathbf{p}'_2 + \mathbf{p}'_1 = \mathbf{p}'_{12}$. На том же рис. б) вдоль оси *y* изображаем известный из условия задачи импульс $\mathbf{p}'_2$. Поскольку $\mathbf{p}'_2 + \mathbf{p}'_1 = \mathbf{p}'_{12}$, проводим вектор импульса $\mathbf{p}'_1$ из конца вектора $\mathbf{p}'_2$ в конец вектора $\mathbf{p}'_{12}$.

Длину вектора $\mathbf{p}'_1$ нетрудно найти по теореме Пифагора, поскольку его проекции $p'_{1x} = 2\,кг \cdot м/с$ (см. рис. б), а $p'_1 = 1{,}5\,кг \cdot м/с$. $p'_1 = \sqrt{(p'_{1x})^2 + (p'_{1y})^2} = \sqrt{2^2 + 1{,}5^2} = 2{,}5\,кг \cdot м/с$. (ответ № 2).

Если при построении строго соблюдался масштаб, длину вектора $\mathbf{p}'_1$ можно просто измерить линейкой. Она равна $2{,}5\,см$, то есть $p'_1 = 2{,}5\,кг \cdot м/с$

Б) Метод довольно сложный, но он способствует понимаю того, как можно найти ответ на вопрос задачи, работая с проекциями векторов. (Требуется меньше времени для решения задачи).

Проекции на ось *x*. (Только числа без наименований. См. рис. а и б). До столкновения. $p_{1x} = 2$; $p_{2x} = 0$.

После столкновения $p'_{1x} = ?$; $p'_{2x} = 0$. В соответствии с законом сохранения импульса $p_{1x} + p_{2x} = p'_{1x} + p'_{2x}$, откуда, после подстановки значений импульсов, следует: $p'_{1x} = p_{1x} = 2$.

Проекции на ось *y*. До столкновения. $p_{1y} = 0$; $p_{2y} = 3{,}5$. После столкновения $p'_{1y} = ?$; $p'_{2y} = 2$. В соответствии с законом сохранения импульса $p_{1y} + p_{2y} = p'_{1y} + p'_{2y}$. В числах: $0 + 3{,}5 = p'_{1y} + 2 \Rightarrow p'_{1y} = 1{,}5$,

Вектор $p'_1 = \sqrt{(p'_{1x})^2 + (p'_{1y})^2} = \sqrt{2^2 + 1{,}5^2} = 2{,}5\,\text{кг} \cdot \text{м/с}$ (теорема Пифагора).

А8. При понижении абсолютной температуры идеального газа в 1,5 раза средняя кинетическая энергия теплового движения молекул

1) увеличится в 1,5 раза 2) уменьшится в 1,5 раза 3) уменьшится в 2,25 раза 4) не изменится.

Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа пропорциональна его абсолютной температуре: $\overline{E} = \frac{3}{2}kT$. Так что при понижении абсолютной температуры идеального газа в 1,5 раза его средняя кинетическая энергия также уменьшится в 1,5 раза (ответ 2).

А9. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится идеальный газ, давление которого $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па и температура 300 К. Как надо изменить объем газа, не меняя его температуры, чтобы давление увеличилось до $p_2 = 0{,}8 \cdot 10^6$ Па $= 8 \cdot 10^5$ Па ?

1) увеличить в 2 раза 2) увеличить в 4 раза 3) уменьшить в 2 раза 4) уменьшить в 4 раза

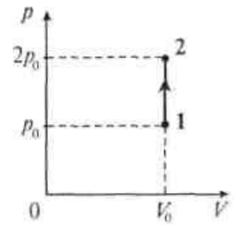
Процесс, представленный в задаче, – изотермический. По закону Бойля – Мариотта: $p_1V_1 = p_2V_2$. Числовой ответ на вопрос получить проще, если давление p_2 представить в виде $8 \cdot 10^5$ Па. $4 \cdot 10^5\, V_1 = 8 \cdot 10^5\, V_2$. Откуда следует: $V_2 = \frac{V_1}{2}$. Объем газа надо уменьшить в 2 раза (газ надо подвергнуть сжатию). Ответ № 3.

А10. Как изменяется внутренняя энергия вещества при его переходе из газообразного состояния в жидкое при постоянной температуре и постоянном давлении?

1) уменьшается 2) увеличивается 3) у разных веществ по-разному 4) остается постоянной

В задаче описан процесс конденсации пара в жидкость. Если на испарение жидкости нужно затратить какое-то количество тепловой энергии (жидкость нужно нагревать) $Q = \lambda m$, то в процессе конденсации пара в жидкость это же количество теплоты пар отдаст окружающим телам, то есть внутренняя энергия вещества при его переходе из газообразного (в том числе из парообразного) состояния в жидкость уменьшается. Ответ № 1.

Для справки: $\lambda = \frac{Q}{m}$ – удельная теплота парообразования, – это количество тепловой энергии (в Дж), которое нужно затратить, чтобы превратить в пар $m = 1$ кг вещества.



А11. На pV-диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы газа. Внутренняя энергия газа увеличилась на 20 кДж. Количество теплоты, полученное газом, равно

1) 0 2) 10 кДж 3) 20 кДж 4) 40 кДж

В соответствии с первым началом термодинамики (это закон сохранения энергии), количество теплоты ΔQ, предаваемое газу от нагревателя, может пойти на увеличение его внутренней энергии ΔU и на совершение газом работы A: $\Delta Q = \Delta U + A$.

