

# Подготовка к государственной итоговой аттестации в 2022 году

Бородин Игорь Дмитриевич, [bujh61@mail.ru](mailto:bujh61@mail.ru)



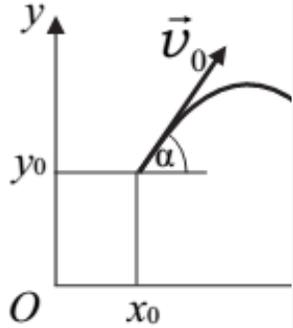
## 10. Изменения в КИМ ЕГЭ 2022 года в сравнении с КИМ 2021 года

1. В 2022 г. изменена структура КИМ ЕГЭ, общее количество заданий уменьшилось и стало равным 30. Максимальный балл увеличился до 54.
2. В части 1 работы введены две новые линии заданий (линия 1 и линия 2) базового уровня сложности, которые имеют интегрированный характер и включают в себя элементы содержания не менее чем из трёх разделов курса физики.
3. Изменена форма заданий на множественный выбор (линии 6, 12 и 17). Если ранее предлагалось выбрать два верных ответа, то в 2022 г. в этих заданиях предлагается выбрать все верные ответы из пяти предложенных утверждений.
4. В части 2 увеличено количество заданий с развёрнутым ответом и исключены расчётные задачи повышенного уровня сложности с кратким ответом. Добавлена одна расчётная задача повышенного уровня сложности с развёрнутым ответом и изменены требования к решению задачи высокого уровня по механике. Теперь дополнительно к решению необходимо представить обоснование использования законов и формул для условия задачи. Данная задача оценивается максимально 4 баллами, при этом выделено два критерия оценивания: для обоснования использования законов и для математического решения задачи.

## ЧАСТЬ 1

- №1 и №2 – интегрированные задания базового уровня сложности
- №3-№8 – механика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин, соответствие)
- №9-№13 – молекулярная физика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин или соответствие)
- №14-№19 – электродинамика (3 задания с кратким ответом, множественный выбор, изменение величин, соответствие)
- №20 и №21- квантовая физика (с кратким ответом и на изменение величин или соответствие)
- №22 и №23 – методология (без обновления)

# Кодификатор

|              |  |               |  |
|--------------|--|---------------|--|
| <p>1.1.6</p> | <p>Равноускоренное прямолинейное движение:</p> $x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ $v_x(t) = v_{0x} + a_x t$ $a_x = \text{const}$ $v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$   | <p>3.3.4</p>  | <p>Сила Лоренца, её направление и величина: <math>F_{\text{Лор}} =  q vB \sin \alpha</math>,</p> $R = \frac{mv}{qB}$ <p>Формулу нельзя использовать без вывода</p>   |
| <p>1.1.7</p> | <p>Свободное падение. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного под углом <math>\alpha</math> к горизонту:</p>  $\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t = x_0 + v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} = y_0 + v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$ $\begin{cases} v_x(t) = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt \end{cases}$ $\begin{cases} g_x = 0 \\ g_y = -g = \text{const} \end{cases}$ | <p>2.1.10</p> | <p>Модель идеального газа в термодинамике:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Уравнение Менделеева – Клапейрона</li> <li>Выражение для внутренней энергии</li> </ul> <p>Уравнение Менделеева – Клапейрона (применимые формы записи):</p> $\Delta U = \frac{3}{2} V \Delta p$ <p>Формулу нельзя использовать без вывода</p> $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}$ <p>Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи):</p> $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \nu c_v T = \frac{3}{2} pV$ $A = \nu R \Delta T$ <p>Формулу нельзя использовать без вывода</p> |
|              | <p>Формулу можно использовать без вывода</p> $l = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$  |               | <p>2.2.6</p> <p>Элементарная работа в термодинамике: <math>A = p \Delta V</math></p> <p>Вычисление работы по графику процесса на <math>pV</math>-диаграмме</p>   |

# Демовариант КИМ 2022

1

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

- 1) Потенциальная энергия тела зависит от его массы и скорости движения тела.
- 2) Хаотическое тепловое движение частиц тела прекращается при достижении термодинамического равновесия.
- 3) В растворах или расплавах электролитов электрический ток представляет собой упорядоченное движение ионов, происходящее на фоне их теплового хаотического движения.
- 4) При преломлении электромагнитных волн на границе двух сред длина волны остаётся неизменной величиной.
- 5) В процессе позитронного бета-распада происходит выбрасывание из ядра позитрона, возникшего из-за самопроизвольного превращения протона в нейтрон.

Ответ: \_\_\_\_\_ 35

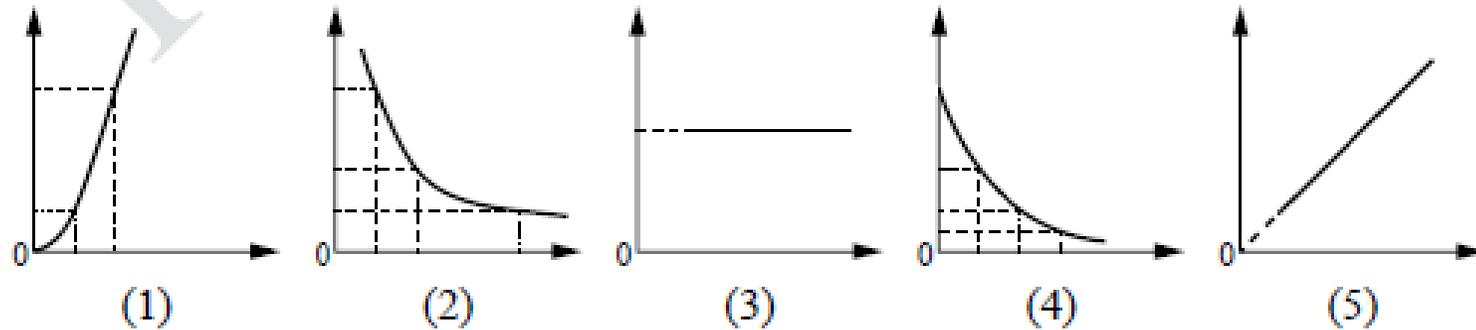
# Демовариант КИМ 2022

2

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля импульса равномерно движущегося тела от времени;
- Б) зависимость давления идеального газа от его объёма при изотермическом процессе;
- В) зависимость энергии фотона от его частоты.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

| А | Б | В |
|---|---|---|
| 3 | 2 | 5 |

# Примеры новых линий заданий

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

- 1) При неупругом соударении тел выполняются закон сохранения импульса и закон сохранения механической энергии.
- 2) Явление резонанса наступает в колебательной системе при совпадении частоты вынуждающей силы с собственной частотой колебательной системы.
- 3) Хаотическое тепловое движение частиц тела прекращается при достижении термодинамического равновесия.
- 4) Напряжённость поля, создаваемого системой точечных зарядов, равна скалярной сумме напряжённостей поля каждого заряда.
- 5) Сила Лоренца не действует на заряженные частицы, влетающие параллельно линиям индукции однородного магнитного поля.

Ответ: \_\_\_\_\_ **25** \_\_\_\_\_

Результаты выполнения:

| Средний процент выполнения | КД   | Средний процент по баллам |        |         |
|----------------------------|------|---------------------------|--------|---------|
|                            |      | 0 баллов                  | 1 балл | 2 балла |
| 49,6                       | 38,4 | 22,6                      | 55,7   | 21,7    |

# Примеры новых линий заданий

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

- 1) Кинетическая энергия тела увеличивается прямо пропорционально скорости движения тела.
- 2) В процессе плавления постоянной массы вещества его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) При протекании постоянного электрического тока по проводнику количество теплоты, выделяющееся в нём за одно и то же время, возрастает пропорционально квадрату силы тока.
- 4) При изменении магнитного потока через площадку, охваченную замкнутым проводящим контуром, магнитное поле индукционного тока в контуре всегда увеличивает магнитный поток через эту площадку.
- 5) При альфа-распаде заряд ядра уменьшается на 4 элементарных положительных заряда.

Ответ: \_\_\_\_\_23\_\_\_\_\_

# Примеры новых линий заданий

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

- 1) По мере удаления от планеты сила притяжения к ней убывает прямо пропорционально квадрату расстояния до её центра.
- 2) Диффузия всегда протекает при отличной от нуля разности температур веществ и приводит к выравниванию их температуры.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник с током в магнитном поле, обратно пропорциональна длине проводника.
- 4) Радиолокация основана на дифракции электромагнитных волн на определяемом объекте.
- 5) В нейтральном атоме число электронов равно числу протонов в ядре этого атома.

Ответ: \_\_\_\_\_15\_\_\_\_\_

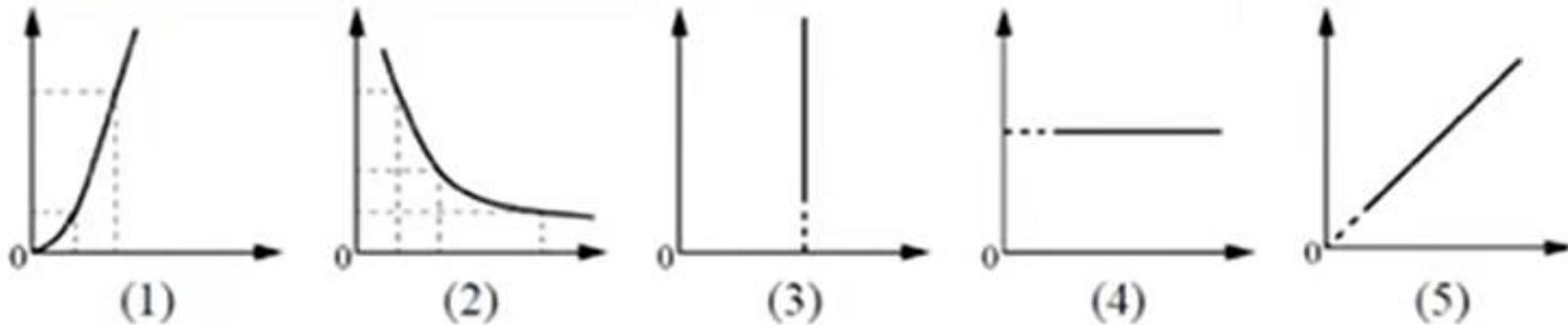
Даны следующие зависимости величин:

А) зависимость скорости тела, движущегося равномерно, от времени движения;

Б) зависимость давления постоянной массы идеального газа от его объема в изотермическом процессе;

В) зависимость энергии электрического поля конденсатора электроемкостью  $C$  от заряда конденсатора.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

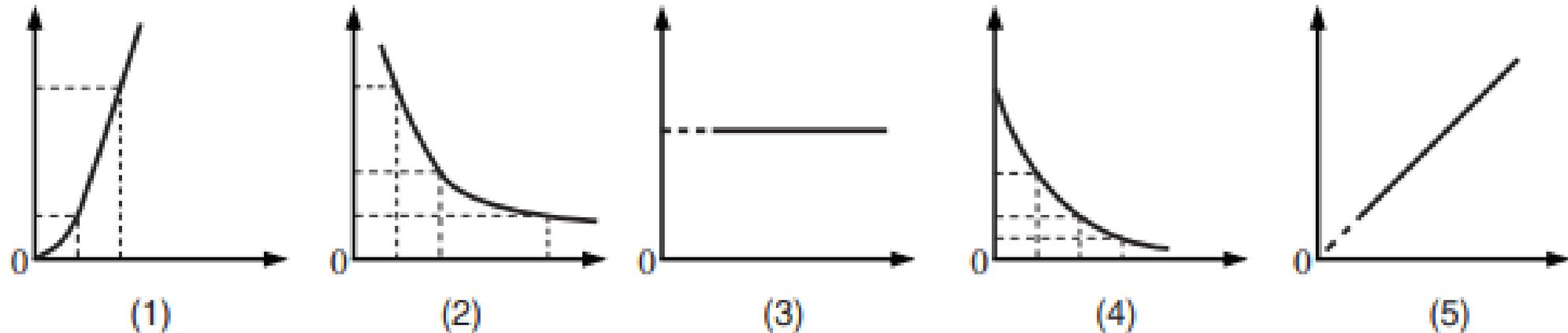
| А | Б | В |
|---|---|---|
| 4 | 2 | 1 |

Примеры новых линий заданий

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля ускорения тела, движущегося под действием постоянной равнодействующей силы в ИСО, от времени;
- Б) зависимость объёма фиксированной массы идеального одноатомного газа от его абсолютной температуры при изобарном процессе;
- В) зависимость числа нераспавшихся ядер радиоактивного элемента от времени.

