

Ответы к заданиям

| № задания | Ответ |
|------------------|--------------|
| 1 | 513 |
| 4 | 5273 |

Ответы к заданиям

| № задания | Ответ |
|------------------|--------------|
| 1 | 325 |
| 4 | 3825 |

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

- 17** Используя каретку (брусок) с крючком, динамометр, два груза № 1 и № 2 и направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для измерения коэффициента трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки. Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1$ Н.

На отдельном листе:

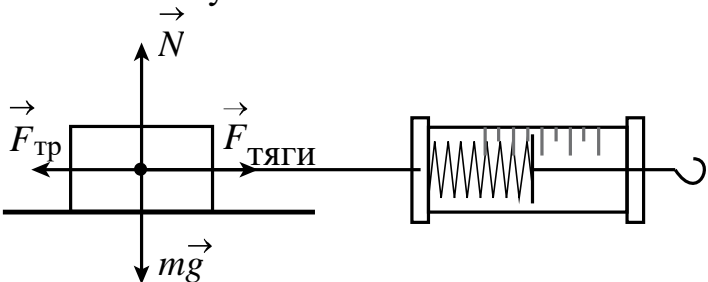
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;
- 3) укажите результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки;
- 4) запишите числовое значение коэффициента трения скольжения.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования № 2 в следующем составе:

| Комплект № 2 | |
|---|--|
| элементы оборудования | рекомендуемые характеристики |
| • штатив лабораторный с держателями | |
| • динамометр 1 | предел измерения 1 Н, ($C = 0,02$ Н) |
| • динамометр 2 | предел измерения 5 Н, ($C = 0,1$ Н) |
| • пружина 1 на планшете с миллиметровой шкалой | жёсткость (50 ± 2) Н/м |
| • пружина 2 на планшете с миллиметровой шкалой | жёсткость (10 ± 2) Н/м |
| • три груза, обозначить № 1, № 2 и № 3 | массой по (100 ± 2) г каждый |
| • наборный груз или набор грузов, обозначить № 4, № 5 и № 6 | наборный груз, позволяющий устанавливать массу грузов: № 4 массой (60 ± 1) г, № 5 массой (70 ± 1) г и № 6 массой (80 ± 1) г или набор отдельных грузов |
| • линейка и транспортир | длина 300 мм, с миллиметровыми делениями |
| • брусок с крючком и нитью | масса бруска $m = (50 \pm 5)$ г |
| • направляющая длиной не менее 500 мм. Должны быть обеспечены разные коэффициенты трения бруска по направляющей, обозначить «А» и «Б» | поверхность «А» – приблизительно 0,2; поверхность «Б» – приблизительно 0,6 |

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

| Образец возможного ответа | |
|--|--|
| <p>1. Схема экспериментальной установки:</p>  | |
| <p>2. $F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}}$ (при равномерном движении). $F_{\text{тр}} = \mu N$; $N = P = mg$, следовательно, $F_{\text{тр}} = \mu P$, следовательно, $\mu = \frac{F_{\text{тяги}}}{P}$</p> | |
| <p>3. $F_{\text{тяги}} = (0,6 \pm 0,1)$ Н; $P = (3,0 \pm 0,1)$ Н</p> | |
| <p>4. $\mu \approx 0,2$</p> | |
| <p>Указание экспертам Измерение силы динамометром считается верным, если значение $F_{\text{тяги}}$ и P попадает в интервал $\pm 0,1$ (Н) к указанному значению</p> | |

| Содержание критерия | Баллы |
|--|--------------|
| Полностью правильное выполнение задания, включающее в себя: 1) рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины (в данном случае для нахождения коэффициента трения скольжения через вес каретки с грузами и силу трения скольжения (силу тяги)); 3) правильно записанные результаты прямых измерений с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений (в данном случае результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения (силы тяги)); 4) полученное правильное численное значение искомой величины | 3 |
| Записаны правильные результаты прямых измерений, но в одном из элементов ответа (1, 2 или 4) присутствует ошибка. ИЛИ Записаны правильные результаты прямых измерений, но один из элементов ответа (1, 2 или 4) отсутствует | 2 |
| Записаны правильные результаты прямых измерений, но в элементах ответа 1, 2 и 4 присутствуют ошибки, или эти элементы отсутствуют | 1 |
| Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2 или 3 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

Микроволновая печь (СВЧ-печь)

Микроволновая печь была изобретена сравнительно недавно: в 1942 г. американский инженер Перси Спенсер заметил, что сверхвысокочастотное излучение способно нагревать продукты. Первая серийная бытовая микроволновая печь была выпущена японской фирмой Sharp в 1962 году. В настоящее время «микроволновка» стала незаменимым бытовым прибором – она позволяет быстро разморозить продукты, за несколько минут разогреть пищу.

