

# Решение вступительной работы по ФИЗИКЕ в 10 класс ФТШ. 2015 год

## 1. Где быстрее?

А) При последовательном соединении токи в участках одинаковы:  $I_1 = I_2$ . Поскольку площадь сечения проводников и их веществ одинаковы, то и скорости зарядов одинаковы.

**Ответ:** при последовательном соединении средние скорости электронов в кусках провода равны.

**Примечание:** верным является еще и такое рассуждение: при последовательном соединении куски одинакового провода могут рассматриваться как единый провод, а поэтому средние скорости электронов одинаковы.

Б) При параллельном соединении на проводах одинаковые напряжения:  $U_1 = U_2 = U$ , а значит

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}.$$

Так как  $R \sim l$ , в более длинном проводе сопротивление больше, а значит ток меньше:  $I_1 < I_2$ . Мы уже знаем (см. пункт А), что при одинаковых толщине и веществе чем больше ток, тем больше скорость, поэтому...

**Ответ:** при параллельном соединении в более длинном проводе средняя скорость электронов меньше.

В) Чем больше скорость электронов, тем больше сила тока, а поскольку у одинаковых проводов сопротивление на единицу длины  $R_l$  одно и то же, то и мощность выделения тепла  $I^2 R_l$  на участниках одинаковой длины одинакова, то есть одинаков нагрев.

**Ответ:** в условиях задачи, то есть для одинаковых проводов, предположение верно.

**Примечание 1:** это же можно обосновать и по-другому – более быстрые электроны сильнее сталкиваются с веществом, и поэтому на одинаковых участках одинаковых проводов они нагревают вещество сильнее.

**Примечание 2:** для разных проводов утверждение, вообще говоря, неверно. Например, можно представить себе провод, где электроны бегут быстрее, но их количество (концентрация) гораздо меньше, чем в другом. Тогда каждый отдельный электрон будет сообщать при столкновениях веществу больше энергии, но из-за их общего малого количества провод будет нагреваться слабее.

## 2. Тот самый Мюнхгаузен

А) Вся потенциальная энергия льда при падении (при отсутствии сопротивления) перейдет в кинетическую:

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

но в реальности лишь часть кинетической пойдет на нагрев льда, его плавление, нагрев образовавшейся воды и её дальнейшее испарение, то есть:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} \geq C_l m \Delta T_l + \lambda m + C_v m \Delta T_v + Lm \quad (1)$$

или

$$h \geq \frac{C_l \Delta T_l + \lambda + C_v \Delta T_v + L}{g}. \quad (2)$$

Подставляя известные значения, получим

$$h \geq \frac{2100 \cdot 40 + 336000 + 4200 \cdot 100 + 2100000}{9,8} \approx 300000 \text{ м} = 300 \text{ км}.$$

При отсутствии силы сопротивления движение льда равноускорено ( $g \approx const$ ), то есть

$$\frac{gt^2}{2} = h \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \geq 247 \text{ с}. \quad (3)$$

**Ответ:** возможное время падения куска льда не менее 247 секунд.

**Примечание:** эта оценка наименьшая – учет силы сопротивления, неполной теплопередачи льду при ударе и некоторого уменьшения значения  $g$  с высотой лишь усилит неравенства (1) – (3) и увеличит значения  $h$  и  $t$ .

Б) Описанное Мюнхгаузенем невозможно как минимум по двум причинам:

*во-первых*, на высотах порядка 300 км (или выше) земная атмосфера разрежена настолько, что никакие воздушные шары там летать не могут;

*во-вторых*, если бы кусок льда и достиг скорости

$$v = \sqrt{2gh} \geq 2450 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

то тогда из-за трения об реальную атмосферу на низких высотах лед нагрелся, расплавился и частично испарился еще до удара о землю.

**Ответ:** Мюнхгаузен «чуть-чуть» преувеличил.

### 3. Тянитолкай и скорая помощь

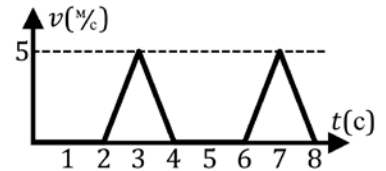
А) На ровной дороге сила трения почти не влияет на качение кареты и Тянитолкай создает единственную значимую горизонтальную силу. При этом

$$a(t) = \frac{F(t)}{m}; a_{max} = \frac{F_{max}}{m} = \frac{5000}{1000} = 5 \frac{м}{с}$$

и график  $a(t)$  совпадет с графиком  $F(t)$ , где на оси ординат вместо  $F$  (кН) написано  $a$  ( $\frac{м}{с^2}$ ).

