

## **Задания отборочного этапа Олимпиады школьников СПбГУ по физике 2023-2024 гг.**

Участникам отборочного этапа Олимпиады по физике из 8-10х классов предлагался вариант, состоявший из 6 задач, участникам из 11 класса – из 7. Каждая из задач составлялась в нескольких вариациях, выбиравшаяся системой проведения Олимпиады случайным образом. При проверке проверялась корректность введенного в систему числового ответа. Часть задач предлагались к решению участникам разных классов. Ниже в обозначениях задач указывается, участникам из каких классов они предназначались.

### **Структура разбиения тем задач по вариантам для разных классов:**

8 – сила тяги, мощность;

8 – равномерное движение, работа с графиком;

8-9 – гидравлический пресс;

8-9 – плотность вещества, сила Архимеда;

8-9 – сила тяги, мощность+КПД;

9-10 – рычаги;

9-10 – равноускоренное одномерное движение в поле силы тяжести;

9-10 – электрические цепи;

10-11 – процессы в идеальном газе, уравнение Менделеева-Клапейрона, диаграммы;

10-11 – механические колебания, задача с графиком;

10-11 – равноускоренное движение;

11 – оптимизация «накопителя» механической энергии;

11 – движение в магнитном поле;

11 – движение заряженных частиц в плоском конденсаторе.

### 8.1. Вариант 1

При движении на скорости 120 км/ч двигатель квадроцикла развивает силу тяги 450 Н. Рассчитайте полезную мощность двигателя при движении с такой скоростью. Ответ приведите в ваттах, округлив до ближайшего целого числа.

**Решение:**

- 1)  $N = A/t = F_{\text{тяги}} * S/t$ , где  $t$  – время за которое он проходит расстояние  $S$
- 2)  $N = F_{\text{тяги}} * v$  (1000м/3600с) (либо вычислять время через путь и скорость)

**Ответ:** 15 000 Вт

### Вариант 2

При движении на скорости 60 км/ч двигатель трицикла развивает силу тяги 300 Н. Рассчитайте полезную мощность двигателя при движении с такой скоростью. Ответ приведите в ваттах, округлив до ближайшего целого числа.

**Ответ:** 5000 Вт

### Вариант 3

При движении на тракторе на некоторой скорости  $v_0$  полезная мощность составляет 165 кВт. Сила тяги, действующая при этом на трактор, равняется 9.9 кН. Рассчитайте скорость трактора  $v_0$ . Ответ приведите в км/ч, округлив до ближайшего целого числа.

**Решение:**

- 1)  $N = F_{\text{тяги}} * S/t$ , где  $t$  – время за которое он проходит расстояние  $S$ , то есть  $S/t = v$
- 2)  $v[\text{м/с}] = N/F_{\text{тяги}}$
- 3)  $v[\text{км/ч}] = v[\text{м/с}] * 3.6$

