

## Логика анализа содержания заданий ЕГЭ по физике

(на примере типовых заданий 2011 года)

### Вариант 5

#### ЧАСТЬ 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1—A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. Вертолет поднимается вертикально вверх. Какова траектория движения точки на конце лопасти винта вертолета в системе отсчета, связанной с винтом?

- |           |                   |
|-----------|-------------------|
| 1) точка  | 3) окружность     |
| 2) прямая | 4) винтовая линия |

В системе отсчета, связанной с винтом винт, а, следовательно, и конец лопасти неподвижен (система отсчёта вращается вместе с винтом). Поэтому точка на конце винта перемещаться не будет и её траектория – точка (правильный ответ 1)

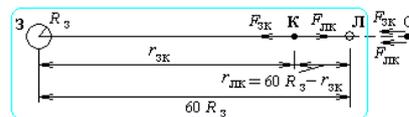
A2. Система отсчета связана с лифтом. Эту систему можно считать инерциальной в случае, когда лифт движется

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1) замедленно вниз | 3) равномерно вверх |
| 2) ускоренно вверх | 4) ускоренно вниз   |

Инерциальной называют систему отсчёта, в которой любое **свободное** тело движется **равномерно и прямолинейно** (или покоится). Свободным называется тело, на которое не действуют другие тела или поля (например, гравитационное или электромагнитное поле). Правильный ответ – 3

A3. На каком расстоянии от центра Земли силы притяжения космического корабля к Земле и Луне уравниваются друг друга? Масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а расстояние между их центрами в 60 раз больше радиуса Земли  $R_3$ .

- |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|
| 1) $25R_3$ | 2) $32R_3$ | 3) $50R_3$ | 4) $54R_3$ |
|------------|------------|------------|------------|



Сила гравитационного взаимодействия двух тел определяется законом тяготения Ньютона. В случае взаимодействия системы Земля –

корабль  $F_{3к} = G \frac{m_3 m_к}{r_{3к}^2}$ . Взаимодействие Луна – корабль:  $F_{лк} = G \frac{m_л m_к}{r_{лк}^2}$ . Поскольку, (по условию задачи)

обе силы уравниваются друг друга, можно записать:  $G \frac{m_3 m_к}{r_{3к}^2} = G \frac{m_л m_к}{r_{лк}^2}$ , откуда следует:  $\frac{m_3}{r_{3к}^2} = \frac{m_л}{r_{лк}^2}$ .

Учитывая, что расстояние между Землёй и Луной равно  $60R_3$ , а  $m_3 = 81m_л = 9^2 m_л$ , после подстановки в последнюю пропорцию и сокращения соответствующих величин, получим:

$$\frac{9^2}{r_{3к}^2} = \frac{1}{(60R_3 - r_{3к})^2}.$$

Извлекая квадратный корень из обеих частей равенства, найдём:

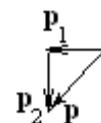
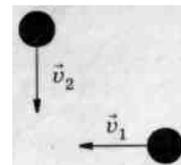
$$\pm 9(60R_3 - r_{3к}) = \pm r_{3к}.$$

В случае одинаковых знаков обеих частей равенства, получим:  $R_{3к} = 54R_3$  (корабль К находится между Землёй и Луной) – **правильный ответ (4)**. (см. рис.)

Если взять разные знаки –  $R_{3к} = 67,5R_3$ , что противоречит условию задачи. Силы хотя и равны, но направлены в одну сторону и уравнивать друг друга не могут (корабль находится в точке О)

A4. Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Как будет направлен импульс шаров после столкновения?

- |      |      |
|------|------|
| 1) ↗ | 3) ↖ |
| 2) ↓ | 4) ← |



Задача на закон сохранения импульса. Направление результирующего импульса определяется векторным равенством:  $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$ , или  $(m_1 + m_2)\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$ . Результат сложения векторов представлен на векторной диаграмме (правильный ответ – 1)

A5. Тело массой 1 кг, брошенное с уровня земли вертикально вверх, упало обратно. Перед ударом о землю оно имело кинетическую энергию 200 Дж. С какой скоростью тело было брошено вверх? Сопротивлением воздуха пренебречь.

