

ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ 2024

БАБАКОВА ИРИНА ВИКТОРОВНА,
учитель физики высшей категории,
региональный методист

Структура КИМ ЕГЭ

Распределение заданий по разделам (темам) курса физики

Раздел курса физики	Количество заданий
Механика	8-10
Молекулярная физика	6-8
Электродинамика	7-10
Квантовая физика	2

Распределение заданий по проверяемым предметным результатам

Группа предметных результатов обучения	Количество заданий
Владение понятийным аппаратом курса физики	10
Анализ физических процессов и явлений с использованием изученных теоретических положений, законов и физических величин	8
Решение качественных и расчётных задач	6
Владение методологическими умениями	2
Всего	26

Распределение заданий по уровням сложности

Уровень сложности заданий	Количество заданий	Максимальный первичный балл	Процент максимального первичного балла за задания данного уровня сложности от максимального первичного балла за всю работу, равного 45
Базовый	17	22	49
Повышенный	6	13	29
Высокий	3	10	22
Итого	26	45	100

Максимальное количество баллов

I часть	II часть	Всего
28	17	45

Изменения в КИМ ЕГЭ - 2024

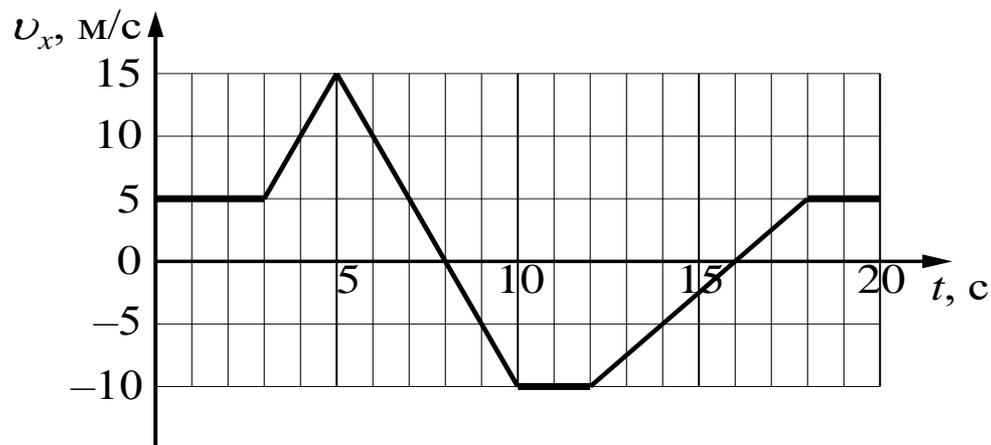
- * 1. Число заданий сокращено с 30 до 26. В первой части работы удалены интегрированное задание на распознавание графических зависимостей и два задания на определение соответствия формул и физических величин по механике и электродинамике; во второй части работы удалено одно из заданий высокого уровня сложности (расчётная задача). Одно из заданий с кратким ответом в виде числа в первой части работы перенесено из раздела «МКТ и термодинамика» в раздел «Механика».
- * 2. Сокращён общий объём проверяемых элементов содержания, а также спектр проверяемых элементов содержания в заданиях базового уровня с кратким ответом, что отражено в кодификаторе элементов содержания и обобщённом плане варианта КИМ ЕГЭ по физике.
- * 3. Максимальный первичный балл уменьшен с 54 до 45 баллов

ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ

- * беглое чтение условия задачи (ученики прочитывают текст быстро, что мешает правильному восприятию содержания, анализу, моделированию учебной ситуации);
- * - не умение интерпретировать графики, отражающие зависимость физических величин;
- * - считывание информации с графиков, схем, таблиц;
- * - проводить комплексный анализ физических процессов;
- * - анализировать изменения характера физических величин;
- * - решение задач в СИ;
- * - математические преобразования, ошибки;
- * - использовать метод рядов для определения результатов измерений с учетом абсолютной погрешности;
- * - решать расчетные задачи повышенного уровня сложности;
- * - решать качественные задачи; - решать расчетные задачи высокого уровня сложности