Работа газа $A = p \cdot \Delta V = 0$. (На графике изображен изохорный процесс $V = V_0 = \text{const} \Rightarrow$ изменение объёма $\Delta V = 0$). Таким образом, вся передаваемая газу теплота идет на увеличение его внутренней энергии: $\Delta Q = \Delta U = 20\,\text{кДж}$. Ответ № 3.

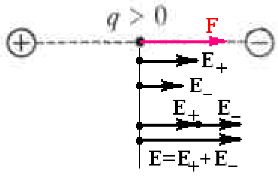
А12. В тепловой машине температура нагревателя $T_1 = 600$ К, температура холодильника на 200 К меньше, чем у нагревателя. Максимально возможный КПД машины равен

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

Из условия задачи следует, что температура холодильника $T_2 = 600 - 200 = 400$ К. КПД любой тепловой машины определяется выражением: $\text{КПД} = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$, где Q_1 – количество теплоты, которое передает рабочему телу (газу или пару) нагреватель; $A = Q_1 - Q_2$ – работа, совершаемая рабочим телом (машиной); Q_2 – количество теплоты, отданное холодильнику, *Максимально возможный КПД имеет машина, работающая по циклу Карно*, состоящему из двух изотерм и двух адиабат (посмотреть в учебнике!!!). Для неё

КПД $= \dfrac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \dfrac{T_1 - T_2}{T_1} = \dfrac{600-400}{600} = \dfrac{1}{3}$. Ответ 4.

А13. Точечный положительный заряд q помещен между разноименно заряженными шариками (см. рисунок). Куда направлена равнодействующая кулоновских сил, действующих на заряд q?



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

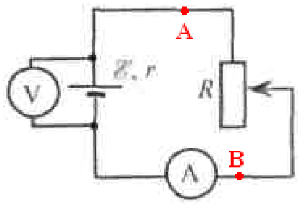
Ответ на вопрос задачи можно получить, опираясь на расхожую фразу: «Одноименные заряды отталкиваются (со стороны (+) заряда на заряд $q>0$ действует сила $\mathbf{F}_+$, направленная вправо $\rightarrow$), а разноименные – притягиваются (со стороны (–) заряда на заряд $q>0$ действует сила $\mathbf{F}_-$, также направленная вправо $\rightarrow$)». Очевидно, что результирующая (векторная сумма) этих сил $\mathbf{F} = \mathbf{F}_+ + \mathbf{F}_-$, направленных в одну сторону будет направлена в ту же сторону $\rightarrow$.

Более строгим является подход к решению задачи, опирающийся на понятие: «лектрическое поле».
Источником электрического поля являются заряженные тела или частицы (заряды). На рисунке см. ~~направления векторов электрических полей, создаваемых зарядами~~.

Точечный заряд (+) в точке, где находится заряд q, создает электрическое поле, вектор напряженности $\mathbf{E}_+$ которого направлен от заряда (+). Точечный заряд (–) в точке, где находится заряд q, создает электрическое поле, вектор напряженности $\mathbf{E}_-$ которого направлен в сторону заряда (–). В соответствии с принципом суперпозиции полей $\mathbf{E} = \mathbf{E}_+ + \mathbf{E}_-$.

Основным и единственным свойством электрического поля является его способность действовать на находящиеся в этом поле заряды (заряд q) с силой $\mathbf{F} = q\cdot\mathbf{E}$. А поскольку $q>0$, направление действующей на заряд силы (вектор $\mathbf{F}$) совпадает с направлением вектора напряженности результирующего поля $\mathbf{E}$, то есть $\mathbf{F}\uparrow\uparrow\mathbf{E}$.
Ответ № 1 $\rightarrow$. (Если бы заряд q был отрицательным, $\mathbf{F}\downarrow\uparrow\mathbf{E}$, но это уже другая задача)

А14. При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр – 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



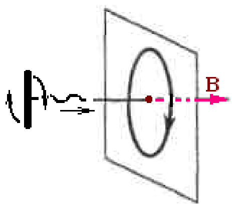
1) 0,5 Ом 2) 1 Ом 3) 1,5 Ом 4) 2 Ом

Замечание. Сопротивление идеального амперметра равно нулю, а сопротивление идеального вольтметра – равно ∞. При таких значениях внутренних сопротивлений этих приборов, их включение в электрическую цепь не повлияет ни на ток ни на напряжение в цепи.

Если внимательно посмотреть на рисунок, можно заметить, что вольтметр подключен параллельно реостату R (фактически он подключен к точкам А и В. См. замечание) На основании закона Ома для участка цепи $\left(I=\dfrac{U}{R}\right)$, содержащего реостат (участок отмечен точками А и В), найдем $U = IR$. (1). Используем эту формулу, рассмотрев цепь полностью. Исходя из закона Ома для всей (замкнутой) цепи $I = \dfrac{\varepsilon}{R+r}$, найдем $\varepsilon = IR + Ir = U + Ir$. (2)

Далее, в целях экономии времени, решаем задачу, сразу подставляя данные в формулу (2).
~~1-я часть задачи~~: $\varepsilon = 6 + 1r$. ~~2-я часть задачи~~: $\varepsilon = 4 + 2r$. Приравнивая правые части последних выражений, получим: $6+1r = 4+2r$ Откуда следует: $r = 2$ Ом. Ответ № 4.