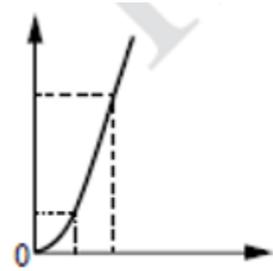
Установите соответствие между этими зависимостями и видом графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

|   |   |   |
|---|---|---|
| А | Б | В |
| 3 | 5 | 4 |

Примеры новых линий заданий



(1)



(2)



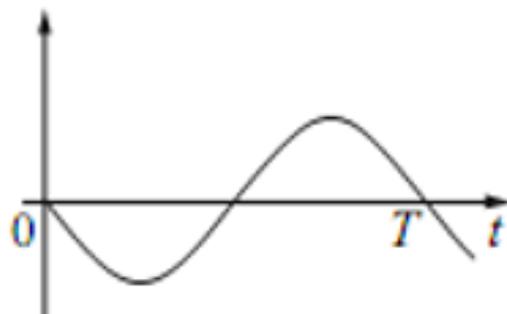
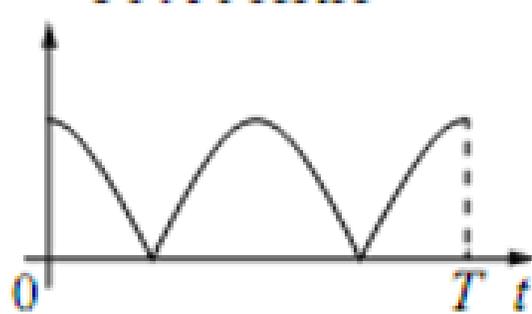
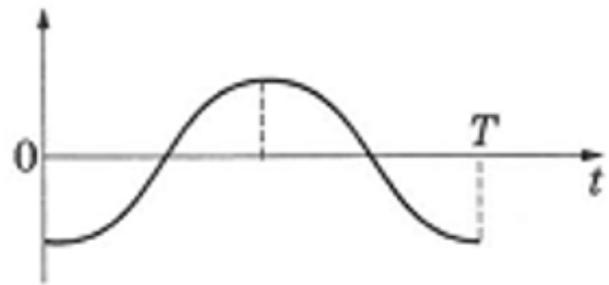
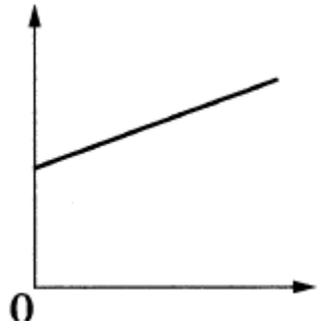
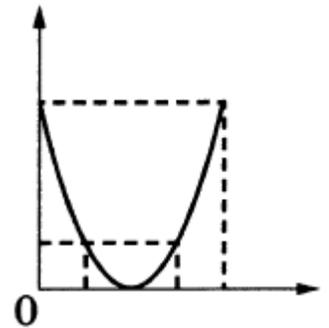
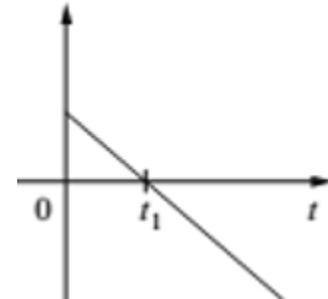
(3)



(4)

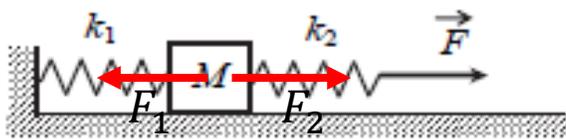


(5)



3

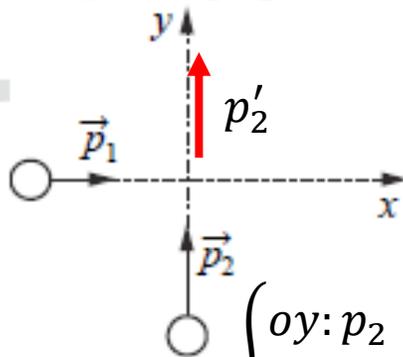
К системе из кубика массой  $M = 1$  кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила  $\vec{F}$  величиной 9 Н (см. рисунок). Между кубиком и горизонтальной опорой трения нет. Система покоится. Жёсткость первой пружины  $k_1 = 300$  Н/м. Жёсткость второй пружины  $k_2 = 600$  Н/м. Каково удлинение первой пружины?



Ответ: 3 см.

4

По гладкой горизонтальной плоскости движутся вдоль осей  $x$  и  $y$  две шайбы с импульсами по модулю  $p_1 = 2$  кг·м/с и  $p_2 = 3,5$  кг·м/с (см. рисунок). После их соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси  $y$  в прежнем направлении. Модуль импульса первой шайбы сразу после удара  $p'_1 = 2,5$  кг·м/с. Найдите модуль импульса второй шайбы сразу после удара.



Ответ: 2 кг·м/с.

Структура тематического блока заданий

$$F_1 = F_2 = F = k_1 \Delta \ell_1$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

$$p_1'^2 = p_{1x}'^2 + p_{1y}'^2$$

$$\begin{cases} oy: p_2 = p_{1y}' + p_2'; & p_2' = 3,5 \frac{\text{КГМ}}{\text{с}} - 1,5 \frac{\text{КГМ}}{\text{с}} = 2 \frac{\text{КГМ}}{\text{с}} \\ ox: p_1 = p_{1x}' = 2 \frac{\text{КГМ}}{\text{с}}; & p_{1y}' = \sqrt{p_1'^2 - p_{1x}'^2} = 1,5 \frac{\text{КГМ}}{\text{с}} \end{cases}$$

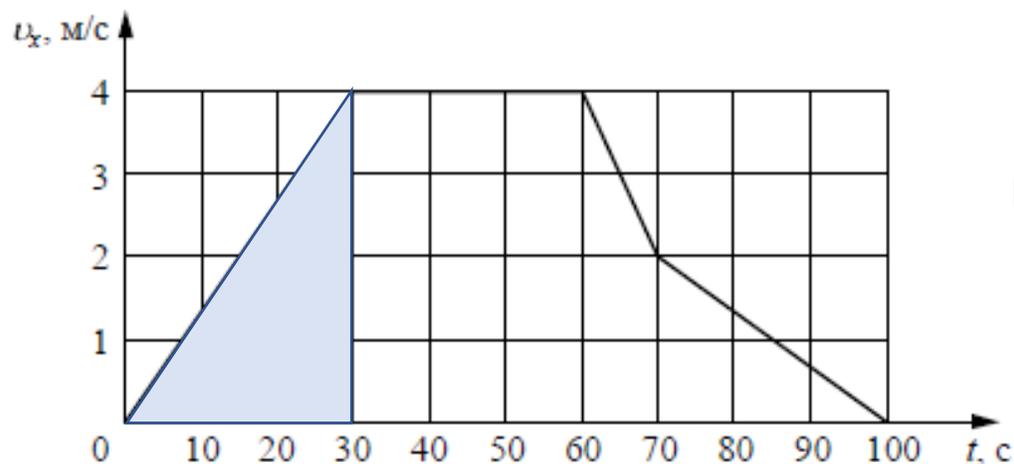
5

На рычаг действуют две силы. Момент первой силы относительно оси вращения рычага равен 50 Н·м. Какова величина второй силы, если её плечо относительно этой же оси равно 0,5 м и рычаг при этом находится в равновесии?

Ответ: 100 Н.

6

В инерциальной системе отсчёта вдоль оси  $Ox$  движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости  $v_x$  этого тела от времени  $t$ .



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие данное движение тела. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- + 1) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 60 до 70 с уменьшилась в 4 раза.
- 2) За промежуток времени от 0 до 30 с тело переместилось на 20 м.
- + 3) В момент времени  $t = 40$  с равнодействующая сил, действующих на тело, равна 0.
- + 4) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 0 до 30 с в 2 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 70 до 100 с.
- 5) В промежутке времени от 70 до 100 с импульс тела уменьшился на 60 кг·м/с.

Ответ:

134

# Структура тематического блока заданий

7

На поверхности воды плавает прямоугольный брусок из древесины плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$ . Брусок заменили на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью  $600 \text{ кг/м}^3$ . Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

| Глубина погружения бруска | Сила Архимеда |
|---------------------------|---------------|
| <b>3</b>                  | <b>3</b>      |

$$\rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр}1} = mg = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр}2}$$

$$\rho_{\text{ж}} h_{\text{погр}1} S = \rho_{\text{ж}} h_{\text{погр}2} S$$

# Структура тематического блока заданий

8

Один конец лёгкой пружины жёсткостью  $k$  прикреплен к бруску, а другой закреплен неподвижно. Брусок скользит вдоль оси  $Ox$  по горизонтальной направляющей так, что координата его центра изменяется со временем по закону  $x(t) = A \sin \omega t$ .

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение бруска, и формулами, выражающими их зависимость от времени.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) кинетическая энергия бруска  $E_K(t)$

1)  $-kA \sin \omega t$

Б) проекция  $a_x(t)$  ускорения бруска

2)  $\frac{kA^2}{2} \cos^2 \omega t$

3)  $-A\omega^2 \sin \omega t$

4)  $\frac{kA^2}{2} \sin^2 \omega t$

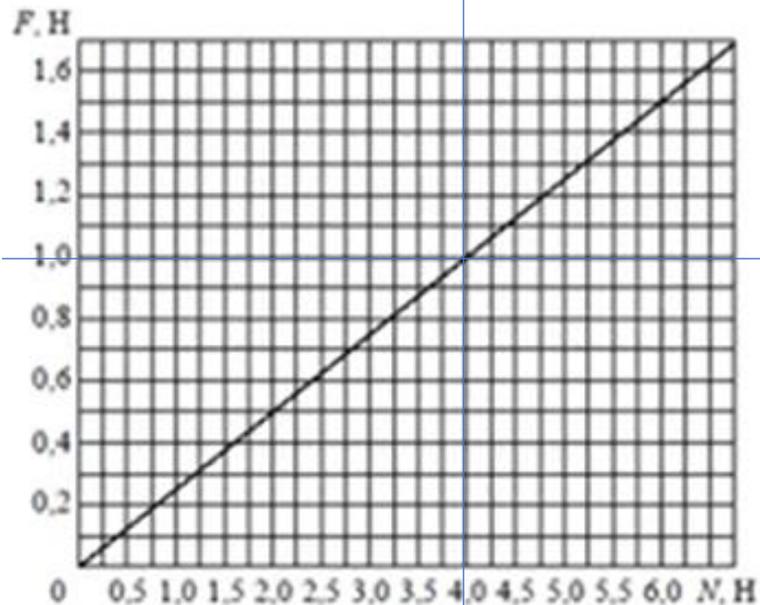
Ответ:

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
| 2 | 3 |

# Задания по теме «Методы научного познания» пока без изменений, НО в будущем...

Для определения коэффициента трения в лабораторной работе ученик использует деревянные линейку, брусок массой  $m = (50 \pm 2)$  г и набор грузов с одинаковой массой  $m = (100 \pm 2)$  г. В работе определялся модуль горизонтальной силы тяги, приложенной к бруску, при его равномерном скольжении по линейке. При этом в первом опыте использовался только брусок, во втором опыте – брусок с одним грузом, а затем последовали два, тремя и четырьмя грузами. Сила тяги измерялась в первых опытах динамометром с пределами измерений  $0 - 1$  Н и ценой деления  $0,02$  Н/дел., а в двух последних опытах динамометром с пределами измерений  $0 - 5$  Н и ценой деления  $0,1$  Н/дел. Погрешность измерения тяги равна цене деления используемого в опыте динамометра.

Для определения коэффициента трения скольжения ученик построил график зависимости модуля силы тяги  $F$  от модуля силы нормальной реакции опоры  $N$ . По небрежности ученик не указал на графике погрешности измерений.



| Средний процент выполнения | КД   | Средний процент по баллам |        |         |
|----------------------------|------|---------------------------|--------|---------|
|                            |      | 0 баллов                  | 1 балл | 2 балла |
| 51,5                       | 28,4 | 22,7                      | 51,5   | 25,8    |

Выберите два верных утверждения, соответствующих результатам данного опыта. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Абсолютная погрешность измерения массы в опыте №4 составляет  $\pm 2$  г.
- 2) Абсолютная погрешность измерения силы тяги в опыте №2 составляет  $\pm 0,02$  Н.
- 3) Абсолютная погрешность определения силы нормальной реакции опоры одинакова во всех опытах.
- 4) Относительная погрешность измерения силы тяги во всех опытах меньше относительной погрешности измерения массы.
- 5) Коэффициент трения скольжения, определенный в работе графически, равен 0,25.

Ответ:

Для определения коэффициента трения в лабораторной работе ученик использовал деревянные линейку, брусок массой  $m = (50 \pm 2)$  г и набор грузов с одинаковой массой  $m = (100 \pm 2)$  г. В работе определяется модуль горизонтальной силы тяги, приложенной к бруску, при его равномерном скольжении по деревянной линейке. При этом в опытах брусок последовательно нагружался грузами из набора, а сила тяги измерялась в первых четырёх опытах динамометром с пределами измерений  $0 \div 1$  Н и ценой деления  $0,02$  Н/дел., а в двух последних опытах — динамометром с пределами измерений  $0 \div 5$  Н и ценой деления  $0,1$  Н/дел. Данные измерений указаны в таблице. Погрешность измерения силы тяги равна цене деления используемого в опыте динамометра. По небрежности ученик не указал в таблице погрешности измерений.

| № опыта | Масса бруска с грузами, г | Сила тяги, Н |
|---------|---------------------------|--------------|
| 1       | 50                        | 0,12         |
| 2       | 150                       | 0,38         |
| 3       | 250                       | 0,62         |
| 4       | 350                       | 0,89         |
| 5       | 450                       | 1,1          |
| 6       | 550                       | 1,4          |

Выберите **два** верных утверждения, соответствующих результатам данных опытов. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Абсолютная погрешность измерения массы в опыте № 2 составляет  $\pm 4$  г.
- 2) Абсолютная погрешность измерения силы тяги в опыте № 4 составляет  $\pm 0,1$  Н.
- 3) Относительная погрешность измерения массы в опыте № 1 составляет более 10%.
- 4) Относительная погрешность измерения силы тяги одинакова во всех опытах.
- 5) Измерения массы в каждом опыте проводятся с меньшей относительной погрешностью, чем измерения силы тяги.

Ответ:

|   |   |
|---|---|
| 1 | 5 |
|---|---|

На рисунке 1 дан график (отрезки 1–2 и 3–4) зависимости проекции ускорения точечного тела, движущегося прямолинейно вдоль оси  $Ox$ , от времени. В начальный момент проекция скорости тела на ось  $Ox$  была равна  $1 \text{ м/с}$ , а его положение отмечено точкой  $A$  на рисунке 2. Постройте график зависимости координаты  $x$  этого тела от времени. Решение поясните, используя законы механики.

