



ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

**Профиль: Инженерное дело, специализация «Физика»**

**Вариант: 1**

**Класс: 9**

**1 Задача (6 баллов)**

Экспериментатор решил проверить, могут ли две пули сплавиться, если встретятся в полете. Для этого он сталкивал пули под разными углами. В одном из экспериментов пули летели перпендикулярно друг другу. Одна из пуль была в полтора раза тяжелее другой, при этом скорость более тяжелой в момент удара была в два раза меньше скорости легкой и равнялась 250 м/с. После опыта экспериментатор установил, что в этом случае пули все-таки сплавились. Определите, с какой скоростью они двигались после удара?

**2 Задача (6 баллов)**

Вокруг экзопланеты вращается спутник по некоторой орбите. Радиус экзопланеты 5000 км. Определите радиус спутника, если ускорение свободного падения на поверхности планеты в 10 раз больше, чем на поверхности спутника, а средняя плотность спутника в 2 раза больше, чем средняя плотность экзопланеты. Экзопланету и спутник считать идеально круглыми. Объем шара находится по формуле:  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .

**3 Задача (8 баллов)**

У любого тела существует так называемая предельная (установившаяся) скорость падения. Это максимальная скорость, которую может набрать тело при падении, учитывая сопротивление воздуха. У парашютиста с раскрытым парашютом такая скорость равна 10 м/с, а без парашюта 60 м/с. Предположим, что парашютист выпрыгивает из корзины висящего неподвижно воздушного шара в безветренную погоду. Допустим, что он будет двигаться равноускоренно с ускорением 6 м/с<sup>2</sup> до достижения предельной скорости. Как только он ее достигает, то раскрывает парашют и начинает тормозить до достижения предельной скорости с парашютом с постоянным ускорением 10 м/с<sup>2</sup>. Определите, на какой высоте находился воздушный шар, если весь спуск занял у парашютиста 6 минут.

**4 Задача (8 баллов)**

В далекой звездной системе сутки на некоторой планете в четыре раза меньше земных суток. Радиус этой планеты равен 6000 километров. Ее обитатели достигли небывалого технического прогресса и могут строить сколь угодно высокие здания из очень твердых недеформируемых материалов. Определите, какой высоты самое высокое здание на этой планете, находящееся на широте в 45 градусов. Известно, что кончик шпиля здания двигается со скоростью, которая составляет  $\frac{\pi\cdot\sqrt{2}}{10^6}$  долей скорости света относительно оси вращения планеты. Скорость света принять за  $300 \cdot 10^6$  м/с.

**5 Задача (10 баллов)**

При работах на северном полюсе полярники используют прибор, основной схемой которого являются три одинаковых резистора, подключенные параллельно. Каждый резистор - это нарезанная прямая алюминиевая проволока диаметром 2,5 мм. Один из резисторов всю ночь пробыл на улице и стал покрыт тонким слоем льда так, что толщина льда составила 0,5 мм. После чего прибор собрали в подсобном помещении и, когда он достиг температуры помещения, его включили. Температура всей схемы при включении составила 0 градусов цельсия. По цепи пропускают ток в 45 А. Определите, за какое время лед на резисторе растает, если плотность льда 0,9 г/см<sup>3</sup>, его удельная теплота плавления 340 кДж/кг, а удельное сопротивление алюминия  $2,8 \cdot 10^{-8}$  Ом · м. Лед является диэлектриком. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

**6 Задача (12 баллов)**

При подъеме пробы грунта с глубины 4500 метров в Тихом океане ровно на экваторе группа исследователей затрачивает 10 кг дизеля. Сколько топлива они потратят, если будут поднимать такую же пробу со дна Арктики с той же глубины на северном полюсе? На подъем груза на экваторе тратится 20% всей энергии, выделяемой топливом. На полюсе из-за низкой температуры КПД топлива уменьшается до 10%, а из-за намерзшего на цепь льда каждый метр цепи увеличивает свой вес на 1 кг. Объемами проб, цепи и намерзшего льда, а также изменением расстояния от центра планеты пренебречь. Удельная теплота сгорания дизеля 43,5 МДж/кг. Радиус земли принять постоянным и равным 6400 км. Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Ускорение свободного падения на поверхности Земли принять постоянным и равным 10 м/с<sup>2</sup>.