Микроволновое или сверхвысокочастотное (СВЧ) излучение – это электромагнитные волны длиной от одного миллиметра до одного метра. Такой диапазон длин электромагнитных волн используется не только в микроволновых печах, но и в радиолокации, радионавигации, системах спутникового телевидения, сотовой связи.

В бытовых микроволновых печах используются волны, частота ν которых составляет 2450 МГц. Такая частота установлена для микроволновых печей специальными международными соглашениями, чтобы не создавать помех работе радаров и иных устройств, использующих микроволны.

Процесс нагревания в микроволновой печи происходит следующим образом. В состав продуктов питания входят многие вещества: минеральные соли, жиры, сахар, вода. Они содержат дипольные молекулы. Дипольные молекулы – это такие молекулы, на одном конце которых сосредоточен положительный электрический заряд, а на другом – отрицательный.

Таких молекул в пище предостаточно – это молекулы жиров, сахаров, но главное, что дипольной является молекула воды. Каждый кусочек овощей, мяса, рыбы, фруктов содержит миллионы дипольных молекул. При этом дипольные молекулы отсутствуют в материалах, часто используемых для упаковки продуктов – в бумаге, стекле и пластике.

Когда электромагнитное поле отсутствует, диполи расположены хаотически. Под воздействием электрического поля они выстраиваются в определённом порядке. При изменении направления электрического поля молекулы разворачиваются. Поскольку направление электрического поля изменяется с частотой 2450 МГц, то и молекулы под действием электрического поля поворачиваются, изменяя свое направление 2 450 000 000 раз за каждую секунду, совершая колебательное движение с огромной скоростью. Так как температура прямо пропорциональна средней кинетической энергии движения атомов или молекул вещества, то такое быстрое колебательное движение молекул соответствует увеличению температуры вещества.

Микроволны проникают в продукты и пищу всего лишь на 1–3 см, поэтому полное их нагревание происходит как за счёт прогревания сверхвысокочастотным излучением верхних слоёв, так и за счёт проникновения энергии вглубь благодаря теплопроводности.

20

В микроволновую печь поместили стеклянный стакан, доверху заполненный водой, после чего на одну минуту запустили программу подогрева. Вынув этот стакан из микроволновой печи, убедились, что вода и стакан нагрелись. Затем опыт повторили, поместив в микроволновую печь второй стакан, аналогичный первому, но без воды, вновь запустив программу подогрева на одну минуту. Нагреется ли пустой стакан во втором опыте? Ответ поясните.

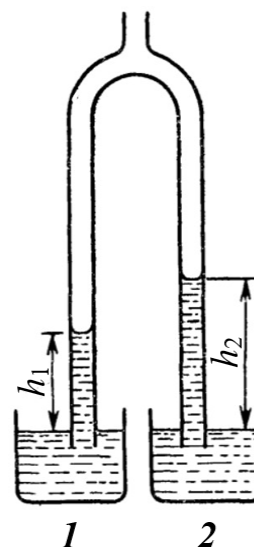
Образец возможного ответа

1. Ответ: нет, не нагреется. Пустой стакан останется холодным.
2. В стекле, из которого сделан стакан, нет дипольных молекул, поэтому во втором опыте переменное электрическое поле не сможет поворачивать с высокой частотой молекулы стекла, и, следовательно, не сможет увеличивать температуру стакана.

| Содержание критерия | Баллы |
|---|-------|
| Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное описание, не содержащее ошибок. | 2 |
| Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован | 1 |
| Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ Ответ на вопрос неверен независимо от того, что рассуждения правильны или неверны, или отсутствуют | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 2 |