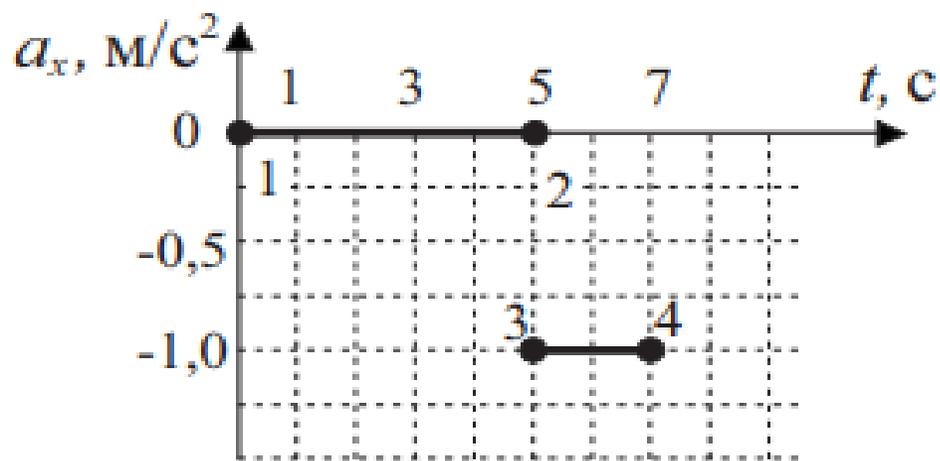


Рис. 1

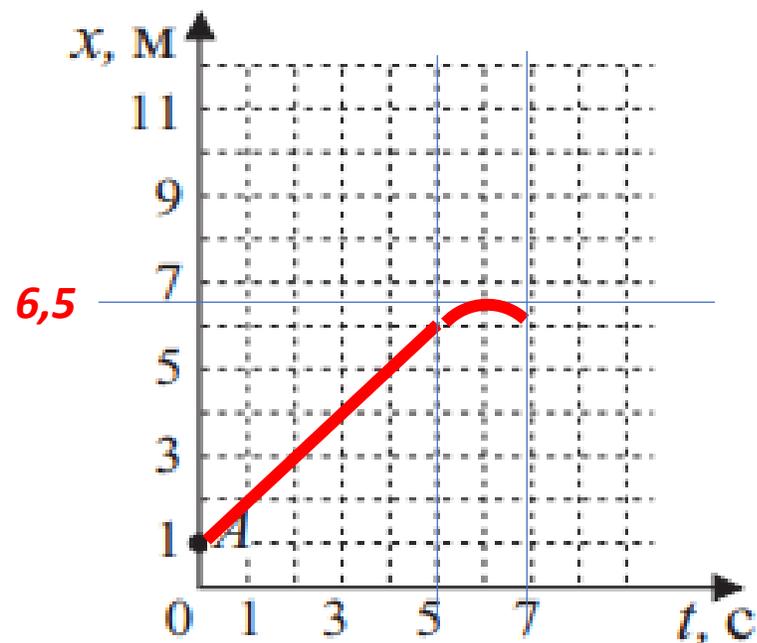


Рис. 2

| Средний процент выполнения | КД   | Средний процент по баллам |        |         |
|----------------------------|------|---------------------------|--------|---------|
|                            |      | 0 баллов                  | 1 балл | 2 балла |
| 16,9                       | 36,8 | 72,8                      | 20,4   | 6,8     |

## ЧАСТЬ 2

### 7 заданий с развернутым ответом:

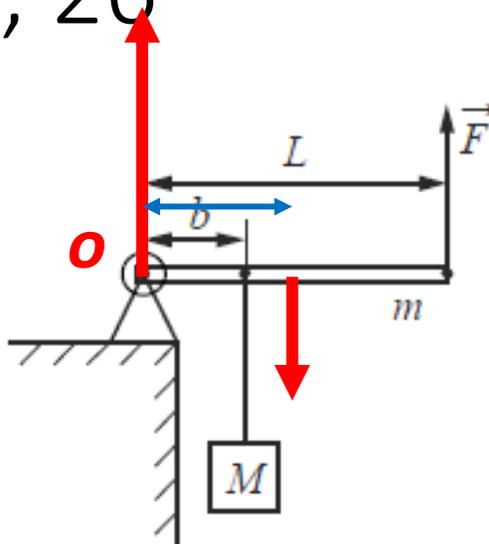
2 задачи по механике, 1-2 задачи по молекулярной физике, 2-3 задачи по электродинамике, 1 задача по квантовой физике

- №24 - качественная задача (по любому разделу), 3 балла
- №25 – расчетная задача (молекулярная физика, механика), 2 балла
- №26 – расчетная задача (квантовая физика), 2 балла
- №27 – расчетная задача (молекулярная физика), 3 балла
- №28 – расчетная задача (электродинамика), 3 балла
- №29 – расчетная задача (электродинамика /оптика/), 3 балла
- №30 – расчетная задача (механика), 4 балла

# Задания 25, 26

25

Груз массой  $M = 75$  кг медленно поднимают с помощью рычага, приложив вертикальную силу  $\vec{F}$  (см. рисунок). Рычаг, сделанный из однородного стержня массой  $m = 10$  кг и длиной  $L = 4$  м, шарнирно закреплён. Определите модуль силы  $\vec{F}$ , если расстояние  $b$  от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1,6 м. Считать, что трение в шарнире отсутствует.



$$FL = Mgb + mg \frac{L}{2}$$

$$F = \frac{75 \cdot 10 \cdot 1,6 + 10 \cdot 10 \cdot 2}{4}$$

$$F = 350 \text{ Н}$$

26

В опыте по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. При этом измеряется запирающее напряжение. В таблице представлены результаты исследования зависимости модуля запирающего напряжения  $U$  от длины волны  $\lambda$  падающего света.

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + eU_1$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A + eU_2$$

|                                       |     |     |
|---------------------------------------|-----|-----|
| Модуль запирающего напряжения $U$ , В | 0,4 | 0,6 |
| Длина волны света $\lambda$ , нм      | 546 | 491 |

$$P \cdot \tau = N \cdot h\nu$$

$$\tau = \frac{Nh\nu}{P} = \frac{7 \cdot 10^{14} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 5 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^{-14}}$$

$$= 7,7c$$

Чему равна постоянная Планка по результатам этого эксперимента?

26

Детектор полностью поглощает падающий на него свет частотой  $\nu = 7 \cdot 10^{14}$  Гц. Поглощаемая мощность  $P = 3 \cdot 10^{-14}$  Вт. За какое время детектор поглотит  $N = 5 \cdot 10^5$  фотонов?

В опыте по изучению фотоэффекта фотоэлектроны тормозятся электрическим полем. При этом измеряется запирающее напряжение. В таблице представлены результаты исследования зависимости модуля запирающего напряжения  $U$  от длины волны  $\lambda$  падающего света.

### Возможное решение

1. Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта применительно к результатам проведённого исследования:

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + E_{K1} = A_{\text{вых}} + eU_1 \text{ для первого опыта}$$

и  $\frac{hc}{\lambda_2} = A_{\text{вых}} + E_{K2} = A_{\text{вых}} + eU_2$  для второго опыта.

2. Вычитая из второго уравнения первое, получим:

$$hc \left( \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) = e(U_2 - U_1).$$

3. Таким образом,

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)\lambda_1\lambda_2}{c(\lambda_1 - \lambda_2)} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (0,6 - 0,4) \cdot 546 \cdot 10^{-9} \cdot 491 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 10^8 \cdot (546 \cdot 10^{-9} - 491 \cdot 10^{-9})} \approx 5,2 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

Ответ:  $\approx 5,2 \cdot 10^{-34}$  Дж · с

# Обобщенная схема оценивания заданий 25, 26

| Критерии оценивания выполнения задания   | Баллы |
|--|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи <u>выбранным способом</u> (в данном случае: <b>*****</b>);</p> <p>II) описаны все <b>вновь</b> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</p> <p>III) <u>проведены необходимые математические преобразования</u> и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) <u>представлен правильный ответ</u> с указанием единиц измерения искомой величины</p> | 2     |

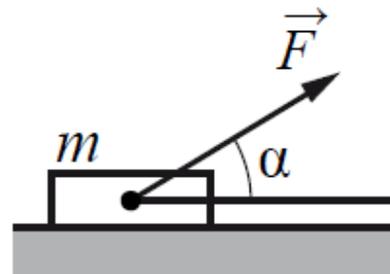
<sup>1</sup> Здесь и далее стандартными считаются обозначения, принятые в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике

## Обобщенная схема оценивания задания 25

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. | 1                        |
| Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.   | 1.1                      |
| И (ИЛИ)   |                          |
| В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.   | 1.2                      |
| И (ИЛИ)   |                          |
| В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.   | 1.3                      |
| И (ИЛИ)   |                          |
| Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка   | 1.4                      |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла   | 0                        |
|   | <i>Максимальный балл</i> |
|   | 2                        |

## Задача №25

Брусок массой  $m = 2$  кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и плоскостью  $\mu = 0,2$ .



Модуль силы трения, действующей на брусок,  $F_{\text{тр}} = 2,8$  Н. Чему равен модуль силы  $F$ ?

### Возможное решение

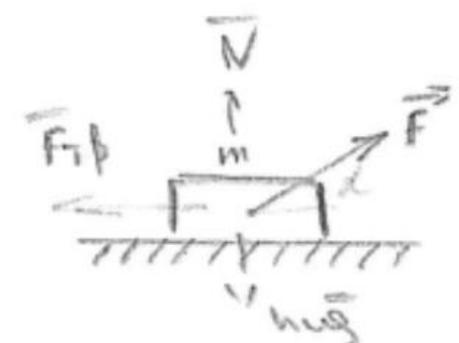
Запишем проекции второго закона Ньютона на вертикальную ось:  
 $0 = N - mg + F \sin \alpha$ . Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим  $F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$ . В итоге,

искомая сила равна  $F = \frac{\mu mg - F_{\text{тр}}}{\mu \sin \alpha} = \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 10 - 2,8}{0,2 \cdot 0,5} = 12$  Н.

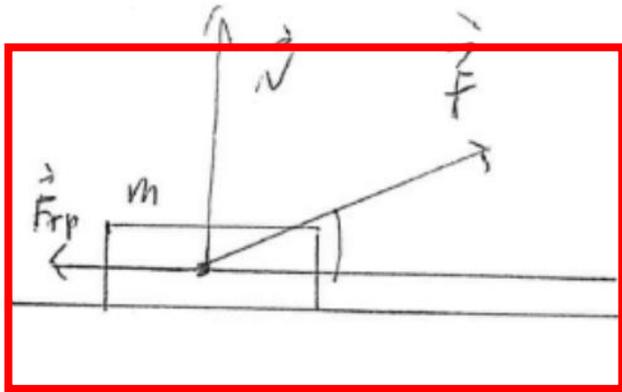
| Критерии оценивания выполнения задания   | Баллы |
|--|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Второй закон Ньютона, формула силы трения скольжения</span> );</p> <p>II) описаны все <b>вновь</b> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p> | 2     |

# Примеры решения

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Дано:                           | Решение: $\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a}$  |
| $m = 2 \text{ кг}$              | $Ox: F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma \quad Oy: N + F \sin \alpha = mg$   |
| $\alpha = 30^\circ$             | $F_{\text{тр}} = \mu mg - F \sin \alpha \mu$  |
| $\mu = 0,2$                     | $F = \frac{\mu mg - F_{\text{тр}}}{\sin \alpha \mu} = \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 10 - 2,8}{0,5 \cdot 0,2} = 12 \text{ Н.}$ |
| $F_{\text{тр}} = 2,8 \text{ Н}$ |   |
| $F = ?$                         | Ответ: 12 Н.  |



3.



Deno:

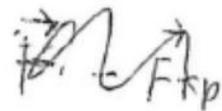
$$m = 2 \text{ kg}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 0,2$$

$$f_{tr} = 2,8 \text{ H}$$

$$|F| = ?$$



$$N + F \sin \alpha - mg = 0$$

$$|F| = \frac{mg - N}{\sin \alpha} = \frac{mg - \frac{F_{tr}}{\mu}}{\sin \alpha} = \frac{2 \cdot 10 - \frac{2,8}{0,2}}{\sin 30} = \frac{20 - 14}{\frac{1}{2}} = 12$$

OTbet: 12 H,

1.2

Dado:

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

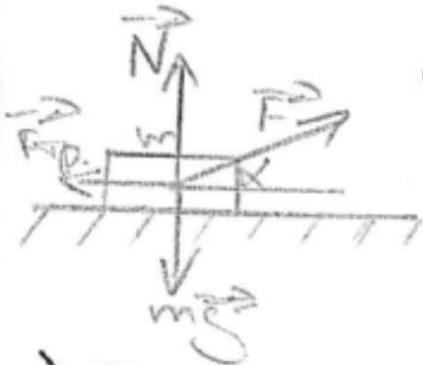
$$\mu = 0,2$$

$$F_{fp} = 2,8 \text{ H}$$

$$|F| = ?$$

Resumen:

~~$F + N + mg + F_{fp} = ma$~~   $\vec{N} + \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{fp} = m\vec{a}$



$$0x; F \cos \alpha - F_{fp} = ma$$

$$0y; mg = N + F \cdot \sin \alpha$$

$$1) F_{fp} = \mu N;$$

$$N = \frac{2,8}{0,2} = 14$$

$$2) mg = N + F \cdot \sin \alpha$$

$$2 \cdot 10 = 14 + F \cdot \frac{1}{2};$$

$$|F| = 12$$

Otro: 12,

1.4

5.3

Dauer

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 0,2$$

$$F_{\text{tp}} = 2,8 \text{ N}$$

$|F| = ?$



Pemeriksaan

$$\sum F_x: -F_{\text{tp}} + F \sin \alpha = ma$$

$$\sum F_y: mg = N + F \cos \alpha$$

$$ma = F \sin \alpha - \mu mg$$

$$F \sin \alpha = m(a + \mu g)$$

$$F = \frac{m(a + \mu g)}{\sin \alpha}$$

$$F_{\text{tp}} = \mu(mg - F \cos \alpha)$$

$$-F \cos \alpha = \frac{F_{\text{tp}}}{\mu} - mg$$

$$|F| = \frac{mg - \frac{F_{\text{tp}}}{\mu}}{\cos \alpha}$$

$$= \frac{2 \cdot 10 - \frac{2,8}{0,2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{6 \cdot 2}{\sqrt{3}} \approx 6,93 \text{ N}$$

Jawab: 6,93 N.

$$F_{\text{tp}} = \mu N = \mu(mg - F \cos \alpha)$$

$$N = mg - F \cos \alpha$$

$$ma = F \sin \alpha + \mu mg + (-\mu F \cos \alpha)$$

$$F \sin \alpha - \mu F \cos \alpha = m(\mu g - a)$$

$$\frac{1}{2} F - 0,2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} F = m(\mu g - a)$$

$$0,33 F = 2(0,2 \cdot 10 - a)$$

$$0,33 F = 4 - 2a$$

0

# Задания с развернутым ответом

24

Параллельно катушке индуктивности  $L$  с малым активным сопротивлением включена лампа накаливания (см. рис. *а*). Яркость свечения лампы прямо пропорциональна напряжению на ней. На рис. *б* представлен график зависимости силы тока  $I$  в катушке от времени  $t$ . Опираясь на законы физики, изобразите график зависимости яркости свечения лампы от времени. Объясните построение графика, указав явления и закономерности, которые Вы при этом использовали.

