

## Физика. 7 класс

1 вариант

Работа рассчитана на 120 минут.

**Все решения должны быть полными и обоснованными.**

### Задание No 1 – 30 баллов

Поезд равномерно приближается к станции с постоянной скоростью. Машинист в поезде гудит в свисток в течение  $t_0 = 10$  с, но начальник станции в ожидании поезда измеряет время свиста  $t_1 = 9$  с. Найдите скорость поезда  $v$ . Скорость звука в воздухе  $c = 340$  м/с.

### Задание No 2 – 20 баллов

В дельфинарии тренер дельфинов дал приказ подплыть к нему двум дельфинам от противоположного края аквариума шириной 30 м. Один дельфин поплыл со скоростью 3.2 м/с, а второй 1 м/с. Когда подплыл первый дельфин, тренер стал играть с ним в мячик, бросая мяч на нос дельфина, а дельфин обратно тренеру, пока к ним подплывал второй дельфин. Какое количество раз успел поймать мяч тренер до момента прибытия второго дельфина, если время полета мяча от тренера до дельфина и обратно 3 с?

### Задание No 3 – 25 баллов

Этанол смешивают с водой так, чтобы объем полученного раствора  $V = 1$  дм<sup>3</sup>, а массовая доля этанола в растворе  $n = 44,1\%$ . При сливании растворов вместе получается сжатие объема на  $\gamma = 6\%$ , то есть объем полученного раствора на 6% меньше общего объема воды и этанола. Плотность воды  $\rho_B = 1000$  кг/м<sup>3</sup> и этанола  $\rho_Э = 790$  кг/м<sup>3</sup>. Массовой долей  $n$  называется отношение массы вещества к общей массе раствора. Найдите объемы воды  $V_B$  и этанола  $V_Э$  (в сантиметрах кубических), смешанные друг с другом.

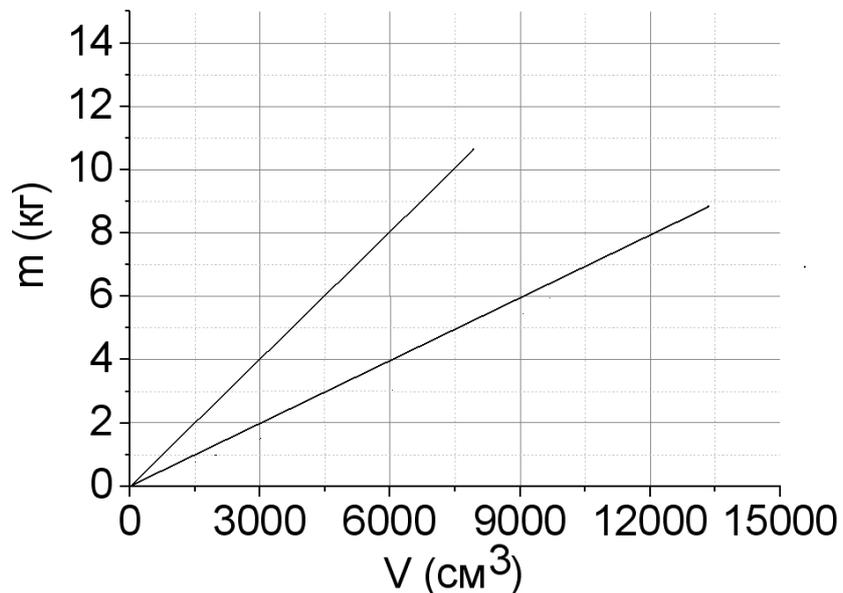
### Задание No 4 – 15 баллов

Ладья (судно) длиной  $l=35.15$  аршин плывет по озеру со скоростью  $v_1=42353$  пяди в час. Над ладьей летит птица от кормы к носу и обратно к корме со скоростью  $v_2=270$  локтей в минуту. Сколько всего минут летит птица над ладьей?

Пядь равнялась расстоянию от кончика большого до кончика указательного пальца, если их расставить. В 1 пяди около 4 вершков. Древнерусский локоть измерялся от локтя до кончика среднего пальца. В 1 локте 12 вершков. Аршин равняется расстоянию от кончика среднего пальца до плеча. В одном аршине 16 вершков. Вершок — старорусская единица длины, равняется длине основной фаланги указательного пальца (около 4,445 см).

### Задание No 5 – 10 баллов

На графике даны зависимости масс от объемов для двух веществ. Взяв одинаковые массы этих веществ, экспериментатор смешал их. Какая оказалась средняя плотность в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ?



## Физика. 7 класс

2 вариант

Работа рассчитана на 120 минут.

**Все решения должны быть полными и обоснованными.**

### Задание No 1 – 30 баллов

Поезд равномерно приближается к станции с постоянной скоростью. Машинист в поезде гудит в свисток в течение  $t_0 = 10$  с, но начальник станции в ожидании поезда измеряет время свиста  $t_1 = 9$  с. Найдите скорость звука в воздухе  $c$ , если скорость поезда  $v=34$  м/с.

### Задание No 2 – 20 баллов

В дельфинарии тренер дельфинов дал приказ подплыть к нему двум дельфинам от противоположного края аквариума шириной 30 м. Один дельфин поплыл со скоростью 1.6 м/с, а второй 0.5 м/с. Когда подплыл первый дельфин, тренер стал играть с ним в мячик, бросая мяч на нос дельфина, а дельфин обратно тренеру, пока к ним подплывал второй дельфин. Какое количество раз успел кинуть мяч тренер до момента прибытия второго дельфина, если время полета мяча от тренера до дельфина и обратно 3 с?

### Задание No 3 – 25 баллов

Этанол массой  $m_э=210$  г смешивают с водой, Массовая доля этанола в растворе  $n = 44,1$  %. При сливании растворов вместе получается сжатие объема на  $\gamma = 6\%$ , то есть объем полученного раствора на 6% меньше общего объема воды и этанола. Плотность воды  $\rho_в = 1000$  кг/м<sup>3</sup> и этанола  $\rho_э = 790$  кг/м<sup>3</sup>. Массовой долей  $n$  называется отношение массы вещества к общей массе раствора. Найдите объем полученного раствора (в сантиметрах кубических).

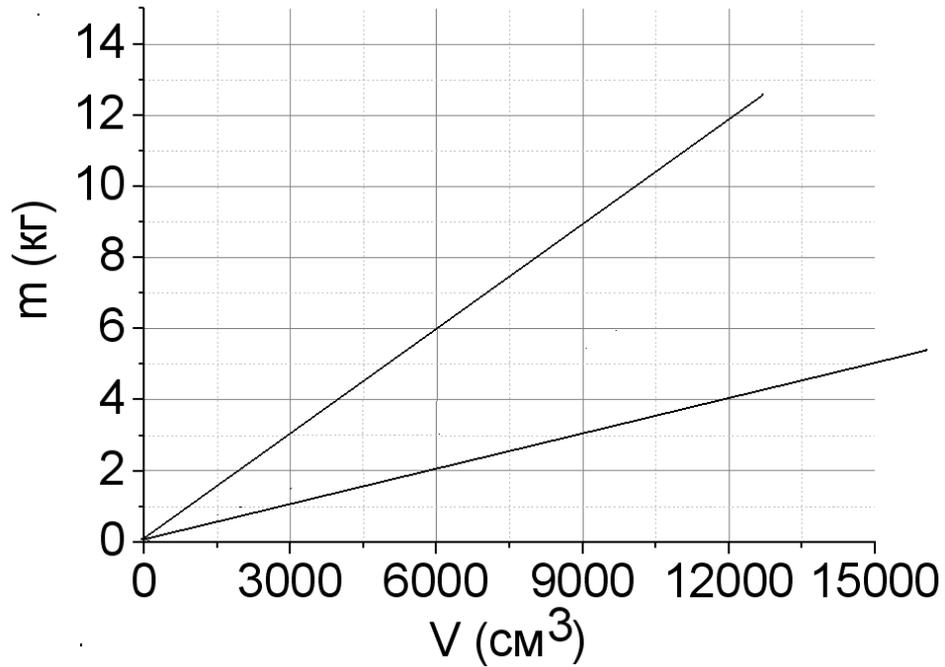
### Задание No 4 – 15 баллов

Ладья (судно) длиной  $l=47$  локтей плывет по озеру со скоростью  $v_1=169$  аршин в минуту. Над ладьей летит птица от кормы к носу и обратно к корме со скоростью  $v_2=810$  пядей в минуту. Сколько всего минут летит птица над ладьей?

Пядь равнялась расстоянию от кончика большого до кончика указательного пальца, если расставить их. В 1 пяди около 4 вершков. Древнерусский локоть измерялся от локтя до кончика среднего пальца. В 1 локте 12 вершков. Аршин равняется расстоянию от кончика среднего пальца до плеча. В одном аршине 16 вершков. Вершок — старорусская единица длины, равняется длине основной фаланги указательного пальца (около 4,445 см).

**Задание No 5 – 10 баллов**

На графике даны зависимости масс от объемов для двух веществ. Взяв одинаковые объемы этих веществ, экспериментатор смешал их. Какая оказалась средняя плотность в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ?



## Физика. 7 класс

3 вариант

Работа рассчитана на 120 минут.

**Все решения должны быть полными и обоснованными.**

### Задание No 1 – 30 баллов

Поезд равномерно приближается к станции с постоянной скоростью. Машинист в поезде гудит в свисток, но начальник станции в ожидании поезда измеряет время свиста  $t_1 = 9.5$  с. Скорость поезда  $v=17$  м/с. Скорость звука в воздухе  $c = 340$  м/с. В течение какого времени машинист в поезде гудит в свисток?

### Задание No 2 – 20 баллов

В дельфинарии тренер дельфинов дал приказ подплыть к нему двум дельфинам от противоположного края аквариума шириной 40 м. Один дельфин поплыл со скоростью 2 м/с, а второй 1,5 м/с. Когда подплыл первый дельфин, тренер стал играть с ним в мячик, бросая мяч на нос дельфина, а дельфин обратно тренеру, пока к ним подплывал второй дельфин. Какое количество раз успел кинуть мяч первый дельфин до момента прибытия второго дельфина, если время полета мяча от тренера до дельфина и обратно 2,5 с?

### Задание No 3 – 25 баллов

Этанол массой  $m_э = 420$ г смешивают с водой так, чтобы объем полученного раствора  $V = 1$  дм<sup>3</sup>, а массовая доля этанола в растворе  $n = 44,1$  %. При сливании растворов вместе получается сжатие объема на  $\gamma$  – то есть объем полученного раствора на  $\gamma$  % меньше общего объема воды и этанола. Плотность воды  $\rho_в = 1000$  кг/м<sup>3</sup> и этанола  $\rho_э = 790$  кг/м<sup>3</sup>. Массовой долей  $n$  называется отношение массы вещества к общей массе раствора. Найдите  $\gamma$  в процентах.

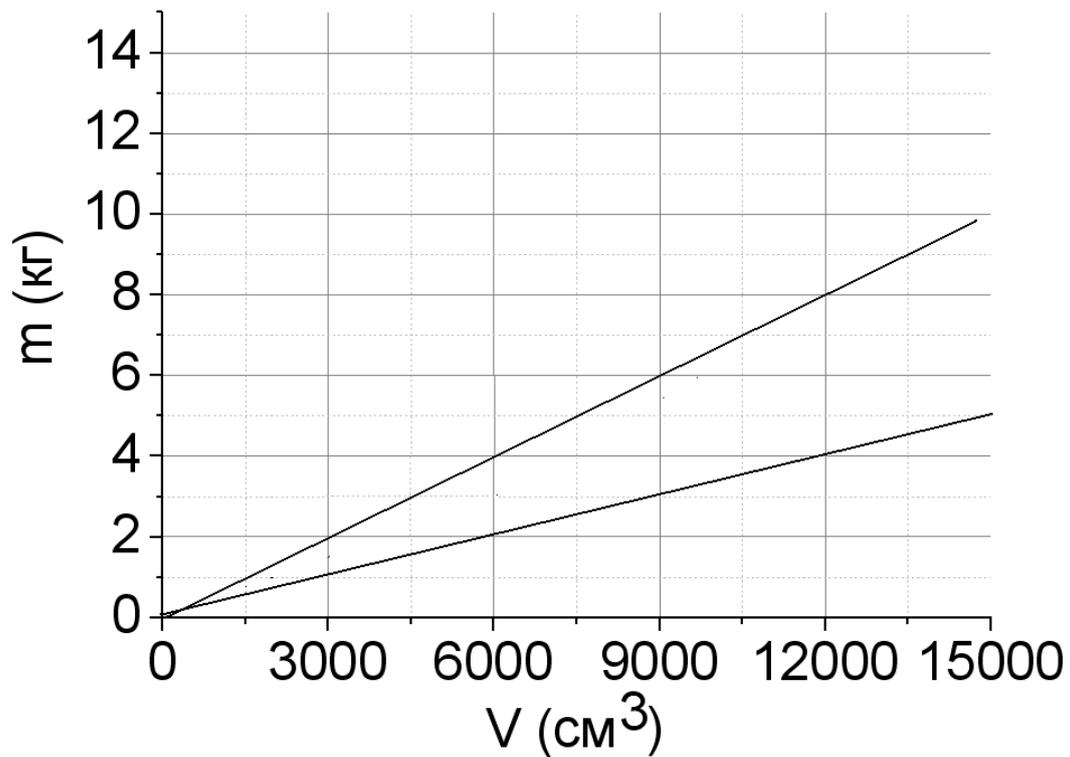
### Задание No 4 – 15 баллов

Ладья (судно) длиной  $l = 141$  пядей плывет по озеру со скоростью  $v_1 = 225$  локтей в минуту. Над ладьей летит птица от кормы к носу и обратно к корме со скоростью  $v_2 = 202.5$  аршина в минуту. Сколько всего минут летит птица над ладьей?