## Критерии оценивания олимпиадной работы

**Профиль:** Инженерное дело (академический тур)

**Предмет:** Физика

**Класс:** 9

### Задание 1 (максимальная оценка 6 б.)

Критерий (указать балл по каждому критерию)	Макс. балл
Верно записан закон сохранения импульса	4
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	2

### Задание 2 (максимальная оценка 6 б.)

Критерий (указать балл по каждому критерию)	Макс. балл
Правильно записан закон всемирного тяготения	1
Получена формула ускорения свободного падения	2
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	3

### Задание 3 (максимальная оценка 8 б.)

Критерий (указать балл по каждому критерию)	Макс. балл
Верно записаны законы равноускоренного движения	3
Верно записан закон равномерного движения	2
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	3

### Задание 4 (максимальная оценка 8 б.)

Критерий (указать балл по каждому критерию)	Макс. балл
Есть верный рисунок к задаче	1
Правильно найден радиус вращения верхней точки шпиля башни	4
Записана формула периода обращения	1
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	2

### Задание 5 (максимальная оценка 10 б.)

Критерий (указать балл по каждому критерию)	Макс. балл
Найдена сила тока, протекающего через один резистор	1
Правильно найден объем льда	2
Верно записано уравнение теплового баланса	4
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	3

### Задание 6 (максимальная оценка 12 б.)

Критерий (указать балл по каждому критерию)	Макс. балл
Учтено вращение Земли вокруг собственной оси	2
Найдена масса налипшего льда	1
Правильно найдена работа по подъему груза и цепи в двух случаях	6
Верно записана формула КПД	1
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	2
Если задача решается без учета вращения Земли вокруг собственной оси и при этом получается ответ 43,276 кг, то за задачу ставится 8 баллов	0

## Олимпиада “инженерное дело”

### 9 класс. Вариант 1.

#### 1 Задача (6 баллов)

Экспериментатор решил проверить, могут ли две пули сплавиться, если встретятся в полете. Для этого он сталкивал пули под разными углами. В одном из экспериментов пули летели перпендикулярно друг другу. Одна из пуль была в полтора раза тяжелее другой, при этом скорость более тяжелой в момент удара была в два раза меньше скорости легкой и равнялась 250 м/с. После опыта экспериментатор установил, что в этом случае пули все-таки сплавились. Определите, с какой скоростью они двигались после удара?

#### Решение:

Запишем закон сохранения импульса и, так как скорости направлены перпендикулярно, то воспользуемся теоремой Пифагора:

$$4m^2v^2 + (1,5)^2m^2v^2 = (2,5)^2m^2u^2$$

Решим уравнение и получим:

$$u = v = 250 \text{ м/с.}$$

**Ответ:** 250 м/с.

#### Критерии:

Верно записан закон сохранения импульса	4 балла
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	2 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>6 баллов</b>

#### 2 Задача (6 баллов)

Вокруг экзопланеты вращается спутник по некоторой орбите. Радиус экзопланеты 5000 км. Определите радиус спутника, если ускорение свободного падения на поверхности планеты в 10 раз больше, чем на поверхности спутника, а средняя плотность спутника в 2 раза больше, чем средняя плотность экзопланеты. Экзопланету и спутник считать идеально круглыми. Объем шара находится по формуле:  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .

#### Решение:

Запишем закон всемирного тяготения:

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$

По второму закону Ньютона:

$$ma = G \frac{mM}{R^2}, \text{ где } a - \text{ускорение свободного падения на поверхности.}$$

Выразим массу через плотность и радиус и подставим в формулу:

$$a = G \frac{4\rho \cdot \pi \cdot R^3}{3R^2}.$$

Следовательно, выразим радиус спутника и планеты, и составим систему уравнений:

$$R_c = \frac{3a_c}{4G\rho_c\pi}$$

$$R_n = \frac{3a_n}{4G\rho_n\pi}$$

Подставим данные из условия и найдем радиус спутника:

$$R_c = \frac{3 \cdot a_n}{10 \cdot 4 \cdot G \cdot 2\rho_n\pi} = \frac{1}{20} \frac{3a_n}{4G\rho_n\pi} = \frac{R_n}{20} = 250 \text{ км}$$

**Ответ:** 250 км.

#### Критерии:

Правильно записан закон всемирного тяготения	1 балл
----------------------------------------------	--------

Получена формула ускорения свободного падения	2 балла
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	3 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>6 баллов</b>

### 3 Задача (8 баллов)

У любого тела существует так называемая предельная (установившаяся) скорость падения. Это максимальная скорость, которую может набрать тело при падении, учитывая сопротивление воздуха. У парашютиста с раскрытым парашютом такая скорость равна 10 м/с, а без парашюта 60 м/с. Предположим, что парашютист выпрыгивает из корзины висящего неподвижно воздушного шара в безветренную погоду. Допустим, что он будет двигаться равноускоренно с ускорением 6 м/с<sup>2</sup> до достижения предельной скорости. Как только он ее достигает, то раскрывает парашют и начинает тормозить до достижения предельной скорости с парашютом с постоянным ускорением 10 м/с<sup>2</sup>. Определите, на какой высоте находился воздушный шар, если весь спуск занял у парашютиста 6 минут.

**Решение:**

Разобьем движение на участки и найдем общее расстояние:

$$1) \quad x_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} \quad (x_1 - \text{расстояние, которое парашютист пролетел без парашюта})$$

$$v_1 = a_1 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_1}{a_1} = \frac{60}{6} = 10 \text{ с.}$$

$$x_1 = \frac{6 \cdot 100}{2} = 300 \text{ м.}$$

$$2) \quad x_2 = v_1 t_2 - \frac{a_2 t_2^2}{2} \quad (x_2 - \text{расстояние, которое парашютист тормозил})$$

$$v_2 = v_1 - a_2 t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{v_2 - v_1}{a_2} = \frac{50}{10} = 5 \text{ с.}$$

$$x_2 = 10 \cdot 5 - \frac{10 \cdot 25}{2} = 175 \text{ м.}$$

$$3) \quad x_3 = v_2 t_3$$

$$t_3 = T - t_2 - t_1 = 6 \cdot 60 - 5 - 10 = 345$$

$$x_3 = 10 \cdot 345 = 3450 \text{ м.}$$

Сложим расстояния и найдем высоту:

$$H = x_1 + x_2 + x_3 = 3450 + 175 + 300 = 3925 \text{ м}$$

**Ответ:** 3925 метров.

**Критерии:**

Верно записаны законы равноускоренного движения	3 балла
Верно записан закон равномерного движения	2 балла
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	3 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>8 баллов</b>

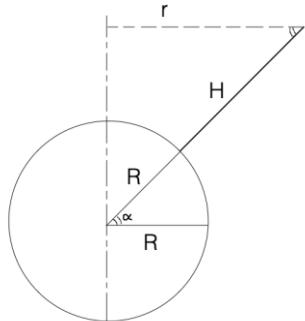
### 4 Задача (8 баллов)

В далекой звездной системе сутки на некоторой планете в четыре раза меньше земных суток. Радиус этой планеты равен 6000 километров. Ее обитатели достигли небывалого технического прогресса и могут строить сколь угодно высокие здания из очень твердых недеформируемых материалов. Определите, какой высоты самое высокое здание на этой планете, находящееся на

шире в 45 градусов. Известно, что кончик шпиля здания движется со скоростью, которая составляет  $\frac{\pi\sqrt{2}}{10^6}$  долей скорости света относительно оси вращения планеты. Скорость света принять за  $300 \cdot 10^6$  м/с.