А15. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в вертикальной плоскости. В центре витка вектор индукции магнитного поля тока направлен



1) вправо $\rightarrow$ 2) вертикально вниз $\downarrow$ 3) вертикально вверх $\uparrow$ 4) влево $\leftarrow$.

Направление вектора магнитной индукции **B** определяется правилом правого винта.
Если вращать рукоятку винта в направлении тока, поступательное движение винта укажет направление вектора **B**.
Ответ № 1 вправо.

А16. Чтобы увеличить частоту электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре в 2 раза, достаточно индуктивность катушки в контуре

1) увеличить в 2 раза 2) уменьшить в 2 раза 3) увеличить в 4 раза 4) уменьшить в 4 раза

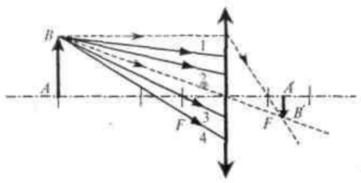
Частота электромагнитных колебаний в колебательном контуре определяется выражением: $\nu_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$,

или циклическая частота $\omega_0 = 2\pi\nu_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Чтобы увеличить частоту электромагнитных колебаний в 2 раза

индуктивность катушки L нужно уменьшить в 4 раза $2\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(L/4)\cdot C}} = \frac{2}{\sqrt{LC}}$. Ответ 4.

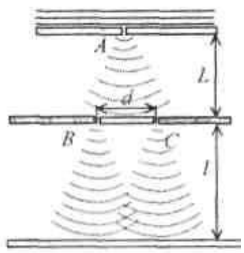
А17. Ученик построил изображение А'В' предмета АВ в тонкой линзе. Какие из лучей – 1,2,3,4 — пройдут через точку В'?

1)только 1 2) только 1 и 2 3)только 1, 2, 3 4) все лучи — 1, 2, 3, 4.



Любой луч, выходящий из данной точки (В) предмета после преломления в линзе пройдёт через соответствующую ей точку В’ изображения. Ответ 4.

Иначе бы не могло бы сформироваться изображение.



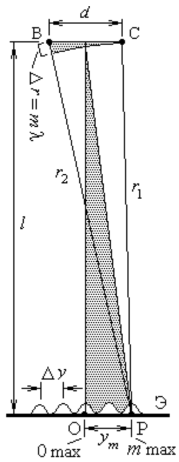
А18. В классическом опыте Юнга по дифракции (наверное имеется в виду опыт Юнга по интерференции света) пучок света, прошедший через узкое отверстие А, освещает отверстия В и С, за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок). Если увеличить L вдвое, то

1) интерференционная картина останется на месте, сохранив свой вид

2) расстояние между интерференционными полосами увеличится

3) расстояние между интерференционными полосами уменьшится

4) интерференционная картина сместится по экрану, сохранив свой вид.



Можно интуитивно сообразить, что единственной ролью источника А является освещение источников В и С пространственно когерентным светом. В таком случае расстояние L никакой роли не играет и не может сказаться ни на расстоянии между интерференционными полосами, ни на положении интерференционной картины на экране. Ответ 1. Попробуем это доказать.

Положение интерференционной картины и расстояние между интерференционными полосами определяется длиной волны λ светового излучения, взаимным положением вторичных источников света В и С (расстоянием d между ними, поскольку это расстояние влияет на разность хода Δr интерферирующих волн) и расстоянием l от источников В и С до экрана Э. (рис. справа). Расчетную формулу нетрудно получить, рассмотрев подобные треугольники (выделены серым цветом).

Из пропорциональности сторон следует – расстояние между нулевым максимумом и максимумом $m-$го порядка $y_m = m\lambda\frac{l}{d}$. Расстояние между соседними полосами можно найти, поделив y_m на число m промежутков (см. рис. справа) между полосами: $\Delta y = \frac{y_m}{m} = \lambda\frac{l}{d}$. Ни в одну из этих формул расстояние L от щели А до щелей В и С не входит. Единственное, на что может повлиять увеличение расстояния L – это уменьшить яркость интерференционной картины, поскольку с увеличением расстояния L уменьшается световой поток, падающий из щели А на щели В и С. Правильный ответ № 1.

А19. В двух идеальных колебательных контурах происходят незатухающие электромагнитные колебания. Амплитудное значение силы тока в первом контуре 3 мА. Каково амплитудное значение силы тока во втором контуре, если период колебаний в нем в три раза больше, а максимальное значение заряда конденсатора в 6 раз больше, чем в первом?

1) $\frac{2}{3}$ мА 2) $\frac{3}{2}$ мА 3) 3 мА 4) 6 мА

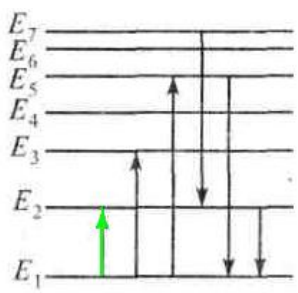
Видимо надо получить характерное для колебательного контура соотношение, которое связывало бы период возникающих в нем электромагнитных колебаний T с амплитудным значением силы тока I_m в контуре и максимальным (амплитудным) значением заряда q_m на его конденсаторе.