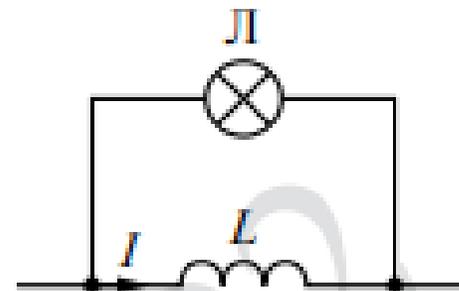
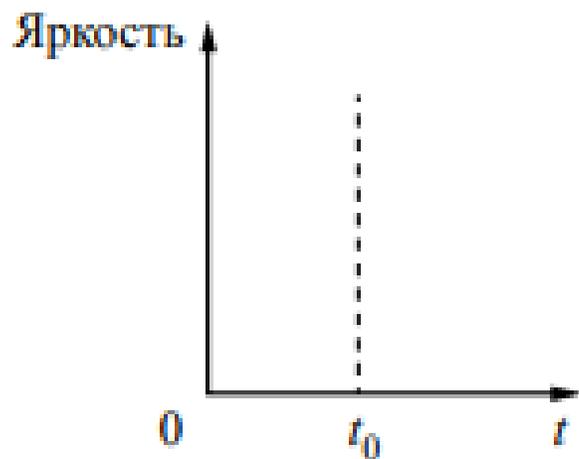


Рис. *а*

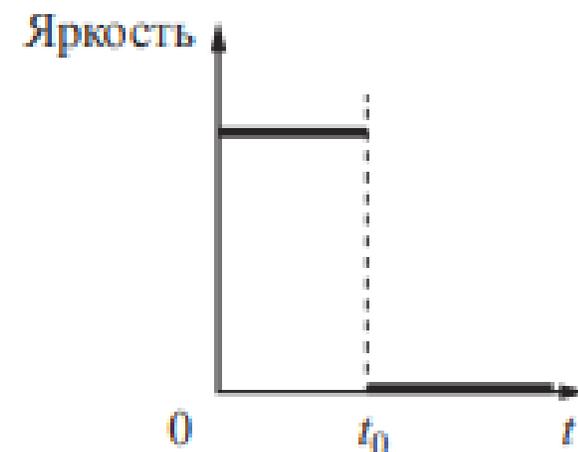


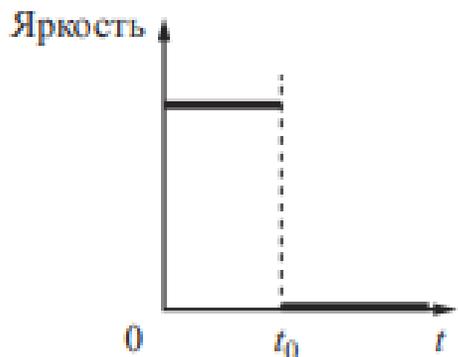
Рис. *б*



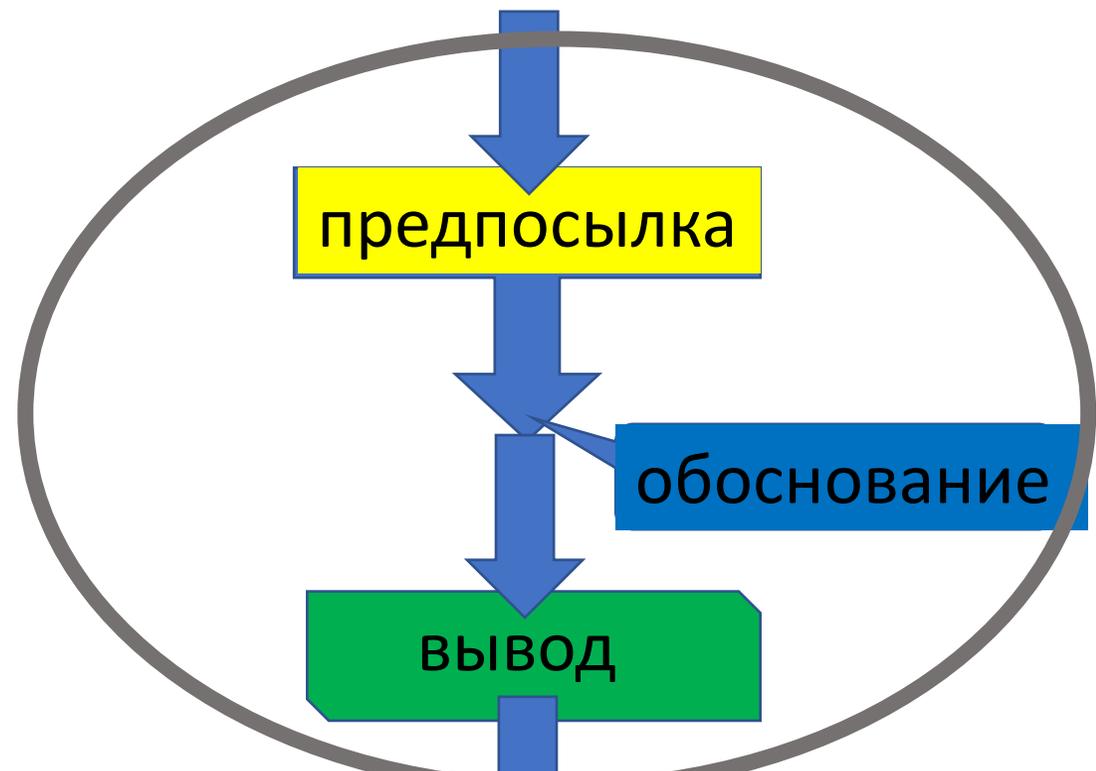
### Возможное решение

1. Катушка и лампочка соединены параллельно, поэтому напряжение на лампочке равно напряжению на катушке.
2. По условию активное сопротивление  $R$  катушки пренебрежимо мало. Поэтому согласно закону Ома для участка цепи напряжение на нём стремится к нулю. Следовательно, напряжение на катушке равно ЭДС самоиндукции катушки.
3. При  $t < t_0$  сила тока в катушке изменяется по линейному закону. ЭДС самоиндукции катушки  $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = const$ . Напряжение на лампочке равно ЭДС самоиндукции катушки, а значит, постоянно, и яркость свечения лампочки на этом интервале времени также постоянна.
4. При  $t > t_0$  сила тока в катушке постоянна,  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$  и, следовательно, ЭДС самоиндукции катушки и напряжение на лампочке равны нулю. На этом интервале времени лампочка не светит.
5. График зависимости яркости свечения лампочки от времени приведён на рисунке.





| Критерии оценивания выполнения задания  | Баллы |
|---|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>правильно изображён график зависимости яркости лампочки от времени</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>указано, что при параллельном соединении элементов цепи напряжения на них одинаковы; закон Ома для участка цепи, формула для расчёта ЭДС самоиндукции катушки</i> ) | 3     |



|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не использованы одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p> | 2 | <p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p> <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p> | 1 |
| <i>Максимальный балл</i>   |   |  | 3 |

В комнате размерами  $4 \times 5 \times 3$  м, в которой воздух имеет температуру  $10^\circ\text{C}$  и относительную влажность  $30\%$ , включили увлажнитель воздуха производительностью  $0,2$  л/ч. Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через  $1,5$  ч? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $10^\circ\text{C}$  равно  $1,23$  кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

#### Возможное решение

1. Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара  $p$  и давлением  $p_{\text{нас}}$  насыщенного пара при той же температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}.$$

За время  $\tau$  работы увлажнителя с производительностью  $I$  испаряется масса воды  $m = \rho I \tau$  плотностью  $\rho$ .

2. В результате исходная влажность в комнате,  $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}}$ , возрастает до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$$

Водяной пар в комнате объёмом  $V$  является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева – Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

где  $M$  – масса водяного пара,  $p$  – парциальное давление,  $\mu$  – его молярная масса.

3. Увеличение массы пара в комнате на  $m$  (от  $m_1$  до  $m_2 = m_1 + m$ ) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную испарившейся массе:  $\Delta p = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} = \frac{\rho I \tau}{\mu} \frac{RT}{V}$ .

$$\text{Отсюда: } \varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\rho I \tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{нас}} V}.$$

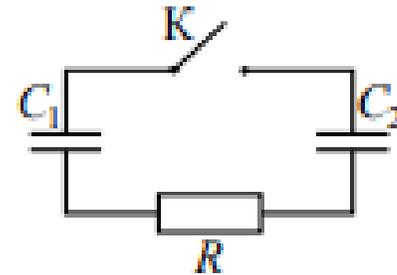
4. Подставляя значения физических величин, получим:

$$\varphi_2 = 0,3 + \frac{10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,31 \cdot 283}{1,23 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3} = 0,83 = 83\%.$$

Ответ:  $\varphi_2 = 83\%$

28

Конденсатор  $C_1 = 1$  мкФ заряжен до напряжения  $U = 300$  В и включён в последовательную цепь из резистора  $R = 300$  Ом, незаряженного конденсатора  $C_2 = 2$  мкФ и разомкнутого ключа К (см. рисунок). Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа, пока ток в цепи не прекратится?



#### Возможное решение

1. Первоначальный заряд конденсатора  $C_1$   $q = C_1 U$ .
2. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе  $R$  становится равным нулю. Поэтому их можно считать соединёнными параллельно. Тогда их общая ёмкость  $C_0 = C_1 + C_2$ .
3. По закону сохранения заряда суммарный заряд конденсаторов будет равен  $C_1 U$ .
4. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях:

$$Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \frac{(C_1 U)^2}{2(C_1 + C_2)}$$

Откуда получим:

$$Q = \frac{C_1 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2}{2(10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})} = 0,03 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $Q = 30$  мДж

Два точечных источника света находятся на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии  $L = 1$  м друг от друга. Линза находится между ними. Расстояние от линзы до одного из источников  $x = 20$  см. Изображения обоих источников получились в одной точке. Найдите оптическую силу линзы. Постройте на отдельных рисунках изображения двух источников в линзе, указав ход лучей.

### Возможное решение

1. Так как источники находятся с разных сторон от линзы, то для одного из них изображение должно быть действительным, а для другого – мнимым (см. рисунок).
2. Источник, который находится ближе к линзе, даёт мнимое изображение.

3. Формулы тонкой линзы для двух источников имеют вид:

$$\frac{1}{x} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (\text{минус перед } f, \text{ так как изображение мнимое}), \quad (1)$$

$$\frac{1}{L-x} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \quad (2)$$

где  $F$  – фокусное расстояние линзы,  $f$  – расстояние от линзы до точки, в которой находятся оба изображения.

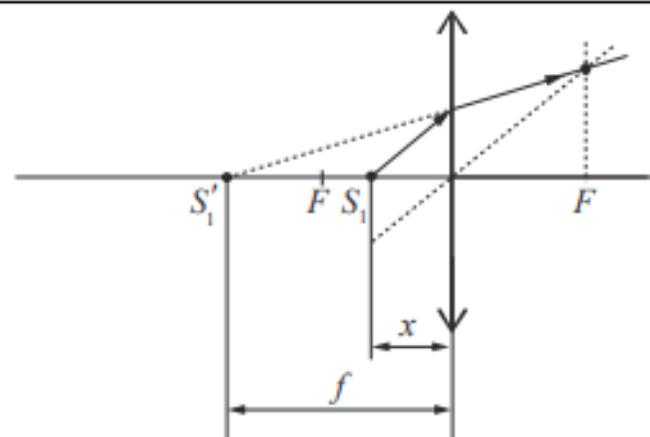
4. Решая систему уравнений (1)–(2), получим:

$$F = \frac{2x(L-x)}{L}.$$

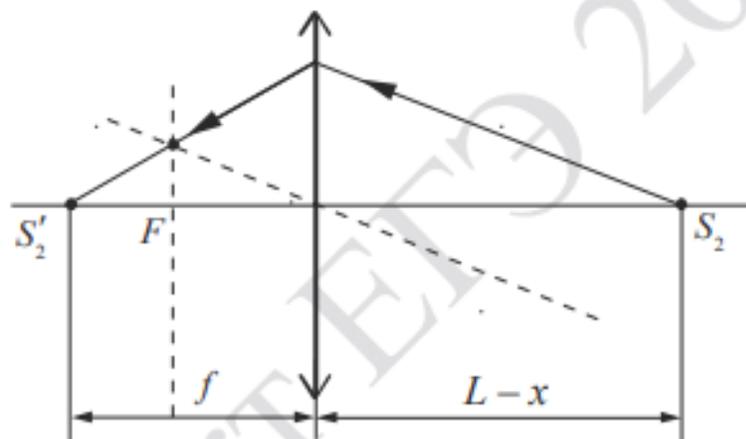
5. Так как оптическая сила линзы  $D = \frac{1}{F}$ , то получим:

$$D = \frac{L}{2x(L-x)} = \frac{1}{2 \cdot 0,2(1-0,2)} = 3,125 \text{ дптр.}$$

Ответ:  $D = 3,125$  дптр



Источник, который находится дальше от линзы, даёт действительное изображение.