**Ответ:** 60 км/ч

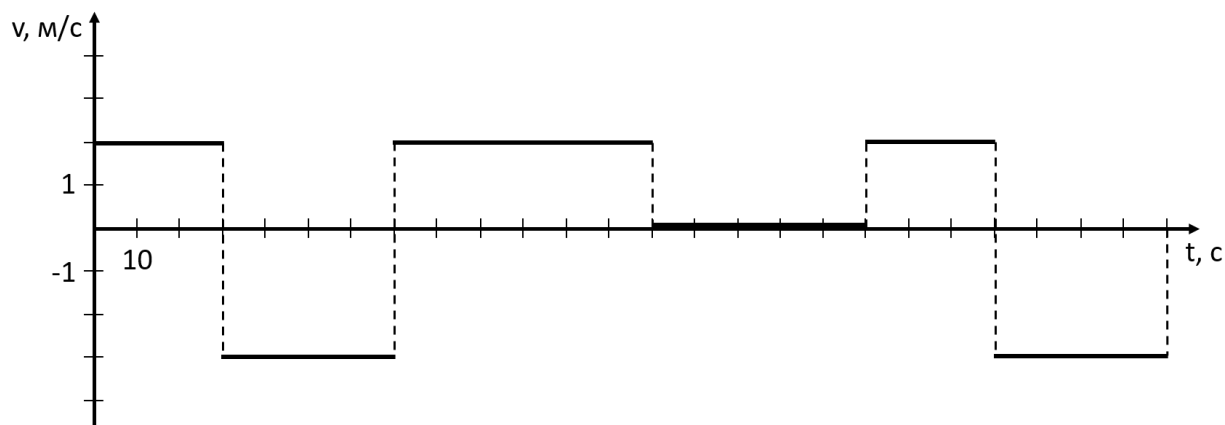
### Вариант 4

При движении карта (простейший гоночный автомобиль) по трассе на некоторой скорости  $v_0$  полезная мощность составила 8 кВт. Сила тяги, действовавшая при этом на карт, равнялась 600 Н. Рассчитайте скорость трактора  $v_0$ . Ответ приведите в км/ч, округлив до ближайшего целого числа.

**Ответ:** 48 км/ч.

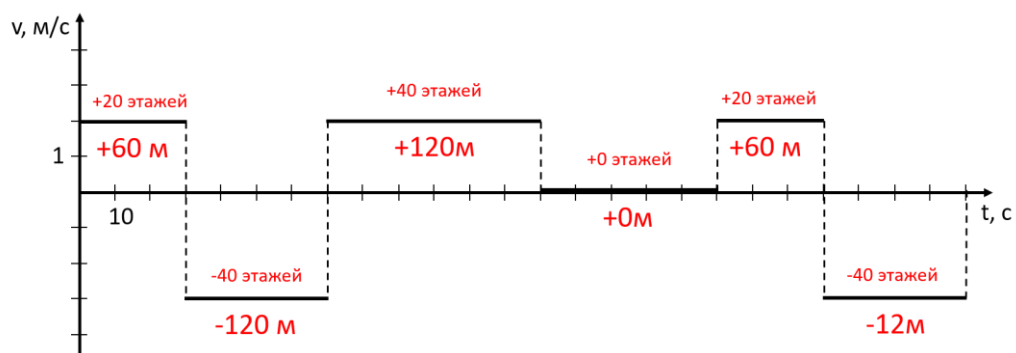
### 8.2. Вариант 1

Лифт небоскреба может перемещаться равномерно вверх со скоростью 2 м/с и вниз со скоростью 3 м/с. Для того, чтобы преодолеть один этаж лифту необходимо переместиться на 3 м. Определите по графику, на каком этаже оказался лифт в момент времени  $t_1$ , если изначально он находился на 21-м этаже. В ответе укажите число – номер этажа.



**Решение:**

График позволяет определить перемещение лифта с начала движения. Отрицательная скорость обозначает изменение направления движения:

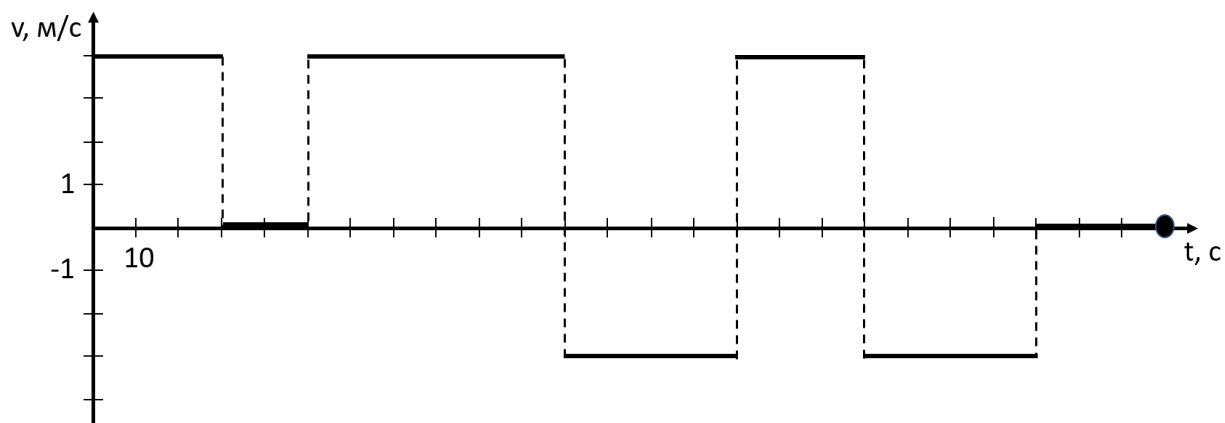


В итоге получаем, что лифт оказался на том же этаже, с которого стартовал.