21

Концы раздвоенной стеклянной трубки опущены в сосуды 1 и 2, стоящие рядом на горизонтальном столе в комнате. Известно, что в сосуды до одного и того же уровня налиты вода и раствор соляной кислоты плотностью 1100 кг/м^3 , но неизвестно, где какая жидкость находится. Через верхний конец трубки из неё откачали некоторое количество воздуха. При этом жидкости поднялись в левом колене на высоту h_1 , а в правом – на высоту h_2 (см. рисунок). В какой из сосудов – 1 или 2 – налита вода? Ответ поясните.



| Образец возможного ответа | |
|---|--|
| 1. Ответ: вода налита в сосуд 2. | |
| 2. Давление на открытых поверхностях жидкостей в сосудах 1 и 2 и в трубках на том же уровне равно атмосферному. Давление разреженного воздуха в трубках одинаковое, поэтому и давления столбов жидкостей в левом и правом коленах трубок также равны: $p_1 = p_2$, где $p_1 = \rho_1 g h_1$, а $p_2 = \rho_2 g h_2$. Сравнивая выражения, делаем вывод, что поскольку согласно рисунку высота $h_2 > h_1$, плотность жидкости, налитой в сосуд 2, меньше плотности жидкости из сосуда 1 ($\rho_2 < \rho_1$). Это означает, что в сосуд 2 налита вода, плотность которой меньше плотности раствора соляной кислоты | |

| Содержание критерия | Баллы |
|---|--------------|
| Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок | 2 |
| Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование некорректно или отсутствует. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован | 1 |
| Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 2 |

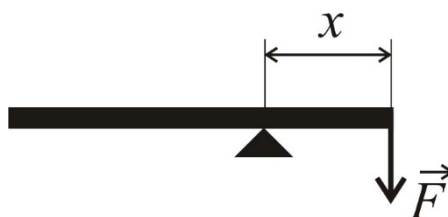
- 22** Магнитную стрелку установили на вертикальной оси, вокруг которой стрелка может свободно вращаться, после чего стрелку отпустили. Какое равновесное положение займёт магнитная стрелка? Ответ поясните.

Образец возможного ответа

1. Ответ: магнитная стрелка повернётся и установится вдоль магнитного земного меридиана (вариант – вдоль линии индукции магнитного поля Земли; вариант – вдоль направления «север – юг»).
2. Концы магнитной стрелки притягиваются к противоположным магнитным полюсам Земли (к северному и к южному). Под действием этих сил притяжения стрелка стремится повернуться, расположившись вдоль линии индукции магнитного поля Земли

| Содержание критерия | Баллы |
|---|-------|
| Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок | 2 |
| Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован | 1 |
| Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 2 |

- 23** Однородный массивный стержень длиной 3 м установлен на опору, находящуюся на расстоянии $x = 1$ м от правого конца стержня (см. рисунок). Под действием силы $F = 50$ Н, приложенной к правому концу стержня так, как показано на рисунке, стержень находится в равновесии. Какова масса стержня?



| Возможный вариант решения | |
|--|---|
| <p><i>Дано:</i> $L = 3 \text{ м}$ $x = 1 \text{ м}$ $F = 50 \text{ Н}$</p> | <p>Поскольку по условию стержень однородный, то сила тяжести, действующая на стержень, приложена в его центре, на расстоянии $L/2 = 1,5 \text{ м}$ от его правого конца (см. рисунок):</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Тогда согласно условию равновесия рычага: $m \cdot g \cdot (L/2 - x) = F \cdot x$ Отсюда $m = \frac{F \cdot x}{g(L/2 - x)} = \frac{50 \cdot 1}{10 \cdot 0,5} = 10 \text{ (кг)}$</p> |
| <p>$m - ?$</p> | <p><i>Ответ:</i> $m = 10 \text{ кг}$</p> |

| Содержание критерия | Баллы |
|--|--------------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении: <i>условие равновесия рычага</i>); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями) | 3 |
| <p>Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</p> | 2 |
| <p>Записано и использовано не менее половины исходных формул, необходимых для решения задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка</p> | 1 |

| | |
|---|---|
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

24

Два маленьких кубика одинакового объёма массами 0,3 кг и 0,1 кг одновременно начинают соскальзывать навстречу друг другу без вращения с двух гладких горок одинаковой высоты и формы. Высота горок 1 м. После столкновения кубики слипаются. На какую высоту поднимутся слипшиеся кубики? Соппротивлением воздуха пренебречь.