Пядь равнялась расстоянию от кончика большого до кончика указательного пальца, если расставить их. В 1 пяди около 4 вершков. Древнерусский локоть измерялся от локтя до кончика среднего пальца. В 1 локте 12 вершков. Аршин равняется расстоянию от кончика среднего пальца до плеча. В одном аршине 16 вершков. Вершок — старорусская единица длины, равняется длине основной фаланги указательного пальца (около 4,445 см).

### Задание No 5 – 10 баллов

На графике даны зависимости масс от объемов для двух веществ. Взяв  $1m$  массы одного вещества и  $2m$  массы второго вещества, экспериментатор смешал их. Какая оказалась средняя плотность в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ?



**Физика. 7 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

1 вариант

**Задание No 1 – 30 баллов**

Точку, в которой машинист начинает дуть в свисток, обозначим А. Время, за которое звук из точки А проходит до начальника станции  $\tau_A = L/c$ .

3 балла

Точку, в которой машинист перестает дуть в свисток, обозначим В.

Расстояние от локомотива в точки В, до начальника станции равно  $L - vt_0$ , где  $v$  – скорость поезда.

3 балла

Время, которое требуется звуку, чтобы пройти от точки В до начальника станции  $\tau_B = (L - vt_0)/c$ .

5 баллов

Допустим, машинист начинает дуть в свисток, в момент  $t_0$  и заканчивается в момент  $t_0 + t_0$ .

5 баллов

Начальник станции слышит начало свистка в момент  $t_0 + \tau_A$  и окончание свистка в момент  $t_0 + t_0 + \tau_B$ .

5 баллов

Разница этих моментов времени  $t_1$ , это время свистка, измеряемое начальником станции. Поэтому получаем уравнение

$$t_1 = t_0 + \tau_B - \tau_A = t_0 - vt_0/c.$$

4 баллов

$$v = (t_0 - t_1)c/t_0 = 34 \text{ м/с}$$

3 балла

**Ответ::**  $v=34 \text{ м/с}$

2 балла

**Задание No 2 – 20 баллов**

1 Запишем равенство для второго дельфина:  $L = v_2 t$  (1)

где  $t$  – время движения второго дельфина в аквариуме.

3 балла

2 Запишем равенство для первого дельфина:  $L = v_1(t - NT)$  (2)

где  $T = 3 \text{ с}$  – время игры в мяч первого дельфина, а  $N$  – количество бросков мяча тренером.

5 баллов

3 Выражаем  $t$  из (1), подставляем в (2) и находим  $n$ :

$$N = L(1 - v_2/v_1)/(Tv_2) = 6,875$$

5 баллов

4 Так как  $N = 6,875$  – не целое, значит седьмой раз, тренер поймать мяч не успел. Тогда тренер поймал мяч  $n = 6$  раз.

5 баллов

**Ответ**  $n = 6$

2 балла

**Задание No 3 – 25 баллов**

1 Обозначим массу воды  $m_B$  и массу этанола  $m_Э$ . Зная массовую долю этанола  $n = 44,1\%$ , можно найти соотношение масс воды и этанола.

$$m_Э / (m_Э + m_B) = 0,441 \quad 5 \text{ баллов}$$

2 Получаем:  $m_Э = 0,789 m_B$  (1) 5 баллов

3 Зная сжатие  $\gamma = 6\%$ , можно записать соотношение

$$(V_B + V_Э) 0,94 = V \quad (2) \quad 5 \text{ баллов}$$

4 Выразив объемы воды и этанола через массу и плотность, получим из (2):

$$m_B / \rho_B + m_Э / \rho_Э = 1,064 V \quad 5 \text{ баллов}$$

5 Подставив (1) в (2), мы можем найти массы воды и этанола.

$$m_B = 532 \text{ г}$$

$$m_Э = 420 \text{ г} \quad 3 \text{ балла}$$

6 Таким образом, объемы воды и этанола равны

$$V_B = m_B / \rho_B = 532 \text{ см}^3$$

$$V_Э = m_Э / \rho_Э = 532 \text{ см}^3$$

**Ответ:**  $V_B = 532 \text{ см}^3$ ,  $V_Э = 532 \text{ см}^3$  2 балла

#### Задание No 4 – 15 баллов

Обозначим  $v_1$  – скорость ладьи,  $v_2$  - скорость капитана.

Время движения капитана складывается из двух длин:

1 От кормы к носу:  $t_2 = l / (v_2 - v_1)$  2 балла

2 От носа к корме  $t_1 = l / (v_2 + v_1)$  2 балла

3 Общее время:  $t = l / (v_2 - v_1) + l / (v_2 + v_1) = 2lv_2 / (v_2^2 - v_1^2)$  3 балла

Составим перевод всех единиц измерения в систему СИ

4 1 аршин = 16 вершков = 71.12 см. = 0,7112 м. Получаем 35.15 аршин = 25 м. 2 балла

5 1 локоть = 12 вершков = 53,34 см. = 0,5334 м. Получаем 270 локтей в минуту = 2,4 м/с. 2 балла

6 1 пядь = 4 вершка = 17.78 см. = 0.1778 м. Получаем 42353 пяди в час = 2 м/с. 2 балла

7 Общее время:  $t = 2lv_2 / (v_2^2 - v_1^2) = 68 \text{ с} = 1.1 \text{ мин}$

**Ответ:**  $t = 1.1 \text{ мин}$  2 балла

#### Задание No 5 – 10 баллов

1 Средняя плотность определяется  $\rho = (m_1 + m_2) / (V_1 + V_2)$  4 балла

2 Возьмем объемы для точек с графика при  $m_1 = m_2 = 4 \text{ кг}$

$$V_1 = 3000 \text{ см}^3$$

$$V_2 = 9000 \text{ см}^3 \quad 4 \text{ балла}$$

3 Получаем плотность  $\rho = (m_1 + m_2) / (V_1 + V_2) = 890 \text{ кг/м}^3$

**Ответ:**  $\rho = 890 \text{ кг/м}^3$  2 балла

**Физика. 7 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

2 вариант

**Задание No 1 – 30 баллов**

Точку, в которой машинист начинает дуть в свисток, обозначим А. Время, за которое звук из точки А проходит до начальника станции  $\tau_A = L/c$ .

3 балла

Точку, в которой машинист перестает дуть в свисток, обозначим В.

Расстояние от локомотива в точки В, до начальника станции равно  $L - vt_0$ , где  $v$  – скорость поезда.

3 балла

Время, которое требуется звуку, чтобы пройти от точки В до начальника станции  $\tau_B = (L - vt_0)/c$ .

5 баллов

Допустим, машинист начинает дуть в свисток, в момент  $\tau_0$  и заканчивается в момент  $\tau_0 + t_0$ .

5 баллов

Начальник станции слышит начало свистка в момент  $\tau_0 + \tau_A$  и окончание свистка в момент  $\tau_0 + t_0 + \tau_B$ .

5 баллов

Разница этих моментов времени  $t_1$ , это время свистка, измеряемое начальником станции. Поэтому получаем уравнение

$$t_1 = t_0 + \tau_B - \tau_A = t_0 - vt_0 / c \quad 4 \text{ баллов}$$

$$c = v t_0 / (t_0 - t_1) = 340 \text{ м/с} \quad 3 \text{ балла}$$

**Ответ::**  $c = 340 \text{ м/с}$  2 балла

**Задание No 2 – 20 баллов**

1 Запишем равенство для второго дельфина:  $L = v_2 t$  (1)

где  $t$  – время движения второго дельфина в аквариуме. 3 балла

2 Запишем равенство для первого дельфина:  $L = v_1(t - NT)$  (2)

где  $T = 3 \text{ с}$  – время игры в мяч первого дельфина, а  $N$  – количество бросков мяча тренером. 5 баллов

4 Выражаем  $t$  из (1), подставляем в (2) и находим  $n$ :

$$N = L(1 - v_2/v_1)/(Tv_2) = 7,5 \quad 5 \text{ баллов}$$

5 Так как  $N = 7,5$  – не целое, значит восьмой раз, тренер успел кинуть мяч, но еще не успел его поймать восьмой раз. Тогда тренер кинул мяч  $n = 8$  раз.

5 баллов

**Ответ**  $n = 8$  2 балла

### Задание No 3 –25 баллов

1 Обозначим массу воды  $m_B$  и массу этанола  $m_Э$ . Зная массовую долю этанола  $n=44,1\%$ , можно найти соотношение масс воды и этанола.

$$m_Э / (m_Э + m_B) = 0,441 \quad 5 \text{ баллов}$$

2 Получаем:  $m_B = m_Э / 0.789$  (1) 5 баллов

3 Зная сжатие  $\gamma = 6\%$ , можно записать соотношение

$$(V_B + V_Э) 0,94 = V \quad (2) \quad 5 \text{ баллов}$$

4 Выразив объемы воды и этанола через массу и плотность, получим из (2):

$$m_B / \rho_B + m_Э / \rho_Э = 1.064 V \quad 5 \text{ баллов}$$

5 Подставив (1) в (2), мы можем найти массы воды и этанола.

$$m_Э / (0.789\rho_B) + m_Э / \rho_Э = 1.064 V \quad 3 \text{ балла}$$

6 Таким образом, объемы воды и этанола равны

$$V = (m_Э / (0.789\rho_B) + m_Э / \rho_Э) / 1.064 = m_Э (1,267/\rho_B + 1/\rho_Э) / 1.064 = 2,38 m_Э = 500 \text{ см}^3.$$

**Ответ:**  $V=500 \text{ см}^3$  2 балла

### Задание No 4 – 15 баллов

Обозначим  $v_1$  – скорость ладьи,  $v_2$  - скорость капитана.

Время движения капитана складывается из двух длин:

1 От кормы к носу:  $t_2=l/(v_2-v_1)$  2 балла

2 От носа к корме  $t_1=l/(v_2+v_1)$  2 балла

3 Общее время:  $t= l/(v_2-v_1)+ l/(v_2+v_1)=2lv_2/(v_2^2-v_1^2)$  3 балла

Составим перевод всех единиц измерения в систему Си

4 1 аршин =16 вершков = 71.12 см. = 0,7112 м. Получаем 169 аршин в минуту = 2 м/с. 2 балла

5 1 локоть = 12 вершков = 53,34 см. = 0,5334 м. Получаем 47 локтей = 25м. 2 балла

6 1 пядь = 4 вершка = 17.78 см. = 0.1778 м. Получаем 810 пядей в минуту = 2,4 м/с. 2 балла

7 Общее время:  $t= 2lv_2/(v_2^2-v_1^2) = 68 \text{ с} = 1.1 \text{ мин}$

**Ответ:**  $t= 1.1 \text{ мин}$  2 балла

### Задание No 5 – 10 баллов

1 Средняя плотность определяется  $\rho = (m_1+m_2)/ (V_1+V_2)$  4 балла

2 Возьмем массы для точек с графика при  $V_1= V_2=6000 \text{ см}^3$

$m_1=2 \text{ кг}$

$m_2=6 \text{ кг}$  4 балла

3 Получаем плотность  $\rho = (m_1+m_2)/ (V_1+V_2) = 667 \text{ кг/м}^3$

**Ответ:**  $\rho = 667 \text{ кг/м}^3$  2 балла

**Физика. 7 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

**3 вариант**

**Задание No 1 – 30 баллов**

Точку, в которой машинист начинает дуть в свисток, обозначим А. Время, за которое звук из точки А проходит до начальника станции  $\tau_A = L/c$ .

3 балла

Точку, в которой машинист перестает дуть в свисток, обозначим В.

Расстояние от локомотива в точки В, до начальника станции равно  $L - vt_0$ , где  $v$  – скорость поезда.

3 балла

Время, которое требуется звуку, чтобы пройти от точки В до начальника станции  $\tau_B = (L - vt_0)/c$ .

5 баллов

Допустим, машинист начинает дуть в свисток, в момент  $t_0$  и заканчивается в момент  $t_0 + t_0$ .

5 баллов

Начальник станции слышит начало свистка в момент  $t_0 + \tau_A$  и окончание свистка в момент  $t_0 + t_0 + \tau_B$ .

5 баллов

Разница этих моментов времени  $t_1$ , это время свистка, измеряемое начальником станции. Поэтому получаем уравнение

$$t_1 = t_0 + \tau_B - \tau_A = t_0 - vt_0/c = t_0(1-v/c)$$

4 баллов

Находим время  $t_0 = t_1/(1-v/c) = 10c$ .

3 балла

**Ответ:**  $t=10c$

2 балла

**Задание No 2 – 20 баллов**

1 Запишем равенство для второго дельфина:  $L=v_2t$  (1)

где  $t$  – время движения второго дельфина в аквариуме.

3 балла

2 Запишем равенство для первого дельфина:  $L=v_1(t-NT)$  (2)

где  $T=3c$  – время игры в мяч первого дельфина, а  $N$ - количество бросков мяча тренером.