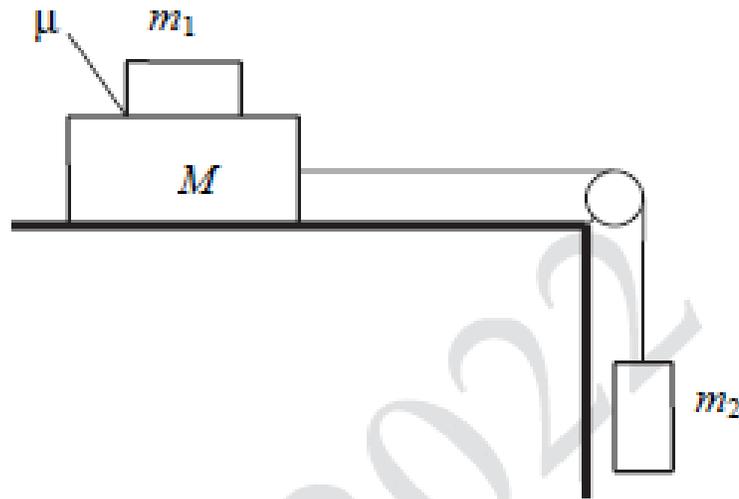
| Критерии оценивания выполнения задания  | Баллы |
|---|-------|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула тонкой линзы для двух источников, формула оптической силы линзы</i>);</p> <p>II) сделаны правильные рисунки, на которых построены изображения двух источников, с указанием хода лучей в линзе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p> | 3     |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p> | 2 | <p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Сделаны только правильные рисунки, на которых построены изображения двух источников с указанием хода лучей в линзе</p> | 1 |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>  |   | 0  |   |
| <p><i>Максимальный балл</i></p>   |   | 3  |   |

# Задание 30. Обоснование физической модели

30

Система грузов  $M$ ,  $m_1$  и  $m_2$ , показанная на рисунке, движется из состояния покоя. Поверхность стола горизонтальная гладкая. Коэффициент трения между грузами  $M$  и  $m_1$   $\mu = 0,2$ . Грузы  $M$  и  $m_2$  связаны лёгкой нерастяжимой нитью, которая скользит по блоку без трения. Пусть  $M = 1,2$  кг,  $m_1 = m_2 = m$ . При каких значениях  $m$  грузы  $M$  и  $m_1$  движутся как одно целое?



Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

| Критерии оценивания выполнения задания   | Баллы |
|--|-------|
| <i>Критерий 1</i>  |       |
| Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)               | 1     |
| В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. | 0     |
| ИЛИ<br>Обоснование отсутствует   |       |
| <i>Критерий 2</i>  |       |

| Критерии оценивания выполнения задания   | Баллы |   |
|--|-------|---|
| <p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула тонкой линзы для двух источников, формула оптической силы линзы</i>);</p> <p>II) сделаны правильные рисунки, на которых построены изображения двух источников, с указанием хода лучей в линзе;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p> | 3     |   |
|  |       | <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p> |

2

|  |   |
|--|---|
| <p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Сделаны только правильные рисунки, на которых построены изображения двух источников с указанием хода лучей в линзе</p> | 1 |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>   | 0 |
| <p><i>Максимальный балл</i></p>  | 3 |

### Обоснование

Будем считать систему отсчёта, связанную со столом, инерциальной. Пока грузы  $M$  и  $m_1$  движутся как одно целое, их можно считать одним твёрдым телом  $M + m$  сложной формы. Это тело движется поступательно, как и груз  $m_2$ , поэтому эти тела можно описывать моделью материальной точки. В ИСО движение материальной точки описывается вторым законом Ньютона.

На рисунке показаны внешние силы, действующие на это тело и на груз  $m_2$ .

Так как нить лёгкая и скользит по блоку без трения, то можно считать

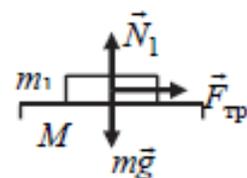
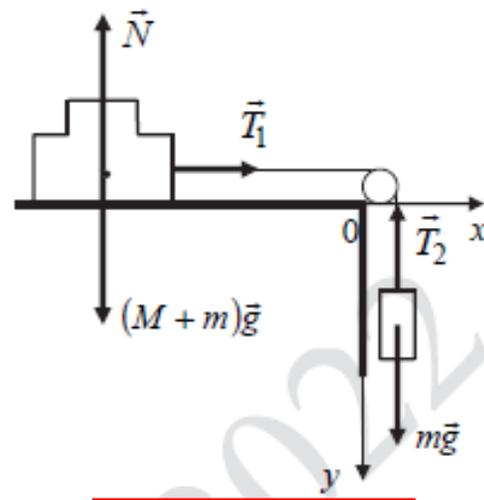
$$T_1 = T_2 = T \quad (1)$$

Так как нить нерастяжима, то ускорения тел

$$a_1 = a_2 = a \quad (2)$$

Груз  $m_1$  покоится относительно груза  $M$ . Силы, действующие на этот груз, показаны на рисунке.

Так как на груз действует сила трения покоя, то она удовлетворяет условию  $F < \mu N_1$ .



- Выбор ИСО
- Материальные точки
- Рисунок с указанием сил, действующих на тела
- Условие равенства сил натяжения нити
- Условие равенства ускорений тел

Снаряд массой  $4 \text{ кг}$ , летящий со скоростью  $400 \text{ м/с}$ , разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается на  $0,5 \text{ МДж}$ . Найдите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Какие законы Вы использовали для описания разрыва снаряда? Обоснуйте их применимость к данному случаю.

### Обоснование

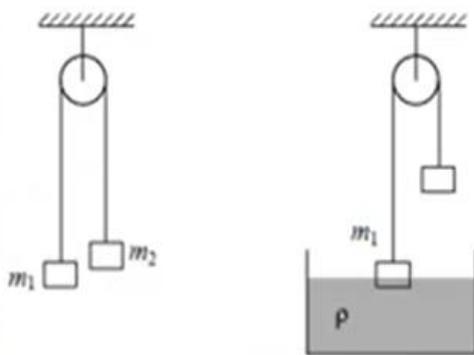
Для описания разрыва снаряда использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае из-за отсутствия сопротивления воздуха внешней силой является только сила тяжести  $m\vec{g}$ , которая не равна нулю. Но этим можно пренебречь, считая время разрыва снаряда малым. За малое время разрыва импульс каждого из осколков меняется на конечную величину за счёт больших внутренних сил, разрывающих снаряд при взрыве. По сравнению с этими большими силами конечная сила тяжести пренебрежимо мала.

Так как время разрыва снаряда считаем малым, то можно пренебречь и изменением потенциальной энергии снаряда и его осколков в поле тяжести в процессе разрыва.

### Решение

- Выбор ИСО
- Материальные точки
- Условие применимости закона сохранения энергии
- Условие применимости закона сохранения импульса

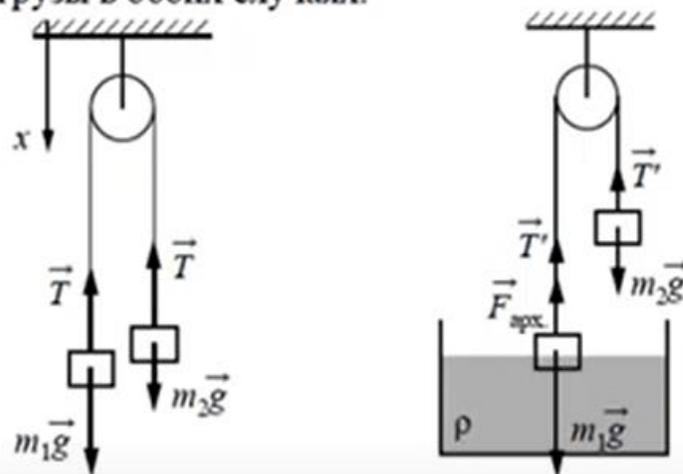
Два груза подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первый груз массой  $m_1 = 500$  г движется из состояния покоя вниз с ускорением  $a$ . Если первый груз опустить в жидкость с плотностью  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, находящуюся в сосуде большого объема, система будет находиться в равновесии. При этом объём погруженной в жидкость части груза равен  $V = 1,5 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>. Определите ускорение  $a$  первого груза. Обоснуйте применимость использующихся законов к решению задачи.



- Выбор ИСО
- Материальные точки
- Рисунок с указанием сил, действующих на тела
- Условие равенства сил натяжения нити
- Условие равенства ускорений тел

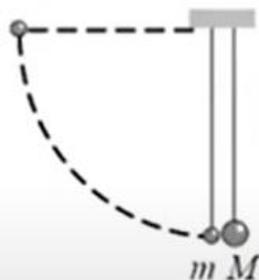
### Обоснование

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Направим ось  $x$  декартовой системы координат вертикально вниз.
2. Грузы будем считать материальными точками независимо от их размеров, так как они движутся поступательно. На рисунках показаны силы, действующие на грузы в обоих случаях.



3. Учтено, что нить невесома, блок идеальный (нить скользит по нему без трения), поэтому можно считать  $T_1 = T_2 = T$ . Так как нить нерастяжима, а грузы движутся прямолинейно, то ускорения тел  $a_1 = a_2 = a$ .
4. Во втором случае система находится в равновесии за счёт появления силы Архимеда, действующей на погружённую в воду часть груза  $m_1$ . Поэтому сумма проекций на ось  $x$  сил, действующих на каждый из грузов, будет равна нулю.

Два шарика, массы которых  $m = 0,1$  кг и  $M = 0,2$  кг, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях длиной  $l = 1,5$  м (см. рис.). Левый шарик отклоняют на угол  $90^\circ$  и отпускают из состояния покоя. Какое количество теплоты выделится в результате абсолютно неупругого удара шариков? Обоснуйте применимость использующихся законов к решению задачи.



- Выбор ИСО
- Материальные точки
- Условие применимости закона сохранения энергии
- Условие применимости закона сохранения импульса

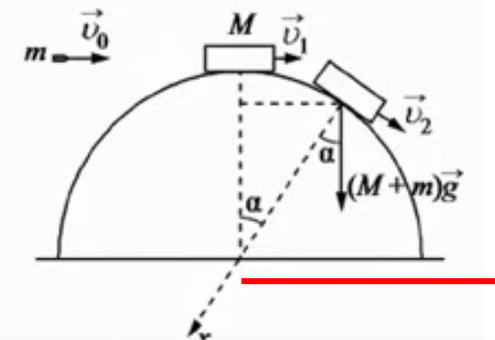
### Обоснование

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной (ИСО).
2. Шарик  $m$  и  $M$  описываем моделью материальной точки, так как их размеры малы по сравнению с длинами нитей.
3. При движении шарика  $m$  по окружности от начального положения до столкновения шариков на него действуют потенциальная сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}$  (сопротивлением воздуха пренебрегаем). Сила  $\vec{T}$  направлена по нити, то есть по радиусу окружности, а скорость  $\vec{v}$  шарика  $m$  направлена по касательной к окружности. Поэтому в любой точке траектории шарика  $\vec{T} \perp \vec{v}$  и работа силы  $\vec{T}$  при движении шарика от начального положения до места столкновения шариков равна нулю. Следовательно, при этом движении сохраняется механическая энергия шарика  $m$

$$E_{\text{мех}} = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

4. Закон сохранения импульса системы тел выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим горизонтально вправо, по направлению скорости шарика  $m$  перед столкновением. При столкновении все внешние силы, действующие на систему тел «шарик  $m$  + шарик  $M$ » (силы тяжести  $m\vec{g}$  и  $M\vec{g}$ , а также силы натяжения нитей) вертикальны. Следовательно, в ИСО проекция импульса системы «шарик  $m$  + шарик  $M$ » на горизонтальную ось сохраняется при их столкновении.

Небольшое тело массой  $M = 0,99$  кг лежит на вершине гладкой полусферы. В тело попадает пуля массой  $m = 0,01$  кг, летящая горизонтально со скоростью  $v_0 = 200$  м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите радиус сферы, если высота, на которой тело оторвётся от поверхности полусферы,  $h = 0,8$  м. Высота отсчитывается от основания полусферы.



- Выбор ИСО
- Материальные точки
- Условие применимости закона сохранения энергии
- Условие применимости закона сохранения импульса

- Выбор ИСО
- Материальные точки
- Рисунок с указанием сил, действующих на тела

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО). Тело  $M$  и пулю описываем моделью материальной точки, так как их размеры малы по сравнению с радиусом сферы.

2. Закон сохранения импульса выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим горизонтально вправо, параллельно скорости  $\vec{v}_0$  пули. Все внешние силы, действующие на пулю и на тело  $M$ , вертикальны (поверхность сферы гладкая, сила сопротивления воздуха, действующая на пулю, не играет роли, так как скорость пули по условию рассматривается непосредственно перед ударом). Следовательно, в ИСО импульс системы «пуля  $m$  + тело  $M$ », первоначально горизонтальный, сохраняется при их столкновении.