| Возможный вариант решения | |
|---|--|
| <p><u>Дано:</u> $m_1 = 0,3$ кг $m_2 = 0,1$ кг $H = 1$ м</p> | <p>Так как кубики движутся без трения, к моменту встречи они обладают одинаковой скоростью: $\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g H ; \quad \frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g H$ $v_1 = v_2 = v = \sqrt{2gH}$ Запишем закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось: $m_1 \cdot v - m_2 \cdot v = (m_1 + m_2) \cdot u$, где u – скорость слипшихся кубиков сразу после соударения. $u = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} v$ Используя закон сохранения механической энергии, найдём высоту подъёма слипшихся кубиков: $(m_1 + m_2)gh = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2}$ Отсюда: $h = \frac{u^2}{2g} = \frac{(m_1 - m_2)^2}{(m_1 + m_2)^2} \frac{v^2}{2g} = \frac{(m_1 - m_2)^2}{(m_1 + m_2)^2} H$ $h = \frac{(0,3 - 0,1)^2}{(0,3 + 0,1)^2} \cdot 1 = 0,25 \text{ (м)}$ </p> |
| <p>$h - ?$</p> | <p>Ответ: $h = 0,25$ м</p> |

| Содержание критерия | Баллы |
|---|--------------|
| Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении: <u>закон сохранения импульса; закон сохранения механической</u> | 3 |

| | |
|---|---|
| энергии; формула для вычисления кинетической энергии; формула для вычисления потенциальной энергии); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями) | |
| Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов. ИЛИ Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка | 2 |
| Записано и использовано не менее половины всех исходных формул, необходимых для решения задачи. ИЛИ Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

25

Чайник, КПД которого равен 80 %, включён в сеть напряжением 220 В. Чему равна сила тока в спирали чайника, если в нём за 10 мин можно нагреть от 20 °С до кипения 2,2 кг воды?

| Возможный вариант решения | |
|---|---|
| <p><u>Дано:</u> $U = 220 \text{ В}$ $\eta = 80 \% = 0,8$ $m = 2,2 \text{ кг}$ $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{С}$ $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{С}$ $\tau = 10 \text{ мин} = 600 \text{ с}$ $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{С})$</p> | $\eta = \frac{Q}{A}$ $Q = cm(t_2 - t_1); A = U \cdot I \cdot \tau$ $\eta = \frac{cm(t_2 - t_1)}{UI\tau}$ <p>Отсюда:</p> $I = \frac{cm(t_2 - t_1)}{U\eta\tau}$ $I = \frac{4200 \cdot 2,2 \cdot (100 - 20)}{220 \cdot 0,8 \cdot 600} = 7 \text{ (А)}$ |
| $I - ?$ | <i>Ответ:</i> $I = 7 \text{ А}$ |

| Содержание критерия | Баллы |
|---|-------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записано краткое условие задачи;</p> <p>2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении: <i>формула для определения коэффициента полезного действия; формула для расчёта работы электрического тока; формула для расчёта количества теплоты, полученного телом при нагревании</i>);</p> <p>3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями)</p> | 3 |
| <p>Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</p> | 2 |
| <p>Записано и использовано не менее половины исходных формул, необходимых для решения задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка</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 |

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

- 17** Используя каретку (брусок) с крючком, динамометр, три груза № 1, № 2 и № 3, направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для измерения коэффициента трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки. Абсолютную погрешность измерения силы с помощью динамометра принять равной $\pm 0,1$ Н.

На отдельном листе:

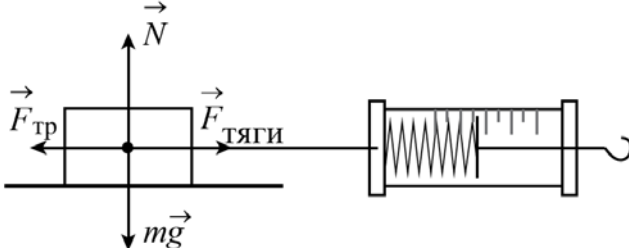
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;
- 3) укажите результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки;
- 4) запишите числовое значение коэффициента трения скольжения.

Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования № 2 в следующем составе:

| Комплект № 2 | |
|---|--|
| элементы оборудования | рекомендуемые характеристики |
| • штатив лабораторный с держателями | |
| • динамометр 1 | предел измерения 1 Н, ($C = 0,02$ Н) |
| • динамометр 2 | предел измерения 5 Н, ($C = 0,1$ Н) |
| • пружина 1 на планшете с миллиметровой шкалой | жёсткость (50 ± 2) Н/м |
| • пружина 2 на планшете с миллиметровой шкалой | жёсткость (10 ± 2) Н/м |
| • три груза, обозначить № 1, № 2 и № 3 | массой по (100 ± 2) г каждый |
| • наборный груз или набор грузов, обозначить № 4, № 5 и № 6 | наборный груз, позволяющий устанавливать массу грузов: № 4 массой (60 ± 1) г, № 5 массой (70 ± 1) г и № 6 массой (80 ± 1) г или набор отдельных грузов |
| • линейка и транспортир | длина 300 мм, с миллиметровыми делениями |
| • брусок с крючком и нитью | масса бруска $m = (50 \pm 5)$ г |
| направляющая длиной не менее 500 мм. Должны быть обеспечены разные коэффициенты трения бруска по направляющей, обозначить «А» и «Б» | поверхность «А» – приблизительно 0,2; поверхность «Б» – приблизительно 0,6 |

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

| Образец возможного ответа | |
|---|--|
| <p>1. Схема экспериментальной установки:</p>  | |
| <p>2. $F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}}$ (при равномерном движении). $F_{\text{тр}} = \mu N$; $N = P = mg$, следовательно, $F_{\text{тр}} = \mu P$, следовательно, $\mu = \frac{F_{\text{тяги}}}{P}$.</p> | |
| <p>3. $F_{\text{тяги}} = (0,8 \pm 0,1) \text{ Н}$; $P = (4,0 \pm 0,1) \text{ Н}$</p> | |
| <p>4. $\mu \approx 0,2$</p> | |
| <p>Указание экспертам Измерение силы динамометром считается верным, если значение $F_{\text{тяги}}$ и P попадает в интервал $\pm 0,1$ (Н) к указанному значению</p> | |

| Содержание критерия | Баллы |
|--|--------------|
| Полностью правильное выполнение задания, включающее в себя: 1) электрическую схему экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины (в данном случае для нахождения коэффициента трения скольжения через вес каретки с грузами и силу трения скольжения (силу тяги)); 3) правильно записанные результаты прямых измерений с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений (в данном случае результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения (силы тяги)); 4) полученное правильное численное значение искомой величины | 3 |
| Записаны правильные результаты прямых измерений, но в одном из элементов ответа (1, 2 или 4) присутствуют ошибка. ИЛИ Записаны правильные результаты прямых измерений, но один из элементов ответа (1, 2 или 4) отсутствует | 2 |
| Записаны правильные результаты прямых измерений, но в элементах ответа 1, 2, 4 присутствуют ошибки или эти элементы отсутствуют | 1 |
| Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2 или 3 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

Принцип работы СВЧ-печи

Микроволновая печь (или СВЧ-печь) – бытовой электроприбор, предназначенный для быстрого приготовления или быстрого подогрева пищи, размораживания продуктов. Обычно в таких печах применяется электромагнитное излучение частотой 2450 МГц, хотя в некоторых печах, используемых в промышленном производстве, частота излучения может быть другой.

Самой важной составляющей частью микроволновой печи является магнетрон, который при подключении к электропитанию генерирует и излучает высокочастотные электромагнитные волны (микроволны). Рабочая камера печи оборудована металлическими стенками со специальным покрытием, отражающими микроволны, и вращающимся поддоном, обеспечивающим равномерный нагрев продуктов (см. рисунок 1).