5 баллов

4 Выражаем  $t$  из (1), подставляем в (2) и находим  $n$ :

$$N = L(1 - v_2/v_1)/(Tv_2) = 2,66$$

5 баллов

5 Так как  $N=2,66$  – не целое, но более, чем 2,5, значит дельфин успел кинуть мяч третий раз.

5 баллов

**Ответ**  $n=3$

2 балла

### Задание No 3 – 25 баллов

1 Обозначим массу воды  $m_B$  и массу этанола  $m_Э$ . Зная массовую долю этанола  $n = 44,1\%$ , можно найти соотношение масс воды и этанола.

$$m_Э / (m_Э + m_B) = 0,441 \quad 5 \text{ баллов}$$

2 Получаем:  $m_Э = 0.789 m_B$  (1) 5 баллов

3 Тогда масса воды  $m_B = 532 \text{ г}$ . 3 балла

4 Зная сжатие  $\gamma$ , можно записать соотношение

$$(V_B + V_Э) (1 - \gamma) = V \quad (2) \quad 5 \text{ баллов}$$

5 Выразив объемы воды и этанола через массу и плотность, получим из (2):

$$m_B / \rho_B + m_Э / \rho_Э = V / (1 - \gamma) \quad 5 \text{ баллов}$$

6 Получаем  $\gamma = 1 - V / (m_B / \rho_B + m_Э / \rho_Э) = 0,06$

**Ответ:**  $\gamma = 6\%$ , 2 балла

### Задание No 4 – 15 баллов

Обозначим  $v_1$  – скорость лодки,  $v_2$  – скорость капитана.

Время движения капитана складывается из двух длин:

1 От кормы к носу:  $t_2 = l / (v_2 - v_1)$  2 балла

2 От носа к корме  $t_1 = l / (v_2 + v_1)$  2 балла

3 Общее время:  $t = l / (v_2 - v_1) + l / (v_2 + v_1) = 2lv_2 / (v_2^2 - v_1^2)$  3 балла

Составим перевод всех единиц измерения в систему СИ

4 1 аршин = 16 вершков = 71.12 см. = 0,7112 м. Получаем 202.5 аршина в минуту = 2,4 м/с. 2 балла

5 1 локоть = 12 вершков = 53,34 см. = 0,5334 м. Получаем 225 локтей в минуту = 2 м/с. 2 балла

6 1 пядь = 4 вершка = 17.78 см. = 0.1778 м. Получаем 141 пядей = 25 м. 2 балла

7 Общее время:  $t = 2lv_2 / (v_2^2 - v_1^2) = 68 \text{ с} = 1.1 \text{ мин}$

**Ответ:**  $t = 1.1 \text{ мин}$  2 балла

### Задание No 5 – 10 баллов

1 Средняя плотность определяется  $\rho = (m_1 + m_2) / (V_1 + V_2)$  4 балла

2 Возьмем объемы для точек с графика при  $V_1 = V_2 = 6000 \text{ см}^3$

Массы для этих точек  $m_1 = 2 \text{ кг}$   $m_2 = 4 \text{ кг}$

4 балла

3 Получаем плотность  $\rho = (m_1 + m_2) / (V_1 + V_2) = 500 \text{ кг/м}^3$

**Ответ:**  $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$  2 балла

## Физика. 8 класс

### 1 вариант

Работа рассчитана на 235 минут.

**Все решения должны быть полными и обоснованными.**

#### Задание No 1 –25 баллов

Тренер дельфинов дал приказ одному дельфину подплыть к нему и одновременно второму дельфину отплыть от тренера и занять начальное место первого дельфина. Первый дельфин поплыл со скоростью  $1,75$  м/с относительно воды по течению в водоеме к тренеру, а второй  $1,5$  м/с относительно воды против течения в водоеме от тренера. Когда первый дельфин подплыл к тренеру, тренер стал играть с ним в мячик, бросая мяч на нос дельфина, а дельфин обратно тренеру, пока второй дельфин доплывал до начального места первого дельфина. Какое количество раз успел кинуть мяч тренер до момента прибытия первого дельфина, если время полета мяча от тренера до дельфина и обратно к тренеру  $4$  с?

Известно, что расстояние, которое проплыл каждый дельфин  $20$  м, а скорость течения  $0,25$  м/с.

#### Задание No 2 – 20 баллов

Деревянный, пенопластовый и пластиковый кубики имеют одинаковые объемы. В воде пластиковый кубик погружается в воду на половину своего объема. Если деревянный кубик поместить в воду, а пластиковый кубик поместить сверху на деревянный, то деревянный кубик полностью погружается в воду. Если же пенопластовый кубик поместить в масло с пластиковым кубиком сверху, то пенопластовый кубик полностью погружается в воду. Плотность масла в  $0,7$  раза больше, чем у воды. Каково отношение плотности дерева к плотности пенопласта?

#### Задание No 3 – 10 баллов

На траве лежит камень. На камне лежит ровная соломинка массой  $M=0,5$  г и длиной  $L=40$  см, упираясь левым концом в траву, а правая часть от камня ( $40\%$  от всей соломинки) поднята вверх как на рисунке. Муравей массой  $m=150$  мг начал ползти от места над камнем вверх по соломинке. Через  $1$  секунду после начала движения нижний конец соломинки приподнялся, и соломинка приняла горизонтальное положение. Определите скорость муравья в см/с.



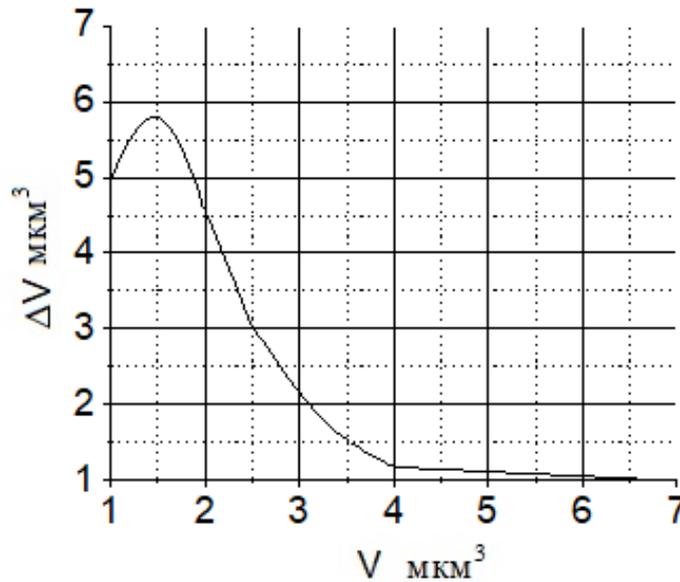
### Задание No 4 – 15 баллов

Зимой в систему отопления школы поступает вода с начальной температурой  $t_0 = 60^\circ\text{C}$ . Вода выходит из системы с температурой  $t_1 = 40^\circ\text{C}$ . Мощность тепловых потерь здания школы  $N = 100$  кВт. Площадь сечения входной и выходной труб из здания школы  $S = 78.5$  см<sup>2</sup>. Найдите скорость воды в трубках. Удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг · °C), а плотность  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

### Задание No 5 – 30 баллов

Поверхность стекла подвергли бомбардировке из источника частицами. При ударе частицы о поверхность, она может как остаться на поверхности стекла, так и вытолкнуть частицы, уже «прилипшие» к стеклу. Датчик регистрирует объем не «прилипших» частиц  $\Delta V$  как отношение их масс к средней плотности частиц на стекле в текущий момент времени. На графике представлена зависимость объема не «прилипших» частиц  $\Delta V$  от объема частиц «прилипших» к стеклу  $V$ . Частицы отличаются как по массе, так и по объему.

При каком объеме частиц на поверхности стекла их средняя плотность была максимальной?



## Физика. 8 класс

### 2 вариант

Работа рассчитана на 235 минут.

**Все решения должны быть полными и обоснованными.**

#### Задание No 1 – 25 баллов

Тренер дельфинов дал приказ одному дельфину подплыть к нему, и одновременно второму дельфину отплыть от тренера и занять начальное место первого дельфина. Первый дельфин поплыл со скоростью  $1,25$  м/с относительно воды по течению в водоеме к тренеру, а второй  $1$  м/с относительно воды против течения в водоеме от тренера. Когда первый дельфин подплыл к тренеру, тренер стал играть с ним в мячик, бросая мяч на нос дельфина, а дельфин обратно тренеру, пока второй дельфин доплывал до начального места первого дельфина. Какое количество раз успел поймать мяч тренер до момента прибытия первого дельфина, если время полета мяча от тренера до дельфина и обратно к тренеру  $3$  с?

Известно, что расстояние, которое проплыл каждый дельфин  $20$  м, а скорость течения  $0,25$  м/с.

#### Задание No 2 – 20 баллов

Деревянный, пенопластовый и пластиковый кубики имеют одинаковые объемы. В воде пластиковый кубик погружается в воду на половину своего объема. Если деревянный кубик поместить в воду, а пластиковый кубик поместить сверху на деревянный, то деревянный кубик полностью погружается в воду. Если же пенопластовый кубик поместить в бензин с пластиковым кубиком сверху, то пенопластовый кубик полностью погружается в воду. Плотность масла в  $0,6$  раза больше, чем у воды. Каково отношение плотности дерева к плотности пенопласта?

#### Задание No 3 – 10 баллов

На траве лежит камень. На камне лежит ровная соломинка массой  $M=0,25$  г и длиной  $L=40$  см, упираясь левым концом в траву, а правая часть от камня (40% от всей соломинки) поднята вверх как на рисунке. Муравей массой  $m=100$  мг начал ползти со скоростью  $v=10$  см/с от места над камнем вверх по соломинке. Через  $t$  секунд после начала движения нижний конец соломинки приподнялся, и соломинка приняла горизонтальное положение. Определите  $t$ .



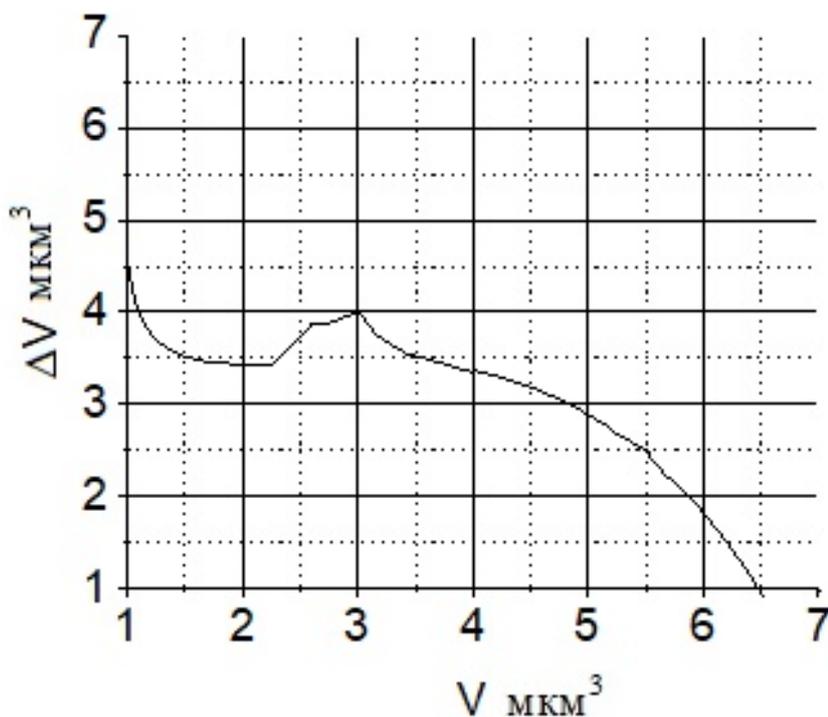
### Задание No 4 – 15 баллов

Зимой в систему отопления школы поступает вода с начальной температурой  $t_0 = 60^\circ\text{C}$ . Вода выходит из системы с температурой  $t_1 = 40^\circ\text{C}$ . Мощность тепловых потерь здания школы  $N = 100$  кВт. Какова площадь сечения входной и выходной труб из здания школы  $S$ , если скорость воды в трубах  $0,2$  м/с? Удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг · °С), а плотность  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>

### Задание No 5 – 30 баллов

Поверхность стекла подвергли бомбардировке из источника частицами. При ударе частицы о поверхность, она может, как остаться на поверхности стекла, так и вытолкнуть частицы, уже «прилипшие» к стеклу. Датчик регистрирует объем не «прилипших» частиц  $\Delta V$  как отношение их масс к средней плотности частиц на стекле в текущий момент времени. На графике представлена зависимость объема не «прилипших» частиц  $\Delta V$  от объема частиц «прилипших» к стеклу  $V$ . Частицы отличаются как по массе, так и по объему.

При каком объеме частиц на поверхности стекла их средняя плотность была минимальная?



## Физика. 8 класс

### 3 вариант

Работа рассчитана на 235 минут.

**Все решения должны быть полными и обоснованными.**

#### Задание No 1 – 25 баллов

Тренер дельфинов дал приказ одному дельфину подплыть к нему, и одновременно второму дельфину отплыть от тренера и занять начальное место первого дельфина. Первый дельфин поплыл со скоростью  $2 \text{ м/с}$  относительно воды по течению в водоеме к тренеру, а второй  $1,25 \text{ м/с}$  относительно воды против течения в водоеме от тренера. Когда первый дельфин подплыл к тренеру, тренер стал играть с ним в мячик, бросая мяч на нос дельфина, а дельфин обратно тренеру, пока второй дельфин доплывал до начального места первого дельфина. Какое количество раз успел поймать отбить мяч дельфин до момента прибытия первого дельфина, если время полета мяча от тренера до дельфина и обратно к тренеру  $3 \text{ с}$ ?