3. При движении тела  $M$  с застрявшей в нём пулей по поверхности сферы на тело  $M$  действуют потенциальная сила тяжести  $(M + m)\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$  со стороны сферы, перпендикулярная поверхности сферы (трения нет, так как поверхность гладкая). Поэтому работа силы  $\vec{N}$  при движении тела  $M$  по поверхности сферы равна нулю. Следовательно, механическая энергия тела  $M$  при его движении по поверхности сферы сохраняется.

4. Поскольку тело  $M$  с застрявшей в нём пулей описывается моделью материальной точки, условие отрыва этого тела от поверхности сферы формулируется на основе второго закона Ньютона. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры  $\vec{N}$ .

# Обоснование применимости законов механики

## ***Второй закон Ньютона для связанных тел***

1. Применяем в ИСО
2. Применяем для материальной точки
  - А) размеры тела, для которого применяется закон малы по сравнению с расстояниями и размерами других тел в данной задаче;
  - Б) тело движется поступательно
3. Рисунок с указанием сил, действующих на тела
4. Условие равенства сил натяжения нити (невесомость нити, идеальность блока при его наличии)
5. Условие равенства ускорений тел (нерастяжимость нити)

# Обоснование применимости законов механики

## ***Закон сохранения импульса системы тел***

1. Применяем в ИСО

2. Применяем для системы материальных точек

3. Применение закона сохранения импульса требует

А) замкнутости системы взаимодействующих тел, то есть отсутствия внешних сил

или

Б) замкнутости системы вдоль одной из осей

или

В) малости импульса внешних сил ввиду малого времени взаимодействия по сравнению с начальным и конечным импульсами взаимодействующих тел (при столкновении, разрыве тел, выстреле и т.п.) и конечности (ограниченности) внешних сил

$$\overrightarrow{p}_{\text{системы}}^{\text{конечный}} - \overrightarrow{p}_{\text{системы}}^{\text{начальный}} = \overrightarrow{F}_{\text{внешних сил}} \Delta t$$

# Обоснование применимости законов механики

## ***Закон сохранения энергии системы тел***

1. Применяем в ИСО
2. Применяем для системы материальных точек
3. Применение закона сохранения энергии требует равенства нулю мощности внешних сил и мощности неконсервативных сил.

Работа, а следовательно и мощность внешних и неконсервативных сил будет равна нулю либо если соответствующая сила равна нулю, либо когда сила перпендикулярна скорости. Последнее часто встречается для описания работы силы нормальной реакции опоры и силы натяжения нити.

4. Если эти работы нельзя считать равными нулю, то их сумма приравнивается к изменению полной механической энергии системы тел. Или убыль полной механической энергии приравнивается к количеству теплоты, выделившемуся в ходе изучаемого процесса.

$$E_{\text{конечная}} - E_{\text{начальная}} = A_{\text{внешних сил}} + A_{\text{неконсервативных сил}} \quad E_{\text{начальная}} - E_{\text{конечная}} = Q$$

При подготовке вебинара использовались:

1. Материалы демоверсии КИМ ЕГЭ - 2022

[ЕГЭ - ФИПИ](https://fipi.ru)

<https://fipi.ru> ›

2. материалы вебинара ФИПИ по изменениям в КИМ ЕГЭ в 2022 году, проведенного

М.Ю.Демидовой

3. Журнал «Педагогические измерения», 2/21

[ЕГЭ - ФИПИ](https://fipi.ru)

<https://fipi.ru> ›

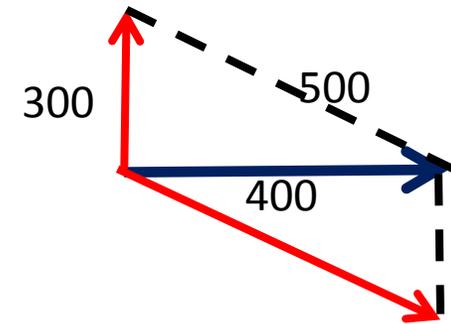
**Спасибо за  
внимание!**

# Векторные физические величины – векторные уравнения

Часть 1. Механические явления. Векторы.

- 25 Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 200 м/с, разбивается на два осколка. Первый осколок массой 1 кг летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению со скоростью 300 м/с. Найдите скорость второго осколка.

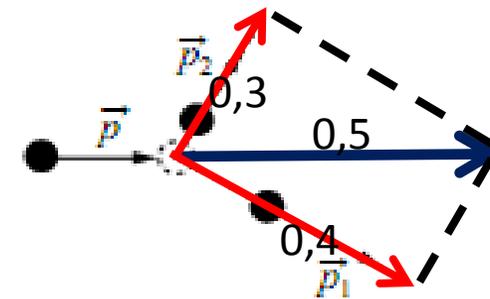
Ответ: 500 м/с.



$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

- 4 На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же шар. Налетевший шар имел до удара импульс  $p = 0,5$  кг·м/с. После удара шары разлетелись под углом  $90^\circ$  так, что импульс одного  $p_1 = 0,4$  кг·м/с (см. рисунок). Каков импульс другого шара после соударения?

Ответ: 0.3 кг·м/с.



# Чтение графиков

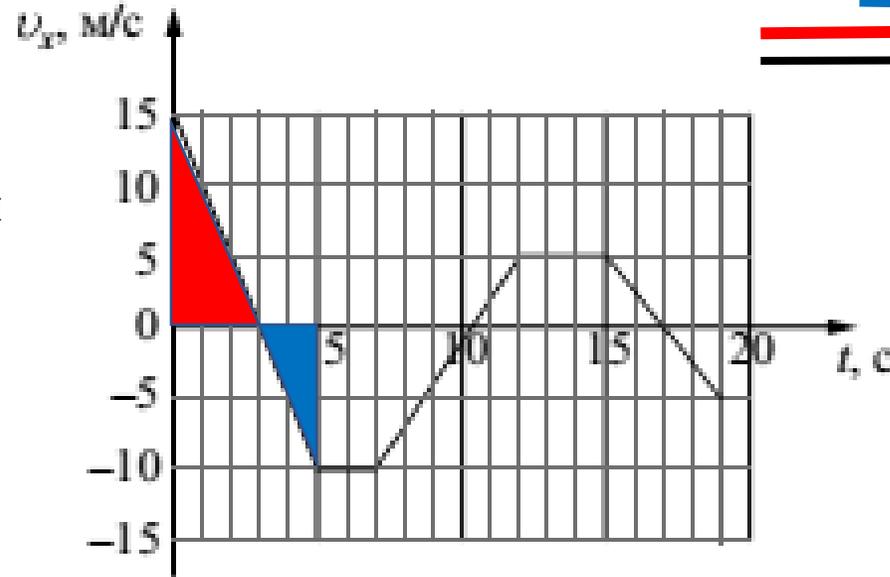
1

На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .

+

$$\frac{15 \cdot 3}{2} = 22,5 \text{ м}$$

$$\frac{10 \cdot 2}{2} = 10 \text{ м}$$



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 0 до 5 с.

Ответ: 32,5 м.

Перемещение в интервале времени от ... до ...

Путь в интервале времени от ... до ...

Скорость (ускорение, импульс, кинетическая энергия, равнодействующая сил) в момент времени ...

Направление скорости (ускорения, импульса, равнодействующей сил)

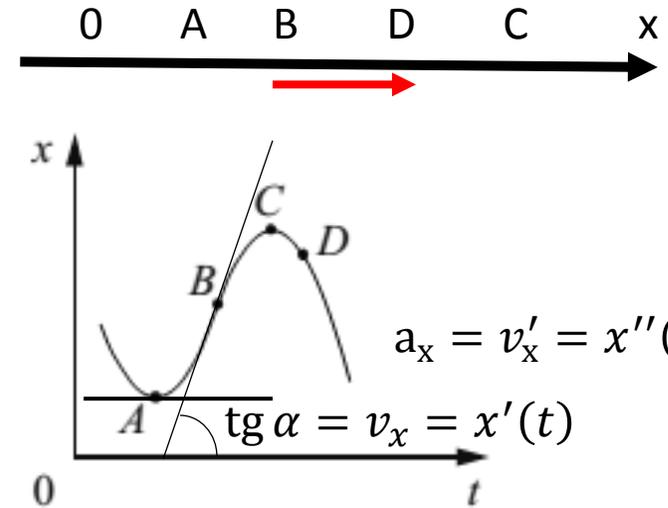
Механика (досрочный 2020)

# Умение читать графики функций

5

На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ .

Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения.



- + 1) В точке  $A$  проекция скорости тела на ось  $Ox$  равна нулю.
- 2) Проекция перемещения тела на ось  $Ox$  при переходе из точки  $B$  в точку  $D$  отрицательна.
- + 3) На участке  $BC$  скорость тела уменьшается.
- 4) В точке  $A$  проекция ускорения тела на ось  $Ox$  отрицательна.
- 5) В точке  $D$  ускорение тела и его скорость направлены в противоположные стороны.

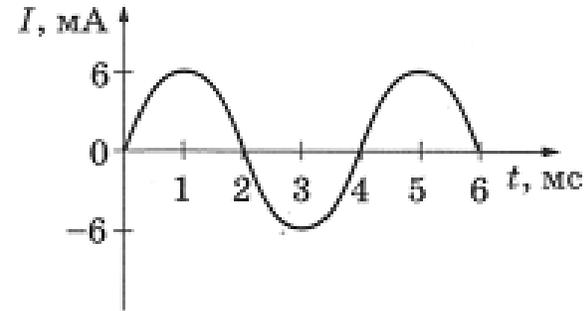
Ответ:

13

## Умение читать графики функций

16

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна  $0,3$  Гн. Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения и укажите их номера.



- + 1) Период электромагнитных колебаний равен  $4$  мс.
- + 2) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно  $5,4$  мкДж.
- 3) В момент времени  $4$  мс заряд конденсатора равен нулю.
- 4) В момент времени  $3$  мс энергия магнитного поля катушки достигает своего минимума.
- 5) За первые  $6$  мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума  $2$  раза.

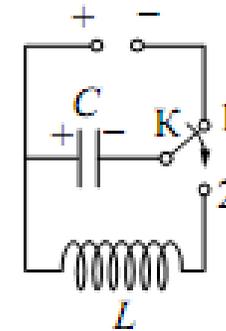
Ответ: **1 2**

$$W_{\text{махэл}} = W_{\text{махмагн}} = \frac{LI_{\text{мах}}^2}{2} = \frac{0,3 \cdot 36}{2} \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

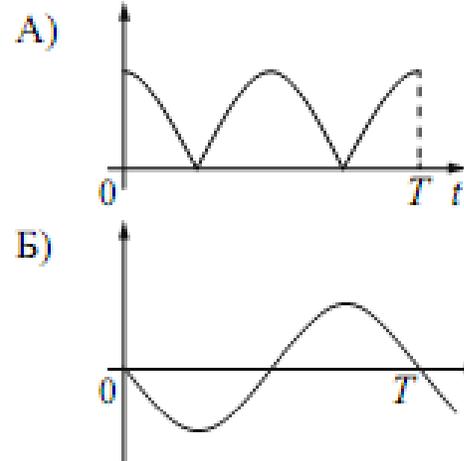
Часть 1. Электромагнитные явления. Чтение графиков.

18

Конденсатор колебательного контура подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.  $T$  – период колебаний. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



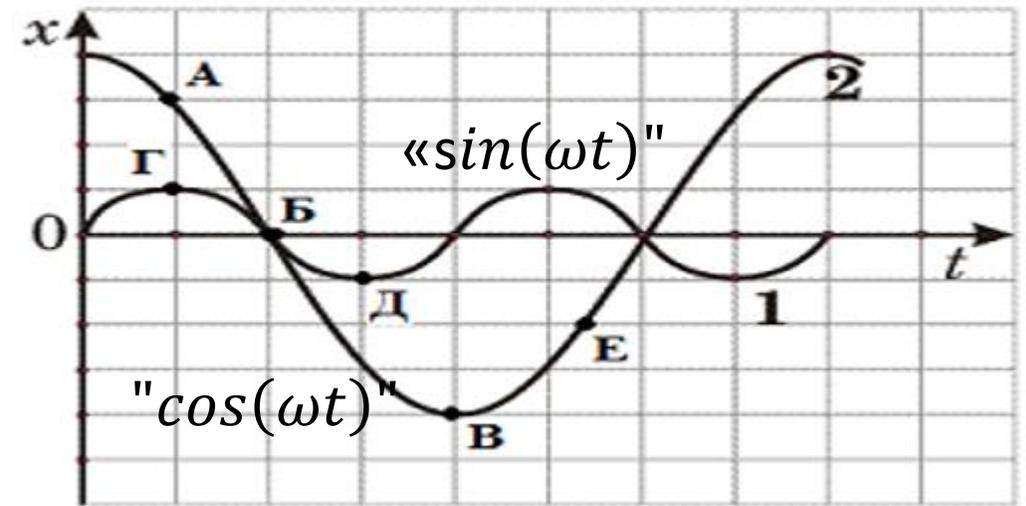
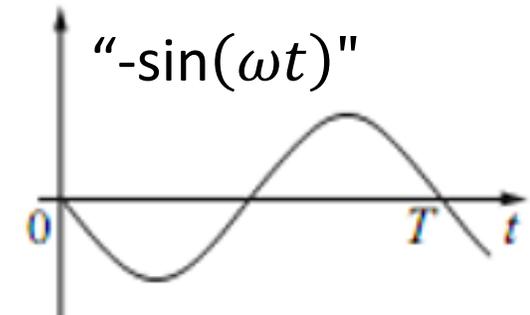
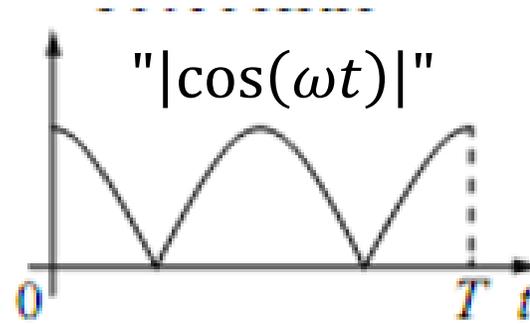
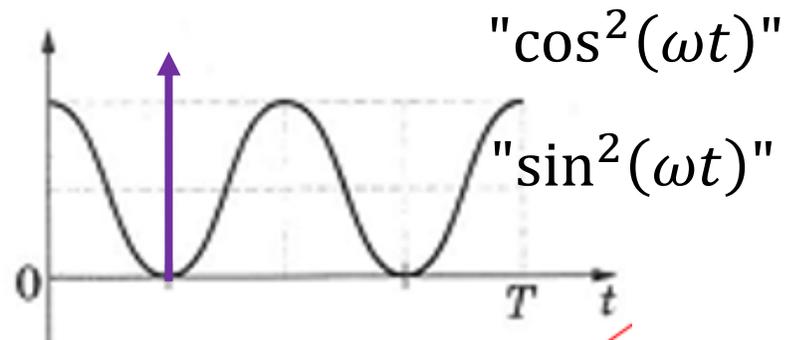
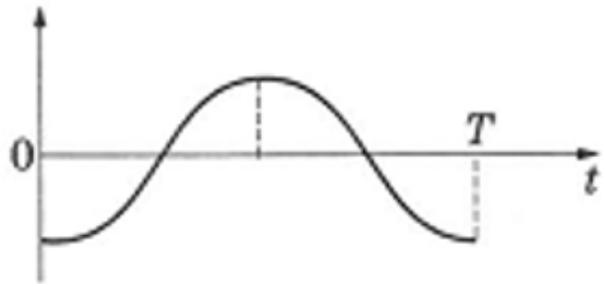
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) модуль напряжения на конденсаторе

