

Физика, 10 класс (варианты решения)

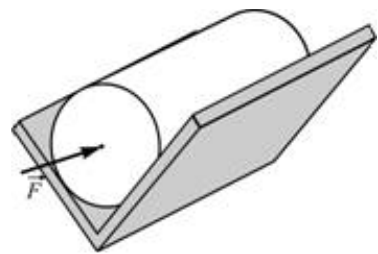
Задание 1. Школьник наблюдал за взлетом и посадкой транспортных самолетов, находясь недалеко от аэродрома. Он заметил, самолеты летали всегда по одной и той же траектории («глиссаде»), проекцией которой на землю являлась прямая линия, отстоящая на расстояние $l = 800$ м от места положения школьника. Ученик, используя секундомер и точный угломерный инструмент, провел многократные измерения некоторых времен и углов и усреднил их для однотипных марок самолетов. Оказалось, что в ситуации, когда самолет находился на минимальном расстоянии от школьника, угол между горизонталью и направлением на самолет составлял $\alpha \approx 37^\circ$, а звук его двигателей был слышен в месте нахождения школьника спустя время $t \approx 3$ с. За это время самолет успевал удалиться от точки максимального сближения со школьником на угловое расстояние $\varphi \approx 14^\circ$. Исходя из этих данных, определите, чему оказалась равна скорость v самолета.

Возможное решение задания. В момент максимального сближения самолета и школьника расстояние между ними составляло $L = \frac{l}{\cos \alpha} = \frac{800}{\cos 37^\circ} \approx 1001,7$ м. Звук от двигателей летящего самолета «отстает» от него и слышен позади на некотором расстоянии, которое зависит от скорости самолета (скорость света больше скорости звука в воздухе $\sim 10^6$). Считая скорость звука в воздухе и скорость самолета постоянными, определим скорость звука. Звук от двигателей, испущенный в момент максимального сближения самолета и школьника, доходит до него, по условию, спустя время $t \approx 3$ с, и в этот момент школьник слышит звук в точке максимального сближения с самолетом. Поэтому скорость звука $u = \frac{L}{t} \approx 334 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. За время t самолет успевает удалиться от точки максимального сближения со школьником в направлении, перпендикулярном L , на расстояние, равное vt . Скорость самолета $v = \frac{L \operatorname{tg} \varphi}{t} = u \operatorname{tg} \varphi \approx 83,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Система оценивания задания:

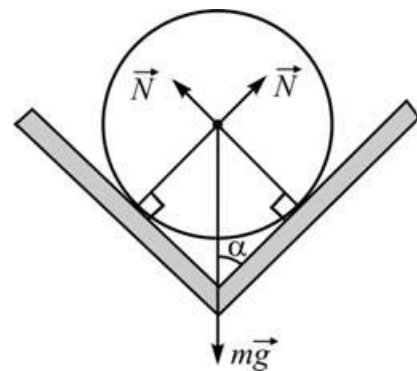
| Баллы | Критерии оценивания |
|---------|---|
| 2 балла | Верно записано соотношение для расстояния между школьником и самолетом в момент максимального сближения |
| 2 балла | Верно определена скорость звука от двигателей |
| 2 балла | Сделан верный вывод о расстоянии, на который удаляется самолет от точки максимального сближения |
| 2 балла | Записано верное соотношение для скорости самолета |
| 2 балла | Получено верное числовое значение скорости самолета |

Задание 2. На рисунке представлен желоб, выполненный из двух ровных досок, представляющий собой двугранный угол с раствором $2\alpha = 90^\circ$. Желоб закреплен так, что его ребро горизонтально, а доски симметричны относительно вертикали. В желобе на боковой поверхности лежит цилиндр массой $m = 1$ кг. Коэффициент трения между досками и цилиндром равен



$\mu = 0,2$. К торцу цилиндра приложена горизонтально направленная сила $F = 3 \text{ Н}$. Докажите, что цилиндр будет двигаться относительно желоба и определите модуль ускорения цилиндра.