**Решение:**

Определим радиус вращения кончика шпиля. Для этого нарисуем схему:



Как видно из рисунка, радиус вращения кончика шпиля находится по формуле:

$$r = (R + H)\cos(\alpha)$$

Также мы знаем период его вращения вокруг своей оси. Выразим скорость через него:

$$V = \frac{2\pi r}{T}$$

Подставим радиус вращения и найдем высоту здания:

$$V = \frac{2\pi(R + H)\cos(\alpha)}{T}$$

$$H = \frac{VT}{2\pi\cos(\alpha)} - R = \frac{300 \cdot \pi \cdot \sqrt{2} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,25 \cdot 2}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{2}} - 6000000 = 480000 \text{ метров}$$

**Ответ:** 480 километров.

**Критерии:**

Есть верный рисунок к задаче	1 балл
Правильно найден радиус вращения верхней точки шпиля башни	4 балла
Записана формула периода обращения	1 балл
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	2 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>8 баллов</b>

**5 Задача (10 баллов)**

При работах на северном полюсе полярники используют прибор, основной схемой которого являются три одинаковых резистора, подключенные параллельно. Каждый резистор - это нарезанная прямая алюминиевая проволока диаметром 2,5 мм. Один из резисторов всю ночь пробыл на улице и стал покрыт тонким слоем льда так, что толщина льда составила 0,5 мм. После чего прибор собрали в подсобном помещении и, когда он достиг температуры помещения, его включили. Температура всей схемы при включении составила 0 градусов цельсия. По цепи пропускают ток в 45 А. Определите, за какое время лед на резисторе растает, если плотность льда 0,9 г/см<sup>3</sup>, его удельная теплота плавления 340 кДж/кг, а удельное сопротивление алюминия  $2,8 \cdot 10^{-8}$  Ом·м. Лед является диэлектриком. Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

**Решение:**

Определим ток, текущий по резистору во льду.

$$I = \frac{I_0}{3} = 15 \text{ A.}$$

Определим массу льда. Для этого определим его объем:

Так как толщина стенок 0,5 мм, то диаметр провода вместе со льдом станет 3,5 мм. Тогда:

$$V = l \cdot S = l(S_0 - S_{\pi}) = \frac{l\pi}{4}(D^2 - d^2)$$
$$m_{\text{ль}} = \frac{l\pi}{4}(D^2 - d^2)\rho_{\text{ль}}$$

Все тепло, выделяемое проводником пойдет на плавление льда. Тогда:

$$\lambda m_{\text{ль}} = I^2 R t, \text{ где } R = \rho_{\text{уд}} \frac{l}{S} = \rho_{\text{уд}} \frac{4l}{\pi d^2}$$
$$t = \frac{\lambda m_{\text{ль}}}{I^2 R} = \frac{\lambda(D^2 - d^2)\rho_{\text{ль}}d^2\pi^2}{16I^2\rho_{\text{уд}}} = \frac{0,34 \cdot (3,5^2 - 2,5^2)900 \cdot 2,5^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3,14^2}{16 \cdot 15^2 \cdot 2,8 \cdot 10^{-8}} \approx 18,7 \text{ мин.}$$

**Ответ:** 19 минут.

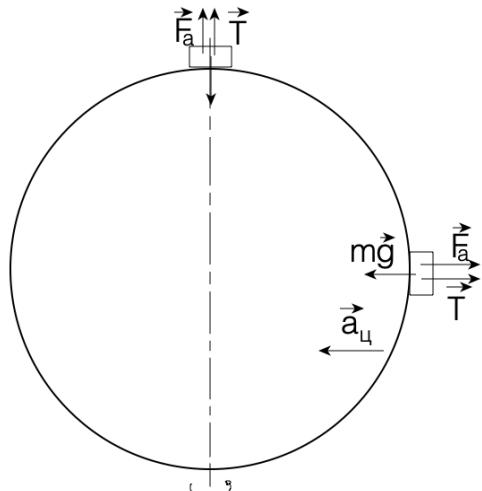
**Критерии:**

Найдена сила тока, протекающего через один резистор	1 балл
Правильно найден объем льда	2 балла
Верно записано уравнение теплового баланса	4 балла
Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	3 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>10 баллов</b>