- |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1) 10 м/с | 2) 20 м/с | 3) 30 м/с | 4) 40 м/с |
|-----------|-----------|-----------|-----------|

Кинетическая энергия тела определяется выражением:  $E_k = \frac{mv^2}{2}$ . Если не учитывать сопротивление воздуха, то при падении тело имело ту же кинетическую энергию, которую ему сообщили при броске, а, следовательно, такую же скорость, как и при броске:  $v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = 20 \frac{м}{с}$ .

А6. Принято считать, что певческий голос сопрано занимает частотный интервал от  $\nu_1 = 250$  Гц до  $\nu_2 = 1000$  Гц.

Отношение граничных длин звуковых волн  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  для этого интервала равно

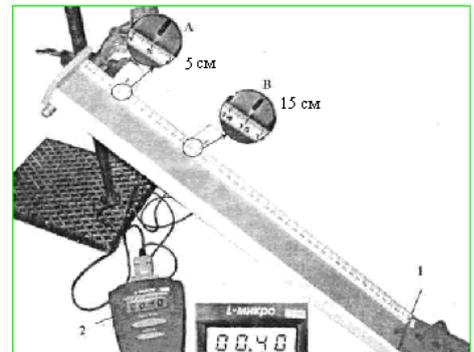
- 1) 1                      2) 2                      3) 1/4                      4) 4

При подготовке к ответу учитываем, что длина волны ( $\lambda$ ) – это расстояние, которое проходит волна за время, равное периоду ( $T$ ) колебаний  $\lambda = v \cdot T$ , или  $\lambda = \frac{v}{\nu}$ , где  $\nu = \frac{1}{T}$  – частота колебаний, а  $v$  – скорость распространения волны в рассматриваемой среде. Учитывая сказанное  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{1000}{250} = 4$ .

А7. На рисунке представлена фотография установки для исследования равноускоренного скольжения каретки (1) массой 0,1 кг по наклонной плоскости, установленной под углом  $30^\circ$  к горизонту.

В момент начала движения верхний датчик (А) включает секундомер (2), а при прохождении каретки мимо нижнего датчика (В) секундомер выключается. Числа на линейке обозначают длину в сантиметрах. Какое выражение позволяет вычислить скорость каретки в любой момент времени?

- 1)  $v = 1,25t$                       3)  $v = 2,5t$   
2)  $v = 0,5t$                       4)  $v = 1,9t$



Для решения задачи нужно воспользоваться уравнениями кинематики, а не вторым законом Ньютона, поскольку нет никаких указаний относительно силы трения.

Скорость равноускоренного движения в произвольный момент времени определяется выражением:

$$v = v_0 + at \quad (1), \text{ а координата движущегося тела } x = x_0 + v_0t + \frac{at^2}{2} \quad (2).$$

В задаче  $v_0 = 0$  (начало движения),  $x_0 = 5$  см,  $x = 15$  см  $t = 0,4$  с. Ускорение тела найдём подставив данные в

формулу (2):  $15 = 5 + \frac{a(0,4)^2}{2} \Rightarrow a = \frac{20}{0,16} = 125 \frac{см}{с^2} = 1,25 \frac{м}{с^2}$ . Подставив найденное значение ускорения в

выражение (1), получим выражение для скорости движения каретки:  $v = 1,25t$

Данные  $m = 0,1$  кг и  $\alpha = 30^\circ$  – лишние и только запутывают ситуацию.

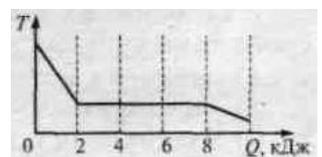
А8. Какое из утверждений правильно?

- А. Диффузия наблюдается только в газах и жидкостях.  
Б. Диффузия наблюдается только в твердых телах.  
В. Диффузия наблюдается в газах, жидкостях и твердых телах.  
1) А      2) Б      3) В      4) ни А, ни Б, ни В

Поскольку участвующие в тепловом движении молекулы способны перемещаться в любом теле, диффузия будет наблюдаться и в газах и в жидкостях и в твердых телах. Только в твёрдых телах она будет происходить медленнее, чем в других средах, поскольку в твёрдых телах молекулы достаточно жестко закреплены в узлах кристаллической решетки и их перемещение по кристаллу маловероятны. Правильный ответ – 3.

