



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
по естественным наукам

Заключительный этап
2016-2017 уч. год

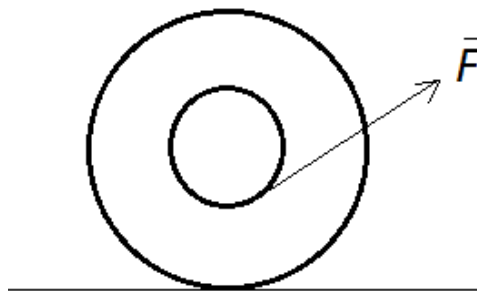
Задания, ответы и критерии оценивания

11 класс
Вариант 1

физика

Задача № 5 (15 баллов)

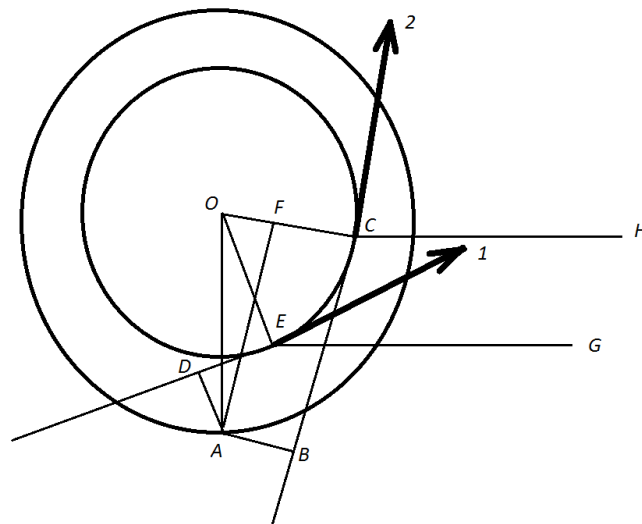
Катушку с нитками человек, находящийся справа от нее, потянул за свободный конец с силой F под углом $\alpha = 20^\circ$ к горизонту. В результате катушка покатилась без проскальзывания с постоянным ускорением к нему. Под каким углом к горизонту должен потянуть человек за нить с той же самой силой, для того чтобы катушка теперь покатилась с тем же ускорением от него? Радиусы у катушки отличаются в два раза.



Ответ: $86,6^\circ$ (в качестве ответа допускается указание значения синуса или косинуса этого угла).

Решения и критерии оценивания:

Решение № 1:



Необходимо, чтобы плечи AD и AB сил 1 и 2 были одинаковыми.

(3 балла)

Угол $\alpha = \angle GE1 = \angle EOA = \angle OAD$. (2 балла)

Плечо $AD = (OA - \frac{OE}{\cos \angle EOA}) \cos \angle OAD = (R_2 - \frac{R_1}{\cos \alpha}) \cos \alpha = R_2 \cos \alpha - R_1 = AB = FC$ (3 балла)

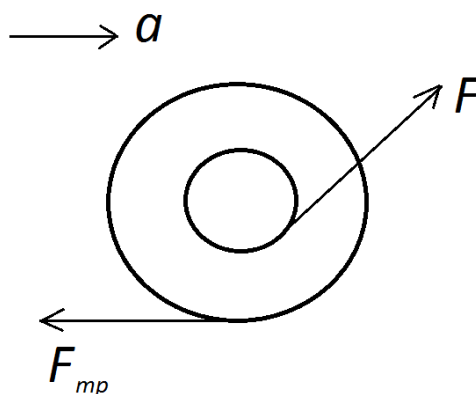
Искомый угол: $\beta = \angle HC2 = \angle FOA$. (2 балла)

Получаем: $\cos \angle FOA = \frac{FO}{OA} = \frac{OC - FC}{OA} = \frac{R_1 - R_2 \cos \alpha + R_1}{R_2} = 2 \frac{R_1}{R_2} - \cos \alpha$. (3 балла)

В результате: $\cos \beta = 2 \cdot \frac{1}{2} - \cos 20^\circ = 1 - 0,940 = 0,06$, т.е. $\beta = 86,6^\circ$ (2 балла)