ЗАДАНИЕ № 1

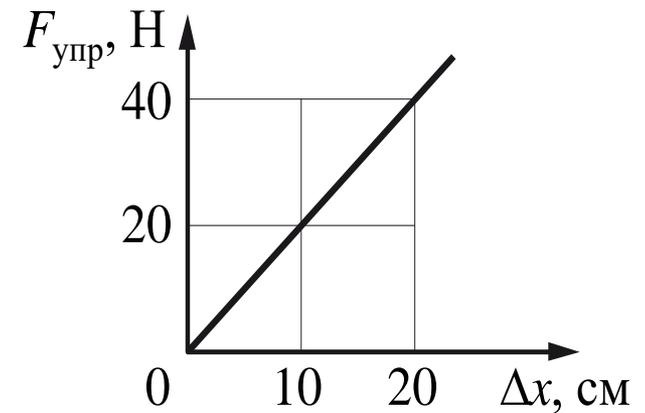
- * На рисунке приведен график зависимости **проекции скорости** от времени. Определите **путь**, пройденный телом в интервале времени от 5 с до 10 с.



Ответ: 32,5 м

ЗАДАНИЕ № 2

* На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости пружины от величины её **деформации**. Определите жёсткость этой пружины.



* Ответ: **200 Н/м**

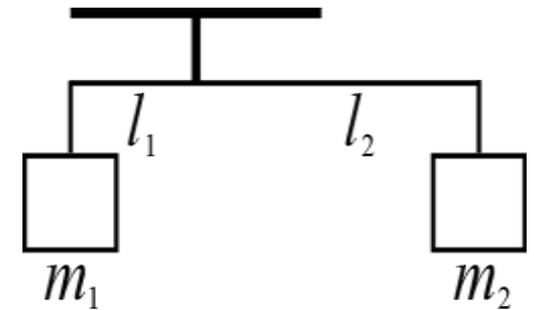
ЗАДАНИЕ № 3

* Отношение импульса автобуса к импульсу грузового автомобиля $p_1/p_2 = 2,8$. Каково отношение их масс m_1/m_2 , если отношение скорости автобуса к скорости грузового автомобиля $v_1/v_2 = 2$?

* **Ответ: 1,4**

ЗАДАНИЕ №4

- * Невесомый рычаг находится в равновесии, когда к его левому концу длиной $l_1 = 18$ см подвешен груз массой $m_1 = 600$ г, а к правому плечу – груз массой $m_2 = 240$ г (см. рисунок). Чему равна длина правого плеча рычага l_2 ?



- * **Ответ: 45 см**

ЗАДАНИЕ № 5

В таблице представлены данные о положении шарика, прикрепленного к пружине и совершающего незатухающие колебания вдоль горизонтальной оси Ox , в различные моменты времени.

$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, \text{ мм}$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этих колебаний.

- 1) Частота колебаний шарика равна 0,25 Гц.
- 2) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, за первую секунду колебаний монотонно увеличивается.
- 3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 2,0 с максимальна.
- 4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
- 5) Потенциальная энергия пружины в момент времени 4,0 с минимальна.

Ответ: 135

Задание № 5

В результате перехода межпланетного летательного аппарата с одной круговой орбиты вокруг Марса на другую **центростремительное ускорение аппарата увеличивается**. Как изменяются в результате этого перехода **скорость** движения аппарата по орбите и **период** его обращения вокруг Марса?

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.

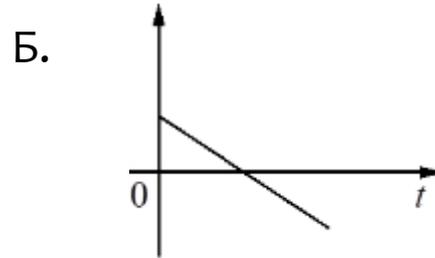
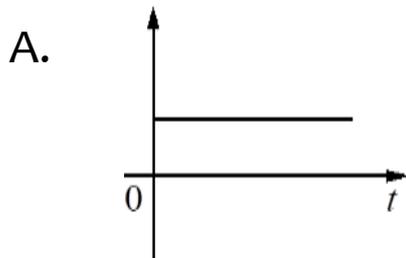
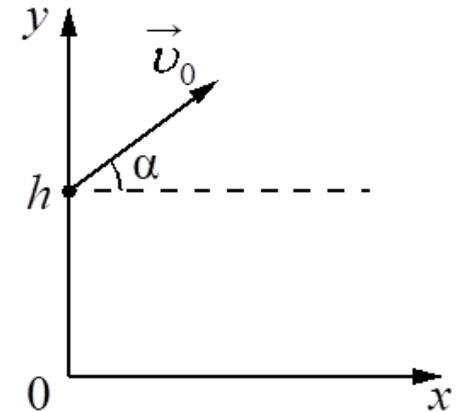
Скорость движения аппарата	Период обращения
1	2

ЗАДАНИЕ № 6

Мячик бросают с начальной скоростью под углом к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени t .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня $y = 0$.