А9. Зависимость температуры 0,2 кг первоначально газообразного вещества от количества выделенной им теплоты представлена на рисунке. Какова удельная теплота парообразования этого вещества?

- 1) 40 кДж/кг                      3) 1,6 кДж/кг  
2) 30 кДж/кг                      4) 1,2 кДж/кг



Удельной теплотой парообразования называется количество теплоты ( $\Delta Q$ ), которое необходимо передать жидкости при температуре кипения (горизонтальный участок на графике), чтобы обратить в пар

1 кг жидкости.  $C = \frac{\Delta Q}{m} = \frac{8-2}{0,2} = 30 \text{ кДж}$

A10. Внутренняя энергия монеты увеличивается, если ее

- 1) заставить вращаться
- 2) заставить двигаться с большей скоростью
- 3) подбросить вверх
- 4) нагреть

Внутренней энергией тела называется энергия, зависящая только от термодинамического состояния тела, в частности, от его температуры. В частности, она состоит из кинетической энергии хаотического (теплого) движения частиц, составляющих тело и из потенциальной энергии межмолекулярного взаимодействия этих частиц. Правильный ответ – 4. (В этом определении не учтена энергия электронов в электронных оболочках атомов и молекул и внутриядерная энергия)

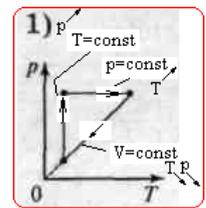
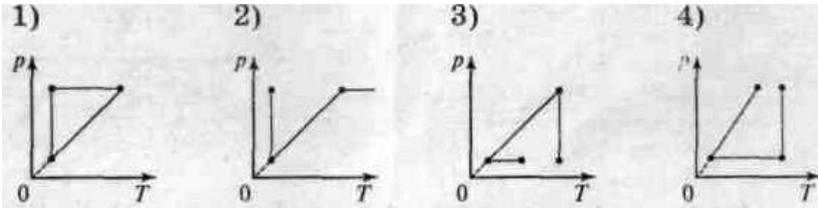
A11. В процессе эксперимента внутренняя энергия газа уменьшилась на 40 кДж, и он совершил работу 35 кДж. Следовательно, в результате теплообмена газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное

- 1) 75 кДж
- 2) 40 кДж
- 3) 35 кДж
- 4) 5 кДж.

Описываемые в задаче процессы совершаются за счёт внутренней энергии газа. На основании 1-го начала термодинамики (закон сохранения энергии) можно записать:  $\Delta U = Q + A$ . Откуда следует:

$$Q = \Delta U - A = 40 - 35 = 5 \text{ кДж.}$$

A12. Один моль идеального газа сначала сжимается при постоянной температуре, затем нагревается при постоянном давлении и, наконец, охлаждается при постоянном объеме до первоначальной температуры. Какой из графиков в координатах  $p$ - $T$  соответствует этим изменениям?



A13. Модуль силы взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами равен  $F$ . Чему станет равен модуль этой силы, если увеличить заряд одного тела в 3 раза, а второго – в 2 раза?

- 1)  $5F$
- 2)  $\frac{1}{5}F$
- 3)  $6F$
- 4)  $\frac{1}{6}F$

Модуль силы взаимодействия двух точечных зарядов определяется законом Кулона:  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ .

После того, как величины зарядов выросли  $F' = k \frac{3q_1 \cdot 2q_2}{r^2} = 6F$ .

A14. В каких средах при прохождении электрического тока не происходит переноса вещества?

- 1) В металлах и полупроводниках
- 2) В растворах электролитов и газах
- 3) В полупроводниках и газах
- 4) В растворах электролитов и металлах

Перенос вещества не происходит в тех средах, где носителями тока являются электроны (Ответ 1 – металлы и полупроводники. Дырочная проводимость также реализуется за счёт того, что электроны «перескакивают» от одного атома полупроводника к другому).