Ответ:

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
| 4 | 1 |

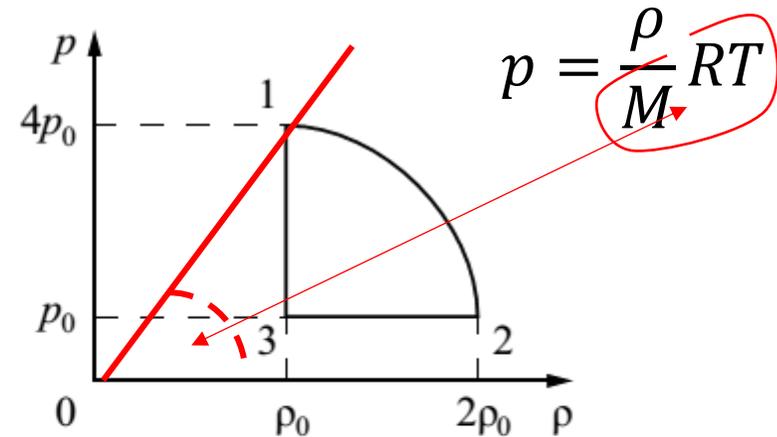
# Навыки чтения графиков



$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

# Умение читать графики функций

**11** На рисунке показана зависимость давления газа  $p$  от его плотности  $\rho$  в циклическом процессе, совершаемом 2 моль идеального газа в идеальном тепловом двигателе. Цикл состоит из двух отрезков прямых и четверти окружности. На основании анализа этого циклического процесса выберите два верных утверждения.



- + 1) В процессе 1–2 температура газа уменьшается.
- 2) В состоянии 3 температура газа максимальна.
- 3) В процессе 2–3 объём газа уменьшается.
- + 4) Отношение максимальной температуры к минимальной температуре в цикле равно 8.
- 5) Работа газа в процессе 3–1 положительна.

Ответ:

**14**

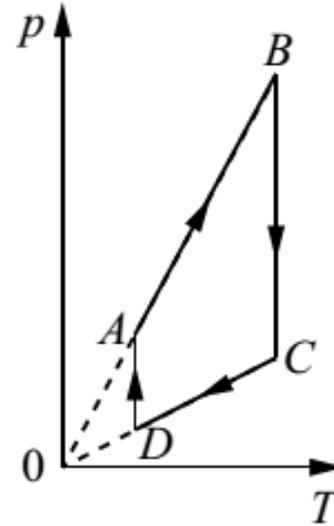
Демо 2017

# Умение читать графики функций

11

На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.

Из приведённого ниже списка выберите **все** правильных утверждения, характеризующих процессы на графике, и укажите их номера.



|    |  |
|----|--|
| 1) | Газ за цикл совершает положительную работу.                    |
| 2) | В процессе $AB$ газ получает положительное количество теплоты. |
| 3) | В процессе $BC$ внутренняя энергия газа уменьшается.           |
| 4) | В процессе $CD$ над газом совершают работу внешние силы.       |
| 5) | В процессе $DA$ газ изотермически расширяется.                 |

Ответ:

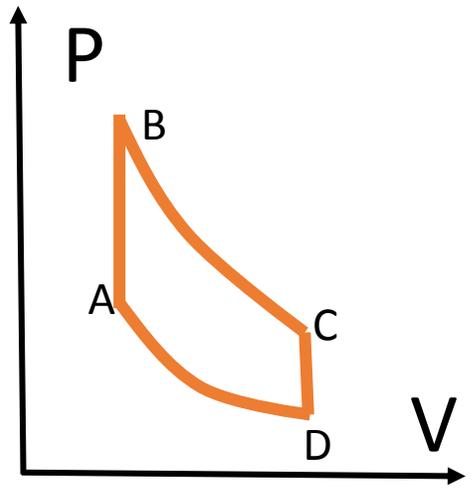
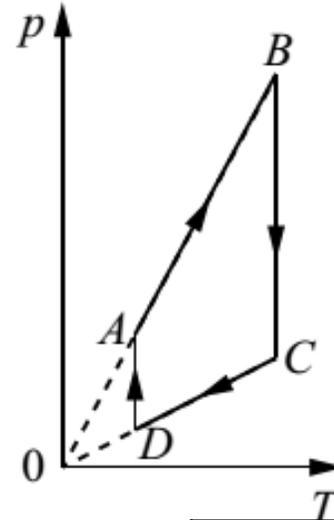
|                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> |
|----------------------|----------------------|

# Умение читать графики функций

11

На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах  $p-T$ , где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.

Из приведённого ниже списка выберите **все** правильных утверждения, характеризующих процессы на графике, и укажите их номера.



- +** 1) Газ за цикл совершает положительную работу.
- +** 2) В процессе  $AB$  газ получает положительное количество теплоты.
- 3) В процессе  $BC$  внутренняя энергия газа уменьшается.
- 4) В процессе  $CD$  над газом совершают работу внешние силы.
- 5) В процессе  $DA$  газ изотермически расширяется.

| процес<br>с | A | $\Delta U$ | Q | комме<br>нтарий |
|-------------|---|------------|---|-----------------|
| AB          | 0 | +          | + | Получает тепло  |
| BC          | + | 0          | + | Получает тепло  |
| CD          | 0 | -          | - | Отдает тепло    |
| DA          | - | 0          | - | Отдает тепло    |
| цикл        | + | 0          | + | Получает тепло  |

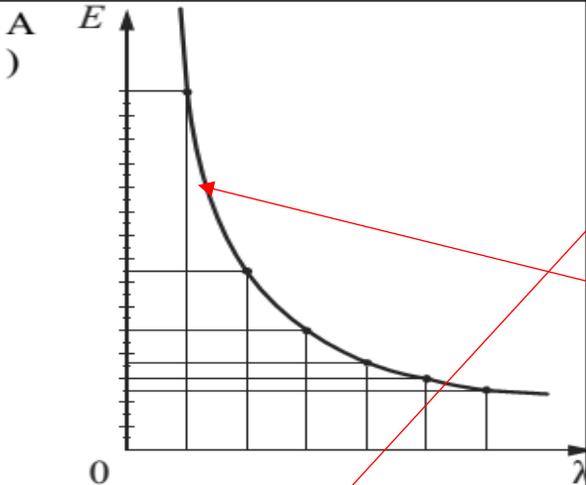
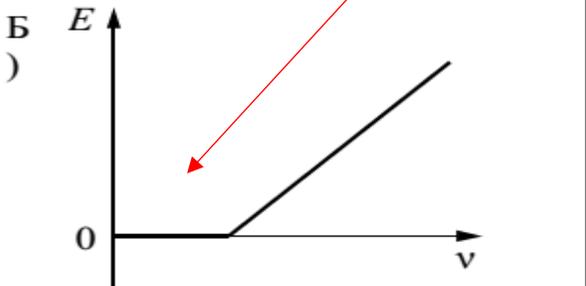
Ответ: 1 2

$$V \uparrow \Rightarrow A_{\text{газа}} > 0 \quad U = C_M \nu T$$

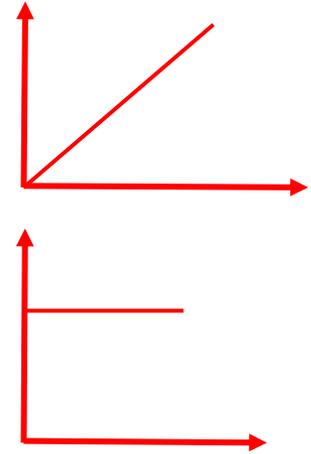
$$V \downarrow \Rightarrow A_{\text{надгазом}} > 0 \quad Q = \Delta U + A_{\text{газа}}$$

$$V = const \Rightarrow A = 0$$

На металлическую пластинку падает пучок монохроматического света. При этом наблюдается явление фотоэффекта. На графиках в первом столбце представлены зависимости энергии от длины волны  $\lambda$  и частоты света  $\nu$ . Установите соответствие между графиком и той энергией, для которой он может определять представленную зависимость. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

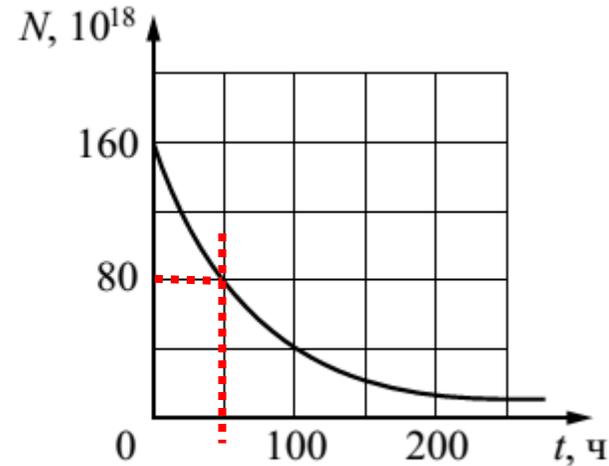
| ГРАФИК |   | ВИД ЗАВИСИМОСТИ  |
|--------|---|--|
| А<br>) |   | 1) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света<br>2) ? зависимость энергии падающих фотонов от частоты падающего света<br>3) зависимость энергии падающих фотонов от длины волны света<br>4) ? зависимость потенциальной энергии взаимодействия фотоэлектронов с ионами металла от длины волны падающего света |
| Б<br>) |  |  |

Демонстрация 2018



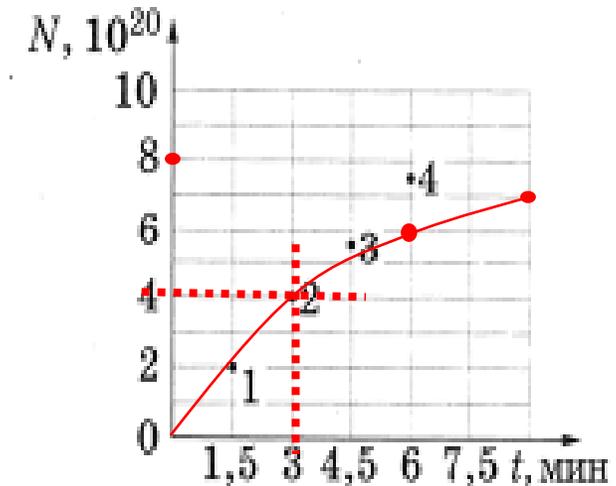
Демо 2017

- 20** Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия  ${}_{68}^{172}\text{Er}$  от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа эрбия?



Ответ: 50 ч.

- 20** Из ядер таллия  ${}_{81}^{208}\text{Tl}$  при  $\beta$ -распаде с периодом полураспада 3 мин образуются стабильные ядра свинца. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер таллия. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдёт график зависимости числа ядер свинца от времени (см. рисунок)?



Демо 2019

Ответ: 2.