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



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	
1)	координата x мячика
2)	проекция импульса мячика на ось x
3)	проекция скорости мячика на ось y
4)	потенциальная энергия мячика

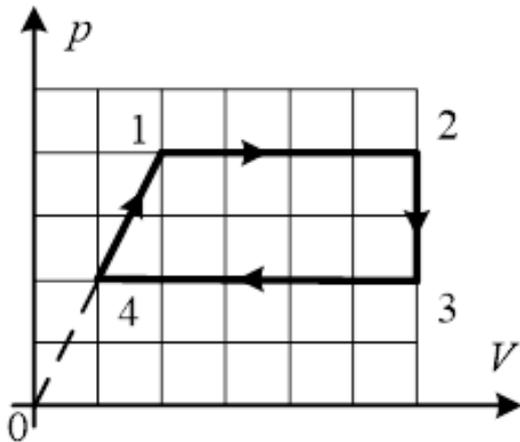
Ответ: 23

ЗАДАНИЯ № 7, 8, 9

- * 7. С идеальным газом происходит **изохорный процесс**, в котором в результате **уменьшения абсолютной температуры газа в 2 раза** его давление упало на 90 кПа. Масса газа постоянна. Каково было первоначальное давление газа? (**180 кПа**)
- * 8. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде равна 60%. Какой будет относительная влажность воздуха в сосуде, если при **неизменной температуре уменьшить объём** сосуда в 2,5 раза? (**100 %**)
- * 9. Рабочее тело теплового двигателя за цикл совершает работу, равную 15 кДж, и получает от нагревателя количество теплоты, равное 75 кДж. Какое количество теплоты рабочее тело отдаёт холодильнику за цикл? (**60 кДж**)

Задание № 10

* Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1–2–3–4–1, график которого показан на рисунке в координатах p - V . Из предложенного перечня выберите все верные утверждения.



- | | |
|----|---|
| 1) | В процессе 1–2 газ совершает отрицательную работу; ----- |
| 2) | В процессе 2–3 газу сообщают положительное количество теплоты; ----- |
| 3) | В процессе 3–4 газ отдаёт положительное количество теплоты в окружающую среду; |
| 4) | В процессе 4–1 внутренняя энергия газа остаётся неизменной; ----- |
| 5) | Работа, совершённая газом в процессе 1–2, в 1,6 раза больше работы, совершённой над газом в процессе 3–4. |

ЗАДАНИЕ № 11

Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель получает от нагревателя количество теплоты Q_1 . 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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	
А)	количество теплоты, отдаваемое двигателем за цикл холодильнику
Б)	КПД двигателя

Ответ : 41

ФОРМУЛЫ	
1	$1 - \frac{T_2}{T_1}$
2	$\frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1}$
3	$\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
4	$\frac{Q_1 T_2}{T_1}$

ЗАДАНИЯ № 12, 13

- * 12. Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды $q_1 = +6$ нКл и $q_2 = -2$ нКл, если шарики привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние? (в 3 раза)
- * 13. Прямолинейный проводник длиной L , по которому протекает ток I , помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Во сколько раз уменьшится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 2 раза, индукцию магнитного поля уменьшить в 4 раза, а силу тока в проводнике поддерживать прежней? (в 2 раза)

ЗАДАНИЕ № 14

Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках A и B , несут на себе заряды $+q > 0$ и $-2q$ соответственно (см. рисунок).

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этой ситуации.

- 1) Модуль силы Кулона, действующей на бусинку A , в 2 раза меньше модуля силы Кулона, действующую на бусинку B .
- 2) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды не изменятся.
- 3) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально влево.
- 4) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут отталкивать друг друга.
- 5) На бусинку A со стороны бусинки B действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.