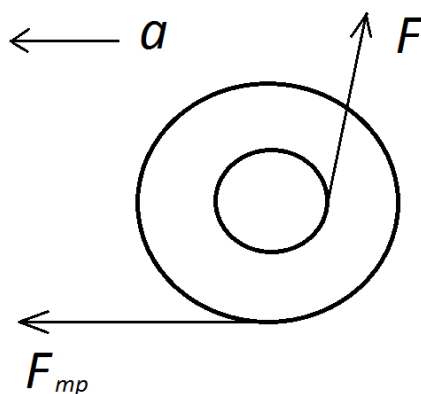
Решение №2:

Правило моментов относительно центра катушки: $F \cdot R_1 = F_{mp} \cdot R_2$ (4 балла)



Второй закон Ньютона в проекции на ось OX: $F \cos \alpha - F_{mp} = ma$ (3 балла)

После смены угла.



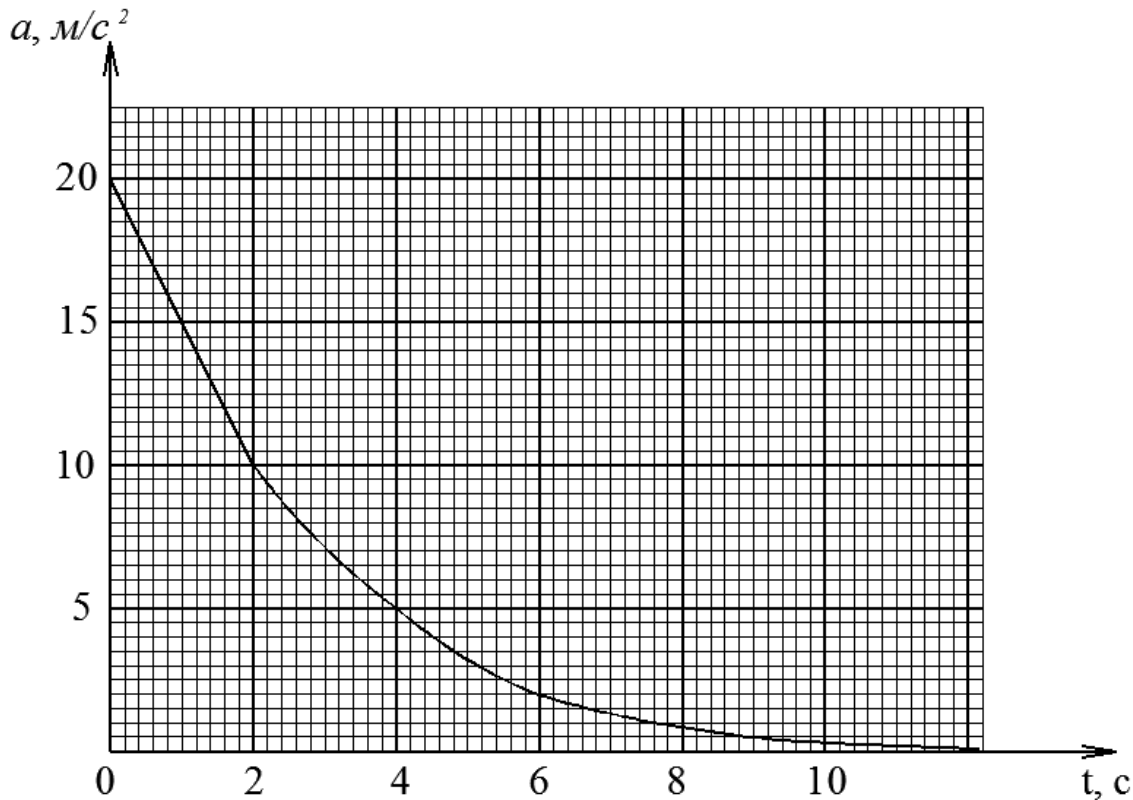
$F \cos \beta - F_{mp} = -ma$. (3 балла)

В результате получаем:

$\cos \beta = 2 \frac{R_1}{R_2} - \cos \alpha = 2 \cdot \frac{1}{2} - \cos 20^\circ = 1 - 0,940 = 0,06$, т.е. $\beta = 86,6^\circ$ (5 баллов)

Задача № 6 (15 баллов)

Тело бросают с балкона вертикально вверх. Зависимость модуля ускорения тела от времени приведена на графике. Пользуясь данной зависимостью, оцените начальную скорость тела. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Ответ: 30 м/с

Решение и критерии оценивания:

График выглядит таким образом из-за наличия силы сопротивления воздуха, действующей на мяч. **(4 балла)**

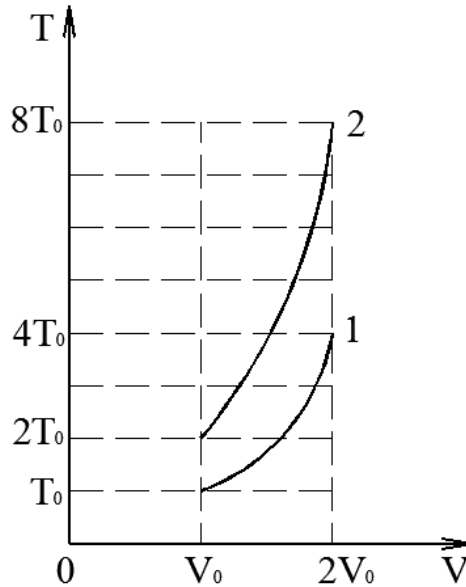
В момент времени $t = 2 \text{ с}$ ускорение равно ускорению свободного падения. Следовательно, в этот момент времени мяч находился в самой верхней точке своей траектории и его скорость $v = 0 \text{ м/с}$. **(4 балла)**

Изменение скорости равно площади под графиком. **(4 балла)**

Оценка площади дает следующий результат: $v_0 = 30 \text{ м/с}$ **(3 балла)**

Задача № 7 (10 баллов)

С одной и той же порцией одного и того же газа два раза был осуществлен процесс, в ходе которого температура газа прямо пропорциональна квадрату его объема. Найдите отношение работ газа в этих процессах.



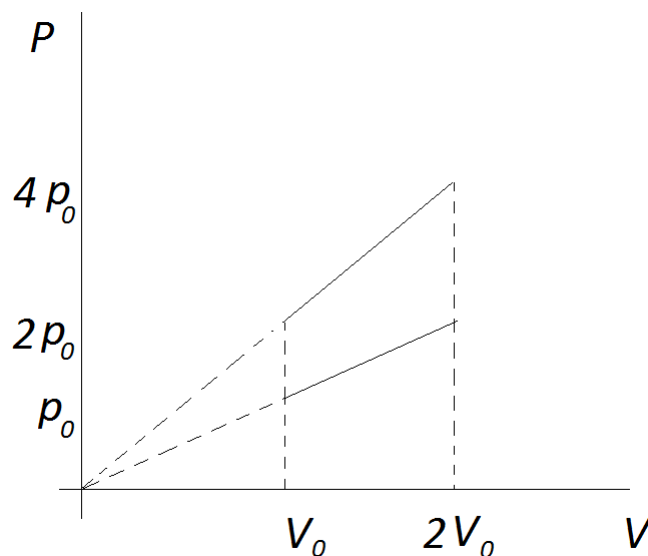
Ответ: $\frac{A_2}{A_1} = 2$

Решение и критерии оценивания:

Из условия: $T = \alpha V^2$. Следовательно, из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{pV}{T} = \text{const}, \text{ следует: } p = \text{const} \cdot V. \quad (4 \text{ балла})$$

Зависимость в координатах $p-V$ линейная:



Где начальные давления газов: $p_{20} = 2p_{10}$. (2 балла)

Работа – площадь под графиком в координатах $p-V$, получаем, что: (2 балла)

$$\frac{A_2}{A_1} = 2 \quad (2 \text{ балла})$$

Задача № 8 (10 баллов)

Известно, что нагретое тело излучает каждую секунду с одного квадратного метра энергию, которая определяется выражением $w = \sigma T^4$, где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Джс}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$. До какой температуры нагреется кусок проволоки длиной $L = 50 \text{ см}$ и диаметром сечения $D = 2 \text{ мм}$, если к его концам в течение длительного времени прикладывается напряжение $U = 220 \text{ В}$ и по проволоке протекает ток $I = 5 \text{ А}$?