Известно, что расстояние, которое проплыл каждый дельфин  $20 \text{ м}$ , а скорость течения  $0,25 \text{ м/с}$ .

#### Задание No 2 – 20 баллов

Деревянный, пенопластовый и пластиковый кубики имеют одинаковые объемы. В воде пластиковый кубик погружается в воду на половину своего объема. Если деревянный кубик поместить в воду, а пластиковый кубик поместить сверху на деревянный, то деревянный кубик полностью погружается в воду. Если же пенопластовый кубик поместить в нафталин с пластиковым кубиком сверху, то пенопластовый кубик полностью погружается в воду. Плотность нафталина в  $0,9$  раза больше, чем у воды. Каково отношение плотности дерева к плотности пенопласта,

#### Задание No 3 – 10 баллов

На траве лежит камень. На камне лежит ровная соломинка массой  $M=0,25 \text{ г}$  и длиной  $L=40 \text{ см}$ , упираясь левым концом в траву, а правая часть от камня ( $40\%$  от всей соломинки) поднята вверх как на рисунке. Муравей начал ползти со скоростью  $v=10 \text{ см/с}$  от места над камнем вверх по соломинке. Через  $1$  секунду после начала движения нижний конец соломинки приподнялся, и соломинка приняла горизонтальное положение. Определите массу муравья  $m$  в миллиграммах.



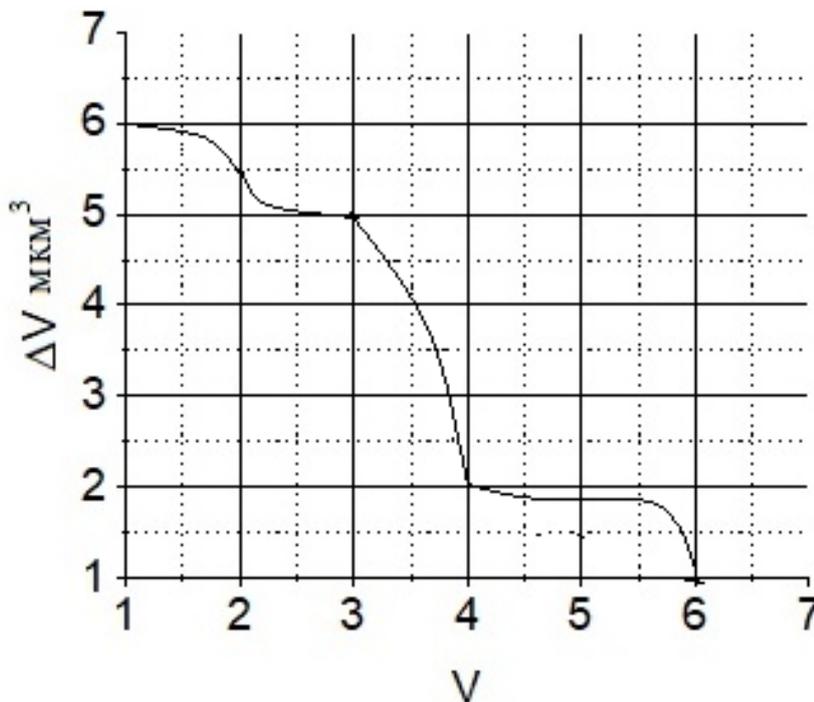
### Задание No 4 – 15 баллов

Зимой в систему отопления школы поступает вода с начальной температурой  $t_0 = 60^\circ\text{C}$ . Вода выходит из системы с температурой  $t_1 = 40^\circ\text{C}$ . Площадь сечения входной и выходной труб из здания школы  $S = 78.5 \text{ см}^2$ . Скорость воды в трубках  $900 \text{ см/мин}$ . Удельная теплоемкость воды  $c = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ , а плотность  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Какова мощность тепловых потерь здания школы? Ответ дать в киловаттах.

### Задание No 5 – 30 баллов

Поверхность стекла подвергли бомбардировке из источника частицами. При ударе частицы о поверхность, она может как остаться на поверхности стекла, так и вытолкнуть частицы, уже «прилипшие» к стеклу. Датчик регистрирует объем не «прилипших» частиц  $\Delta V$  как отношение их масс, к средней плотности частиц на стекле в текущий момент времени. На графике представлена зависимость объема не «прилипших» частиц  $\Delta V$  от объема частиц «прилипших» к стеклу  $V$ . Частицы отличаются как по массе, так и по объему.

Каково отношение объема частиц на поверхности стекла, при котором их плотность была минимальная к объему частиц на поверхности стекла, при котором их плотность была максимальной?



**Физика. 8 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

Вариант 1

**Задание No 1 – 25 баллов**

- 1 Запишем равенство для второго дельфина:  $L=(v_2-u)t$  (1)  
где  $t$  – время движения второго дельфина, а  $u$ - скорость течения воды в водоеме. 5 баллов
- 2 Запишем равенство для первого дельфина:  $L=(v_1+u)(t-NT)$  (2)  
где  $T=3c$  – время игры в мяч первого дельфина, а  $N$ - количество бросков мяча тренером. 5 баллов
- 3 Выражаем  $t$  из (1), подставляем в (2) и находим  $n$ :  
 $N= L (1/(v_2-u) - 1/(v_1+u) )/T = 1,5$  8 баллов
- 4 Так как  $n=1,5$  – не целое, значит 2 раза тренер успел кинуть мяч, но не успел второй раз его поймать. Тогда тренер кинул мяч  $n=2$  раза. 5 баллов
- Ответ  $n=2$**  2 балла

**Задание No 2 – 20 баллов**

- 1 Выталкивающая сила равна  $F = \rho_{ж}gV$ , 2 балла
- 2 Сила тяжести кубика равна  $mg = \rho Vg$ . 4 балла
- 3 Для пластикового кубика  
 $\rho_{пластик} V g = \rho_{В}g V/2 \rightarrow \rho_{пластик} = \rho_{В}/2$  3 балла
- 4 Аналогично, для кубиков дерево (Д)+пластик  
 $\rho_{пластик} Vg + \rho_{Д}Vg = \rho_{В}V g \rightarrow \rho_{Д}= 0,5\rho_{В}$  (1) 3 балла
- 5 Для кубиков пенопласт+пластика в масле (М) получаем:  
 $\rho_{пенопласт} Vg + \rho_{пластик} Vg = \rho_{М}gV$ , 3 балла
- 6 Учитывая  $\rho_{М}=0,7 \rho_{В}$  получаем  $\rho_{пенопласт} = 0.2\rho_{В}$ . (2) 3 балла
- 7 Разделив выражение (1) на выражение (2) получаем  $\rho_{Д} / \rho_{пенопласт} = 2$ .
- Ответ: 2** 2 балла

**Задание No 3 – 10 баллов**

- 1 Условие горизонтального положения соломинки:  
 $ml_0+0.4Ml_1=(1-0.4)M l_2$  или  $ml_0 = 0,6 M l_2 - 0.4Ml_1$ . 2 балла
- 2 где  $l_0=vt$  – расстояние от камня до места нахождения муравья в момент равновесия системы. 2 балла
- 3  $l_1=0,4L/2 =0.2L$ - расстояние от камня до центра масс верхней части соломинки массой  $0.4M$ . 1 балл
- 4  $l_2= (1-0,4)L/2=0.3L$  расстояние от камня до центра масс нижней части соломинки массой  $(1-0.4)M=0.6M$ . 2 балла

- 5 Получаем:  $v = (0,6 M l_2 - 0,4 M l_1) / (m t) = 0,1 M L / m t = 13,3 \text{ см/с}$  1 балл  
**Ответ:**  $v = 13,3 \text{ см/с}$ . 2 балла

#### Задание No 4 – 15 баллов

- 1 За некоторый промежуток времени  $\Delta t$  школьный дом теряет тепло  $Q_1 = N \Delta t$  во внешнюю среду, за это время радиаторы должны отдать столько же тепла в дом. 3 балла
- 2 Объем воды, поступающей, а также воды, выходящей из системы отопления за время  $\Delta t$  равно  $V = S v \Delta t$ , где  $v$  — скорость искомого потока воды, 2 балла
- 2 Масса  $m = \rho V = \rho S v \Delta t$ . 2 балла
- 3 Тепло  $Q_2 = m c (t_0 - t_1)$  рассеивается в радиаторах. 3 балла
- 4 Поскольку  $Q_1 = Q_2$ , мы получаем уравнение  $N \Delta t = \rho S v \Delta t c (t_0 - t_1)$  3 балла
- 5 Получаем скорость:  $v = N / (\rho S c (t_0 - t_1))$
- Ответ:**  $v = 0,15 \text{ м/с}$ . 2 балла

#### Задание No 5 – 30 баллов

- 1 Записано  $\Delta V = (M - m) / \rho$  8 баллов
- 2 Получено уравнение  $\Delta V = M / \rho - V$ . 6 баллов
- 3 Предложен верный способ нахождения максимальной плотности частиц. 10 баллов
- если ответ:  $V = 3,5 \text{ мкм}^3$  6 баллов
- если ответ от 3 до 4  $\text{мкм}^3$ . 3 балла

**Физика. 8 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

Вариант 2

**Задание No 1 – 25 баллов**

- 1 Запишем равенство для второго дельфина:  $L=(v_2-u)t$  (1)  
где  $t$  – время движения второго дельфина, а  $u$ - скорость течения воды в водоеме. 5 баллов
- 2 Запишем равенство для первого дельфина:  $L=(v_1+u)(t-NT)$  (2)  
где  $T=3c$  – время игры в мяч первого дельфина, а  $N$ - количество бросков мяча тренером. 5 баллов
- 3 Выражаем  $t$  из (1), подставляем в (2) и находим  $n$ :  
 $N= L ( 1/(v_2-u) - 1/(v_1+u) )/T = 0,66$  8 баллов
- 4 Так как  $n=0,66$  – не целое, значит 0 раз тренер успел поймать мяч. Тогда тренер поймал мяч  $n=0$  раз. 5 баллов
- Ответ  $n=0$**  2 балла

**Задание No 2 – 20 баллов**

- 1 Выталкивающая сила равна  $F = \rho_{ж}gV$ , 2 балла
- 2 Сила тяжести кубика равна  $mg = \rho Vg$ . 4 балла
- 3 Для пластикового кубика  
 $\rho_{пластик} V g = \rho_{В}g V/2 \rightarrow \rho_{пластик} = \rho_{В}/2$  3 балла
- 4 Аналогично, для кубиков дерево (Д)+пластик  
 $\rho_{пластик} Vg + \rho_{Д}Vg = \rho_{В}V g \rightarrow \rho_{Д}= 0,5\rho_{В}$  (1) 3 балла
- 5 Для кубиков пенопласт+пластика в масле (М) получаем:  
 $\rho_{пенопласт} Vg + \rho_{пластик} Vg = \rho_{М}gV$ , 3 балла
- 6 Учитывая  $\rho_{М}=0,6 \rho_{В}$  получаем  $\rho_{пенопласт} = 0.1\rho_{В}$ . (2) 3 балла
- 7 Разделив выражение (1) на выражение (2) получаем  $\rho_{Д} / \rho_{пенопласт} = 5$ .
- Ответ: 5** 2 балла

**Задание No 3 – 10 баллов**

- 1 Условие горизонтального положения соломинки:  
 $ml_0+0.4Ml_1=(1-0.4)M l_2$  или  $ml_0 = 0,6 M l_2 - 0.4Ml_1$ . 2 балла
- 2 где  $l_0=vt$  – расстояние от камня до места нахождения муравья в момент равновесия системы. 2 балла
- 3  $l_1=0,4L/2 =0.2L$ - расстояние от камня до центра масс верхней части соломинки массой  $0.4M$ . 1 балл
- 4  $l_2= (1-0,4)L/2=0.3L$  расстояние от камня до центра масс нижней части соломинки массой  $(1-0.4)M=0.6M$ . 2 балла

5 Получаем:  $t = (0,6 M l_2 - 0,4 M l_1) / (m v) = 0,1 M l / m v = 1 \text{ с}$

1 балл

**Ответ:**  $t = 1 \text{ с}$ .

2 балла

#### Задание No 4 – 15 баллов

1 За некоторый промежуток времени  $\Delta t$  школьный дом теряет тепло  $Q_1 = N \Delta t$  во внешнюю среду, за это время радиаторы должны отдать столько же тепла в дом.

3 балла

2 Объем воды, поступающей, а также воды, выходящей из системы отопления за время  $\Delta t$  равно  $V = S v \Delta t$ , где  $v$  — скорость искомого потока воды,

2 балла

3 Масса  $m = \rho V = \rho S v \Delta t$ .

2 балла

4 Тепло  $Q_2 = m c (t_0 - t_1)$  рассеивается в радиаторах.

3 балла

5 Поскольку  $Q_1 = Q_2$ , мы получаем уравнение  $N \Delta t = \rho v \Delta t c (t_0 - t_1)$

3 балла

6 Получаем площадь:  $S = N / (\rho v c (t_0 - t_1)) = 59,5 \text{ см}^2$

**Ответ:**  $S = 59,5 \text{ см}^2$

2 балла

#### Задание No 5 – 30 баллов

1 Записано  $\Delta V = (M - m) / \rho$

8 баллов

2 Получено уравнение  $\Delta V = M / \rho - V$ .