Ответ : 245

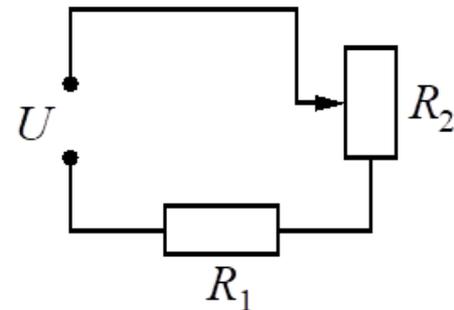
ЗАДАНИЕ №15

Резистор R_1 и реостат R_2 подключены последовательно к источнику напряжения U (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и напряжение на реостате R_2 , если уменьшить сопротивление реостата? Считать, что напряжение на выводах источника остаётся при этом постоянным.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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



Сила тока в цепи	Напряжение на реостате R_2

Ответ: 12

ЗАДАНИЕ № 16

Ядро платины ${}_{78}^{174}\text{Pt}$ испытывает α -распад, при этом образуются α -частица и ядро химического элемента ${}^A_Z\text{X}$. Определите массовое число A (в атомных единицах массы) ядра X .

Ответ: 170

ЗАДАНИЕ № 17

В ядерном реакторе происходит захват ядром альфа-частицы. Как изменяются при этом массовое число ядра и число нейтронов в ядре? 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.

Массовое число ядра	Число нейтронов в ядре

Ответ: 11

ЗАДАНИЕ № 18

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При соскальзывании шайбы по гладкой наклонной плоскости её полная механическая энергия остаётся неизменной, а кинетическая энергия возрастает.
- 2) Если газ находится в замкнутом сосуде постоянного объёма, то при его нагревании давление газа уменьшается.
- 3) Сила отталкивания между одноимёнными точечными зарядами изменяется обратно пропорционально квадрату расстоянию между ними.
- 4) В замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока через ограниченную им площадку возникает индукционный ток.
- 5) В нейтральном атоме суммарное число электронов равно суммарному числу нуклонов в ядре этого атома.

ЗАДАНИЕ № 19



1. На рисунке приведена фотография электрической цепи по измерению сопротивления реостата. Погрешности измерения силы тока в цепи и напряжения на источнике равны половине цены деления амперметра и вольтметра. Какова по результатам этих измерений сила тока, протекающего через источник?

$(0,500 \pm 0,025) \text{ A}$

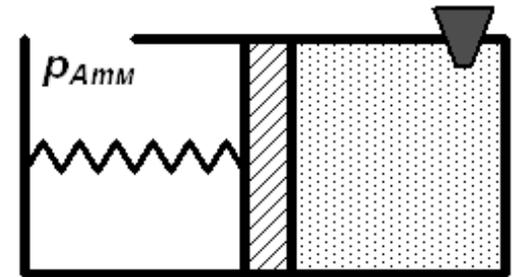
ЗАДАНИЕ № 20

Для лабораторной работы по обнаружению **зависимости сопротивления проводника от материала**, из которого изготовлен проводник, ученику выдали пять проводников, характеристики которых указаны в таблице. Какие **два** из предложенных ниже проводников необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника, см	Диаметр проводника, мм	Материал
1	200	1,0	алюминий
2	100	0,5	сталь
3	100	1,0	медь
4	200	0,5	алюминий
5	200	1,0	медь

ЗАДАНИЕ № 21

Горизонтальный сосуд разделён подвижным поршнем, который может свободно перемещаться без трения. Правая часть сосуда заполнена воздухом и герметично закрыта пробкой, левая часть сосуда открыта. Поршень соединён пружиной с левой стенкой сосуда. Первоначально поршень находится в равновесии, а пружина растянута. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, опишите, как будет двигаться поршень, если из правой части сосуда вынуть пробку. Температуру воздуха считать постоянной.