В электролитах носителями тока являются ионы вещества, то есть атомы, потерявшие (+ ион) или захватившие электрон (– ион). В газах носителями тока являются как электроны, так и ионы. Поэтому в электролитах и газах вещество переносится в виде отдельных ионов.

A15. Прямолинейный проводник длиной  $L$  с током  $I$  помещен в однородное магнитное поле так, что направление вектора магнитной индукции  $B$  перпендикулярно проводнику. Если силу тока уменьшить в 2 раза, а индукцию магнитного поля увеличить в 4 раза, то действующая на проводник сила Ампера

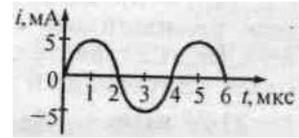
- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 4 раза
- 3) не изменится
- 4) уменьшится в 2 раза

На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера  $F = IBL \cdot \sin \alpha$ , направление которой определяется правилом левой руки. После того, как условия изменились  $F' = \frac{I}{2} \cdot 4BL \cdot \sin \alpha = 2F$  – сила увеличилась в 2 раза. Ответ 1.

Замечание, что направление вектора магнитной индукции  $B$  перпендикулярно проводнику не существенно. Просто оно позволяет пользоваться формулой  $F = IBL$ . Поскольку направление  $I \perp B$  и  $\sin \alpha = 1$ .

A16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза меньше, то период колебаний будет равен

- 1) 1 мкс      2) 2 мкс      3) 4 мкс      4) 8 мкс

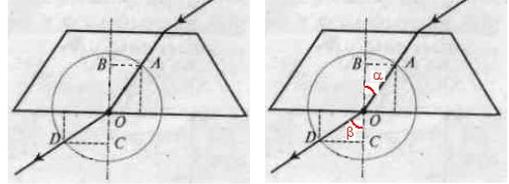


Период – это время одного полного колебания. Период электромагнитных колебаний в колебательном контуре определяется формулой Томсона:  $T = 2\pi\sqrt{LC} = 4 \text{ мкс}$  (см. график). После замены

катушки индуктивности  $T' = 2\pi\sqrt{\frac{L}{4}C} = \frac{T}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ мкс}$

A17. На рисунке показан ход светового луча через стеклянную призму. Показатель преломления стекла  $n$  равен отношению длин отрезков

- 1)  $\frac{CD}{AB}$       2)  $\frac{AB}{CD}$       3)  $\frac{OB}{OD}$       4)  $\frac{OD}{OB}$

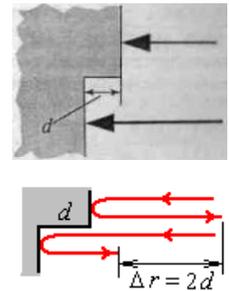


В оптике все углы отсчитываются от нормали к границе раздела сред. Обозначив угол падения  $\alpha$ , угол преломления  $\beta$ , а радиус окружности  $AO = OD = r$ , найдём, опираясь на закон преломления и определение

синуса угла:  $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AB/r}{CD/r} = \frac{AB}{CD}$ . Правильный ответ – 2

A18. Одна сторона толстой стеклянной пластины имеет ступенчатую поверхность, как показано на рисунке. На пластину перпендикулярно ее поверхности падает световой пучок, который после отражения от пластины собирается линзой. Длина падающей световой волны  $\lambda$ . При каком из указанных значений высоты ступеньки  $d$  интенсивность света в фокусе линзы будет минимальной?

- 1)  $\lambda$       2)  $\frac{1}{8}\lambda$       3)  $\frac{1}{3}\lambda$       4)  $\frac{1}{4}\lambda$



Задача на интерференцию световых волн. Минимум интерференции будет наблюдаться, если обе отраженные световые волны наложатся друг на друга в противофазе ( $\Delta\varphi = \pi$  рад). Это значит, что разность хода  $\Delta r$  между ними должна составлять  $\lambda/2$ . А поскольку нижняя отраженная волна до встречи с верхней дополнительно проходит расстояние  $2d$  разность хода  $\Delta r$  между ними  $\Delta r = 2d = \frac{\lambda}{2}$ .  $\Rightarrow$  высота ступеньки  $d = \frac{1}{4}\lambda$  (ответ 4). **Для справки:** на расстоянии  $\lambda$  фаза колебаний меняется на  $2\pi$  радиан.