6 баллов

3 Предложен верный способ нахождения минимальной плотности частиц.

10 баллов

если ответ:  $V = 5,5 \text{ мкм}^3$

6 баллов

если ответ от 5 до 6  $\text{мкм}^3$ .

3 балла

**Физика. 8 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

Вариант 3

**Задание No 1 – 25 баллов**

- 1 Запишем равенство для второго дельфина:  $L=(v_2-u)t$  (1)  
где  $t$  – время движения второго дельфина, а  $u$ - скорость течения воды в водоеме. 5 баллов
- 2 Запишем равенство для первого дельфина:  $L=(v_1+u)(t-NT)$  (2)  
где  $T=3c$  – время игры в мяч первого дельфина, а  $N$ - количество бросков мяча тренером. 5 баллов
- 4 Выражаем  $t$  из (1), подставляем в (2) и находим  $n$ :  
 $N= L ( 1/(v_2-u) - 1/(v_1+u) )/T = 3,7$  8 баллов
- 5 Так как  $n=3,7$  – не целое, но более, чем 3,5, значит дельфин успел отбросить мяч четвертый раз. 5 баллов
- Ответ  $n=4$**  2 балла

**Задание No 2 – 20 баллов**

- 1 Выталкивающая сила равна  $F = \rho_{ж}gV$ , 2 балла
- 2 Сила тяжести кубика равна  $mg = \rho Vg$ . 4 балла
- 3 Для пластикового кубика  
 $\rho_{пластик} V g = \rho_{в}g V/2 \rightarrow \rho_{пластик} = \rho_{в}/2$  3 балла
- 4 Аналогично, для кубиков дерево (Д)+пластик  
 $\rho_{пластик} Vg + \rho_{д}Vg = \rho_{в}V g \rightarrow \rho_{д}= 0,5\rho_{в}$  (1) 3 балла
- 5 Для кубиков пенопласт+пластика в масле (М) получаем:  
 $\rho_{пенопласт} Vg + \rho_{пластик} Vg = \rho_{М}gV$ , 3 балла
- 6 Учитывая  $\rho_{М}=0,9 \rho_{в}$  получаем  $\rho_{пенопласт} = 0,4\rho_{в}$ . (2) 3 балла
- 7 Разделив выражение (1) на выражение (2) получаем  $\rho_{д} / \rho_{пенопласт} = 2$ .
- Ответ: 1,25** 2 балла

**Задание No 3 – 10 баллов**

- 1 Условие горизонтального положения соломинки:  
 $ml_0+0.4Ml_1=(1-0.4)M l_2$  или  $ml_0 = 0,6 M l_2 - 0.4Ml_1$ . 2 балла
- 2 где  $l_0=vt$  – расстояние от камня до места нахождения муравья в момент равновесия системы. 2 балла
- 3  $l_1=0,4L/2 =0.2L$ - расстояние от камня до центра масс верхней части соломинки массой  $0.4M$ . 1 балл
- 4  $l_2= (1-0,4)L/2=0.3L$  расстояние от камня до центра масс нижней части соломинки массой  $(1-0.4)M=0.6M$ . 2 балла
- 5 Получаем:  $m= (0,6 M l_2 - 0.4Ml_1) / (mt)= 0.1ML/vt= 100мг$ . 1 балл

**Ответ:**  $m=100$  мг

2 балла

### Задание No 4 – 15 баллов

1 За некоторый промежуток времени  $\Delta t$  школьный дом теряет тепло  $Q_1 = N \Delta t$  во внешнюю среду, за это время радиаторы должны отдать столько же тепла в дом.

3 балла

3 балла

2 Объем воды, поступающей, а также воды, выходящей из системы отопления за время  $\Delta t$  равно  $V = Sv\Delta t$ , где  $v$  — скорость искомого потока воды

2 балла

3 Масса  $m = \rho V = \rho Sv\Delta t$ .

2 балла

4 Тепло  $Q_2 = mc(t_0 - t_1)$  рассеивается в радиаторах.

3 балла

5 Поскольку  $Q_1 = Q_2$ , мы получаем уравнение  $N \Delta t = \rho Sv\Delta t c(t_0 - t_1)$

3 балла

6 Получаем мощность:  $N = v\rho Sc(t_0 - t_1) = 100$  кВт

**Ответ:**  $N=100$  кВт

2 балла

### Задание No 5 – 30 баллов

1 Записано  $\Delta V = (M-m)/\rho$

8 баллов

2 Получено уравнение  $\Delta V = M/\rho - V$ .

6 баллов

3 Предложен верный способ нахождения минимальной и максимальной плотности частиц.

10 баллов

если ответ:  $n=4/3$

6 баллов

если ответ от 0,5 до 2 мкм<sup>3</sup>.

3 балла

**Физика. 9 класс**

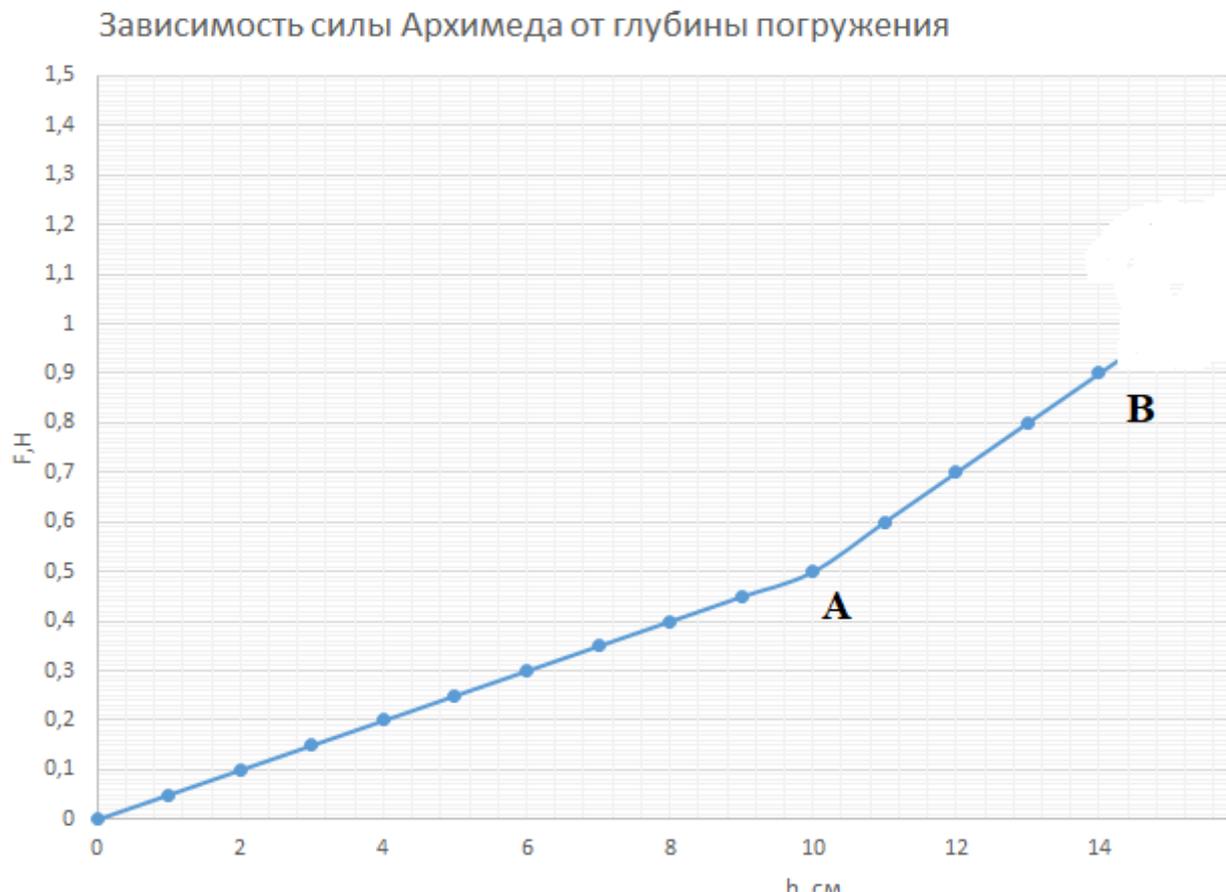
1 вариант

*Работа рассчитана на 235 минут.*

***Все решения должны быть полными и обоснованными.***

**Задача 1. Ладушки (15 баллов).** Из Ачинска в Красноярск выехал автомобиль «Лада Калина» со скоростью  $v_1 = 80$  км/час. В тоже время навстречу ему из Красноярска в Ачинск выехала «Лада Веста». Через некоторое время они встретились. После встречи «Лада Калина» прибыла в Красноярск через 68 минут, а «Лада Веста» в Ачинск через 54 минуты. Определите расстояние между городами.

**Задача 2 (30 баллов).** Деревянная фигура состоит из двух цилиндров. Зависимость силы Архимеда от глубины погружения представлена на рис.1. К сожалению, часть графика была утеряна, но известно, что объёмы цилиндров были одинаковы. Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, ускорение свободного падения принять за  $g=10$ м/с<sup>2</sup>.



Определите площади и длины цилиндров.

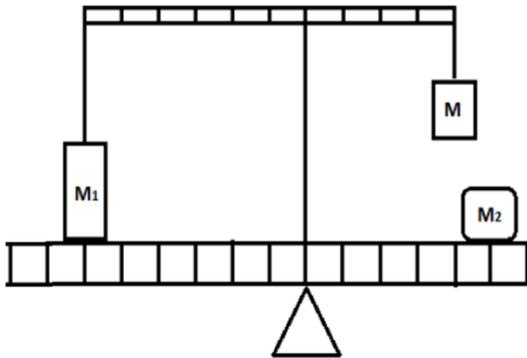
Рис.1

**Задача 3. ВАХ (25 баллов).** Для нелинейного элемента электрической цепи в таблице представлены результаты измерения зависимости силы тока от напряжения. Последовательно к нему подключено сопротивление  $R=50$  Ом. Постройте вольт-амперные характеристики (ВАХ) для нелинейного элемента, а также для сопротивления и для всей цепи на миллиметровой бумаге, выданной вам.

U, В	0	0,35	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
I, А	0	0,050	0,112	0,146	0,170	0,180	0,185

**Задача 4. Двойные качели (20 баллов).** На рисунке представлена схема качелей с перекладиной. В каком диапазоне могут быть грузы массой  $M_2$ , чтобы система находилась в равновесии.

Известны масса груза  $M_1$ , масса линейки  $M_0$ , перекладина невесомая, груз  $M$  может меняться. Длина нити и плеча перекладины, к которой крепится этот груз, таковы, что груз массой  $M$  не может достичь качели.



**Задача 5. Ох уж этот Север (10 баллов)!** В некотором городе, расположенном на Севере, котельная может выдавать в систему отопления не более  $70^\circ\text{C}$ . И почти всю зиму работает на пределе своих возможностей. Определите, какая температура установится в квартире при минус  $50^\circ\text{C}$ , если при минус  $30^\circ\text{C}$  в ней устанавливается температура  $25^\circ\text{C}$ .

**Физика. 9 класс**

2 вариант

*Работа рассчитана на 235 минут.*

***Все решения должны быть полными и обоснованными.***

**Задача 1. Ладушки (15 баллов).** Из Ачинска в Красноярск выехал автомобиль «Лада Калина» со скоростью  $v_1 = 80$  км/час. В то же время навстречу ему из Красноярска в Ачинск выехала «Лада Веста». Через час они встретились. После встречи «Лада Веста» прибыла в Ачинск через 54 минуты. Расстояние между городами составляет 170 км. Определите через какое время после встречи «Лада -Калина» прибыла в Красноярск.

**Задача 2 (30 баллов).** Деревянная фигура состоит из двух цилиндров. Зависимость силы Архимеда от глубины погружения фигуры в жидкость представлена на рис.1. К сожалению, часть графика была утеряна, но известно, что объём верхнего цилиндра в 1,5 раза больше объёма цилиндра, первым входящим в жидкость. Плотность жидкости  $\rho = 780$  кг/м<sup>3</sup>, ускорение свободного падения принять за  $g=10$ м/с<sup>2</sup>.

Определите площади и длины цилиндров.