Период колебаний определяется формулой Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (1). Амплитудные значения указанных величин входят в выражения, определяющие величину энергии, запасенной в контуре: $W = \frac{LI_m^2}{2}$ в тот момент, когда вся энергия сосредоточена в магнитном поле катушки индуктивности и $W = \dfrac{q_m^2}{2C}$ – в момент, когда энергия сосредоточена в электрическом поле конденсатора. Контур идеальный (потерь энергии нет), следовательно, $\dfrac{LI_m^2}{2} = \dfrac{q_m^2}{2C}$, откуда следует: $\sqrt{LC} = \dfrac{q_m}{I_m}$. Умножив обе части полученного равенства на 2π и заменив $2\pi\sqrt{LC}$ на T (см. 1), получим искомое соотношение для первого контура: $T_1 = 2\pi\dfrac{q_{m1}}{I_{m1}}$. Это же соотношение для второго контура будет выглядеть так: $T_2 = 3T_1 = 2\pi\dfrac{6 \cdot q_{m1}}{I_{m2}}$. Чтобы найти соотношение между величинами токов I_{m2} и I_{m1}, найдем отношение: $\left(\dfrac{T_2}{T_1}\right) = \dfrac{3T_1}{T_1} = \left(\dfrac{6q_{m1} \cdot I_{m1}}{I_{m2} \cdot q_{m1}}\right) = \dfrac{6I_{m1}}{I_{m2}}$. После необходимых сокращений получим: $I_{m2} = 2I_{m1} = 6$ мА. Ответ № 4.

Данную задачу составители отнесли к категории А (???). Интересно, существуют ли идеи, опираясь на которые можно ***быстро*** (!), не проделывая приведенных вычислений, найти ответ на поставленный вопрос?

А20. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой из отмеченных стрелками переходов между энергетическими уровнями сопровождается поглощением кванта минимальной частоты?

1) с уровня 1 на уровень 5 2) с уровня 1 на уровень 2
3) с уровня 5 на уровень 1 4) с уровня 2 на уровень 1



В соответствии с теорией Бора поглощению света атомом соответствует переход с более низкого на более высокий энергетический уровень (стрелка должна быть направлена вверх). Поскольку энергия поглощенного светового кванта пропорциональна его частоте – $E = |E_n - E_k| = h\nu$, кванту с минимальной частотой соответствует минимальное значение энергии $E = |E_n - E_k|$ (самая кроткая стрелка в левой стороне энергетической диаграммы). Правильный ответ № 2.

А21. Атом натрия $^{23}_{11}\text{Na}$ содержит

1) 11 протонов, 23 нейтрона и 34 электрона 2) 23 протона, 11 нейтронов и 11 электронов
3) 12 протонов, 11 нейтронов и 12 электронов 4) 11 протонов, 12 нейтронов и 11 электронов

На символическом обозначении атомных ядер (ядро $^M_Z X$) указывают две величины: *зарядовое число* Z, равное числу протонов в ядре, и *массовое число* M, равное суммарному числу протонов и нейтронов (нуклонов) в ядре.

В нашем случае: число протонов – $Z = 11$; число нейтронов $N = M - Z = 23 - 11 = 12$. А поскольку число электронов в атоме равно числу протонов (атом в целом нейтрален), число электронов в атоме равно $Z = 11$. Правильный ответ № 4.

А22. Как изменится число нуклонов в ядре атома радиоактивного элемента, если ядро испустит γ - квант?
1) увеличится на 2 2) не изменится 3) уменьшится на 2 4) уменьшится на 4

$\gamma -$ квант – это фотон (световой квант) очень высокой частоты, обладающий большой энергией. Заряда он не имеет, его массовое число равно «нулю» – $\left(^0_0\gamma\right)$. Испуская $\gamma -$ квант возбужденное ядро освобождается от лишней энергии. Принципиальная схема ядерной реакции: $^M_Z\text{X} \rightarrow ^0_0\gamma + ^M_Z\text{X}$. В итоге реакции осталось ядро с тем же количеством нуклонов, но в состоянии с меньшей энергией.

Для расширения кругозора. Идеи Бора, предложенные им для объяснения излучения света атомом водорода, оказались справедливыми и для атомных ядер.

А23. Фотоэффект наблюдают, освещая поверхность металла светом фиксированной частоты. При этом задерживающая разность потенциалов равна *U*. После изменения частоты света задерживающая разность потенциалов увеличилась на $\Delta U = 1{,}2$ В. На какую величину изменилась частота падающего света?

1) $1{,}8 \cdot 10^{14}$ Гц 2) $2{,}9 \cdot 10^{14}$ Гц 3) $6{,}1 \cdot 10^{14}$ Гц 4) $1{,}9 \cdot 10^{15}$ Гц

Задача на использование уравнения Эйнштейна для фотоэффекта: «Энергия $h\nu$, которую получил электрон, поглотив фотон, расходуется им на совершение работы выхода $A_{\text{вых}}$ из металла. Оставшуюся часть энергии электрон уносит с собой в виде кинетической энергии (вылетевший из металла под действием света электрон имеет некоторую скорость, т. е. обладает кинетической энергией)». $h\nu = A_{вых} + W_к$. Чтобы остановить электрон, электрическое поле должно совершить работу по его торможению $eU = W_к$ (закон сохранения энергии). $\Rightarrow$ $h\nu = A_{вых} + eU$. (1)

После изменения частоты света: $h\nu' = A_{вых} + eU'$. (2). Изменение частоты света можно найти, если вычесть из второго равенства первое. $h(\nu' - \nu) = e(U' - U)$, или $h \cdot \Delta\nu = e \cdot \Delta U$, откуда следует:

$$\Delta\nu = \frac{e \cdot \Delta U}{h} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}2}{6{,}6 \cdot 10^{-34}} = 2{,}9 \cdot 10^{14}\ Гц.$$ Ответ 2.