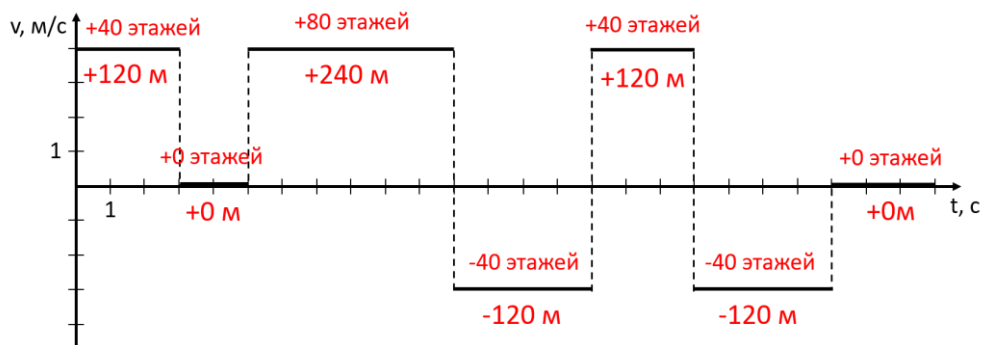
**Ответ:** Лифт в итоге оказался на 21 этаже

### Вариант 2

Лифт небоскреба может перемещаться равномерно вверх со скоростью 4 м/с и вниз со скоростью 3 м/с. Для того, чтобы преодолеть один этаж лифту необходимо переместиться на 3 м. Определите по графику, на каком этаже оказался лифт, если изначально он находился на 10-м этаже. В ответе укажите число – номер этажа.



**Решение**



**Ответ:** Лифт в итоге оказался на 90 этаже

### 8. Вариант 1

Василий проводит эксперимент по изучению плавления льда в соленой воде. Для этого Вася взял ледяной кубик из пресной воды объемом  $125 \text{ см}^3$  и погрузил его в воду, взятую из самого соленого моря на планете – Мертвого моря. В Мертвом море объемная доля соли в воде равна 30%. Чему оказался равен объем погруженной части кубика льда в воде из Мертвого моря? Плотность пресной воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность льда  $900 \text{ кг/м}^3$ , плотность соли –  $2180 \text{ кг/м}^3$ . Ответ приведите в кубических сантиметрах, округлив до ближайшего целого числа. Таянием кубика пренебрегите. Объем раствора считайте равным сумме объемов компонент.

**Решение:**

На кубик льда в воде действуют сила тяжести и сила Архимеда. Поскольку кубик плавает в воде (покоится), эти силы уравновешивают друг друга:

$$m_{\text{куб}}g = V_{\text{погр}}\rho_{\text{Мм}}g \Rightarrow \rho_{\text{куб}}V_{\text{куб}} = V_{\text{погр}}\rho_{\text{Мм}} \Rightarrow V_{\text{погр}} = \rho_{\text{куб}}/\rho_{\text{Мм}}V_{\text{куб}},$$

где  $\rho_{\text{Мм}}$  – плотность соленой воды из Мертвого моря. Для расчета ее плотности возьмем  $1 \text{ м}^3$  воды. Согласно условию 30 % этого объема будет составлять соль, а оставшиеся 70% – вода. Поэтому имеем:

$$\rho_{\text{Мм}} = (0.3 * 2180 + 0.7 * 1000) = 1354 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{погр}} = 83 \text{ см}^3$$

**Ответ:**  $83 \text{ см}^3$

### Вариант 2

Василий проводит эксперимент по изучению плавления льда в соленой воде. Для этого Вася взял ледяной кубик из пресной воды объемом  $125 \text{ см}^3$  и погрузил его в воду, взятую из Красного моря. В Красном море объемная доля соли в воде равна 10%. Чему оказался равен объем погруженной части кубика льда в воде из Мертвого моря? Плотность пресной воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность льда  $900 \text{ кг/м}^3$ , плотность соли –  $2180 \text{ кг/м}^3$ . Ответ приведите в кубических сантиметрах, округлив до ближайшего целого числа. Таянием кубика пренебрегите. Объем раствора считайте равным сумме объемов компонент.

