**Министерство науки и высшего образования РФ**

**Совет ректоров вузов Томской области**

**Открытая региональная межвузовская олимпиада**

**2019‑2020**

**ФИЗИКА**

**10 класс**

**II этап**

**Задача 1**

 Однородный металлический стержень согнут под прямым углом в отношении $2:1$ и шарнирно подвешен за середину длинной стороны. Определить угол, который образует длинная сторона с вертикалью.

**Оценка задания № 1 – 20 баллов**

**Решение**

О

$$\vec{N}$$

$$m\vec{g}$$

$$m\vec{g}$$

$$m\vec{g}$$

𝛼

|  |  |
| --- | --- |
| Запишем уравнение моментов относительно точки *O*$$1,5 l mg \sin(\left(180-α\right))+0,5 l mg \sin(\left(180-α\right))+$$$$+0,5 l mg \sin((90-α))= l N \sin(α.)$$Где $l$ – длина 1 части стержня, а $m$ – масса одной части стержня.По второму закону Ньютона $$N=3mg.$$ |  |

Тогда уравнение моментов принимает вид:

$$1,5\sin(α)+0,5 \sin(α)+0,5\cos(α)= 3\sin(α.)$$

Отсюда легко получить

$$\tan(α)=\frac{1}{2}.$$

Или

$$α≈26,57°.$$

**Ответ:** $≈26,57°$

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Есть рисунок и расставлены силы | **4** |
| Записано уравнение моментов сил относительно точки *О* | **6** |
| Использован второй закон Ньютона для определения силы реакции опоры | **4** |
| Получено выражение для тангенса или котангенса угла | **4** |
| Получен ответ | **2** |

**Задача 2**

|  |  |
| --- | --- |
| Определите КПД цикла идеального одноатомного газа, изображённого на рисунке. Участки 2-3 и 3-4 на чертеже представляют собой дуги окружностей с центрами в точках $O\_{1}$ и $O\_{2}$ соответственно.**Оценка задания № 2 – 20 баллов** | **10_3.jpg** |

**Решение**

Для начала вспомним, что КПД цикла можно вычислить, как отношение работы за цикл к подведенному от нагревателя теплу, то есть

$$η=\frac{A}{Q\_{н}},$$

где $A$ – работа газа за цикл, $Q\_{н}$ – тепло подведенное от нагревателя.

 Работа газа за цикл численно равна площади цикла в координатах $PV$ следовательно

$$A=\left(3P\_{0}-P\_{0}\right)\left(3V\_{0}-V\_{0}\right)=4P\_{0}V\_{0}.$$

Теперь заметим, что тепло к газу подводится только на участках 1-2, 2-3 и 3-4. На участке 1-2 работа газом не совершается, значит по первому началу термодинамики

$$Q\_{12}=∆u\_{12}=\frac{3}{2}νR\left(T\_{2}-T\_{1}\right).$$

Из уравнения Менделеева-Клейперона следует, что

$$2P\_{0}V\_{0}=νRT\_{2}, P\_{0}V\_{0}=νRT\_{1}.$$

Тогда

$$Q\_{12}=\frac{3}{2}P\_{0}V\_{0}.$$

 Рассмотрим теперь участок 2-3-4. Аналогично имеем

$$Q\_{234}=∆u\_{234}+A\_{234}.$$

Работа газа на этом участке определяется площадью под графиком участка 2-3-4 и равна

$$A\_{234}=3P\_{0}\left(3V\_{0}-V\_{0}\right)=6P\_{0}V\_{0}.$$

Для вычисления изменения внутренней энергии запишем уравнение Менделеева-Клейперона в точке 4:

$$12P\_{0}V\_{0}=νRT\_{4}.$$

Теперь легко видеть, что

$$∆u\_{234}=\frac{3}{2}νR\left(T\_{4}-T\_{2}\right)=\frac{3}{2}(12P\_{0}V\_{0}-2P\_{0}V\_{0})=15P\_{0}V\_{0}.$$

Наконец, поскольку

$$Q\_{н}=Q\_{12}+Q\_{234}=\frac{3}{2}P\_{0}V\_{0}+6P\_{0}V\_{0}+15P\_{0}V\_{0}=22,5P\_{0}V\_{0},$$