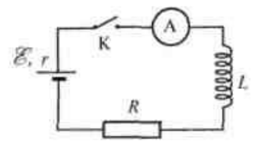
A24. Из куска тонкого медного провода длиной 2 м собираются согнуть окружность. Предварительно вычисляют диаметр окружности с помощью калькулятора и получают на экране число 0,6369426. Чему будет равен диаметр окружности, если точность измерения длины провода равна 1 см?

1) 0,6369426 м 2) (0,6369426 +0,01) м 3) (0,6369426 ± 0,0031847) м 4) (0,637 ± 0,003) м

Диаметр окружности можно найти, учитывая, что длина окружности $l = \pi D$. Поскольку абсолютная погрешность измерения длины провода составляет $\Delta l = 0{,}01$ м, округлять величину D, которую показал калькулятор, следует до трёх значащих цифр. Причем, расчетное значение диаметра окружности будет иметь абсолютную погрешность порядка $\Delta D \approx 0{,}01$ м. Поэтому допустимым является ответ №4 – D = (0,637 ± 0,003) м.

A25. В схеме, показанной на рисунке, ключ К замыкают в момент времени t = 0. Показания амперметра в последовательные моменты времени приведены в таблице.

t, мс	0	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700
I, мА	0	23	38	47	52	55	57	59	59	60	60



Определите ЭДС источника, если сопротивление резистора R = 100 Ом. Сопротивлением проводов и амперметра, активным сопротивлением катушки индуктивности и внутренним сопротивлением источника пренебречь.

1)1,5 В 2)3 В 3) 6 В 4) 7 В

Причиной отмеченного в таблице медленного нарастания тока является ЭДС самоиндукции катушки. ЭДС самоиндукции препятствует возрастанию тока. (Правило Ленца. Знак (–) в формуле: $\varepsilon_S = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$). После того, как ток достигнув максимального значения, перестает нарастать, $\varepsilon_S = 0$ и наличие катушки в электрической цепи никакого значения не имеет. Сопротивлением катушки мы им пренебрегаем. В этом случае ЭДС источника можно рассчитать по закону Ома для замкнутой цепи постоянного тока: $I = \frac{\varepsilon}{R}$ (внутренне сопротивление источника тока $r = 0$ по условию задачи). Таким образом, $\varepsilon = I \cdot R = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 100 = 6$ В. Ответ № 3.

ЧАСТЬ 2

Ответом, к каждому из заданий В1—В4 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. К концам длинного однородного проводника приложено напряжение U. Провод укоротили вдвое и приложили к нему прежнее напряжение U. Какими станут при этом сила и мощность тока, сопротивление проводника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Сила тока в проводнике	Мощность тока	Сопротивление проводника
1	**1**	**2**

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

Поскольку сопротивление проводника зависит от его длины l, сечения S и удельного сопротивления ρ материала, из которого он изготовлен, уменьшение длины проводника, приводит к уменьшению его сопротивления в два раза. (заносим цифру 2 в третий столбец).

Сила тока в проводнике определяется законом Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$. Если этим участком является наш укороченный проводник, сила тока увеличится в два раза. (цифра 1 в первый столбец)

Мощность, выделяющаяся на участке цепи при протекании по нему тока I, определяется выражением: $P = I^2 R = I \cdot U$. Поскольку сила тока после укорачивания проводника возросла в два раза, а напряжение не изменилось, мощность выросла в два раза (цифра 1 во второй столбец).

B2. Как изменяется при β - распаде ядра его массовое число, число протонов и число нейтронов в ядре? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличивается 2) уменьшается 3) не изменяется

Массовое число ядра	Число протонов в ядре	Число нейтронов в ядре
3	**1**	**2**

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

При β - распаде из ядра выбрасывается электрон. При этом выполняются законы сохранения зарядового и массового чисел. Типичная схема ядерной реакции: ${}^{M}_{Z}X \to {}^{0}_{-1}e + {}^{M}_{z+1}Y$. Нетрудно заметить, что массовое число M ядра не изменилось (цифра 3 в первый столбец таблицы). Число протонов определяется зарядовым числом ядра. После распада оно увеличилось на 1 (цифра 1 во второй столбец). Число нейтронов в ядре определяется разностью $N_1 = M - Z$ до распада и $N_2 = M - (Z+1) = N_1 - 1$ после распада. Число нейтронов уменьшилось на 1. (цифра 2 в третий столбец).

B3. В каких условиях происходят гармонические колебания материальной точки по прямой и движение тела, брошенного под углом к горизонту?

Установите соответствие между физическими явлениями и условиями, в которых они наблюдаются.

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

ФИЗИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ

А) Материальная точка совершает гармонические колебания по прямой

Б) Тело брошено под углом к горизонту, сопротивление воздуха ничтожно

УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕИЯ

1) $\mathbf{F}_{\text{равнодейств}} = 0$

2) $\mathbf{F}_{\text{равнодейств}} = \mathbf{F}_{\text{тяж}}$

3) $g = \dfrac{v^2}{R}$

4) $ma_x = -kx$

А	Б
4	**2**

Колебания вдоль прямой (оси x) материальная точка может совершать под действием силы упругой деформации, например, пружины. Уравнение движения: $ma_x = -kx$. (Цифра 4 в столбец А).