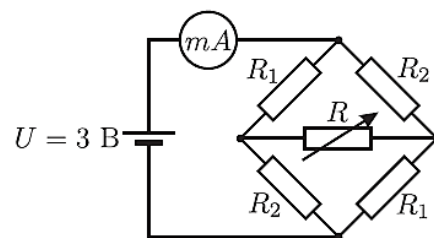
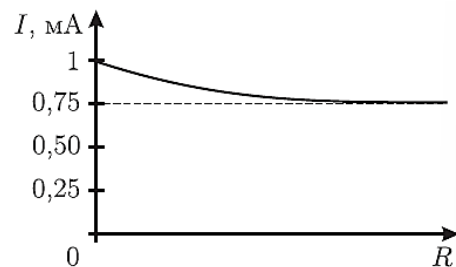
Возможное решение задания. Изобразим вид на желоб со стороны торца цилиндра. На цилиндр в плоскости чертежа действуют направленная вниз сила тяжести и две равные по модулю силы реакции досок, направленные перпендикулярно стенкам желоба. Так как цилиндр не движется в вертикальном направлении, то сумма проекций этих трех сил на вертикаль равна нулю: $mg - 2N \sin \alpha = 0$. Из условия $\alpha = 45^\circ$. В горизонтальном направлении (вдоль желоба) на цилиндр действуют сила F и противоположно направлению две силы сухого трения. Если цилиндр будет двигаться по желобу, то $F \geq F_{mp}$. Для силы сухого трения скольжения $F_{mp} = \mu N = \frac{\mu mg}{2 \sin \alpha} \approx 1,4 \text{ Н}$. Следовательно, цилиндр будет двигаться с ускорением в сторону действия силы F . Запишем второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную ось, направленную вдоль ребра желоба: $ma = F - 2F_{mp} = F - \frac{\mu mg}{\sin \alpha}$, отсюда $a = \frac{F}{m} - \frac{\mu g}{\sin \alpha} \approx 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.



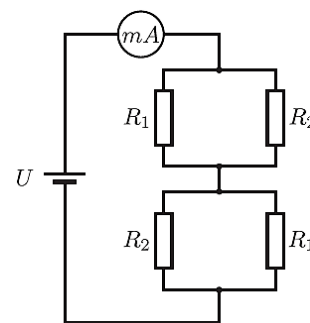
Система оценивания задания:

| Баллы | Критерии оценивания |
|---------|---|
| 2 балла | Верно записан второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось |
| 2 балла | Записано условие движения цилиндра относительно желоба |
| 2 балла | Доказано, что цилиндр будет двигаться |
| 2 балла | Верно записан второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную ось |
| 1 балл | Получено верное соотношение для ускорения цилиндра |
| 1 балл | Найдено верное числовое значение ускорения |

Задание 3. Электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения $U = 3 \text{ В}$, идеального миллиамперметра, четырех постоянных резисторов и одного переменного. На рисунке представлен график зависимости показаний миллиамперметра от величины сопротивления переменного резистора R . Определите величины сопротивлений постоянных резисторов R_1 и R_2 . В ходе решения обоснуйте свои выводы и при необходимости представьте эквивалентные схемы.

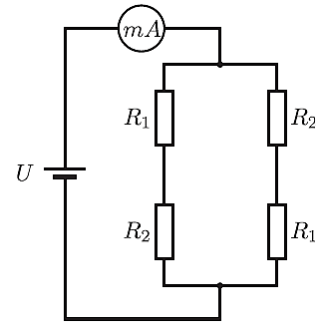


Возможное решение задания. Рассмотрим эквивалентную схему при сопротивлении переменного резистора $R=0$, точки его подключения – точки равных потенциалов. Тогда полное сопротивление цепи $R_{общ1} = \frac{2R_1R_2}{R_1+R_2}$. По закону Ома для участка цепи ток через миллиамперметр $I_1 = \frac{U(R_1+R_2)}{2R_1R_2}$. Если сопротивление переменного резистора велико, он представляет собой разрыв в



цепи. Тогда изобразим вторую эквивалентную схему. Общее сопротивление при этом $R_{общ2} = \frac{R_1 + R_2}{2}$. Через миллиамперметр течет ток $I_2 = \frac{2U}{R_1 + R_2}$. Из графика $I_1 = 1$ мА, $I_2 = 0,75$ мА. Решим систему уравнений для двух токов. Выразим из одного из них сопротивление R_2 , получим соотношение для определения R_1 : $I_1 I_2 R_1^2 - 2U I_1 R_1 + U^2 = 0$;

$R_1 = \frac{U(I_1 \pm \sqrt{I_1(I_1 - I_2)})}{I_1 I_2}$. Тогда $R_2 = \frac{2U}{I_2} - R_1$. При расчетах выбор знака может быть любым, если одно из сопротивлений оказалось равным 2 кОм, то другое 6 кОм. Это связано с тем, что исходная схема включения резисторов симметрична.