A19. На входе в электрическую цепь квартиры стоит предохранитель, размыкающий цепь при силе тока 10 А. Подаваемое в цепь напряжение равно 110 В. Какое максимальное число электрических чайников, мощность каждого из которых равна 400 Вт, можно одновременно включить в квартире?

- 1) 2,7      2) 2      3) 3      4) 2,8

Выбор небольшой. Поскольку число чайников должно быть целым, остаются 2 варианта – 2 или 3 чайника. Соединение чайников – параллельное. Суммарный ток через них не должен превышать 10 А, а допустимая суммарная мощность не должна быть больше  $P_{\text{доп}} = IU = 10 \cdot 110 = 1100 \text{ Вт}$ .

Если одновременно включить 3 чайника, их суммарная мощность составит  $P = 3 \cdot 400 = 1200 \text{ Вт} > P_{\text{доп}}$ .  
 Ответ: одновременно в электрическую сеть можно включить только 2 чайника.

A20. Длина волны рентгеновского излучения равна  $10^{-10}$  м. Во сколько раз энергия одного фотона этого излучения превосходит энергию фотона видимого света длиной волны  $4 \cdot 10^{-7}$  м?

- 1) 25      2) 40      3) 2500      4) 4000

Энергия фотона пропорциональна его частоте и обратно пропорциональна длине его волны:  $\varepsilon = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$ .

Отношение  $\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_v} = \frac{\lambda_v}{\lambda_p} = \frac{4 \cdot 10^{-7}}{10^{-10}} = 4000$

A21. Радиоактивный свинец  ${}_{82}^{212}\text{Pb}$ , испытав один  $\alpha$ -распад и два  $\beta$ -распада, превратился в изотоп

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

В процессе радиоактивного распада выполняются законы сохранения зарядовых и массовых чисел:

${}_{82}^{212}\text{Pb} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{-1}^0e + {}_{-1}^0e + {}_{82-2-1+1=82}^{212-4=208}\text{X} = {}_{82}^{208}\text{Pb}$ . Неизвестный элемент  ${}_{82}^{208}\text{X} = {}_{82}^{208}\text{Pb}$  – свинец.



Воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона:  $pV = \nu RT \Rightarrow p = \nu \frac{RT}{V}$ , где  $\nu$  – число моль газа.

До манипуляций с газом. Парциальные давления:  $p_1 = \frac{RT}{V}$ ;  $p_2 = \frac{RT}{V}$ . Давление смеси в соответствии с законом Дальтона:  $p_1 + p_2 = 2 \frac{RT}{V}$ .

После манипуляций. Парциальные давления:  $p_1 = 1,5 \frac{RT}{V}$  – выросло;  $p_2 = 0,5 \frac{RT}{V}$  – уменьшилось.

Давление смеси в соответствии с законом Дальтона:  $p_1 + p_2 = 1,5 \frac{RT}{V} + 0,5 \frac{RT}{V} = 2 \frac{RT}{V}$  – не изменилось.

В2. Как изменяется с ростом массового числа изотопов одного и того же элемента число протонов и число нейтронов в ядре, а также число электронов в электронной оболочке соответствующего нейтрального атома?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается      2) уменьшается      3) не изменяется

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

Число протонов в ядре	Число нейтронов в ядре	Число электронов в электронной оболочке нейтрального атома

Число протонов в ядре и электронов в электронной оболочке определяется зарядовым числом ядра  $Z$  (порядковым номером элемента). Поскольку в задаче речь идёт об изотопах одного и того же элемента, число протонов и электронов с ростом массового числа остаётся неизменным. Массовое число  $A$  определяет число нуклонов в ядре (суммарное число нейтронов и протонов). А поскольку с ростом массового числа число протонов не меняется, число нейтронов растёт.