**Ответ:**  $101 \text{ см}^3$

### Вариант 3

В эксперименте кубик льда объемом  $V$  опустили в стакан с пресной водой, а второй такой же кубик опустили в стакан с соленой водой. Оказалось, что объем погруженной части льда в пресной воде на 37% больше объема погруженной части в соленой воде.

Рассчитайте плотность соленой воды. Ответ представьте в  $\text{кг}/\text{м}^3$ , округлив до ближайшего целого числа. Плотность пресной воды  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Таянием кубика пренебрегите. Объем раствора считайте равным сумме объемов компонент.

**Решение:**

На кубики льда в воде действуют сила тяжести и сила Архимеда. Поскольку кубики плавают в воде (покоятся), эти силы уравнивают друг друга. Для кубика в пресной воде можно записать:

$$m_{\text{куб}}g = V_{\text{погр},1}\rho_1g \Rightarrow \rho_{\text{куб}}V_{\text{куб}} = V_{\text{погр},1}\rho_1 \Rightarrow V_{\text{погр},1} = \rho_{\text{куб}}V_{\text{куб}}/\rho_1,$$

где  $\rho_1$  – плотность пресной воды. Для кубика в соленой воде аналогично:

$$m_{\text{куб}}g = V_{\text{погр},2}\rho_2g \Rightarrow \rho_{\text{куб}}V_{\text{куб}} = V_{\text{погр},2}\rho_2 \Rightarrow V_{\text{погр},2} = \rho_{\text{куб}}V_{\text{куб}}/\rho_2,$$

где  $\rho_2$  – плотность соленой воды. Тогда отношение погруженных частей будет:

$$\frac{V_{\text{погр},1}}{V_{\text{погр},2}} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1.37$$

$$\Rightarrow \rho_2 = 1.37 * \rho_1 = 1370 \text{ кг}/\text{м}^3$$

**Ответ:**  $1370 \text{ кг}/\text{м}^3$

**Вариант 4**

В эксперименте кубик льда объемом  $V$  опустили в стакан с пресной водой, а второй такой же кубик опустили в стакан с соленой водой. Оказалось, что объем погруженной части льда в пресной воде на 12.6% больше объема погруженной части в соленой воде.

Рассчитайте плотность соленой воды. Ответ представьте в  $\text{кг}/\text{м}^3$ , округлив до ближайшего целого числа. Плотность пресной воды  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Таянием кубика пренебрегите. Объем раствора считайте равным сумме объемов компонент.

**Ответ:**  $1126 \text{ кг}/\text{м}^3$

**8. Вариант 1**

Мотоциклист движется на скорости  $144 \text{ км}/\text{ч}$ . Расход бензина при этом составляет  $4 \text{ л}$  на каждые  $100 \text{ км}$ , КПД двигателя равен  $25\%$ . Рассчитайте силу тяги, действующую на мотоцикл при таком движении. Ответ приведите в Ньютонах, округлив до ближайшего целого числа. Плотность бензина  $800 \text{ кг}/\text{м}^3$ , удельная теплота сгорания бензина  $46.0 \text{ МДж}/\text{кг}$ .

**Решение:**

КПД двигателя по определению равен отношению полезной работы к затраченной энергии:

$$\text{КПД} = \frac{F_{\text{тяги}}S}{qm_{\text{топлива}}} \Rightarrow F_{\text{тяги}} = \text{КПД} * \frac{qm_{\text{топлива}}}{S},$$

где  $q$  – удельная теплота сгорания топлива,  $S$  – пройденное расстояние. Массу топлива и пройденное расстояние берем из данного по условию задачи расхода топлива. Масса топлива (затрачиваемая на  $100 \text{ км}$ ) при этом будет:

$$m_{\text{топлива}} = V * \rho_{\text{топлива}}$$

И тогда искомая сила тяги будет равна:

$$F_{\text{тяги}} = \text{КПД} * \frac{qV\rho_{\text{топлива}}}{S} = 0.25 * 46 * 10^6 \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] * 0.004 [\text{м}^3] * \frac{800 \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]}{10^5 [\text{м}]} = 368 [\text{Н}]$$

**Ответ:** 368 Н

### Вариант 2

Легковой автомобиль движется на скорости 144 км/ч. Расход бензина при этом составляет 10 л на каждые 100 км, КПД двигателя равен 33%. Рассчитайте силу тяги, действующую на мотоцикл при таком движении. Ответ приведите в Ньютонах, округлив до ближайшего целого числа. Плотность бензина 800 кг/м<sup>3</sup>, удельная теплота сгорания бензина 46.0 МДж/кг.