На тело брошенное под углом к горизонту действует сила тяжести: $\mathbf{F}_{\text{равнодейств}} = \mathbf{F}_{\text{тяж}}$ (2 в столбец Б)

B4. Укажите, какими формулами выражаются количество теплоты Qн, полученное рабочим телом тепловой машины за цикл от нагревателя, и количество теплоты $|Q_{\text{Х}}|$, переданное за цикл рабочим телом холодильнику, через КПД цикла и работу A за цикл.

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

А) Количество теплоты Qн

Б) Количество теплоты $|Q_{\text{Х}}|$

ФОРМУЛА

1) ηA

2) $(1-\eta)A$

3) $\dfrac{A}{\eta}$

4) $\left(\dfrac{1}{\eta}-1\right)A$

А	Б
3	**4**

Коэффициент полезного действия тепловой машины определяется выражением: $\eta = \dfrac{A}{Q_{\text{Н}}} = \dfrac{Q_{\text{Н}} - |Q_{\text{Х}}|}{Q_{\text{Н}}}$. Левая часть приведенной формулы позволяет выразить $Q_{\text{Н}}$ через работу цикла: $Q_{\text{Н}} = \dfrac{A}{\eta}$ (цифра 3 в столбец А).

Найдем $|Q_{\text{Х}}|$. $|Q_{\text{Х}}| = Q_{\text{Н}} - \eta Q_{\text{Н}} = (1-\eta)Q_{\text{Н}} = (1-\eta)\dfrac{A}{\eta} = \left(\dfrac{1}{\eta}-1\right)A$. (цифра 4 в столбец Б).

ЧАСТЬ 3

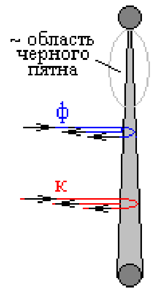
Задания С1—С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов М 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1. Если кольцо диаметром 3—4 см, согнутое из тонкой проволоки, окунуть в раствор мыла или стирального порошка, то, вынув его из раствора, можно обнаружить радужную пленку, затягивающую отверстие кольца. Если держать кольцо так, чтобы его плоскость была вертикальна, и рассматривать пленку в отраженном свете на темном фоне, то в верхней части пленки через некоторое время будет видно растущее темное пятно, окольцованное разноцветными полосами. Как чередуется цвет полос в направлении от темного пятна к нижней части кольца? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

Если плоскость кольца с мыльной пленкой расположить вертикально, под действием силы тяжести мыльная вода будет стекать вниз и в нижней части кольца мыльная пленка окажется толще, чем в верхней. При освещении такой пленки белым светом будет наблюдаться интерференционная картина в виде чередующихся радужных полос (полосы равной толщины), причем последовательность их расположения (считая от области черного пятна в сторону увеличения толщины пленки) будет следующая: фиолетовая, синяя, голубая, зеленая, желтая, оранжевая, красная.

Такая последовательность максимумов интерференции **первых порядков** обусловлена тем, что интерферируют световые волны, отраженные от передней (ближней к источнику света) и задней поверхностей пленки (см. рисунок).

На нем изображено сечение пленки, направления падающей на пленку и отраженных от обеих поверхностей световых волн. Видно, что разность хода для волн фиолетового цвета меньше, чем для красного. А поскольку разность хода волн определяется выражением: $\Delta = (d + d)n = 2dn$, то фиолетовая полоса $(\lambda_ф \approx 0{,}4\text{ мкм})$ появится в более тонкой части пленки, чем красная $(\lambda_ф \approx 0{,}7\text{ мкм})$. В приведенной формуле d – толщина пленки, в том месте, где наблюдается полоса соответствующего цвета, а n – показатель преломления мыльной воды.



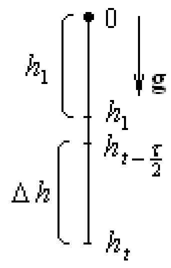
В более толстой части пленки наблюдаются максимумы интерференции более высоких порядков, при этом возможно наложение друг на друга световых волн разного цвета, что приводит к смешению цветов и появлению радужной окраски полос на поверхности пленки.

Появление черного пятна в верхней части пленки связано с двумя факторами:

1. Толщина верхней части пленки очень мала.
2. При отражении света от среды с большим показателем преломления (от границы «воздух-вода») вектор **E** световой волны скачком меняет фазу своего колебания на π радиан; при отражении от среды с меньшим показателем преломления (от границы «вода-воздух») - такого изменения фазы не происходит. (Об этом в школьных учебниках не говорится). А поскольку изменение фазы колебаний на π радиан эквивалентно изменению разности хода волн на $\frac{\lambda}{2}$, в области очень малых толщин пленки обе отраженные пленкой световые волны **видимого излучения** гасят друг друга. Пленка не посылает в глаз видимого света и кажется черной.

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. Тело, свободно падающее с некоторой высоты, первый участок пути проходит за время $\tau = 1\text{ с}$, а такой же последний – за время $\frac{1}{2}\tau$. Найдите полное время падения тела t , если его начальная скорость равна нулю.



Чтобы избежать сложных математических преобразований будем решать задачу, сразу подставляя известные данные в соответствующие формулы.