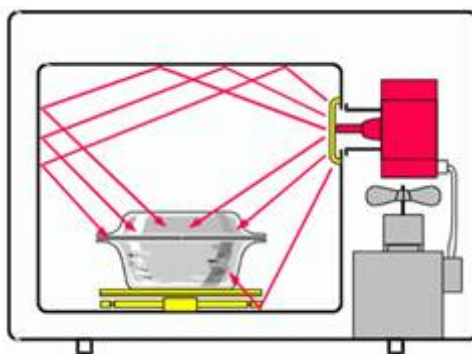


Рис. 1. Распределение микроволн в рабочей камере СВЧ-печи

Разогрев продуктов в микроволновой печи происходит по всему объёму продукта, содержащего полярные, или дипольные, молекулы. Это такие молекулы, на одном конце которых сосредоточен положительный электрический заряд, а на другом – отрицательный. Таких молекул в пище предостаточно – это молекулы жиров, сахаров, но главное, что полярной молекулой является молекула воды. Каждый кусочек овощей, мяса, рыбы, фруктов содержит миллионы дипольных молекул, поэтому радиоволны проникают достаточно глубоко почти во все пищевые продукты. Это сокращает время разогрева пищи. Микроволны могут проходить сквозь стекло, бумагу, пластик и фарфор, не нагревая их.

Высокочастотное электрическое поле заставляет двигаться (поворачиваться) полярные молекулы внутри вещества, что приводит к разогреванию продукта. Происходит это так. Электромагнитное поле приводит к развороту молекул, выстраиванию их в соответствии с направлением электрического поля. А так как поле переменное, то молекулы поворачиваются вместе с изменяющимся по направлению электрическим полем. Двигаясь, молекулы «раскачиваются», сталкиваются, ударяются друг о друга, передавая энергию соседним молекулам в этом материале и вызывая дополнительное хаотическое тепловое движение. Так

как температура прямо пропорциональна средней кинетической энергии теплового движения атомов или молекул вещества, такое колебательное движение молекул увеличивает его температуру. Таким образом, происходит преобразование энергии электромагнитного излучения во внутреннюю энергию вещества.

20

В микроволновую печь поместили стеклянный стакан, в котором было 100 мл воды, после чего на одну минуту запустили программу подогрева. Вынув этот стакан из микроволновой печи, убедились, что вода и стакан нагрелись. Затем опыт повторили, поместив в микроволновую печь второй стакан, аналогичный первому, в котором было 200 мл воды, вновь запустив программу подогрева на одну минуту. Во втором опыте вода в стакане после нагревания в микроволновой печи будет горячее или холоднее по сравнению с первым опытом? Ответ поясните.

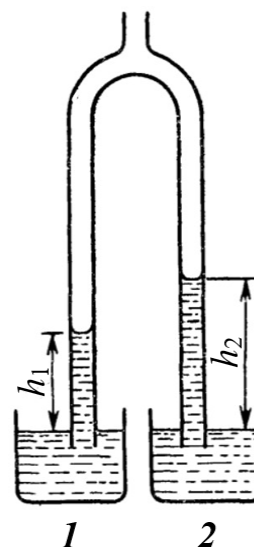
Образец возможного ответа

1. Ответ: во втором опыте вода нагреется меньше, чем в первом опыте.
2. Во втором опыте в стакане находится 200 мл воды, поэтому дипольных молекул воды в два раза больше, чем в воде из первого опыта. За одну минуту нагрева в микроволновой печи в обоих опытах воде передаётся одно и то же количество энергии, которая воздействует на вдвое большее количество дипольных молекул во втором стакане. Поэтому средняя кинетическая энергия теплового движения молекул воды (а значит, и температура) во втором стакане будет меньше средней кинетической энергии теплового движения молекул воды (температуры) в первом стакане

| Содержание критерия | Баллы |
|---|-------|
| Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное описание, не содержащее ошибок | 2 |
| Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован | 1 |
| Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> Ответ на вопрос неверен независимо от того, что рассуждения правильны, или неверны, или отсутствуют | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 2 |

21

Концы раздвоенной стеклянной трубки опущены в сосуды 1 и 2, стоящие рядом на горизонтальном столе в комнате. В сосуд 1 налита вода, а в сосуд 2 – неизвестная жидкость. Через верхний конец трубки из неё откачали некоторое количество воздуха. При этом жидкости поднялись в левом колене на высоту h_1 , а в правом – на высоту h_2 (см. рисунок). Больше или меньше плотности воды в сосуде 1 плотность неизвестной жидкости в сосуде 2? Ответ поясните.