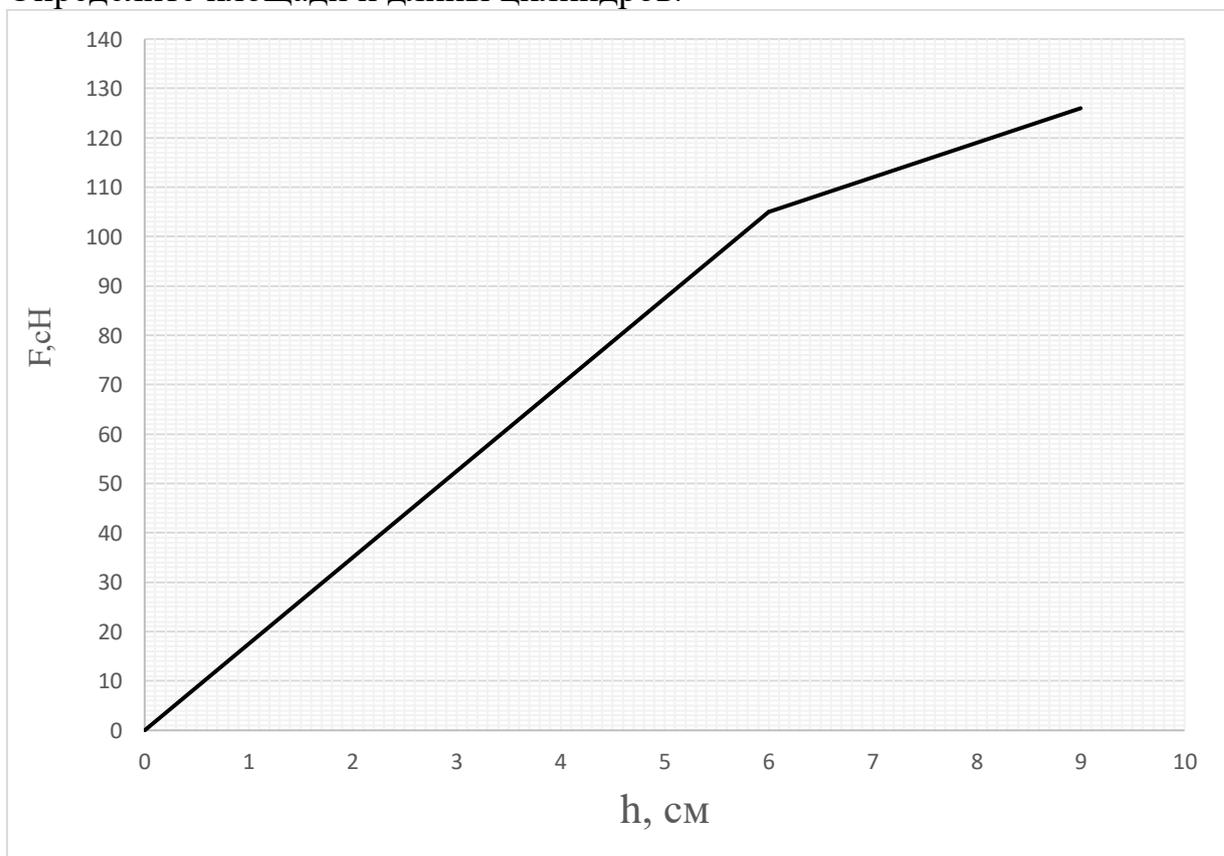
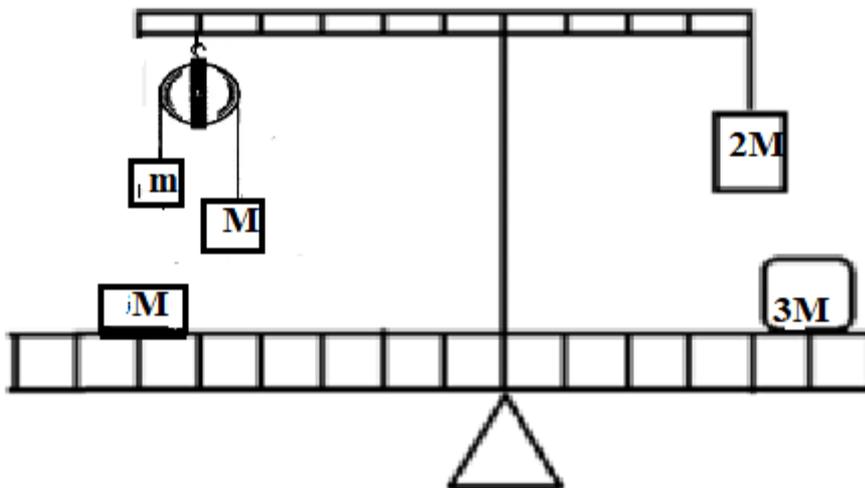


Рис.1

**Задача 3. ВАХ (25 баллов).** Для нелинейного элемента электрической цепи в таблице представлены результаты измерения зависимости силы тока от напряжения. Параллельно к нему подключено сопротивление  $R=50$  Ом. Постройте вольт-амперные характеристики (ВАХ) для нелинейного элемента, сопротивления и всей цепи на миллиметровой бумаге, выданной вам.

U, В	0	0,35	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
I, А	0	0,050	0,112	0,146	0,170	0,180	0,185

**Задача 4. Двойные качели (20 баллов).** На рисунке представлена схема качелей с перекладиной. Верхняя перекладина невесомая. Определите массу  $m$ , если  $M=1$  кг, а также массу линейки, чтобы система находилась в равновесии.



**Задача 5. Ох уж этот Север (10 баллов)!** В некотором городе, расположенном на Севере, котельная может выдавать в систему отопления не более  $t_г 70^\circ\text{C}$ . И почти всю зиму работает на пределе своих возможностей. Определите какая температура, была в квартире при уличной температуре  $t_{у\wedge 1} = -20^\circ\text{C}$ , если при температуре  $t_{у\wedge 2} = -50^\circ\text{C}$  в квартире установилась  $10^\circ\text{C}$ .

**Физика. 9 класс**

3 вариант

*Работа рассчитана на 235 минут.*

***Все решения должны быть полными и обоснованными.***

**Задача 1. Ладушки (15 баллов).** Из Ачинска в Красноярск выехал автомобиль «Лада Калина» со скоростью  $v_1$ . В тоже время навстречу ему из пункта К в пункт А выехала «Лада Веста» со скоростью  $v_2$ . Через час они встретились. Определите через какое время после встречи автомобиль «Лада Веста» прибудет в Ачинск. Известно, что отношение скоростей  $\frac{v_2}{v_1}=1,2$ .

**Задача 2 (30 баллов).** Деревянная фигура состоит из двух цилиндров. Зависимость силы Архимеда от глубины погружения представлена на рис.1. К сожалению, часть графика была утеряна, но известно, что объём цилиндра с большей площадью в 4 раза больше объёма цилиндра с меньшей площадью. Площадь одного из цилиндров  $S = 20\text{см}^2$ , она же является и большей площадью. Определите длины цилиндров, плотность жидкости, площадь оставшегося цилиндра. Ускорение свободного падения принять за  $g=10\text{м/с}^2$ .

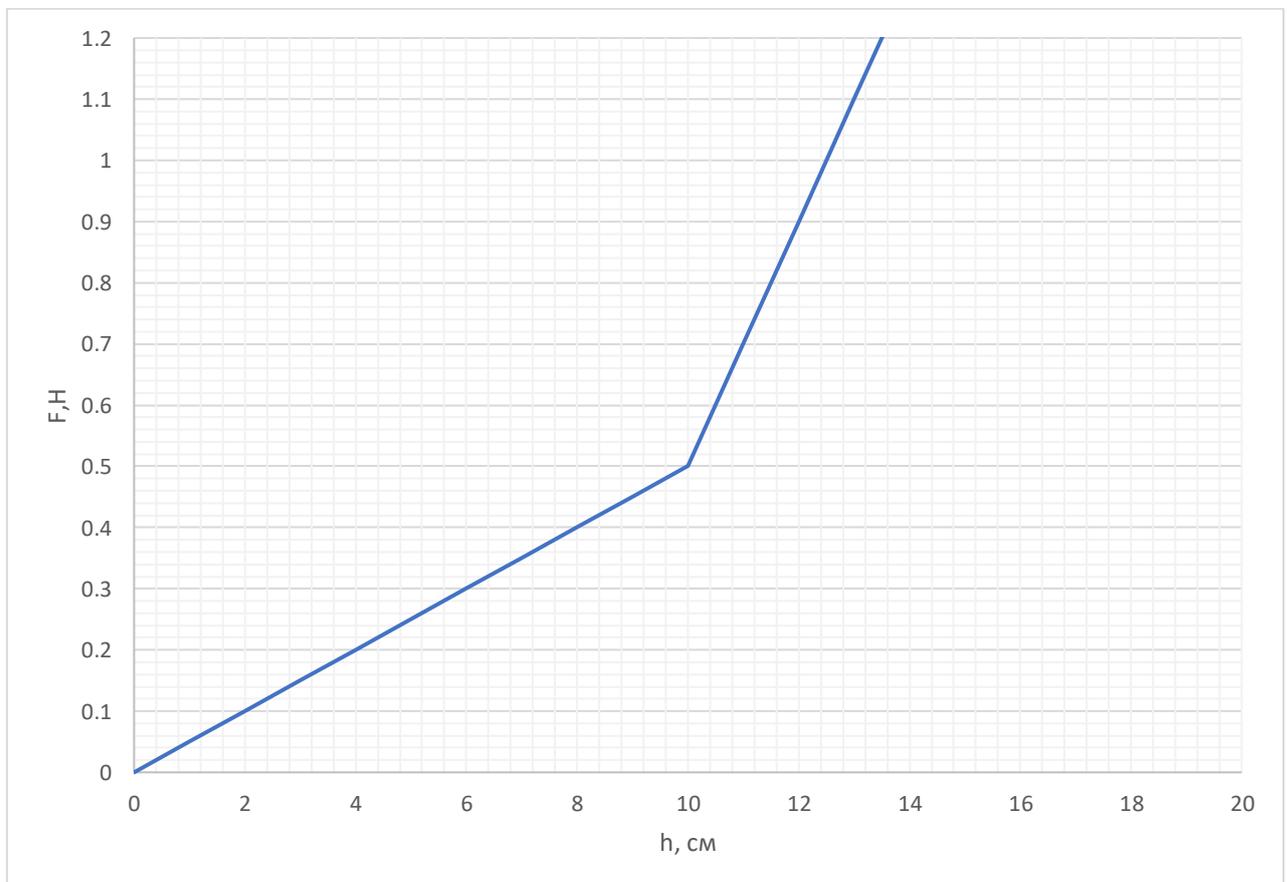


Рис.1

**Задача 3. ВАХ (25 баллов).** Для нелинейного элемента электрической цепи в таблице представлены результаты измерения зависимости силы тока от напряжения. Параллельно к нему подключено сопротивление  $R=100$  Ом.

Постройте вольт-амперные характеристики (ВАХ) для нелинейного элемента, сопротивления и всей цепи на миллиметровой бумаге, выданной вам.

U, В	0	0,35	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
I, А	0	0,050	0,10	0,13	0,15	0,16	0,17

**Задача 4. Двойные качели (20 баллов).** На рисунке представлена схема качелей с переключателем. Верхняя переключательная планка невесомая. Определите массу  $M$ , если  $m=0,060$  кг, а также массу линейки. Система находится в равновесии.

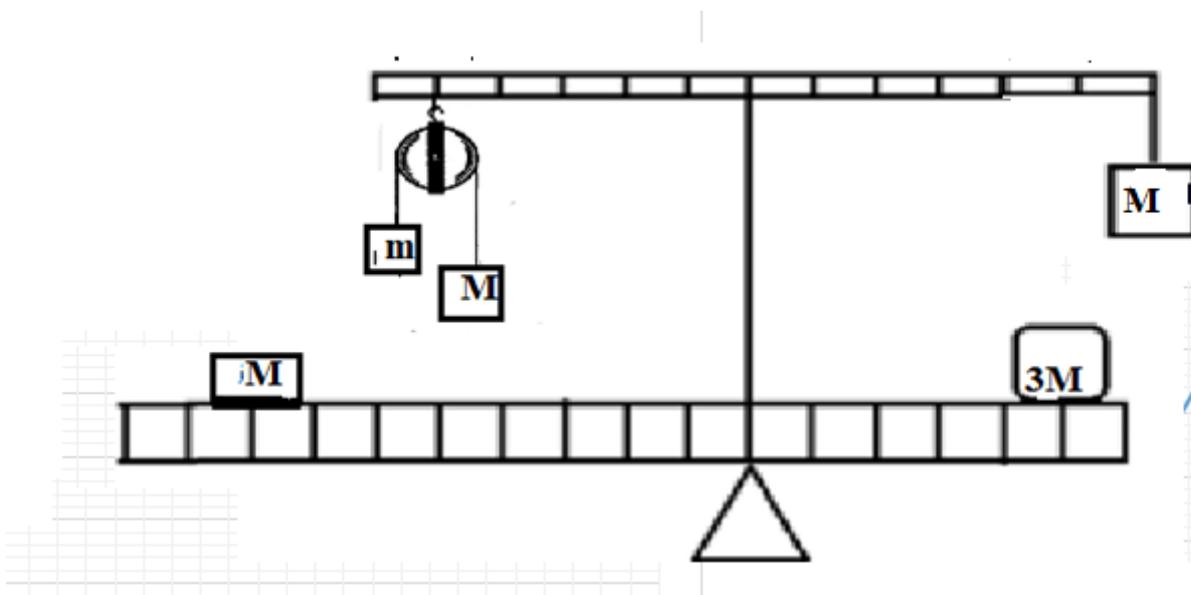


Рис.2

**Задача 5. Ох уж этот Север (10 баллов)!** Комфортной температурой для проживания людей считается температура  $20^\circ\text{C}$ . До какой температуры надо увеличить температуру батарей, чтобы температура в помещении оставалась комфортной при изменении уличной температуры с  $t_{y\lambda 1} = -30^\circ\text{C}$  до  $t_{y\lambda 2} = -50^\circ\text{C}$ ? Начальная температура батарей  $35^\circ\text{C}$ .

**Физика. 9 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

1 вариант

Общее замечание: за отсутствие единиц измерений отнимать по 1 баллу за задачу в которой они отсутствуют.

**Задача 1. Ладушки.** Из Ачинска в Красноярск выехал автомобиль «Лада-Калина» со скоростью  $v_1 = 80$  км/час. В тоже время навстречу ему из Красноярска в Ачинск выехала «Лада- Веста». Через некоторое время они встретились. После встречи «Лада - Калина» прибыла в Красноярск через 68 минут, а «Лада Веста» в Ачинск через 54 минуты. Определите расстояние между городами.