Ответ: 1576 К

Решение и критерии оценивания:

Мощность протекающего по проволоке тока: $P = UI$. (2 балла)

Мощность теплового излучения: $P = w \cdot S = \sigma T^4 L \cdot \pi D$ (4 балла)

Получаем:

$$\sigma T^4 L \cdot \pi D = UI. \text{ Откуда: } T = \sqrt[4]{\frac{UI}{\sigma L \pi D}} = \sqrt[4]{\frac{220 \cdot 5}{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,5 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}} = 1576 \text{ К} \quad (4 \text{ балла})$$



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
по естественным наукам

Заключительный этап
2016-2017 уч. год

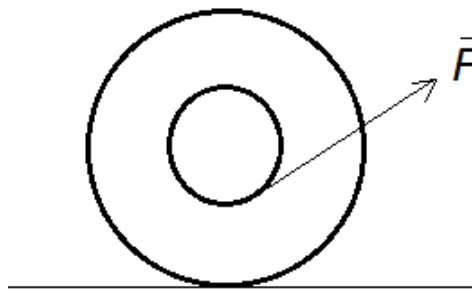
Задания, ответы и критерии оценивания

11 класс
Вариант 2

физика

Задача № 5 (15 баллов)

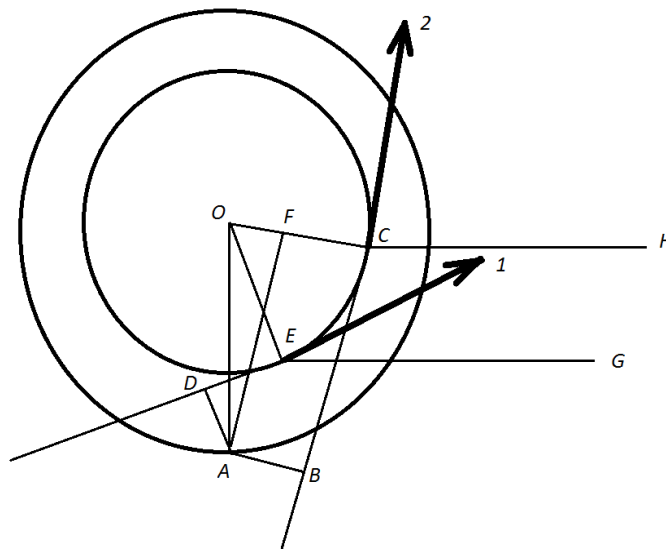
Катушку с нитками человек, находящийся справа от нее, потянул за свободный конец с силой F под углом $\alpha = 70^\circ$ к горизонту. В результате катушка покатилась без проскальзывания с постоянным ускорением от него. Под каким углом к горизонту должен потянуть человек за нить с той же самой силой, для того чтобы катушка теперь покатилась с тем же ускорением к нему? Радиусы у катушки отличаются в два раза.



Ответ: $48,8^\circ$ (в качестве ответа допускается указание значения синуса или косинуса этого угла).

Решения и критерии оценивания:

Решение №1:



Необходимо, чтобы плечи AD и AB сил 1 и 2 были одинаковыми. (3 балла)

Искомый угол $\beta = \angle GEI = \angle EOA = \angle OAD$. (2 балла)

Плечо $AD = (OA - \frac{OE}{\cos \angle EOA}) \cos \angle OAD = (R_2 - \frac{R_1}{\cos \beta}) \cos \beta = R_2 \cos \beta - R_1 = AB = FC$ (3 балла)

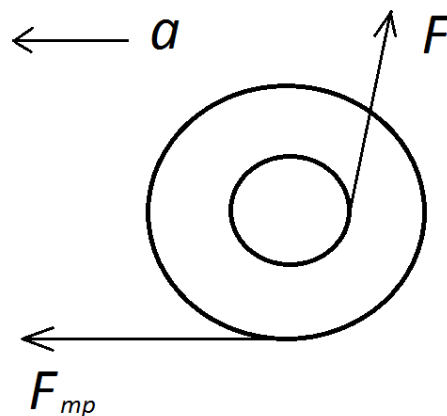
Угол: $\alpha = \angle HC2 = \angle FOA$. (2 балла)

Получаем: $\cos \angle FOA = \frac{FO}{OA} = \frac{OC - FC}{OA} = \frac{R_1 - R_2 \cos \beta + R_1}{R_2} = 2 \frac{R_1}{R_2} - \cos \beta$. (3 балла)

В результате: $\cos \beta = 2 \cdot \frac{1}{2} - \cos 70^\circ = 1 - 0,342 = 0,658$, т.е. $\beta = 48,8^\circ$ (2 балла)

