**Министерство науки и высшего образования РФ**

**Совет ректоров вузов Томской области**

**Открытая региональная межвузовская олимпиада**

**2019‑2020**

**ФИЗИКА**

**9 класс**

**II этап**

**Задача 1**

 На лабораторных работах по определению теплоёмкости воды, ученикам выдавали калориметры, в которые наливалось $V=1,5 л$ воды и электрический нагреватели мощностью $P=0,8 кВт$, подключённые к источникам питания. Спустя время $τ=11,5 мин$, когда вода ещё не закипела, один из учеников заметил, что потребляемая мощность снизилась на $q=50 Вт$. Определите, при какой температуре воды произошло падение мощности источника тока, если начальная температура воды $t\_{0}=10℃$ , температура воды в конце эксперимента $t\_{m}=95℃$. Плотность воды $ρ=1000\frac{кг}{м^{3}}$, а удельная теплоемкость воды $c=4200\frac{Дж}{кг℃}$.

**Оценка задания № 1 - 20 баллов**

**Решение**

Пусть $t$ – температура при которой произошло падение мощности, $τ\_{x}$ – время при котором произошло падение мощности. Запишем уравнения теплового баланса для двух этапов нагревания:

$$Pτ\_{x}=cρV\left(t-t\_{0}\right),$$

$$\left(P-q\right)\left(τ-τ\_{x}\right)=cρV\left(t\_{m}-t\right).$$

Здесь мы заменили массу воды $m=ρV$. Складывая два этих уравнения получим

$$\left(P-q\right)τ+qτ\_{x}=cρV\left(t\_{m}-t\_{0}\right).$$

Отсюда легко получить выражение для $τ\_{x}$

$$τ\_{x}=\frac{\left(cρV\left(t\_{m}-t\_{0}\right)-\left(P-q\right)τ\right)}{q}.$$

Подставим полученной выражение в первое уравнение теплового баланса и выразим $t:$

$$t=t\_{0}+\frac{P}{q}\left(t\_{m}-t\_{0}\right)-\frac{P}{q}\frac{(P-q)}{cρV}τ.$$

Наконец получим численное значение $t$

$$t≈55,7℃.$$

**Ответ:** $≈55,7℃$

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Записаны уравнения теплового баланса для 2-х случаев  | **6** |
| Получено выражение для времени при котором произошло падение мощности | **6** |
| Получено выражение в общем виде для $t$ | **4** |
| Получено численное выражение для $t$ | **4** |

**Задача 2**

 Для сцепки четырёх вагонов, отличающихся по массе на $η=10\%$ в сторону увеличения, первый вагон скатывают с горки длиной$ S$ и углом наклона $α$. Остальные вагоны расположены на горизонтальной поверхности и отстоят друг от друга на небольшом расстоянии. Считая каждую сцепку абсолютно не упругой, найти скорость такого состава сразу после последней сцепки.

**Оценка задания № 2 - 20 баллов**

**Решение**

Пусть *m* – масса 1-го вагона, тогда 1,1*m* – масса второго вагона, 1,2*m* – масса третьего вагона, 1,3*m* – масса четвертого вагона. Высота горки с которой скатывается первый вагон

$$h=S\sin(α).$$

Следовательно, по закону сохранения энергии скорость первого вагона $v\_{0}$ перед первой сцепкой выражается из уравнения

$$mgh=\frac{mv\_{0}^{2}}{2},$$

Тогда

$$v\_{0}=\sqrt{2gS\sin(α)}.$$

Рассмотрим первую сцепку. По закону сохранения импульса имеем

$$mv\_{0}=\left(m+1,1m\right)v\_{1},$$

где $v\_{1}$ – скорость системы из второго и первого вагонов. Отсюда следует

$$v\_{1}=\frac{v\_{0}}{2,1}.$$

Аналогично рассматриваем вторую сцепку:

$$\left(m+1,1m\right)v\_{1}=\left(m+1,1m+1,2m\right)v\_{2},$$

где $v\_{2}$ – скорость системы из 3-х вагонов, и

$$v\_{2}=\frac{v\_{0}}{3,3}.$$

Наконец для последней сцепки

$$\left(m+1,1m+1,2m\right)v\_{2}=\left(m+1,1m+1,2m+1,3m\right)v\_{3},$$

где $v\_{3}$ – скорость системы 4-х вагонов отсюда:

$$v\_{3}=\frac{v\_{0}}{4,6}.$$

Подставляем выражение для $v\_{0}$ и получаем

$$v\_{3}=\frac{\sqrt{2gS\sin(α)}}{4,6}.$$

**Ответ:** $\frac{\sqrt{2gS\sin(α)}}{4,6}$

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Получено выражение для скорости $v\_{0}$с использованием закона сохранения энергия | **4** |
| Получено выражение для скорости $v\_{1}$ (закон сохранения импульса) | **4** |
| Получено выражение для скорости $v\_{2}$ (закон сохранения импульса) | **4** |
| *Два предыдущих пункта у некоторых школьников могут отсутствовать, т.к. для каждой сцепки выполнен закон сохранения импульса и можно сразу записать*$$mv\_{0}=\left(m+1,1m+1,2m+1,3m\right)v\_{3},$$*где* $v\_{3}$ *– скорость системы из четырех вагонов сразу после сцепки.* | ***8*** |
| Получено выражение для скорости $v\_{3}$ (закон сохранения импульса) через $v\_{0}$ | **4** |
| Получено окончательное выражение для скорости $v\_{3}$ | **4** |