В3. Что из перечисленных предметов обязательно входит в состав цепи постоянного тока и колебательного контура?

Установите соответствие между физическими устройствами и их **необходимыми** элементами.

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

ФИЗИЧЕСКОЕ  
УСТРОЙСТВО

- А) Цепь постоянного тока  
Б) Колебательный контур

ЕГО НЕОБХОДИМЫЙ  
ЭЛЕМЕНТ

- 1) амперметр  
2) источник тока  
3) конденсатор  
4) постоянный магнит

А	Б

Необходимым элементом цепи постоянного тока является источник тока. Колебательный контур – это система, как минимум, состоящая из катушки индуктивности и конденсатора.

В4. Массивный шарик, подвешенный к потолку на упругой пружине, совершает вертикальные гармонические колебания. Как ведет себя модуль и каково направление векторов скорости и ускорения шарика в момент, когда шарик проходит положение равновесия, двигаясь вниз?

Установите соответствие между векторами и их модулями и направлениями.

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

ВЕКТОР

- А) Скорость шарика  
Б) Ускорение шарика

МОДУЛЬ  
И НАПРАВЛЕНИЕ ВЕКТОРА

- 1) достигает максимума; вверх  
2) достигает максимума; вниз  
3) равняется нулю

А	Б

При прохождении положения равновесия скорость шарика максимальна, а поскольку шарик движется вниз, вектор скорости также направлен вниз. В положении равновесия растяжение пружины, обусловленное смещением шарика, будет равно нулю, а, следовательно, ускорение шарика также равно нулю.

Растяжение пружины, обусловленное силой тяжести, учитывать не следует. Оно не меняется.

**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.**

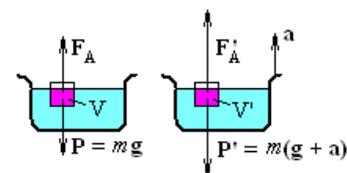
### ЧАСТЬ 3

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

С1. Деревянный брусок плавает на поверхности воды в миске. Миска покоится на поверхности земли. Что произойдет с глубиной погружения бруска в воду, если миска будет стоять на полу лифта, который движется с ускорением, направленным вертикально вверх? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

Явление – плавание тел. Необходимый для решения задачи закон Архимеда удобно использовать в следующей форме: *на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила  $F_A$ , равная весу  $P$  жидкости, вытесненной телом в объёме  $V$  той части тела, которая погружена в жидкость.*

На поверхности земли:  $F_A = P$ , или  $\rho_{ж} g V = mg \Rightarrow V = \frac{m}{\rho_{ж}}$ .



В лифте, движущемся с ускорением  $a$ :  $F'_A = P'$ , или  $\rho_{ж} (g+a)V' = m(g+a) \Rightarrow V' = \frac{m}{\rho_{ж}}$ .  $V' = V$ .

Вывод: Поскольку объём погруженной части тела не изменился, глубина погружения бруска в ускоренно движущемся лифте останется прежней.

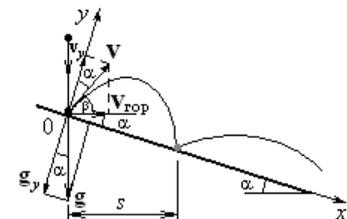
**Пояснение.** В лифте вес тела, движущемся вверх с ускорением  $a$  –  $P' = m(g+a)$  (докажите!).

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. Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Угол наклона плоскости к горизонту равен  $30^\circ$ . На какое расстояние по горизонтали перемещается шарик между первым и вторым ударами о плоскость? Скорость шарика непосредственно перед первым ударом направлена вертикально вниз и равна  $1$  м/с.

Расстояние  $s$  по горизонтали, можно найти, учитывая, что в горизонтальном направлении шарик равномерно перемещался со скоростью  $v_{гор}$  в течение времени  $t$  между первым и вторым соударениями с плоскостью.  $s = v_{гор} t$ .

Из рисунка видно, что  $v_{гор} = v \cdot \cos \beta = v \cdot \cos(90^\circ - 2\alpha) = v \cdot \cos 30^\circ$ .