Решение

Расстояние между городами:

$$s = v_1(t_0 + t_1) = v_2(t_0 + t_2), \quad (1)$$

где  $t_0$ - время движения до встречи,  $t_1$  и  $t_2$  времена движения автомобилей после встречи.

Решая уравнение (1) получаем выражение для скоростей:

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{t_1}{t_2}} = 89,8 \text{ км/час} \quad (2)$$

Расстояние между городами:

$$s = (v_1 + v_2)t_0 = 169,8 \text{ км/час} \quad (3)$$

Могли получить:  $s = 170$  км/час или  $s = 169,7$  км/час

Все результаты принять.

Критерии оценивания

	критерии	баллы
1	Записаны формулы (1) -	3
2	Получен выражение (2)	5
	Найдена скорость $v_2$	2
3	Найдено выражение (3) -	3
4	Определите расстояние между городами	2
	Итого	15

**Задача 2.** Деревянная фигура состоит из двух цилиндров. Зависимость силы Архимеда от глубины погружения представлена на рис.1. К сожалению, часть графика была утеряна, известно, что объёмы цилиндров были одинаковы. Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения принять за  $g=10\text{м/с}^2$ .

Определите площади и длины цилиндров.

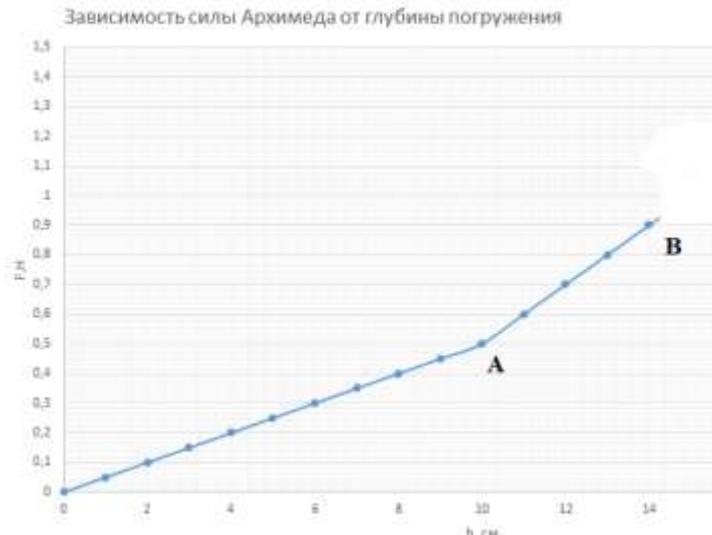


Рис.1

**Решение**

Сила Архимеда для тела находится по формуле:

$$F_A = \rho g V \quad (4)$$

Сила Архимеда для *первого цилиндра тела*

$$F_{A_1} = \rho g h s_1 = k_1 h \quad (5)$$

где  $k_1 = \rho g s_1$  - угловой коэффициент к графика (I).

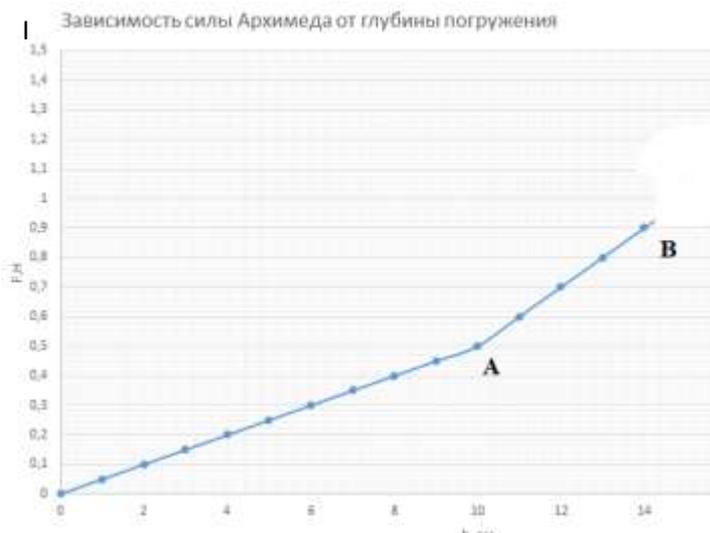
$$(6)$$

Сила Архимеда для второго цилиндра тела:

$$F_{A_2} = F_0 + \rho g (h - h_1) s_2 = F_0 + k_2 (h - h_1), \quad (7)$$

где  $F_0$  - сила Архимеда, действующая на полностью погруженный первый цилиндр,

$$k_2 = \rho g s_2 - \text{угловой коэффициент к графику на втором участке (II)}. \quad (8)$$



II

По первому участку графика (I) определим длину первого цилиндра

$$h_1 = 10 \text{ см}, \quad (9)$$

и угловой коэффициент:

$$k_1 = 0,05 \text{ Н/см} = 5 \text{ Н/м}. \quad (10)$$

Для второго участка графика (II) определим угловой коэффициент

$$k_2 = 1,00 \text{ Н/см} = 10 \text{ Н/м}. \quad (11)$$

Из угловых коэффициентов находим площади цилиндров:

$$s_1 = \frac{k_1}{\rho g} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2, \quad (12)$$

$$s_2 = \frac{k_2}{\rho g} = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (13)$$

Зная площади обоих цилиндров и длину первого найдем длину второго цилиндра, и пользуясь фактом равенства объёмов цилиндров:

$$V = S_1 h_1 = S_2 h_2 \quad (14)$$

$$h_2 = \frac{s_1 h_1}{s_2} = 5 \text{ см} \quad (15)$$

	Критерий	баллы
1	Записана формула силы Архимеда в общем виде	1
2	Записана формула силы Архимеда для первого цилиндра	2
3	Записана формула силы Архимеда для второго цилиндра	7
4	Записаны формулы угловых коэффициенты для графиков По 3 балла для каждого отрезка	6
5	Найдены значения угловых коэффициентов. По 2 балла за каждый элемент графика	6
6	Определена площади цилиндров По 2 балла за каждую	4
9	Записано соотношение для объёмов	1

10	Записана формула для расчета высоты $h_2$	2
11	Найдено численное значение высоты $h_2$	1
	Итого	30

**Задача 3. ВАХ.** Для нелинейного элемента электрической цепи в таблице представлены результаты измерения зависимости силы тока от напряжения. Последовательно к нему подключено сопротивление  $R=50$  Ом. Постройте вольт-амперные характеристики (ВАХ) для нелинейного элемента, а так же для сопротивления и для всей цепи на миллиметровой бумаге, выданной вам.

U, В	0	0,35	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
I, А	0	0,050	0,112	0,146	0,170	0,180	0,185

Решение

При последовательном соединении через элементы электрической цеп текут одинаковые токи. А полное падение напряжения равно сумме падений напряжений на каждом элементе. Для построения ВАХ всей цепи необходимо построить ВАХ для сопротивления, а затем сложить падения напряжения при одинаковом токе.

Падение напряжения на сопротивлении находится по формуле:

$$U_1 = IR.$$

Полное падение напряжения равно

$$U_2 = U + U_1$$

Все результаты расчетов представлены в таблице

U, В	I, А	$U_1, В$ для $R=50$ Ом	$U_2, В$ общее
0	0	0	0
0,35	0,050	2,5	2,85
1	0,112	5,6	6,6
2	0,146	7,3	9,3
3	0,170	8,5	11,5
4	0,180	9,0	13
5	0,185	9,25	14,25

Все ВАХ представлены на рис.2. ВАХ нелинейного элемента- голубым цветом, сопротивления- оранжево-красным, общей цепи – серым.

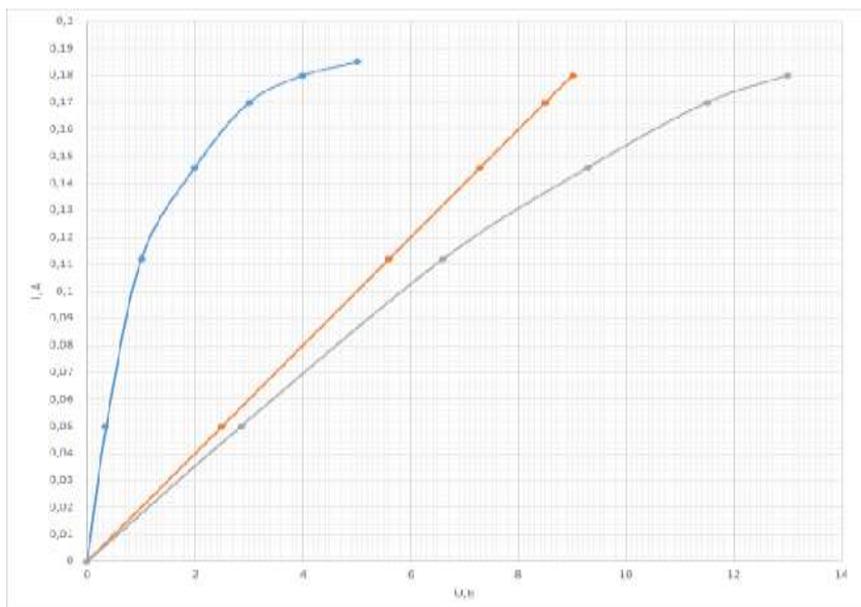


Рис. 3

### Критерии оценивания

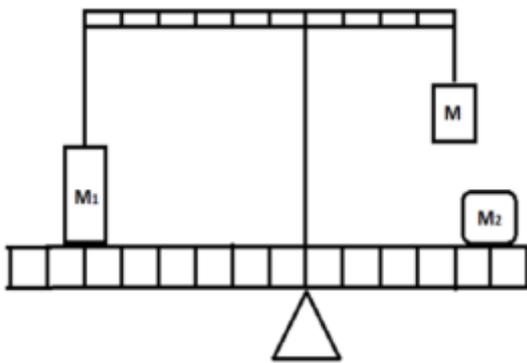
Критерий		
1	Обосновано, что для построения ВАХ необходимо знать падение напряжения на каждом элементе цепи, а затем сложить их при одинаковом токе.	3
2	Записана формула для расчета падения напряжения на сопротивлении	1
3	Сделаны расчеты падения напряжения на сопротивлении	2
4	Записана формула для расчета общего напряжения	1
5	Сделаны расчеты для общего напряжения	2
Оценка графиков		
6	Подписаны оси и единицы измерения – (по одному баллу за обозначение и по 1 баллу за единицы измерения)	2
7	Выбран оптимальный масштаб	2
8	Нанесена равномерная шкала	2
Построены ВАХ для		

	Нелинейного элемента Сопrotивления Общая	3 3 4
	Итого	25

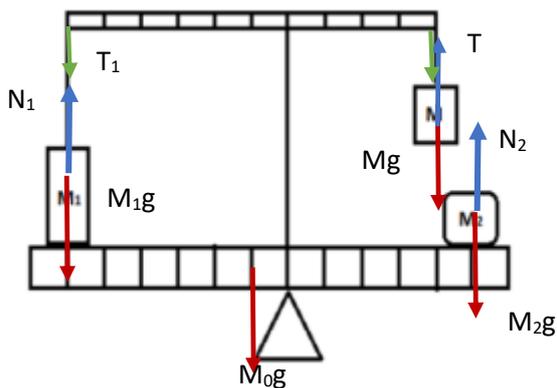
Если даны расчеты напряжения на сопротивлении, но не рассчитано общее напряжение, но при этом правильно построен график и указан способ построения по графику, то баллы по п. 5 не снижать. Считать, что всё сделано правильно.

**Задача 4. Двойные качели.** На рисунке представлена схема качелей с перекладиной. В каком диапазоне могут быть грузы массой  $M_2$ , чтобы система находилась в равновесии.

Известны масса груза  $M_1$ , масса линейки  $M_0$ , перекладина невесомая, груз  $M$  может меняться. Длина нити и плеча перекладины, к которой крепится этот груз, таковы что груз массой  $M$  не может достичь качели.



Решение задачи



Запишем правило моментов сил для перекладины:

$$T_1 6a = T 4a$$

Силы, действующие на грузы:

$$N_1 = M_1g - T_1$$

$$N_2 = M_2g$$

$$T = Mg$$

Тела давят на качели весами:

$$|P_1| = N_1$$

$$|P_2| = N_2$$

Запишем правило моментов сил, действующих на качели:

$$N_1 6a + M_0 ga = N_2 5a$$

Решая совместно уравнения получаем:  $M_2 = \frac{6M_1 + M_0 - 4M}{5}$

Возможны два граничных случая. Первый – груза массой  $M$  нет. В этом случае натяжения нити тоже нет.

$$M_2 = \frac{6M_1 + M_0}{5}$$

Второй- масса груза  $M$  такова, что реакция опоры  $N_1 = 0$ . Это возможно при массе  $M = \frac{6}{4} M_1$ .

$$M_2 = \frac{M_0}{5}$$

Если масса груза  $M > \frac{6}{4} M_1$ , то тела массами  $M_1$  и  $M$  расположатся параллельно опоре, на которой расположена перекладина. Таким образом,

$$\frac{M_0}{5} \leq M_2 \leq \frac{6M_1 + M_0}{5}$$

	Критерий	
	Запишем правило моментов сил для перекладины:	2
2	Силы, действующие на грузы	3
3	Указано, что вс тел равен по модулю реакции опоры	2
4	Запишем правило моментов сил, действующих на качели:	2
5	Получено выражение для определения массы $M_2$ в общем виде	4
6	Найдена масса $M_2$ для случая $M=0$	2
6	Найдена масса $M_2$ для случая $P_1 = 0$ .	2
7	Обосновано, что $\leq M_2$ находится в диапазоне	3
	Итого	20

**Задача 5. Ох, уж этот Север!** В некотором городе, расположенном на Севере, котельная может выдавать в систему отопления не более  $70^\circ\text{C}$ . И почти всю зиму работает на пределе своих возможностей. Определите какая температура установится в квартире при минус  $50^\circ\text{C}$ , если при минус  $30^\circ\text{C}$  в ней устанавливается температура  $25^\circ\text{C}$

Решение

Количество теплоты, теряемой в единицу времени через стенки и окна дома должно равняться количеству теплоты поступающей от батареи. В этом случае температура в квартире будет постоянной.