**Задача 3**

|  |  |
| --- | --- |
|  Электрическая цепь подключена к источнику постоянного тока. Показания амперметра $I=0,2 мА $, а вольтметров $U\_{1}=1,5 В$ и $U\_{2}=0,3 В$ соответственно. Найти сопротивления всех приборов, если вольтметры одинаковы.**Оценка задания № 3 - 20 баллов** | $$U\_{2}$$$$U\_{1}$$$$A$$ |

**Решение**

Поскольку амперметр подключен параллельно с вольтметром $U\_{2}$ напряжение на нем совпадает с напряжением на вольтметре 2, тогда по закону Ома сопротивление амперметра:

$$R\_{A}=\frac{U\_{2}}{I}.$$

Если обозначить $I\_{1}$ – силу тока на вольтметре 1, а $I\_{2}$ – силу тока на вольтметре 2, должно быть выполнено равенство

$$I+I\_{2}=I\_{1}.$$

Так как вольтметры одинаковы имеем:

$$I+\frac{U\_{2}}{R\_{U}}=\frac{U\_{1}}{R\_{U}},$$

где $R\_{U}$ – сопротивление вольтметров. Из последнего выражения получим

$$R\_{U}=\frac{U\_{1}-U\_{2}}{I}.$$

Наконец получим:

$$R\_{A}=1500 Ом, R\_{U}=600 Ом.$$

**Ответ:** 600 Ом

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Определено напряжение на амперметре  | **4** |
| Получено выражение в общем виде для сопротивления амперметра | **4** |
| Записано соотношение связывающее токи на приборах | **6** |
| Получено выражение в общем виде для сопротивления вольтметров | **4** |
| Получены численные выражения сопротивлений | **2** |

**Задача 4**

|  |  |
| --- | --- |
|  На данном рычаге через равные расстояния прикреплены крючки. Крючки пронумерованы от $-4$ до $4$, где $0$ приходится на середину рычага. Все грузы одинаковой массы. Определите номер крючка, к которому нужно подвесить такой же груз, чтобы рычаг находился в равновесии.**Оценка задания № 4 - 20 баллов** |  |
|  |  |

**Решение**

Обозначим $m\_{n}$ массу весящую на крючке под номером $n$. Во введенных обозначения момент силы тяжести действующий на крючке под номером $n$ имеет вид

$M\_{n}=m\_{n}l n$*,*

где $l$ – длина отрезка рычага между двумя крючками. Таким образом можно записать уравнение моментов:

$-4lm-3lm-2lm-lm+2l2m+3lm+klm=0$,

где $k$ номер крючка на который нужно повесить груз. Последнее уравнение можно записать следующим образом

$$-10lm+7lm+klm=0,$$

$$-3lm+klm=0,$$

$$k=3.$$

**Ответ:** № 3

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Правильно записано уравнение моментов  | **12** |
| Правильно вычислен номер крючка | **8** |

**Задача 5**

 Скатываясь равноускоренно с наклонной плоскости, брусок проезжает мимо четырёх меток, отстоящих на одинаковом расстоянии друг от друга. На прохождение между двумя первыми метками он затратил $t\_{1}=3 c$, а между второй и третей проехал за $t\_{2}=1,32 c$. Определите время $t\_{3}$ движения бруска между третьей и четвертой метками.

**Оценка задания № 5 - 20 баллов**

**Решение**

Имеют место тождества

|  |  |
| --- | --- |
| $$S=v\_{0}t\_{1}+\frac{at\_{1}^{2}}{2},$$ | (1) |
| $$S=(v\_{0}+at\_{1})t\_{2}+\frac{at\_{2}^{2}}{2},$$ | (2) |
| $$S=(v\_{0}+at\_{1}+at\_{2})t\_{3}+\frac{at\_{3}^{2}}{2}.$$Из тождества (3) следует квадратное уравнение на $t\_{3}$ | (3) |

$$τ^{2}=\left(t\_{0}+2t\_{1}+2t\_{2}\right)t\_{3}+t\_{3}^{2},$$

где

$$τ^{2}=\sqrt{\frac{2S}{a}}, t\_{0}=\frac{2v\_{0}}{a}.$$

Положительный корень этого уравнения имеет вид

$$t\_{3}=-\left(\frac{t\_{0}}{2}+t\_{1}+t\_{2}\right)+\sqrt{\left(\frac{t\_{0}}{2}+t\_{1}+t\_{2}\right)^{2}+τ^{2}}.$$

Вычислим значения $t\_{0}$ и $τ^{2}$. Из уравнений (1) и (2) после соответствующих переобозначений получим систему:

$$τ^{2}=t\_{0}t\_{1}+t\_{1}^{2},$$

$$τ^{2}=\left(t\_{0}+2t\_{1}\right)t\_{2}+t\_{2}^{2}.$$

Решение этой системы

$$t\_{0}=\frac{(t\_{1}+t\_{2})^{2}-2t\_{1}^{2}}{(t\_{1}-t\_{2})}≈0,39 с,$$

$$τ^{2}=\frac{t\_{1}t\_{2}(t\_{1}+t\_{2})}{(t\_{1}-t\_{2})}≈10,18 с^{2}.$$

Следовательно

$$t\_{3}≈1,01 с.$$

**Ответ:** $≈1,01 с$

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Записаны тождества (1), (2) и (3) | **6** |
| Получено квадратное уравнение на $t\_{3}$ , решено и выбран верный корень уравнения | **4** |
| Получена система уравнений для определения $t\_{0}$ и $τ^{2}$ | **4** |
| Получены верные значения для $t\_{0}$ и $τ^{2}$ | **4** |
| Правильно вычислено значение $t\_{3}$ | **2** |