# Чтение таблиц

5

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

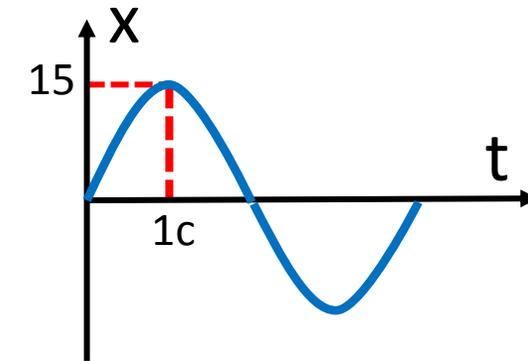
|                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t, \text{с}$  | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 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 **два** правильных утверждения и укажите их номера.

|   |    |  |
|---|----|--|
| + | 1) | Потенциальная энергия пружины в момент времени 1,0 с максимальна.  |
| + | 2) | Период колебаний шарика равен 4,0 с.   |
| - | 3) | Кинетическая энергия шарика в момент времени 2,0 с минимальна.   |
| - | 4) | Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.  |
| - | 5) | Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 3,0 с минимальна. |

Ответ:

1 2



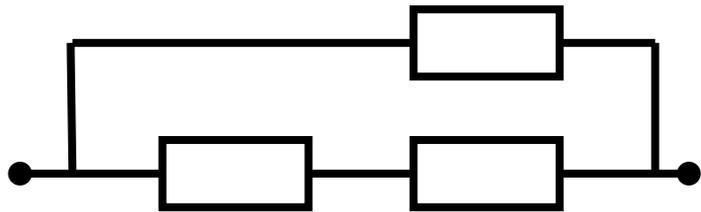
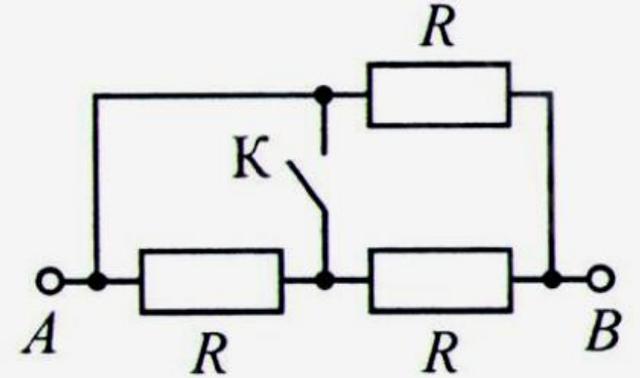
$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

# Чтение таблиц

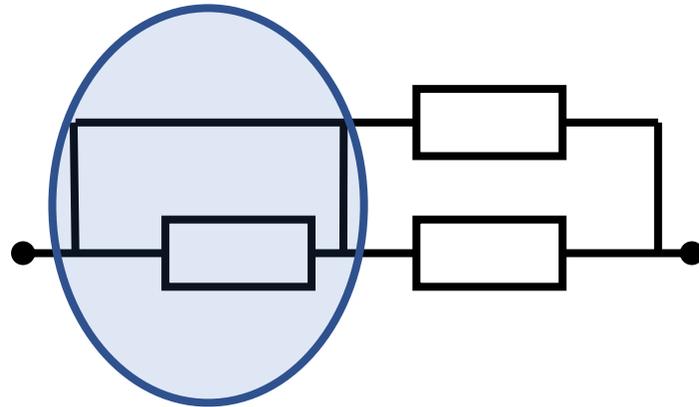
14

На сколько уменьшится сопротивление участка цепи  $AB$ , изображённого на рисунке, после замыкания ключа  $K$ , если сопротивление каждого резистора  $R = 6 \text{ Ом}$ ?

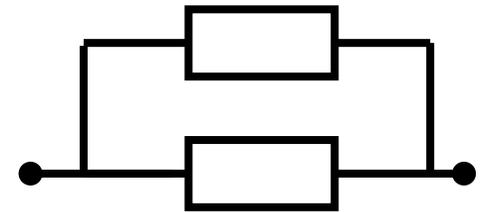
Ответ: на 1 Ом.



$R = 4 \text{ Ом}$



*Сопротивление бесполезно !*



$R = 3 \text{ Ом}$

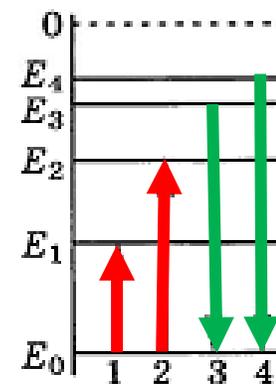
# Умение читать схемы

21

На рисунке изображена упрощённая диаграмма энергетических уровней атома.

Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением кванта света с наименьшей энергией и излучением света наименьшей длины волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС

А) поглощение кванта света с наименьшей энергией

Б) излучение света наименьшей длины волны

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

Ответ:

|   |   |
|---|---|
| А | Б |
| 1 | 4 |

$$E_{\phi} = E_m - E_n$$

$$E_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

# Навыки решения задач - «клонирование» уравнений

Механика (досрочный 2020, демоверсия)

2 Два одинаковых маленьких шарика массой  $m$  каждый, расстояние между центрами которых равно  $r$ , притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю  $0,2$  нН. Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса каждого из них равна  $2m$ , а расстояние между их центрами равно  $2r$ ?

Ответ: 0,2 нН.

$$F = G \frac{m \cdot m}{r^2}$$

$$F_2 = G \frac{2m \cdot 2m}{(2r)^2}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

4

Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью  $400$  Н/м, совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Пружину какой жёсткости надо взять вместо первой пружины, чтобы период свободных колебаний этого груза стал в  $2$  раза меньше?

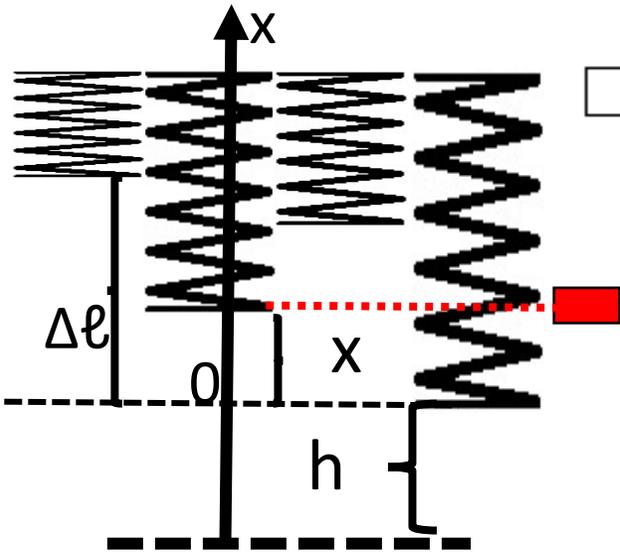
Ответ: 1600 Н/м.

$$\frac{T}{2} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_2}}$$

$$2 = \sqrt{\frac{k_2}{k}}$$

$$4k = k_2$$

# Избранные вопросы курса физики



6 Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как изменяются кинетическая энергия груза и его потенциальная энергия в поле тяжести, когда груз движется вниз от положения равновесия? 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.

| Кинетическая энергия груза | Потенциальная энергия груза в поле тяжести | Потенциальная энергия упругой деформации | Потенциальная энергия колебательной системы |
|----------------------------|--|--|---|
| 2                          | 2  |  |   |

$$E_{\text{п грав}} = mgh \quad \downarrow$$

$$E_{\text{п упр}} = \frac{k\Delta\ell^2}{2} \quad \uparrow$$

$$E_{\text{п}} = E_{\text{п}} \quad \downarrow \quad E_{\text{к}} = \frac{kx^2}{2} \quad \uparrow$$

6 На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его заменить сплошным бруском той же плотности и высоты, но большей массы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

$$\rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр}} = mg$$

$$\rho_{\text{ж}} h_{\text{погр}} = \rho h$$

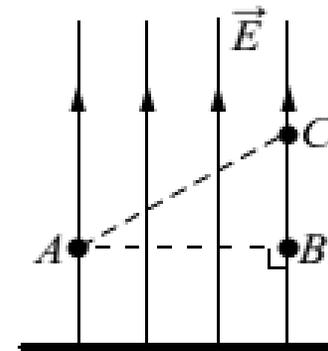
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Глубина погружения бруска | Сила Архимеда |
|---------------------------|---------------|
| 3                         | 1             |

16

Однородное электростатическое поле создано равномерно заряженной протяжённой горизонтальной пластиной. Линии напряжённости поля направлены вертикально вверх (см. рисунок).

Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения и укажите их номера.



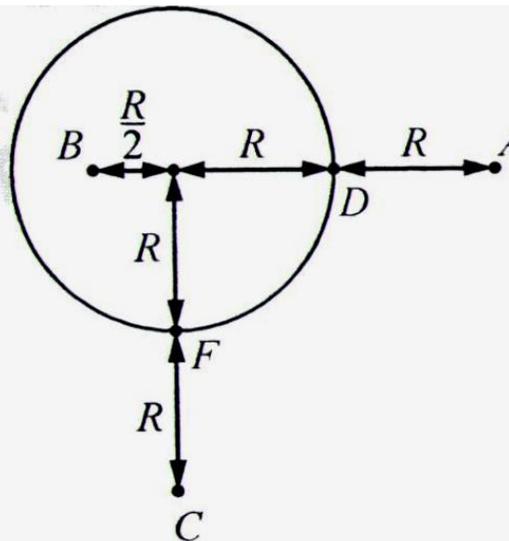
- + 1) Если в точку  $A$  поместить пробный точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вниз.
- 2) Пластина имеет отрицательный заряд.
- 3) Потенциал электростатического поля в точке  $B$  ниже, чем в точке  $C$ .
- 4) Напряжённость поля в точке  $A$  меньше, чем в точке  $C$ .
- + 5) Работа электростатического поля по перемещению пробного точечного отрицательного заряда из точки  $A$  и в точку  $B$  равна нулю.

Ответ:

1 5

16

На уединённой неподвижной проводящей сфере радиусом  $R$  находится положительный заряд  $Q$ . Сфера находится в вакууме. Напряжённость электростатического поля сферы в точке  $A$  равна  $36 \text{ В/м}$ . Все расстояния указаны на рисунке. Выберите **два** верных утверждения, описывающих данную ситуацию.



- 1) Напряжённость поля в точке  $C$   $E_C = 36 \text{ В/м}$ .
- 2) Потенциал электростатического поля в точке  $B$  выше, чем в точке  $D$ :  $\varphi_B > \varphi_D$ .
- 3) Потенциал электростатического поля в точках  $D$  и  $F$  одинаков:  $\varphi_D = \varphi_F$ .
- 4) Напряжённость поля в точке  $B$   $E_B = 576 \text{ В/м}$ .
- 5) Потенциал электростатического поля в точке  $C$  выше, чем в точке  $F$ :  $\varphi_C > \varphi_F$ .

# Часть 1. Механические явления

Установление соответствия физической величины и характера ее изменения.

6

Высота полёта искусственного спутника над Землёй увеличилась с 400 до 500 км. Как изменились в результате этого скорость спутника и его потенциальная энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

| Скорость спутника | Потенциальная энергия спутника | ускорение | период |
|-------------------|--------------------------------|-----------|--------|
| <b>2</b>          | <b>1</b>                       |           |        |

$$G \frac{\cancel{mM}}{\cancel{R^2}} = \cancel{m} \frac{v^2}{\cancel{R}}$$

$$E_k \downarrow + E_p \uparrow = const$$

# Часть 1. Электромагнитные явления.

## Установление соответствия физической величины и характера ее изменения.

**17** Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменится сила Лоренца, действующая на электрон, и период его обращения, если увеличить его кинетическую энергию?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

досрочный 2017, в  
демо 2019 - R

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

| Сила Лоренца | Период обращения |
|--------------|------------------|
| <b>1</b>     | <b>3</b>         |

$$E = \frac{m v^2}{2}$$

$$q v B = m \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{m v}{B q}$$

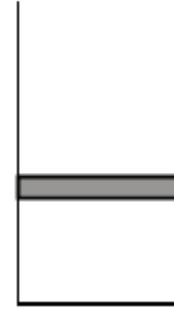
$$T = \frac{2 \pi R}{v} = \frac{2 \pi m}{B q}$$

# Часть 1. Тепловые явления.

Установление соответствия физической величины и характера ее изменения.

12

В цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). В сосуд закачивается ещё такое же количество газа при неизменной температуре. Как изменятся в результате этого давление газа и концентрация его молекул? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



$$p = p_0 + \frac{mg}{S}$$

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

$$p = nkT$$

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

| Давление газа | Концентрация молекул газа |
|---------------|---------------------------|
| <b>3</b>      | <b>3</b>                  |

Демо 2017, 2019

# Тепловые явления

$$pV = \nu RT$$

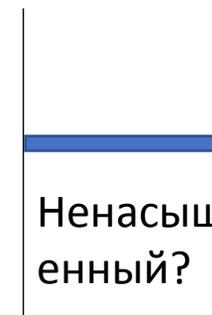
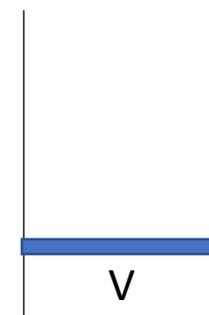
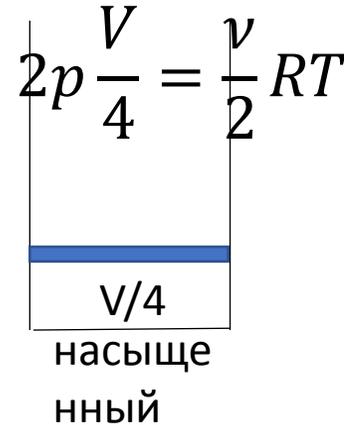
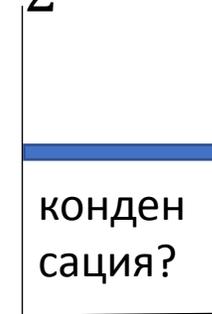
В сосуде под поршнем находится 2 г водяного пара под давлением 50 кПа и при температуре 100 °С. Не изменяя температуры, объем сосуда уменьшили в 4 раза. Найдите массу образовавшейся при этом воды.

Ответ: 1 г.

В сосуде под поршнем при температуре 100 °С находится 2 г водяного пара и такое же количество воды. Не изменяя температуры, объем сосуда увеличили в 3,5 раза. Определите массу пара в сосуде после изменения объема.

4 г

$$2p \frac{V}{2} = \nu RT$$



$$\rho_H = \frac{m}{V} \quad \rho_H = \frac{2m}{2V}$$