Каждую третью секунду скорость возрастает на величину  $a_{max}\Delta t = 5 \cdot 1 = 5 \frac{м}{с}$ , а каждую четвертую секунду с ускорением  $-a_{max}$  возвращается до нуля.

**Ответ:** график  $v(t)$ .



Б) Путь, пройденный каретой за 4 секунды, проще всего определить как площадь под графиком  $v(t)$ , то есть

$$S = \frac{5 \frac{м}{с}}{2} \cdot 2 с = 5 м.$$

Тогда

$$v_{cp} = \frac{S_{период}}{t_{период}} = \frac{5}{4} = 1,25 \frac{м}{с}.$$

В сутках

$$t_{сут} = 24 \cdot 3600 = 86400 с,$$

и за первые сутки карета проедет

$$l_{сут} = v_{cp} \cdot t_{сут} = 1,25 \cdot 86400 = 108000 м = 108 км,$$

а за трое

$$l_1 = 3l_{сут} = 324 км.$$

После того, как Тянитолкай все перепутал, сила  $F(t)$  и ускорение  $a(t)$  поменяли знак, а значит поменялось направление графика  $v(t)$ , то есть карета поехала в обратную сторону. За четверо суток она проедет

$$l_2 = 4l_{сут} = 432 км,$$

а в итоге переместится на

$$\Delta x = 3l_{сут} - 4l_{сут} = -l_{сут} = -108 км.$$

**Ответ:** к концу недели карета скорой помощи окажется на расстоянии 108 км от дома, причем дальше от Африки, чем расположен дом (точка старта).

### 4. Электрический цветок

Края всех пяти «лепестков» соединены общим кольцевым проводом без сопротивления, то есть они подсоединены параллельно и схему можно перерисовать (см. рисунок). Также обозначим сопротивление «лепестка»  $R_1$ , «листа» —  $R_2$ .

А) Пусть общий ток в схеме равен  $I$ , тогда ток через каждый «лепесток»

$$I_1 = \frac{I}{5},$$

при этом мощность «лепестка»

$$P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = \frac{I^2}{25} R_1,$$

а листа  $P_2 = I^2 R_2$ .

По условию  $P_1 = P_2$ , значит

$$\frac{I^2}{25} R_1 = I^2 R_2 \Rightarrow R_1 = 25R_2.$$

Общее сопротивление схемы

$$R_0 = R_2 + \frac{R_1}{5} = 6R_2,$$

откуда

$$I = \frac{U}{R_0} = \frac{U}{6R_2}$$

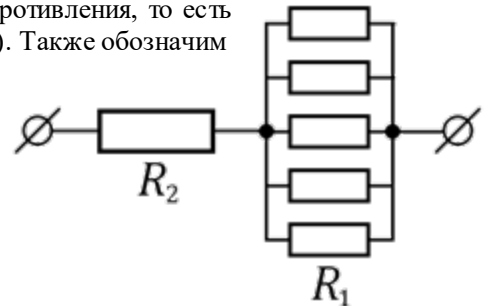
и мощность «листа» (и «лепестков»):

$$P = I^2 R_2 = \frac{U^2}{36R_2},$$

откуда

$$R_2 = \frac{U^2}{36P} = \frac{300^2}{36 \cdot 50} = 50 \text{ Ом}, \quad R_1 = 25R_2 = 1250 \text{ Ом}.$$

**Ответ:** сопротивление «лепестка»  $R_1 = 1250$  Ом, «листа»  $R_2 = 50$  Ом.



Б) Если один «лепесток» перегорел, то общее сопротивление стало

$$R_0 = R_2 + \frac{R_1}{4} > R_2 + \frac{R_1}{5},$$

то есть больше, чем было.

Следовательно, общий ток

$$I = \frac{U}{R_0}$$

уменьшится, поэтому напряжение на «листе»  $U_2 = IR_2$  и его мощность сечения  $P_2 = I^2 R_2$  тоже уменьшатся. Напряжение же на каждом «лепестке»  $U_1 = U - U_2$  увеличится (т.к.  $U_2$  уменьшилось), поэтому и их мощность

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1}$$

возрастет.

**Ответ:** после перегорания одного «лепестка» мощность «листа» уменьшилась, а оставшихся «лепестков» – возросла.