несложно вычислить значение КПД

$$η=\frac{4P\_{0}V\_{0}}{22,5P\_{0}V\_{0}}≈0,18.$$

**Ответ:** $≈0,18$

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Записано определение КПД цикла | **2** |
| Вычислена работа газа за цикл  | **4** |
| Правильно определены участки на которых подводится тепло | **4** |
| Получено выражение для подведенного тепла на участке 1-2 | **2** |
| Правильно определенно подведенное тепло на участке 2-3-4 | **6** |
| Получен верное выражение для КПД цикла | **2** |

**Задача 3**

Для лабораторных испытаний на мини-плитке с сопротивлением $R=25 Ом$, её подключили последовательно с сопротивлением $r=15 Ом$. При длительной работе плитка нагрелась до максимальной температуры$ t\_{m}=50℃ $ от комнатной $t\_{0}=18℃$. Определите максимальную температуру плитки, если параллельно c ней включить ещё одну такую же плитку?

**Оценка задания № 3 – 20 баллов**

**Решение**

 Заметим, что изменение температуры от комнатной до максимальной пропорционально мощности плитки.

 Рассмотрим первый случай. Пусть в этом случае через плитку проходит ток $I\_{1}$, тогда

$$I\_{1}^{2}R=k\left(t\_{m}-t\_{0}\right).$$

Поскольку (последовательное соединение):

$$I\_{1}=\frac{u}{r+R},$$

где *u –* ЭДС источника, легко видеть

|  |  |
| --- | --- |
| $$\frac{u^{2}R}{\left(r+R\right)^{2}}=k\left(t\_{m}-t\_{0}\right).$$ | (1) |

 Теперь рассмотрим второй случай. Если ток проходящий через плитку обозначить $I\_{2}$, тогда

$$I\_{2}^{2}R=k\left(t\_{x}-t\_{0}\right),$$

где $t\_{x}$ – искомая температура. Так как источник тока остался прежним:

$$I\_{2}=\frac{1}{2}\frac{u}{r+R/2}.$$

Следовательно

|  |  |
| --- | --- |
| $$\frac{u^{2}R}{\left(2r+R\right)^{2}}=k\left(t\_{x}-t\_{0}\right).$$ | (2) |

 Разделим уравнение (2) на уравнение (1) и проделаем алгебраические преобразования получим:

$$t\_{x}=t\_{0}+\frac{\left(R-r\right)^{2}\left(t\_{m}-t\_{0}\right)}{\left(2r+R\right)^{2}}.$$

Вычисления дают

$t\_{x}=22,25℃$.

**Ответ:** $22,25℃$

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Сказано о том, что изменение температуры плитки пропорционально мощности | **6** |
| Записано выражение для тока $I\_{1}$  | **2** |
| Получена формула (1) | **4** |
| Записано выражение для тока $I\_{2}$  | **2** |
| Получена формула (2) | **4** |
| Верно решена система уравнений (1), (2) и получен правильное выражение для $t\_{x}$ | **2** |

**Задача 4**

|  |  |
| --- | --- |
| На рисунке показан ход светового луча $1$ до линзы и $1'$ после линзы. Найти построением точные положения *каждого* фокуса линзы и ход светового луча $2$ после линзы.**Оценка задания № 4 – 20 баллов** | *1**1’**2* |

**Решение**

|  |  |
| --- | --- |
| Для построения фокуса справа, проведем побочную оптическую ось (голубым цветом) параллельную лучу 1 до пересечения с лучом 1’. Полученная точка пересечения является побочным фокусом справа от линзы. Опустим из нее перпендикуляр до главной оптической оси (также голубым цветом). Полученная точка пересечения фокальной плоскости справа с главной оптической осью есть главный фокус линзы. Затем построим побочную оптическую ось (оранжевым цветом) параллельную лучу 1’ до пересечения с лучом 1. Это есть побочный фокус линзы слева. Проведем перпендикуляр (фокальную плоскость) из этого побочного фокуса до пересечения с главной оптической осью линзы. Данная точка пересечения – главный фокус линзы справа. Для построения луча 2’ необходимо построить побочную оптическую ось (зеленым цветом) параллельную лучу 2 до пересечения с фокальной плоскостью справа. Данная точка пересечения – побочный фокус, через который проходит луч 2’ (красным цветом). Этот луч параллелен главной оптической оси. | *1**1’**2*FF2’ |
| **Критерий** | **Баллы** |
| Используя ход луча 1-1’ получена фокальная плоскость справа от линзы | **6** |
| Для построения фокуса слева линзы после оси использовано обращение лучей | **8** |
| Построен ход луча 2’ | **6** |

**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** |