ЗАДАНИЕ № 21

1. Левая часть сосуда открыта, в ней находится атмосферный воздух. Первоначально пружина растянута, сила упругости направлена влево. Поршень находится в равновесии, поэтому равнодействующая сил, действующих на него со стороны газов и пружины, равна нулю:
$$P_{\text{Атм}}S - pS - F_{\text{упр}} = 0,$$
 где $P_{\text{Атм}}$ – атмосферное давление, p – давление газа в правой части сосуда, $F_{\text{упр}}$ – сила упругости, S – площадь поперечного сечения сосуда. Таким образом, давление газа в правой части сосуда меньше атмосферного: .
2. Если вынуть пробку, то атмосферный воздух начнёт заполнять правую часть сосуда, и давление в ней возрастёт до атмосферного: $p < P_{\text{Атм}}$
3. Равновесие нарушится, и поршень под действием силы упругости начнёт двигаться влево. Поскольку трение между поршнем и сосудом отсутствует, то в дальнейшем поршень будет совершать свободные колебания, которые впоследствии затухнут из-за трения в воздухе.
(Отсутствие в ответе упоминания о колебаниях поршня и их затухании не влияет на оценку ответа)

Задание № 22

2. Школьный реостат состоит из керамического цилиндра, на который плотно, виток к витку, намотана проволока, покрытая тонким слоем лака для изоляции. Для выполнения лабораторной работы по измерению удельного сопротивления материала, из которого изготовлена проволока реостата, необходимо измерить её диаметр. Ученик насчитал 50 витков проволоки, а длина намотки, измеренная линейкой, составила 4 см. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна ± 1 мм?

$(0,80 \pm 0,02)$ мм

ЗАДАНИЕ № 22

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 2\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объёма?



ЗАДАНИЕ № 22

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравнивает действующую на него силу тяжести: $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho (V_1 + V_2) g$ (здесь V_1 и V_2 – соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$$

По условию задачи $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{4}$, так что $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{4}$, откуда

$$\rho = \frac{1}{4}(\rho_1 + 3\rho_2) = \frac{7}{4}\rho_1 = 700 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$

ЗАДАНИЕ № 23

По горизонтально расположенным двум параллельным рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением и замкнутым на конденсатор электроёмкостью C скользит поступательно и равномерно проводящий стержень. Скорость движения стержня $v = 1$ м/с. Расстояние между рельсами $l = 1$ м. Рельсы со стержнем находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл. При этом энергия электрического поля конденсатора через достаточно большой промежуток времени $W = 60$ мкДж. Чему равна электроёмкость конденсатора? Рельсы закреплены на диэлектрической подложке.

ЗАДАНИЕ № 23

1. ЭДС индукции, возникающее в контуре при движении стержня,

$$|\mathcal{E}| = Bvl,$$

где v – скорость движения стержня.

2. Так как напряжение на конденсаторе U_c равно ЭДС индукции, то энергия электрического поля конденсатора

$$W = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{CB^2v^2l^2}{2}.$$

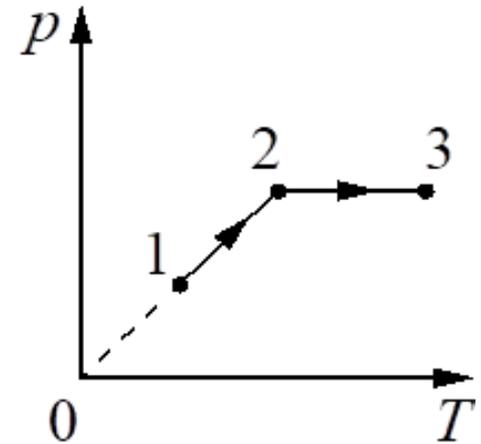
Тогда электроёмкость конденсатора

$$C = \frac{2W}{B^2v^2l^2} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{1^2 \cdot 1^2 \cdot 1^2} = 120 \text{ мкФ}.$$

Ответ: $C = 120 \text{ мкФ}$

Задание № 24

Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах p – T . Известно, что давление газа p в процессе 1–2 увеличилось в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура в состоянии 1 равна 300 К, а в состоянии 3 равна 900 К?



ЗАДАНИЕ № 24

Для определения количества теплоты Q_{123} необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1-2 и 2-3:
 $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$.

Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1-2 является изохорным. Для него, как следует из уравнения Клапейрона – Менделеева,

$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$, откуда $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2$. Следовательно,

$T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 2T_1 = 300 \cdot 2 = 600$ К. Работа газа в процессе 1-2 равна нулю,

и для него первый закон термодинамики с учётом выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа принимает вид:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 \approx 3,74 \text{ кДж.}$$

Процесс 2-3 является изобарным с давлением $p = p_2 = \text{const}$, для него первый закон термодинамики принимает вид: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$, где

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ – изменение внутренней энергии газа,

$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2)$ – совершённая газом работа. Из уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = \nu RT$ следует, что

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2). \quad \text{Таким образом,}$$

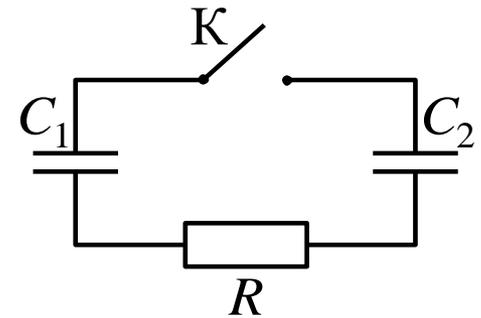
$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 6,23 \text{ кДж.}$$

В результате $Q_{123} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 10$ кДж.

Ответ: $Q \approx 10$ кДж

Задание № 25

Заряженный конденсатор $C_1 = 1$ мкФ включён в последовательную цепь из резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа K (см. рисунок). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты $Q = 30$ мДж. Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе C_1 ?



Задание № 25

1. Первоначальный заряд конденсатора $q = C_1 U$.
2. В результате перезарядки конденсаторов после замыкания ключа их заряды равны соответственно q_1 и q_2 , причём $q_1 + q_2 = C_1 U$ (1)
(по закону сохранения электрического заряда).
3. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе R становится равным нулю. Поэтому

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}. \quad (2)$$

4. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях: $Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \left(\frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} \right)$. (3)

Решая систему уравнений (1)–(3), получаем:

$$U = \sqrt{\frac{2Q(C_1 + C_2)}{C_1 C_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} (10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 300 \text{ В}. \quad (4)$$

Ответ: $U = 300 \text{ В}$

Задание № 26

Двухкритериальная система оценивания

Критерий 1:

Верно обоснована возможность использования законов
(закономерностей)

1 балл

Критерий 2:

Традиционные требования
Исходные формулы и законы (кодификатор);
Обозначения физических величин (рисунок);
Рисунок с указанием сил (если требуется);
Математические преобразования и расчеты;
Правильный числовой ответ, размерность.

3 балла

Итого 4 балла

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНОВ В ЗАДАНИИ № 26

Модели, законы	Обоснование
Тело – материальная точка	<ul style="list-style-type: none">- размеры тела много меньше расстояний, рассматриваемых в задаче;- тело движется поступательно (не вращается и не поворачивается)
ИСО - Земля	Законы Ньютона выполняются в ИСО
Закон сохранения энергии (ЗСЭ)	<ul style="list-style-type: none">- Рассмотрим силы действующие на тело (<u>силы тяготения и силы упругости</u>, подчиняющиеся закону Гука, являются потенциальными, и не приводят к убыли энергии)- Сила реакции опоры (N) <u>перпендикулярна направлению вектора скорости</u>, следовательно, работа этой силы на направление перемещения равна нулю- Сила трения – не потенциальная сила, приводит к убыли энергии, работа силы равна изменению механической энергии

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНОВ В ЗАДАНИИ № 26

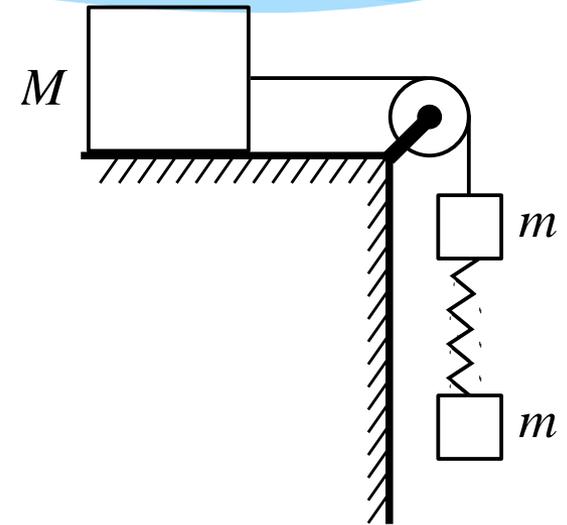
Модели, законы	Обоснование
Связанные нитью тела, переброшенной через неподвижный идеальный блок	Нить невесомая, блок – идеальный ($M_{\text{блока}} = 0$, $F_{\text{тр}} = 0$), следовательно $T_1 = T_2 = T$ Нить нерастяжимая, следовательно $a_1 = a_2 = a$
Закон сохранения импульса (ЗСИ)	<ul style="list-style-type: none">- ЗСИ выполняется в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю- Если время взаимодействия мало (силы взаимодействия тел много больше силы тяжести)