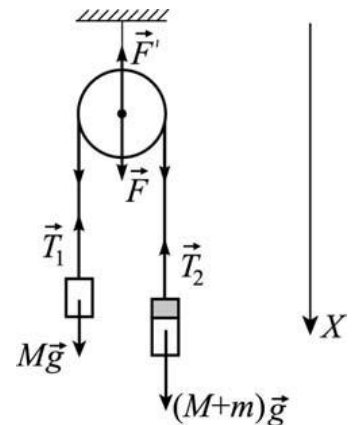


Система оценивания задания:

| Баллы | Критерии оценивания |
|---------|--|
| 1 балл | Верно выполнена эквивалентная схема для случая выведенного переменного резистора |
| 1 балл | Определено общее сопротивление цепи при выведенном переменном резисторе |
| 1 балл | Определен общий ток в цепи при выведенном переменном резисторе |
| 1 балл | Верно выполнена эквивалентная схема для случая введенного переменного резистора |
| 1 балл | Определено общее сопротивление цепи при введенном переменном резисторе |
| 1 балл | Определен общий ток в цепи при введенном переменном резисторе |
| 2 балла | Получено верное соотношение для величины каждого из резисторов |
| 1 балл | Верно определены значения токов для двух случаев из графика |
| 1 балл | Получены верные числовые значения сопротивлений |

Задание 4. Два одинаковых груза массой 100 г каждый подвешены на концах невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый блок с неподвижной осью. На один из них кладут грузик массой 20 г, после чего система приходит в движение. Пренебрегая трением, найдите модуль силы, действующей на ось блока во время движения грузов. В ходе решения подтвердите свои выводы указанием на используемые законы и закономерности.

Возможное решение задания. На рисунке изображены действующие на грузы силы, а также сила F , действующая на ось блока во время движения грузов, и сила F' , действующая на блок со стороны его оси. Так как нить нерастяжима, модули ускорений, с которыми движутся левый и правый груз с грузиком, одинаково. Обозначим модуль этого ускорения a . Вследствие того, что блок и нити невесомы и отсутствует сила трения, натяжение нити, перекинутой через блок, в каждой точке этой нити одинаково. Обозначим эту силу T . Запишем проекции второго закона Ньютона на ось Ox для левого груза и для правого груза, на котором расположен маленький грузик: $-Ma = Mg - T$; $(M+m)a = (M+m)g - T$. Так как блок невесомый, то для центра масс блока второй закон Ньютона $F' = 2T$. По третьему закону Ньютона $F' = F$, следовательно, $F = 2T$. Вычтем из первого уравнения второе и выразим ускорение: $a = \frac{mg}{m+2M}$. Подставим это выражение в любое



из двух первых уравнений и выразим величину силы натяжения: $T = Mg \frac{M+m}{\frac{1}{2}m+M}$, тогда $F = 2Mg \frac{M+m}{\frac{1}{2}m+M} \approx 2,18 \text{ Н}$.

Система оценивания задания:

| Баллы | Критерии оценивания |
|---------|---|
| 2 балла | Верно записан второй закон Ньютона для левого и правого грузов и грузика |
| 2 балла | Верно записан второй закон Ньютона для блока |
| 1 балл | Получено верное соотношение для силы натяжения нити из уравнений для грузов |
| 2 балла | Использован третий закон Ньютона для взаимодействия оси и блока |
| 2 балла | Получено верное соотношение для силы, действующей на ось блока |
| 1 балл | Получен верный числовой ответ с единицами измерения |

Задание 5. Один из методов определения удельной теплоты сгорания органического вещества состоит в использовании толстостенного металлического цилиндра, внутри которого в условиях избытка окислителя (кислорода) происходит полное сгорание таблеток вещества. Сам цилиндр помещается в термостат с водой. Для таблеток веществ различной массы с использованием термопары определяется изменение температуры воды в термостате. В таблице 1 приведены результаты, полученные в первом эксперименте при сгорании таблеток разной массы вещества с известной удельной теплотой сгорания (бензойная кислота, $q = 28518 \frac{\text{Дж}}{\text{г}}$), при этом напряжение пропорционально изменению температуры: 1 В соответствует 123°C :

Таблица 1.

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $m, \text{ г}$ | 0,25 | 0,40 | 0,28 | 0,61 | 0,34 | 0,46 | 0,71 | 0,65 |
| $\Delta U, \text{ мВ}$ | 1,16 | 1,42 | 1,22 | 1,75 | 1,38 | 1,55 | 1,93 | 1,84 |

В таблице 2 приведены результаты, полученные во втором эксперименте при сгорании таблеток неизвестного вещества на той же термопаре:

Таблица 2.

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $m, \text{ г}$ | 0,25 | 0,72 | 0,30 | 1,14 | 0,35 | 0,49 | 0,43 | 0,56 |
| $\Delta U, \text{ мВ}$ | 2,04 | 4,23 | 2,23 | 4,01 | 2,55 | 3,21 | 2,78 | 3,38 |

Постройте графики зависимости повышения температуры термостата от массы таблеток для бензойной кислоты и неизвестного вещества, а также определите теплоемкость термостата в $\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ и удельную теплоту сгорания неизвестного вещества в $\frac{\text{Дж}}{\text{г}}$.

Возможное решение задания. В таблице 3 и 4 представлены данные о разности температур на термопаре, пересчитанные по данным величины изменения напряжения:

Таблица 3.