Тело движется ускоренно с ускорением g . Отрезок пути, который оно пройдет за время $\tau = 1\text{ с}$ (первый участок пути) определится выражением: $h_1 = \frac{g\tau^2}{2} = \frac{10 \cdot 1^2}{2} = 5\text{ м}$. Отрезок пути, пройденный с момента $t - \frac{\tau}{2} = (t - 0{,}5)\text{с}$ до момента t , когда тело, упало и прекратило своё движение, можно найти как разность:

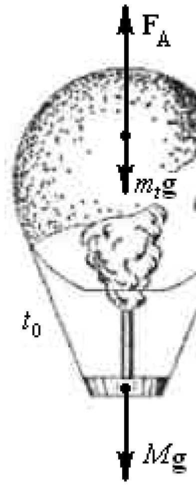
$$\Delta h = h_t - h_{t-0{,}5} = \frac{gt^2}{2} - \frac{g(t-0{,}5)^2}{2} = \frac{g}{2}\left[t^2 - \left(t^2 - 2\cdot 0{,}5\cdot t + 0{,}25\right)\right] = \frac{g}{2}(t - 0{,}25) = 5(t - 0{,}25)\text{ метров.}$$

Но по условию задачи: $\Delta h = h_1 = 5\text{ м}$. Сопоставляя последние выражения, найдем: $5(t - 0{,}25) = 5$. Откуда следует: $t = 1{,}25\text{ с}$.

Попробуйте, руководствуясь приведенными идеями, решить задачу в общем виде, не подставляя числовых данных. В этом вам может помочь рисунок. При решении задач, рисунки делать очень полезно.

С3. Воздушный шар, оболочка которого имеет массу M = 145 кг и объем V = 230 м3, наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха t_0 = 0 оС. Какую минимальную температуру t должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

1. Оболочка шара нерастяжима, $\Rightarrow$ её объём $V = const$, а поскольку в нижней части оболочки имеется отверстие, давление воздуха внутри оболочки $p = const$ равно атмосферному давлению на уровне поверхности земли.



2. В непосредственной близости от поверхности земли на воздушный шар действуют три силы: сила тяжести оболочки шара $M\mathbf{g}$, сила тяжести горячего воздуха, находящегося внутри оболочки $m_t\mathbf{g}$ и выталкивающая (архимедова) сила $\mathbf{F}_\text{A}$ Условие при котором шар начнет подниматься (перестанет давить на землю) выглядит так: $Mg + m_t g = F_\text{A}$.
3. Опираясь на определение плотности вещества, получим $m_t g = \rho_t V g$, а сила Архимеда $F_\text{A} = \rho_0 V g$ (равна силе тяжести холодного воздуха, который был заключен в объёме оболочки шара до его нагревания). В этих выражениях ρ_0 и ρ_t – плотности холодного (при $t = 0\ ^\circ\text{C}$) и нагретого до температуры t воздуха. Учитывая сказанное, условие равновесия примет вид: $Mg + \rho_t V g = \rho_0 V g$, или (поделив обе части равенства на g) $M + \rho_t V = \rho_0 V$ (1)
4. Для успешного решения задачи необходимо найти связь между плотностью воздуха и его температурой.

Плотность ρ_0 можно найти учитывая, что при нормальных условиях ($p = p_\text{атм} \approx 10^5$ Па и $t = 0\ ^\circ\text{C}$) один моль воздуха $\left(\mu = 29\cdot 10^{-3}\,\text{кг}\right)$ занимает объём $V_\mu = 22{,}4\cdot 10^{-3}\,\text{м}^3$. $\Rightarrow$

$$\rho_0 = \frac{\mu}{V_\mu} = \frac{29\cdot 10^{-3}}{22{,}4\cdot 10^{-3}} = 1{,}29\,\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Искомая связь может быть найдена, если записать уравнение Менделеева-Клапейрона

для холодного $T_0 = 273\,\text{К}\ \left(0\ ^\circ\text{C}\right)$ $\quad pV = \dfrac{m_0}{\mu}RT_0 \quad \Rightarrow \quad p = \dfrac{m_0}{V}\cdot\dfrac{RT_0}{\mu} = \rho_0\dfrac{RT_0}{\mu}$ (2)

и для горячего (при температуре T) воздуха $\quad pV = \dfrac{m_t}{\mu}RT \quad \Rightarrow \quad p = \rho_t\dfrac{RT}{\mu}$. (3)

Приравняв выражение (2) и (3), получим искомое соотношение: $\rho_t \cdot T = \rho_0 \cdot T_0$ (4)

Вернувшись к условию равновесия (1),получим выражение $M + \rho_0\dfrac{T_0}{T}V = \rho_0 V$, из которого

несложно найти температуру газа $T = \dfrac{\rho_0 V T_0}{\rho_0 V - M} = \dfrac{1{,}29\cdot 230\cdot 273}{1{,}29\cdot 230 - 145} = 534\,\text{К} = 261\ ^\circ\text{C}$, поскольку

$t = T - 273$ (градуса).

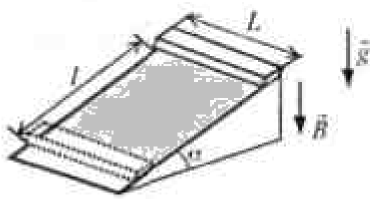
С4. В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ К замкнут. Заряд конденсатора q = 2 мкКл, ЭДС батарейки $\mathcal{E}$ = 24 В, ее внутреннее сопротивление r = 5 Ом, сопротивление резистора R = 25 Ом. Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа К в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь.