| Образец возможного ответа | |
|---|--|
| 1. Ответ: меньше. Плотность жидкости в сосуде 2 меньше плотности воды, налитой в сосуд 1. | |
| 2. Давление на открытых поверхностях жидкостей в сосудах 1 и 2 и в трубках на том же уровне равно атмосферному. Давление разреженного воздуха в трубках одинаковое, поэтому и давления столбов жидкостей в левом и правом коленах трубок также равны: $p_1 = p_2$, где $p_1 = \rho_{\text{воды}}gh_1$, а $p_2 = \rho_2gh_2$. | |
| Сравнивая выражения, делаем вывод, что поскольку высота неизвестной жидкости в правой трубке выше высоты воды, это означает, что плотность жидкости в сосуде 2 меньше плотности воды, налитой в сосуд 1 | |

| Содержание критерия | Баллы |
|---|--------------|
| Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок | 2 |
| Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование некорректно или отсутствует. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован | 1 |
| Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 2 |

22

Магнитную стрелку установили на вертикальной оси, вокруг которой стрелка может свободно вращаться. После того, как магнитная стрелка успокоилась, к ней сбоку поднесли полюс полосового магнита. Какое новое равновесное положение займёт магнитная стрелка? Ответ поясните.

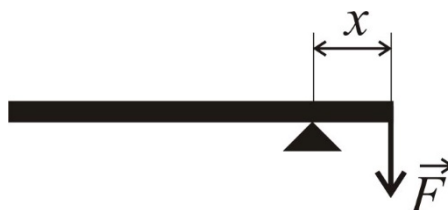
Образец возможного ответа

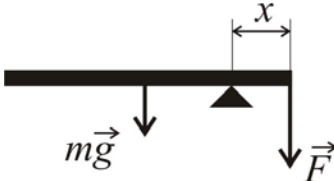
1. Ответ: магнитная стрелка повернётся по направлению к полюсу полосового магнита (вариант – расположится вдоль оси полосового магнита; вариант – расположится вдоль линий индукции магнитного поля полосового магнита).
2. Разноимённые магнитные полюса постоянных магнитов притягиваются друг к другу. Поэтому один из концов магнитной стрелки повернётся в сторону ближнего к нему полюса магнита

| Содержание критерия | Баллы |
|---|-------|
| Представлен правильный ответ на вопрос, и приведено достаточное обоснование, не содержащее ошибок | 2 |
| Представлен правильный ответ на поставленный вопрос, но его обоснование не является достаточным, хотя содержит указание на физические явления (законы), причастные к обсуждаемому вопросу. ИЛИ Представлены корректные рассуждения, приводящие к правильному ответу, но ответ явно не сформулирован | 1 |
| Представлены общие рассуждения, не относящиеся к ответу на поставленный вопрос. ИЛИ Ответ на вопрос неверен, независимо от того, что рассуждения правильны, неверны или отсутствуют | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 2 |

23

Однородный массивный стержень длиной 1 м и массой 10 кг установлен на опору, находящуюся на расстоянии $x = 20$ см от правого конца стержня (см. рисунок). Какую силу F , перпендикулярную стержню, нужно приложить к её короткому концу, чтобы удержать стержень в равновесии?



| Возможный вариант решения | |
|---|---|
| <p><u>Дано:</u> $m = 10$ кг $L = 1$ м $x = 20$ см = 0,2 м</p> | <p>Поскольку по условию стержень однородный, то сила тяжести, действующая на стержень, приложена в его центре, на расстоянии $L/2 = 0,5$ м от его правого конца (см. рисунок).</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Тогда согласно условию равновесия рычага: $m \cdot g \cdot (L/2 - x) = F \cdot x$</p> <p>Отсюда $F = \frac{mg \cdot (L/2 - x)}{x} = \frac{10 \cdot 10 \cdot (0,5 - 0,2)}{0,2} = 150 \text{ (Н)}$</p> |
| <p>$F - ?$</p> | <p>Ответ: $F = 150$ Н</p> |

| Содержание критерия | Баллы |
|--|--------------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении: <i>условие равновесия рычага</i>); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями) | 3 |
| <p>Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</p> | 2 |
| <p>Записано и использовано не менее половины исходных формул, необходимых для решения задачи.</p> | 1 |

| | |
|---|---|
| ИЛИ | |
| Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка | |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |

24

Два маленьких кубика одинакового объёма массами 0,2 кг и 0,1 кг одновременно начинают соскальзывать навстречу друг другу без вращения с двух гладких горок одинаковой высоты и формы. После столкновения кубики слипаются и вместе поднимаются на высоту 0,2 м. Какова высота горок, с которых соскользнули кубики перед столкновением? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Возможный вариант решения

| | |
|---|--|
| <p><u>Дано:</u> $m_1 = 0,2$ кг $m_2 = 0,1$ кг $h = 0,2$ м</p> | <p>Используя закон сохранения механической энергии, выразим скорость u слипшихся шаров сразу после соударения:</p> $(m_1 + m_2)gh = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2}$ <p>Отсюда: $h = \frac{u^2}{2g}$</p> <p>Так как кубики скатываются с горок без трения, к моменту встречи они обладают одинаковой скоростью:</p> $\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 gH; \quad \frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 gH$ $v_1 = v_2 = v = \sqrt{2gH}; \quad v^2 = 2gH$ <p>Запишем закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось:</p> $m_1 \cdot v - m_2 \cdot v = (m_1 + m_2) \cdot u, \text{ где } u \text{ – скорость слипшихся кубиков сразу после соударения, } v \text{ – скорость кубиков до соударения.}$ <p>Отсюда:</p> $v = \frac{(m_1 + m_2)}{(m_1 - m_2)} u$ <p>Высота горок равна:</p> $H = \frac{v^2}{2g} = \frac{(m_1 + m_2)^2 u^2}{(m_1 - m_2)^2 2g} = \frac{(m_1 + m_2)^2}{(m_1 - m_2)^2} h$ $H = \frac{(0,2 + 0,1)^2}{(0,2 - 0,1)^2} \cdot 0,2 = 1,8 \text{ (м)}$ |
| $H - ?$ | <i>Ответ:</i> $H = 1,8$ м |

| Содержание критерия | Баллы |
|---|-------|
| Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записано краткое условие задачи; 2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении: <i>закон сохранения импульса; закон сохранения механической энергии; формула для вычисления кинетической энергии; формула для вычисления потенциальной энергии</i>); 3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями) | 3 |
| Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ. ИЛИ Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов. ИЛИ Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи выбранным способом, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка | 2 |
| Записано и использовано не менее половины всех исходных формул, необходимых для решения задачи. ИЛИ Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка | 1 |
| Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла | 0 |
| Максимальный балл | 3 |

25

Чайник включён в сеть напряжением 220 В. Чему равен КПД чайника, если сила тока в его спирали 7 А и в нём за 5 мин можно нагреть от 20 °С до кипения 1,1 кг воды?

| Возможный вариант решения | |
|--|--|
| <p><u>Дано:</u> $U = 220 \text{ В}$ $I = 7 \text{ А}$ $m = 1,1 \text{ кг}$ $t_1 = 20 \text{ °С}$</p> | $\eta = \frac{Q}{A}$ $Q = cm(t_2 - t_1); A = U \cdot I \cdot \tau$ |

| | |
|--|--|
| $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ $\tau = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$ $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ | $\eta = \frac{cm(t_2 - t_1)}{UI\tau}$ $\eta = \frac{4200 \cdot 1,1 \cdot (100 - 20)}{220 \cdot 7 \cdot 300} = 0,8$ |
| $\eta - ?$ | Ответ: $\eta = 0,8$ |

| Содержание критерия | Баллы |
|---|-------|
| <p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записано краткое условие задачи;</p> <p>2) записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи <u>выбранным способом</u> (в данном решении: формула для определения коэффициента полезного действия; формула для расчёта работы электрического тока; формула для расчёта количества теплоты, полученного телом при нагревании);</p> <p>3) выполнены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями)</p> | 3 |
| <p>Правильно записаны необходимые формулы, проведены вычисления, и получен ответ (верный или неверный), но допущена ошибка в записи краткого условия или переводе единиц в СИ.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчётов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Записаны уравнения и формулы, <u>применение которых необходимо и достаточно</u> для решения задачи <u>выбранным способом</u>, но в математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка</p> | 2 |
| <p>Записано и использовано не менее половины исходных формул, необходимых для решения задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Записаны все исходные формулы, но в одной из них допущена ошибка</p> | 1 |
| <p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p> | 0 |
| <i>Максимальный балл</i> | 3 |