Нахождение времени  $t$  существенно упростится, если рассмотреть движение шарика в системе координат  $xOy$ , начало которой расположено в точке первого удара шарика, а ось  $x$  направлена вдоль наклонной плоскости. В этой системе координат ускорение шарика вдоль оси  $y$ :  $g_y = g \cos \alpha$ ,

а уравнение движения шарика  $y = v_y t - \frac{g_y t^2}{2}$ , где  $v_y = v \cdot \cos \alpha$ . В момент 2-го удара о наклонную плоскость

$y = 0$ . Подставив это значение  $y$  в уравнение движения, получим:  $t = \frac{2v_y}{g_y} = \frac{2v \cdot \cos \alpha}{g \cdot \cos \alpha} = \frac{2v}{g}$ . *Время между*

*двумя соударениями шарика с наклонной плоскостью от угла падения не зависит.* Теперь можно найти

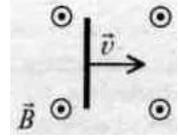
перемещение шарика по горизонтали  $s = v_{гор} t = v \cdot \cos 30^\circ \frac{2v}{g} = \frac{2v^2}{g} \cos 30^\circ \approx 0,17$  м

С3. В калориметре находился лед при температуре  $t_1 = -5^\circ \text{C}$ . Какой была масса  $m_1$  льда, если после добавления в калориметр  $m_2 = 4$  кг воды, имеющей температуру  $t_2 = 20^\circ \text{C}$ , и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной  $t = 0^\circ \text{C}$ , причем в калориметре была только вода?

Задача на уравнение теплового баланса (закон сохранения энергии). Тёплая вода, остывая, передала льду количество теплоты  $Q_1 = c_B m_2 (t_2 - t)$ . Эта теплота пошла на то, чтобы нагреть лёд до температуры  $t = 0^\circ \text{C}$  [ $Q_2 = c_L m_1 (t - t_1)$ ] и полностью расплавить его  $Q_3 = \lambda m_1$ . На основе закона сохранения энергии можно записать:  $Q_2 + Q_3 = Q_1$ , или  $c_L m_1 (t - t_1) + \lambda m_1 = c_B m_2 (t_2 - t)$ . Откуда следует:

$$m_1 = \frac{c_B m_2 (t_2 - t)}{c_L (t - t_1) + \lambda} = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 20}{2,1 \cdot 10^3 \cdot 5 + 3,3 \cdot 10^5} = 0,99 \text{ кг} \approx 1 \text{ кг}$$

С4. Горизонтальный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл. Скорость проводника горизонтальна и перпендикулярна проводнику (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, проводник переместился на 1 м. ЭДС индукции на концах проводника в конце перемещения равна 2 В. Каково ускорение проводника?



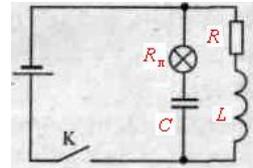
Скорость проводника в конце перемещения можно найти двояким способом: воспользовавшись формулой кинематики равноускоренного движения  $v = at$ , или, используя формулу, определяющую величину ЭДС

индукции:  $\mathcal{E}_i = Bl \cdot v$ . Сравнивая два последних выражения, найдём время его движения:  $t = \frac{\mathcal{E}_i}{Bl \cdot a}$ . С другой

стороны, время движения проводника можно найти по величине его перемещения  $s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{2s}{a}$ .

Подставив в последнюю формулу значение  $t$ , получим:  $\left( \frac{\mathcal{E}_i}{Bl \cdot a} \right)^2 = \frac{2s}{a} \Rightarrow a = \frac{\mathcal{E}_i^2}{2s \cdot B^2 l^2} = \frac{2^2}{2 \cdot 1 \cdot 0,5^2 \cdot 1^2} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

С5. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна 12 В, ёмкость конденсатора 2 мФ, индуктивность катушки 5 мГн, сопротивление лампы 5 Ом и сопротивление резистора 3 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока, сопротивлением катушки и проводов пренебречь.