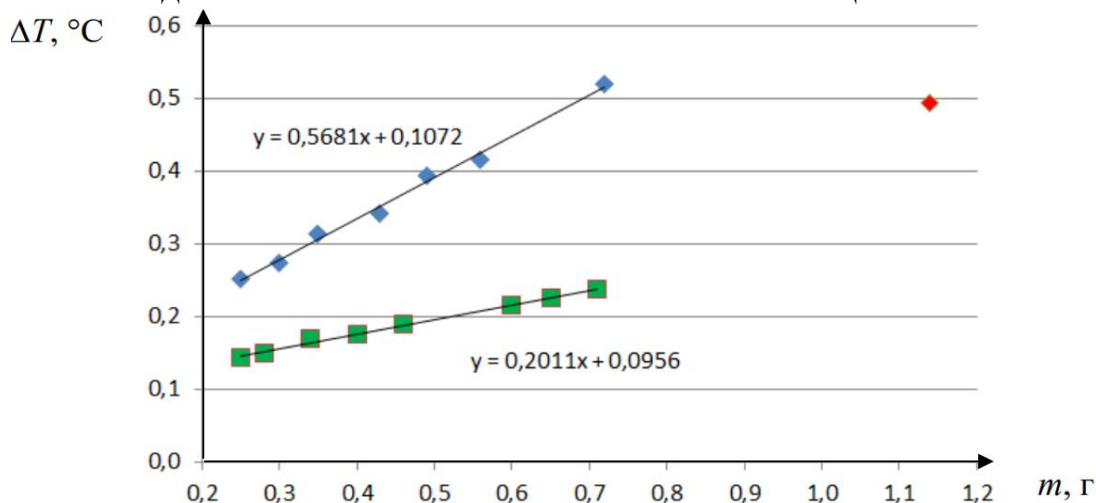
| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $m, \text{ г}$ | 0,25 | 0,40 | 0,28 | 0,61 | 0,34 | 0,46 | 0,71 | 0,65 |
| $\Delta T, ^\circ\text{C}$ | 0,14 | 0,18 | 0,15 | 0,22 | 0,17 | 0,19 | 0,24 | 0,23 |

В таблице 2 приведены результаты, полученные во втором эксперименте при сгорании таблеток неизвестного вещества на той же термопаре:

Таблица 4.

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $m, \text{г}$ | 0,25 | 0,72 | 0,30 | 1,14 | 0,35 | 0,49 | 0,43 | 0,56 |
| $\Delta T, \text{°C}$ | 0,25 | 0,52 | 0,27 | 0,49 | 0,31 | 0,39 | 0,34 | 0,42 |

Построим графики зависимости повышения температуры термостата от массы таблеток для бензойной кислоты и неизвестного вещества:



Обозначим C полную теплоемкость термостата, q – удельную теплоту сгорания бензойной кислоты, которая является известной, q_x – удельную теплоту сгорания неизвестного вещества. Запишем уравнение теплового баланса для бензойной кислоты: $qm = C\Delta T$, тогда $C = q \frac{m}{\Delta T}$ – теплоемкость термостата. Найдем тангенс угла наклона прямой $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta T}{m}$, тогда $C = \frac{q}{\operatorname{tg} \alpha}$. Для графика зависимости изменения температуры термостата от массы таблеток бензойной кислоты коэффициент наклона прямой составляет $0,20 \frac{\text{°C}}{\text{г}}$. Величина теплоемкость термостата составит $C = 142,6 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}$. Для неизвестного вещества уравнение теплового баланса: $q_x m = C\Delta T$. Теплоемкость установки можно считать неизменной, тогда $\frac{q}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{q_x}{\operatorname{tg} \alpha_x}$. Для графика зависимости изменения температуры термостата от массы таблеток неизвестного вещества коэффициент наклона прямой составляет $0,57 \frac{\text{°C}}{\text{г}}$, при этом крайней точкой необходимо пренебречь, так как полученные в этом опыте результаты являются случайной погрешностью. Удельная теплота сгорания неизвестного вещества составит $81,3 \frac{\text{кДж}}{\text{г}}$.

Система оценивания задания:

| Баллы | Критерии оценивания |
|---------|--|
| 2 балла | Представлены таблицы с пересчитанными значениями из величин изменения напряжения в величины изменения температуры |
| 2 балла | Построен график зависимости повышения температуры термостата от массы таблеток для бензойной кислоты и неизвестного вещества |
| 1 балл | Записано уравнение теплового баланса для опытов с бензойной кислотой |
| 2 балла | Использован и определен коэффициент наклона графика |
| 1 балл | Верно определена теплоемкость термостата в $\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ |
| 1 балл | Записано уравнение теплового баланса для опытов с бензойной кислотой |
| 1 балл | Верно определена удельная теплота сгорания неизвестного вещества в $\frac{\text{кДж}}{\text{г}}$ |