Поскольку конденсатор подсоединен параллельно резистору R, напряжение на его обкладках будет равно падению напряжения U на участке цепи, содержащем этот резистор. По закону Ома для участка цепи $U = IR$. Силу тока I, текущего через резистор, можно найти из закона Ома для замкнутой цепи, содержащей источник тока и резистор. $I = \dfrac{\mathcal{E}}{R + r}$.

Конденсатор можно не принимать во внимание, поскольку, при установившейся в цепи силе постоянного тока, ток через конденсатор не протекает (конденсатор представляет собой разрыв цепи). В таком случае напряжение на конденсаторе $U = IR = \dfrac{R}{R + r}\mathcal{E}$. Потенциальная энергия, запасенная конденсатором – $W = \dfrac{qU}{2}$ после размыкания ключа К полностью перейдет в теплоту, которая выделится на резисторе. $Q = W = \frac{q}{2}\cdot\frac{R}{R+r}\varepsilon$.

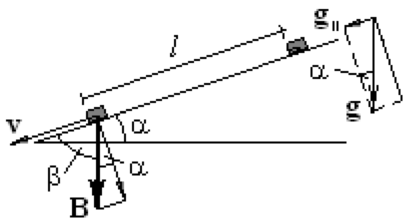
$$Q = \frac{2\cdot 10^{-6}\cdot 25}{2(25+5)}\cdot 24 = 20\cdot 10^{-6}\,\text{Дж} = 20\,\text{мкДж}\,.$$

С5. Тонкий алюминиевый брусок прямоугольного сечения, имеющий длину L = 0,5 м, соскальзывает из состояния покоя по гладкой наклонной плоскости из диэлектрика в вертикальном магнитном поле индукцией B = 0,1 Тл (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом α = 30°. Продольная ось бруска при движении сохраняет горизонтальное направление. Найдите величину ЭДС индукции на концах бруска в момент, когда брусок пройдет по наклонной плоскости расстояние l = 1,6 м.



1. Под действием силы тяжести брусок будет двигаться вдоль наклонной плоскости с ускорением $g_{\parallel} = g\cdot\sin\alpha$ (см. рис.) и в тот момент, когда он пройдет расстояние l , его скорость достигнет величины $v = \sqrt{2g_{\parallel} l}$ (сравни с формулой из кинематики $v = \sqrt{2as}$) или $v = \sqrt{2gl\cdot\sin\alpha}$. (1)

2. ЭДС индукции проводника длиной L , движущегося со скоростью v в однородном магнитном поле с индукцией B , определяется выражением: $\varepsilon_i = vBL\cdot\sin\beta$, где $\beta = (90^{\circ} - \alpha)$ – угол между вектором скорости $\mathbf{v}$ и вектором магнитной индукции $\mathbf{B}$. Подставив в формулу для ε_i значение скорости бруска v(1) и значение угла β , получим:



$$\varepsilon_i = \sqrt{2gl\cdot\sin\alpha}\cdot BL\cdot\sin(90^{\circ} - \alpha).$$

Вычисления дают: $\varepsilon_i = \sqrt{2\cdot 10\cdot 1{,}6\cdot 0{,}5}\cdot 0{,}1\cdot 0{,}5\cdot 0{,}87 \approx 0{,}17$ В .

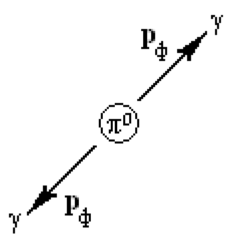
С6. π^{o} - мезон массой $2{,}4\cdot 10^{-28}$ кг распадается на два γ - кванта. Найдите модуль импульса одного из образовавшихся γ - квантов в системе отсчета, где первичный π^{o} - мезон покоится.

Распад элементарной частицы – *эффект квантовый и релятивистский*. Знание классической механики здесь не поможет.

1. Схема распада: $\pi^{o} \to \gamma + \gamma$. В процессе распада, кроме закона сохранения электрического заряда, выполняются *закон сохранения массы-энергии* и *закон сохранения импульса*.

2. В релятивистской динамике полная энергия движущейся микрочастицы определяется выражением: $E = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$, в котором, m_0 – масса покоящейся частицы, а p – её импульс. (Этой формулы нет в школьном учебнике). В рассматриваемой задаче π^{o} - мезон покоится, следовательно, его импульс $p = 0$, а полная энергия определяется выражением: $E = m_0 c^2$.

3. Импульс каждого из возникших в результате распада фотонов определяется выражением: $p_{ф} = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_{ф}}{c}$, где $E_{ф} = h\nu$ – энергия одного фотона.



4. В соответствии с законом сохранения импульса, суммарный импульс обоих фотонов должен быть равен нулю, поскольку π^{o} - мезон покоился. Поэтому возникшие в результате распада фотоны должны иметь равные по величине, но противоположно направленные импульсы (см. рис), причем энергия каждого фотона должна равняться половине энергии, которой обладал π^{o} - мезон (следствие закона сохранения массы-энергии). $E_{ф} = \frac{m_0 c^2}{2}$. В таком случае величина импульса отдельного фотона, возникшего при распаде π^{o} - мезона будет связана с массой π^{o} - мезона соотношением:

$$p_{ф} = \frac{E_{ф}}{c} = \frac{m_0 c^2}{2c} = \frac{m_0 c}{2}\,. \qquad p_{ф} = \frac{m_0 c}{2} = \frac{2{,}4\cdot 10^{-28}\cdot 3\cdot 10^{8}}{2} = 3{,}6\cdot 10^{-20}\ \text{кг}\cdot\text{м/с}$$