При замкнутом ключе постоянный ток течёт только по участку RL.  $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{12}{3} = 4 \text{ А}$ . Запасённая в

катушке индуктивности энергия  $E = \frac{LI^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 4^2}{2} = 0,04 \text{ Дж}$ . После размыкания ключа в колебательном

контуре  $RR_L CL$  возникнут затухающие электромагнитные колебания. Они прекратятся после того, как вся запасённая в магнитном поле катушки энергия превратится в тепло. Тепло выделяется на сопротивлении лампы  $R_L$  и резисторе  $R$ .

Для любого значения тока количества выделяющейся за время  $\Delta t$  теплоты определяется выражениями:  $Q_L = i^2 R_L \Delta t$  и  $Q = i^2 R \Delta t$ . Их сумма, в соответствии с законом сохранения энергии,  $Q_L + Q = E$

Отношение:  $\frac{Q_L}{Q} = \frac{R_L}{R}$ . В таком случае, отношение  $\frac{Q_L}{E} = \frac{Q_L}{Q_L + Q} = \frac{R_L}{R_L + R} = \frac{5}{8}$ . Откуда следует:

$$Q_L = \frac{5}{8} E = \frac{5}{8} \cdot 0,04 = 0,025 \text{ Дж}$$

С6. При облучении металлической пластинки быстрыми  $\alpha$ -частицами небольшая часть  $\alpha$ -частиц в результате упругого взаимодействия с ядрами атомов меняет направление скорости на противоположное (аналог опыта Резерфорда). Найдите заряд ядра, если минимальное расстояние, на которое сближались ядро и  $\alpha$ -частица, составило  $5 \cdot 10^{-13} \text{ см}$ . Масса и скорость  $\alpha$ -частиц составляют соответственно  $7 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$  и  $26 \cdot 10^3 \text{ км/с}$ . ( $\alpha$ -частицу считать точечной, а ядро – точечным и неподвижным. Релятивистским эффектом пренебречь.

Потенциальная энергия кулоновского взаимодействия ядра и  $\alpha$ -частицы  $E_{\text{пот}} = k \frac{q_\alpha q_{\text{ядра}}}{r}$ , где  $r$  – расстояние между ядром и  $\alpha$ -частицей).

Расстояние между ядром и  $\alpha$ -частицей будет минимальным в момент остановки  $\alpha$ -частицы. В этот момент, в соответствии с законом сохранения энергии, кинетическая энергия  $\alpha$ -частицы  $E_k = \frac{m_\alpha v^2}{2}$  будет равна

потенциальной энергией её взаимодействия с ядром.:  $E_k = E_{\text{пот}}$ , или  $\frac{m_\alpha v^2}{2} = k \frac{q_\alpha q_{\text{ядра}}}{r}$ , где  $q_\alpha = 2e \Rightarrow$ .

$$q_{\text{ядра}} = \frac{m_{\alpha} v^2 r}{2kq_{\alpha}} = \frac{m_{\alpha} v^2 r}{2kq \cdot 2e} = \frac{7 \cdot 10^{-27} \cdot (26 \cdot 10^6)^2 \cdot 5 \cdot 10^{-15}}{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 4 \cdot 10^{-18} \text{ Кл} = 25 e$$

Судя по заряду ядра, металл, который бомбардировали  $\alpha$  – частицами, в периодической системе элементов Д.И.Менделеева стоит под № 25. Это марганец – Mn.

**Дополнительная информация.** Обычно задачи, связанные с соударениями тел решаются на основе законов сохранения энергии и импульса.

При решении данной задачи нет необходимости использовать закон сохранения импульса, поскольку ядро отдельного атома пластинки закреплено в узле её кристаллической решетки. Поэтому при соударении с  $\alpha$  – частицей импульс получает вся пластинка, масса которой намного больше массы  $\alpha$  – частицы, а, следовательно, после удара пластинка и ядро атома, закреплённого в узле её кристаллической решетки, останутся неподвижными.

Закон сохранения импульса обязательно следует использовать при соударении  $\alpha$  – частиц с ядром *свободного атома*, то есть в случае, когда массы частиц близки по порядку величины, а саму задачу решать в системе, связанной с центром масс взаимодействующих частиц. В этом случае решение будет проще.