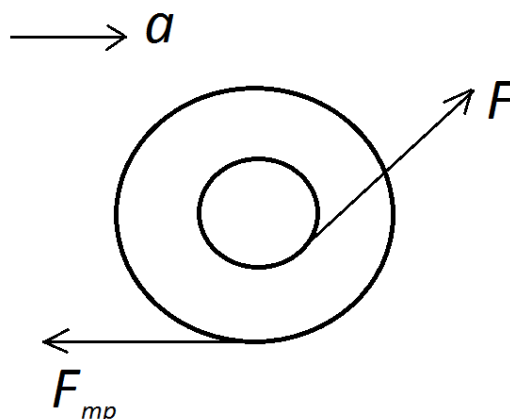
Решение №2:

Правило моментов относительно центра катушки: $F \cdot R_1 = F_{mp} \cdot R_2$ (4 балла)



Второй закон Ньютона в проекции на ось Ox : $F \cos \alpha - F_{mp} = -ma$ (3 балла)

После смены угла.



$F \cos \beta - F_{mp} = ma$. (3 балла)

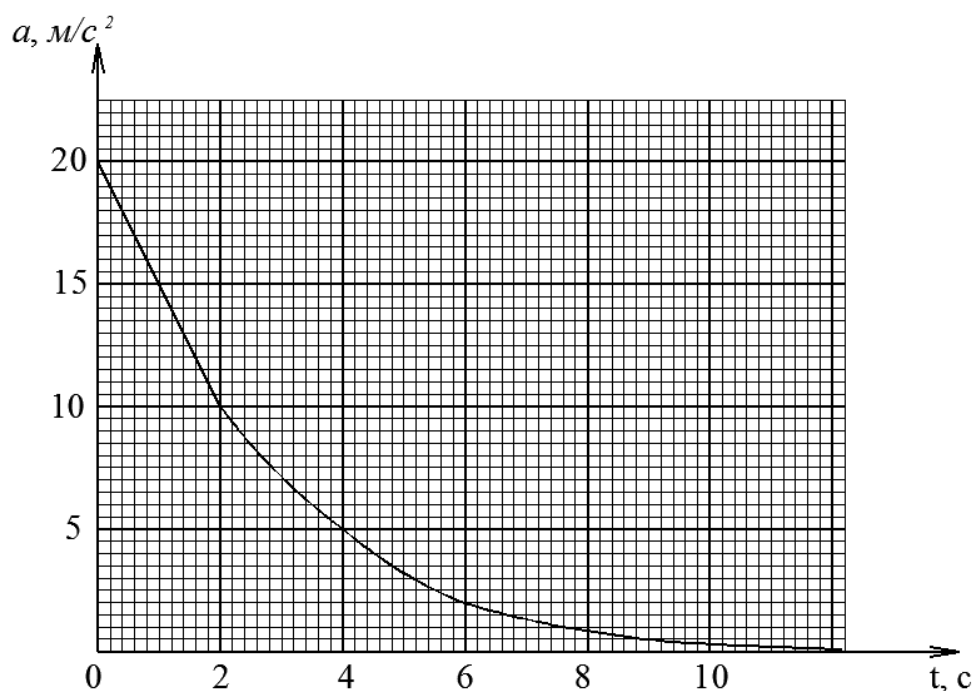
В результате получаем:

$$\cos \beta = 2 \frac{R_1}{R_2} - \cos \alpha = 2 \cdot \frac{1}{2} - \cos 70^\circ = 1 - 0,342 = 0,658, \text{ т.е. } \beta = 48,8^\circ$$

(5 баллов)

Задача № 6 (15 баллов)

Тело бросают с высокорасположенного балкона вертикально вверх. Зависимость модуля ускорения тела от времени приведена на графике. Пользуясь данной зависимостью, оцените установившуюся скорость тела. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Ответ: 25 м/с

Решение и критерии оценивания:

График выглядит таким образом из-за наличия силы сопротивления воздуха, действующей на мяч. **(4 балла)**