### 6 Задача (12 баллов)

При подъеме пробы грунта с глубины 4500 метров в Тихом океане ровно на экваторе группа исследователей затрачивает 10 кг дизеля. Сколько топлива они потратят, если будут поднимать такую же пробу со дна Арктики с той же глубины на северном полюсе? На подъем груза на экваторе тратится 20% всей энергии, выделяемой топливом. На полюсе из-за низкой температуры КПД топлива уменьшается до 10%, а из-за намерзшего на цепь льда каждый метр цепи увеличивает свой вес на 1 кг. Объемами проб, цепи и намерзшего льда, а также изменением расстояния от центра планеты пренебречь. Удельная теплота сгорания дизеля 43,5 МДж/кг. Радиус земли принять постоянным и равным 6400 км. Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Ускорение свободного падения на поверхности Земли принять постоянным и равным 10 м/с<sup>2</sup>.

**Решение:**



Запишем второй закон Ньютона для тел в проекции на вертикальную ось (относительно поверхности земли), силами Архимеда можно пренебречь:

Для тела на полюсе:  $T - mg = 0$

Для тела на экваторе:  $ma = mg - T$ , где центростремительное ускорение связано с суточным вращением земли вокруг своей оси. Запишем его:

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2 R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Запишем работу для подъема груза и цепи:

$A = TH$ , где  $T$  - переменная сила натяжения цепи. Тогда:

На полюсе:  $A = \left(\frac{(m_{\text{п}})}{2} + m_r\right)Hg + \frac{m_{\text{п}}Hg}{2}$ , где  $m_{\text{п}} = 1 \cdot 4500$  кг.

На экваторе:  $A = \left(\frac{m_{\text{п}}}{2} + m_r\right)H(g - a)$

Запишем формулу КПД теплового двигателя:

$$\eta = \frac{A}{Q}$$

На полюсе:  $\eta_{\text{п}} q m_{\text{п}} = \left(\frac{(m_{\text{п}})}{2} + m_r\right)Hg + \frac{m_{\text{п}}Hg}{2}$

На экваторе:  $\eta_{\text{э}} q m_{\text{э}} = \left(\frac{(m_{\text{п}})}{2} + m_r\right)H(g - a)$

Выразим неизвестную скобку и подставим в уравнение на полюсе:

$$\left(\frac{(m_{\text{п}})}{2} + m_r\right) = \frac{\eta_{\text{э}} q m_{\text{э}}}{H(g - a)}$$

$$\eta_{\text{п}} q m_{\text{п}} = \frac{\eta_{\text{э}} q m_{\text{э}}}{H(g - a)} Hg + \frac{m_{\text{п}}Hg}{2}$$

$$m_{\text{п}} = \frac{\eta_{\text{э}} m_{\text{э}} g}{\eta_{\text{п}}(g-a)} + \frac{m_{\text{п}} H g}{2 \eta_{\text{п}} q} = \frac{\eta_{\text{э}} m_{\text{э}} g}{\eta_{\text{п}}(10 - \frac{4\pi^2 R}{T^2})} + \frac{m_{\text{п}} H g}{2 \eta_{\text{п}} q} = 20,068 + 23,276 = 43,34 \text{ кг.}$$

**Ответ:** 43,34 кг.

**Критерии:**

Если задача решается без учета вращения Земли вокруг собственной оси и при этом получается ответ 43,276 кг, то за задачу ставится <b>8 баллов</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Учтено вращение Земли вокруг собственной оси	2 балла
----------------------------------------------	---------

Найдена масса налипшего льда	1 балл
------------------------------	--------

Правильно найдена работа по подъему груза и цепи в двух случаях	6 баллов
-----------------------------------------------------------------	----------

Верно записана формула КПД	1 балл
----------------------------	--------

Приведены необходимые математические преобразования и получен верный численный ответ	2 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>12 баллов</b>