**Ответ:** 1214 Н

### Вариант 3

Легковой автомобиль движется на скорости 144 км/ч. Расход бензина при этом составляет 10 л на каждые 100 км. Сила тяги, действующая на автомобиль, равна 1.3 кН. Рассчитайте КПД двигателя автомобиля при таком движении. Ответ приведите в процентах, округлив до ближайшего целого числа. Плотность бензина 800 кг/м<sup>3</sup>, удельная теплота сгорания бензина 46.0 МДж/кг.

**Решение:**

КПД двигателя по определению равен отношению полезной работы к затраченной энергии:

$$\text{КПД} = \frac{F_{\text{тяги}}S}{qm_{\text{топлива}}},$$

где  $q$  – удельная теплота сгорания топлива,  $S$  – пройденное расстояние. Массу топлива и пройденное расстояние берем из данного по условию задачи расхода топлива. Масса топлива (затрачиваемая на 100 км) при этом будет:

$$m_{\text{топлива}} = V * \rho_{\text{топлива}}$$

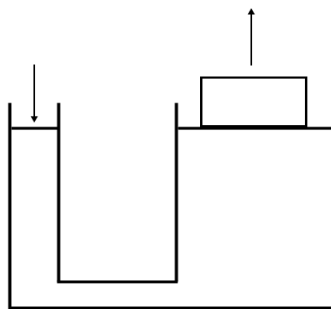
И тогда искомый КПД будет равен:

$$\text{КПД} = \frac{F_{\text{тяги}}S}{qm_{\text{топлива}}} = 1300 [\text{Н}] * \frac{10^5 [\text{м}]}{46 * 10^6 \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] * 0.01 [\text{м}^3] * 800 \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]} = 0.3533$$

**Ответ:** 35%

### 8-9.3 Вариант 1

Для поднятия автомобиля автомеханики используют гидравлический подъёмник, работающий по принципу гидравлического пресса (см. рисунок). Площадь малого поршня в 10 раз меньше площади большого поршня. Какую работу нужно совершить над малым поршнем, чтобы поднять автомобиль массой 2 тонны с помощью этого подъёмника, опустив при этом малый поршень на 1 м. Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с<sup>2</sup>, массой поршней и трением в системе пренебрегите. Ответ приведите в кДж, округлив до ближайшего целого числа.



**Решение:**

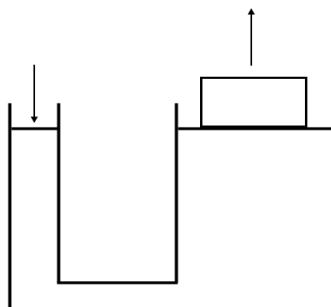
$F_1/S_1=F_2/S_2$  – формула гидравлического пресса ( $S$  площадь)  $F_1= F_2S_1/S_2$ , где  $F_2 = mg$

$A_1=F_1h_1$  – работа которую мы совершаем над малым поршнем

$$A_1= mg(S_1/S_2)h_1 = 2000*10*0,1*1 = 2000\text{Дж} = \underline{2}\text{кДж}$$

**Вариант 2**

Для того чтобы поднять автомобиль, автомеханики используют гидравлический подъёмник, работающий по принципу гидравлического пресса (см. рисунок). Площадь малого поршня в 10 раз меньше площади большого поршня. Какую работу нужно совершить над малым поршнем, чтобы поднять автомобиль массой 2 тонны на 10 см. Ускорение свободного падения примите равным  $10 \text{ м/с}^2$ , массой поршней и трением в системе пренебрегите. Ответ приведите в кДж, округлив до ближайшего целого числа.



**Ответ:** 2 кДж