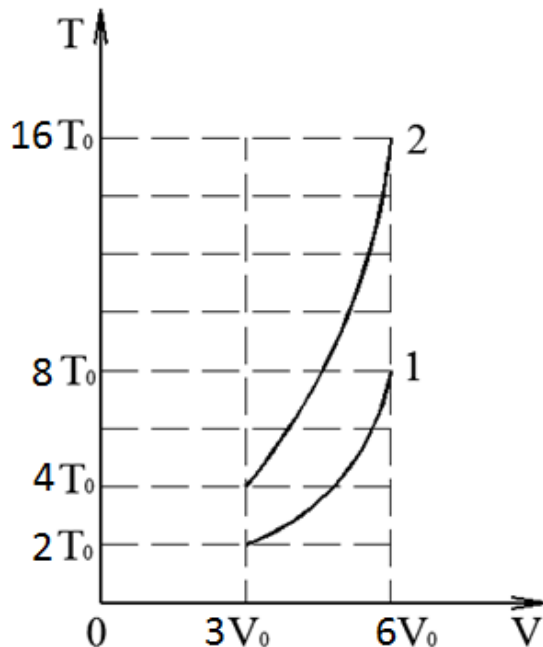
В момент времени $t = 2 \text{ с}$ ускорение равно ускорению свободного падения. Следовательно, в этот момент времени мяч находился в самой верхней точке своей траектории и его скорость $v = 0 \text{ м/с}$. **(4 балла)**

Изменение скорости равно площади под графиком. **(4 балла)**

Оценка площади дает следующий результат: $v_{\text{уст}} = 25 \text{ м/с}$ **(3 балла)**

Задача № 7 (10 баллов)

С одной и той же порцией одного и того же газа два раза был осуществлен процесс, в ходе которого температура газа прямо пропорциональна квадрату его объема. Найдите отношение работ газа в этих процессах.



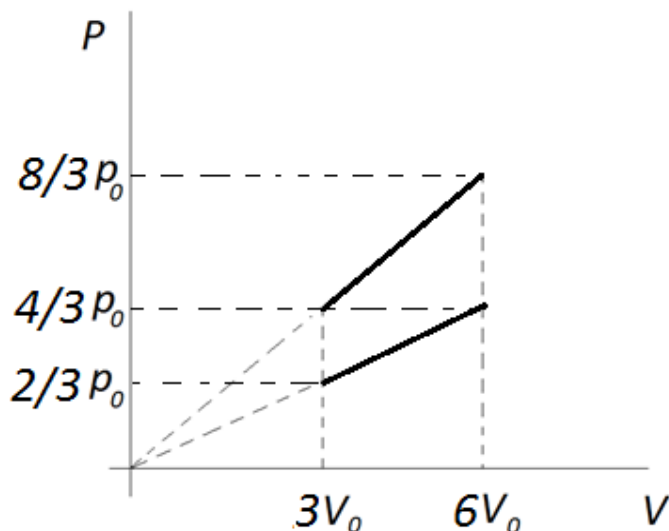
Ответ: $\frac{A_2}{A_1} = 2$

Решение и критерии оценивания:

Из условия: $T = \alpha V^2$. Следовательно, из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{pV}{T} = const, \text{ следует: } p = const \cdot V. \quad (4 \text{ балла})$$

Зависимость в координатах $p-V$ линейная:



Где начальные давления газов: $p_{20} = 2p_{10}$. (2 балла)

Работа – площадь под графиком в координатах $p-V$, получаем, что: (2 балла)

$$\frac{A_2}{A_1} = 2 \quad (2 \text{ балла})$$

Задача № 8 (10 баллов)

Известно, что нагретое тело излучает каждую секунду с одного квадратного метра энергию, которая определяется выражением $w = \sigma T^4$, где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$. До какой температуры нагреется кусок проволоки длиной $L = 25 \text{ см}$ и диаметром сечения $D = 1 \text{ мм}$, если к его концам в течение длительного времени прикладывается напряжение $U = 220 \text{ В}$ и по проволоке протекает ток $I = 5 \text{ А}$?

Ответ: 2229 К

Решение и критерии оценивания:

Мощность протекающего по проволоке тока: $P = UI$. (2 балла)

Мощность теплового излучения: $P = w \cdot S = \sigma T^4 L \cdot \pi D$ (4 балла)

Получаем:

$$\sigma T^4 L \cdot \pi D = UI. \text{ Откуда: } T = \sqrt[4]{\frac{UI}{\sigma L \pi D}} = \sqrt[4]{\frac{220 \cdot 5}{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}} = 2229 \text{ К} \quad (4 \text{ балла})$$