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКОНОВ В ЗАДАНИИ № 26

Модели, законы	Обоснование
Твердое тело	Форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаются неизменными
Условия равновесия твердого тела <ul style="list-style-type: none">- Для поступательного движения- Для вращательного движения	<ul style="list-style-type: none">- Сумма приложенных к твердому телу внешних сил равна нулю- Сумма моментов сил, действующих на тело, равна нулю (выбираем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через определенную точку)

ЗАДАНИЕ № 26

Груз массой $M = 800$ г соединён невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с бруском массой $m = 400$ г. К этому бруску на лёгкой пружине жёсткостью $k = 80$ Н/м подвешен второй такой же брусок. Длина нерастянутой пружины $l = 10$ см, коэффициент трения груза о поверхность стола $\mu = 0,2$.



Определите длину пружины при движении брусков, считая, что при этом движении она постоянна. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

ОБОСНОВАНИЕ

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью стола. Будем применять для грузов и бруска законы Ньютона, справедливые для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и трением о воздух, а также массой блока пренебрежём.

Так как нить нерастяжима и длина пружины постоянна, ускорения обоих брусков и груза равны по модулю:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = a. \quad (1)$$

На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз.

Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то модули сил натяжения нити, действующих на груз и верхний брусок, одинаковы:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T. \quad (2)$$

$$\text{Равны по модулю и силы } |\vec{F}_{\text{упр}2}| = |\vec{F}_{\text{упр}3}|, \quad (3)$$

так как пружина лёгкая.

Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат. С учётом (1)–(3) получим:

$$Ox: Ma = T - F_{\text{тр}}$$

$$Oy: N = Mg, \quad ma = mg - T + F_{\text{упр}}, \quad ma = mg - F_{\text{упр}}.$$

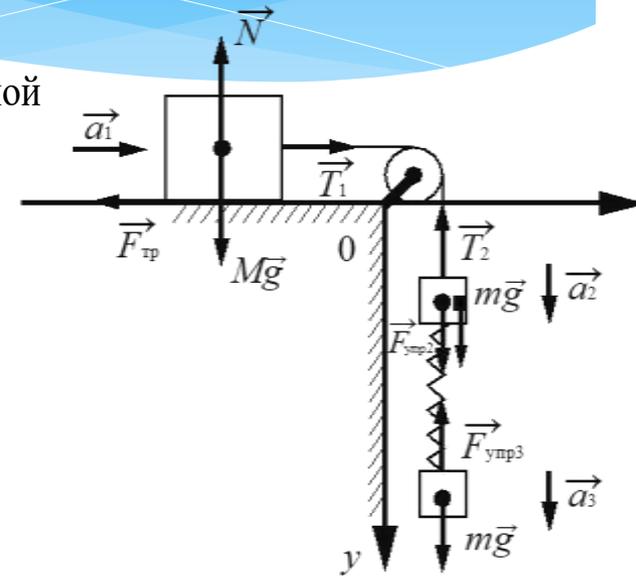
Сложив эти уравнения, найдём ускорение тел: $a = \frac{2mg - F_{\text{тр}}}{M + 2m}$.

2. Сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$.

3. Из последнего уравнения в п. 1 получим $F_{\text{упр}} = m(g - a) = \frac{mMg(1 + \mu)}{M + 2m}$.

По закону Гука $F_{\text{упр}} = k\Delta l = k(L - l)$, тогда

$$L = l + \frac{mMg(1 + \mu)}{k(M + 2m)} = 0,1 + \frac{0,4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot (1 + 0,2)}{80 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,4)} = 0,13$$



Ответ: 0,13 м



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!