Апишем уравнения теплового баланса для двух случаев

$$Q_1 = \alpha_1(t_{k_1} - t_{y\wedge 1}) = \alpha_2(t_6 - t_{k_1}).$$

$$Q_2 = \alpha_1(t_{k_2} - t_{y\wedge 2}) = \alpha_2(t_6 - t_{k_2}),$$

Где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ - коэффициенты пропорциональности.

Разделим одно уравнение на другое, получим выражение:

$$\frac{(t_{k_1} - t_{y\wedge 1})}{(t_{k_2} - t_{y\wedge 2})} = \frac{(t_6 - t_{k_1})}{(t_6 - t_{k_2})}$$

Выразим температуру комнаты во втором случае:

$$t_{k_2} = \frac{t_6(t_{k_1} - t_{y\wedge 1}) + t_{y\wedge 2}(t_6 - t_{k_1})}{t_6 - t_{y\wedge 1}} = 10^\circ\text{C}$$

	Критерий	
	Высказана идея, что количество теплоты, теряемое домом, пропорционально разности температур между комнатой и улицей	1
2	Высказана идея, что количество теплоты получаемое домом от батареи пропорционально разности температур между батареей и комнатой	1
3	Записано уравнение теплового баланса при первой температуре на улице	2
4	Записано уравнение теплового баланса при второй температуре на улице	2
5	Получена формула в общем виде для $t_{k_2}$ Если решали частным способом, то есть сразу подставляли числа то снимать 1 балла	3
6	Получено числовое значение	1
	Итого	10

**Физика. 9 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

2 вариант

**Задача 1. Ладушки.** Из Ачинска в Красноярск выехал автомобиль «Лада-Калина» со скоростью  $v_1 = 80$  км/час. В тоже время навстречу ему из Красноярска в Ачинск выехала «Лада-Веста». Через час они встретились. После встречи «Лада-Веста» прибыла в Ачинск через 54 минуты. Расстояние между городами составляет 170 км. Определите через какое время после встречи «Лада - Калина» прибыла в Красноярск.

Решение

Расстояние между городами:

$$s = (v_1 + v_2)t_0 = v_1(t_0 + t_1) = v_2(t_0 + t_2), \quad (1)$$

где  $t_0$ - время движения до встречи,  $t_1$  и  $t_2$  времена движения автомобилей после встречи.

Решая уравнения (1) получаем выражение для скоростей:

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{t_1}{t_2}} \quad (2)$$

Расстояние между городами:

$$s = v_1 \left(1 + \sqrt{\frac{t_1}{t_2}}\right) t_0 \quad (3)$$

Выразим  $t_1$ - время движения автомобиля «Лада-Калина» после встречи

$$t_1 = \left(\frac{s}{v_1 t_0} - 1\right)^2 t_2 = \frac{81}{64} t_2 = 68,3 \text{ минут} \quad (4)$$

Критерии оценивания

	критерии	баллы
1	Записаны формулы (1) -	3
2	Получен выражение (2) –	5
3	Найдено выражение (4) -	5
4	Получено численное значение $t_1$ –	2

	$t_1$ – может быть указано с точностью до целых, балл не снимать	
	Итого	15

**Задача 2.** Деревянная фигура состоит из двух цилиндров. Зависимость силы Архимеда от глубины погружения фигуры в жидкость представлена на рис.1. К сожалению, часть графика была утеряна, известно, что объём верхнего цилиндра в 1,5 раза больше объёма цилиндра, первым входящим в жидкость. Плотность жидкости  $\rho = 780 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения принять за  $g=10\text{м/с}^2$ . Определите площади и длины цилиндров.

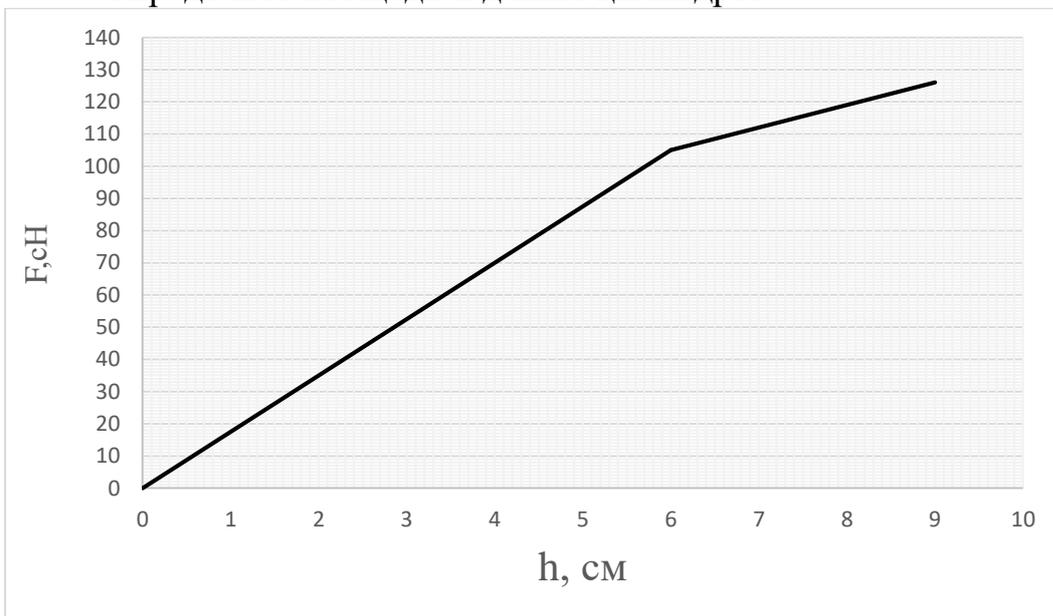


Рис.1

Решение

Сила Архимеда для тела находится по формуле:

$$F_A = \rho g V \quad (4)$$

Сила Архимеда для *первого цилиндра тела*

$$F_{A_1} = \rho g h s_1 = k_1 h \quad (5)$$

где  $k_1 = \rho g s_1$  угловой коэффициент к графику (I).

Сила Архимеда для второго цилиндра тела:

$$F_{A_2} = F_0 + \rho g (h - h_1) s_2 = F_0 + k_2 (h - h_1),$$

(6)

где  $F_0$ - сила Архимеда, действующая на полностью погруженный первый цилиндр,  $h_1$ - длина первого цилиндра  
 $k_2 = \rho g s_2$  - угловой коэффициент к графику на втором участке (II).

По первому участку графика (I) определим длину первого цилиндра  
 $h_1 = 6$  см,  
 и угловой коэффициент

$$k_1 = 105/6 \text{ сН/см} = 17,5 \text{ Н/м.}$$

Для второго участка графика (II) определим угловой коэффициент  
 $k_2 = 21/3 \text{ Н/см} = 7 \text{ Н/м.}$

Из угловых коэффициентов находим площади цилиндров:

$$s_1 = \frac{k_1}{\rho g} = 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$s_2 = \frac{k_2}{\rho g} = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Зная площади обоих цилиндров и длину первого найдем длину второго цилиндра, и пользуясь фактом соотношением для объёмов цилиндров:

$$2S_1 h_1 = S_2 h_2$$

$$h_2 = \frac{s_1 h_1}{s_2} = 15 \text{ см}$$

	Критерий	баллы
1	Записана формула силы Архимеда в общем виде	1
2	Записана формула силы Архимеда для первого цилиндра	2
3	Записана формула силы Архимеда для второго цилиндра	7
4	Записаны формулы угловых коэффициенты для графиков По 3 балла для каждого отрезка	6
5	Найдены значения угловых коэффициентов. По 3 балла за каждый элемент графика	6
6	Определена площади цилиндров По 2 балла за каждую	4
9	Записано соотношение для объёмов	1
10	Записана формула для расчета высоты $h_2$	2
11	Найдено численное значение высоты $h_2$	1
	Итого	30

**Задача 3. ВАХ.** Для нелинейного элемента электрической цепи в таблице представлены результаты измерения зависимости силы тока от напряжения. Параллельно к нему подключено сопротивление  $R=50$  Ом.

Постройте вольт-амперные характеристики (ВАХ) для нелинейного элемента, сопротивления и всей цепи на миллиметровой бумаге, выданной вам.

U,В	0	0,35	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
I,А	0	0,050	0,112	0,146	0,170	0,180	0,185

### Решение

При параллельном соединении элементы цепи находятся под одинаковым напряжением. А полный ток равен сумме токов, текущих через каждый элемент цепи.

Для построения ВАХ необходимо построить ВАХ для сопротивления, а затем сложить падения напряжения при одинаковом токе напряжения на нелинейном элементе и на сопротивлении.

Сила тока, текущая через сопротивление, находится по формуле:

$$I_1 = \frac{U}{R}. \quad (7)$$

Полное падение напряжения равно

$$I_2 = I + I_1 \quad (8)$$

Все результаты расчетов представлены в таблице:

U,В	I,А	I <sub>1</sub> , А для R	I <sub>2</sub> , А общее
0	0	0	0
0,35	0,05	0,007	0,057
1	0,112	0,02	0,132
2	0,146	0,04	0,186
3	0,17	0,06	0,23
4	0,18	0,08	0,26
5	0,185	0,1	0,285

Все ВАХ представлены на рис.2. ВАХ нелинейного элемента- голубым цветом, сопротивления- оранжево-красным, общей цепи – серым.

	Критерий	
	Обосновано, что для построения ВАХ необходимо знать силы тока, бегущие в каждом элементе цепи, а затем сложить их при одинаковом напряжении	3
2	Записана формула для расчета силы на сопротивлении	1
3	Сделаны расчеты для силы тока через сопротивление	2
4	Записана формула для расчета общей силы тока	1
5	Сделаны расчеты для общего напряжения	2
	Оценка графиков	
6	Подписаны оси и единицы измерения – (по одному баллу за обозначение и по 1 баллу за единицы измерения)	2
7	Выбран оптимальный масштаб	2
8	Нанесена равномерная шкала	2
	Построены ВАХ для Нелинейного элемента	3
	Сопротивления	3
	Общей схемы	4
	Итого	25

**Задача 4. Двойные качели.** На рисунке представлена схема качелей с перекладиной. Верхняя перекладина невесомая. Определите массу  $m$ , если  $M=1$  кг, а также массу линейки, чтобы система находилась в равновесии.

Решение:

Блок действует на перекладину с силой  $2T$ , поэтому уравнение моментов сил для верхней перекладины запишется следующим образом:

$$2T5a = T_14a \quad (9)$$

$$T_1 = 2Mg \quad (10)$$

Уравнение моментов для нижней качели:

$$6Mga + m_Aga = 5 \cdot 3Mga \quad (11)$$

Масса линейки из уравнения (11) равна:

$$m_A = 9M \quad (12)$$

Рассмотрим блок отдельно. Запишем второй закон Ньютона для каждого из грузов:

Силы, действующие на грузы:

$$Mg - T = Ma \quad (13)$$

$$T - mg = ma \quad (14)$$

Из (13) и (14) находим ускорение грузов, подвешенных на блоке:

$$a = \frac{M-m}{M+m} g. \quad (15)$$

Подставим (15) в (13) или (14) получаем силу натяжения нитей:

$$T = m(g + a) = \frac{2mM}{m+M} g. \quad (16)$$

Подставим (16) и (10) в (9):

$$20 \frac{mM}{m+M} = 8M. \quad (17)$$

Выразим массу груза  $m$ :

$$m = 2/3M \quad (18)$$

	Критерий	
1	Записано уравнение моментов сил для верхней перекладины (9):	2
2	Указано, что блок действует на перекладину с силой $2T$	2
3	Записано уравнение моментов сил, действующих на качели, выражение (11)	3
4	Найдена масса линейки (12)	2
5	Записан второй закон Ньютона для грузов подвешенных на нити по 2 б за каждое уравнение, выражения (13) и(14)	4
4	Найдено ускорение грузов выражение (15)	2
5	Найдена сила натяжения (16)	3
6	Выраженная масса груза $m$	2
	Итого	20

P.S. Если сказано что из выражений (13) и (14) найдем натяжение нити, но не записано ускорение системы, то поставить 5 баллов.

**Задача 5. Ох. уж этот Север!** В некотором городе, расположенном на Севере, котельная может выдавать в систему отопления не более  $t_6 70^\circ\text{C}$ . И почти всю зиму работает на пределе своих возможностей. Определите какая температура, была в квартире при уличной температуре  $t_{y\Lambda 1} = -20^\circ\text{C}$ , если при температуре  $t_{y\Lambda 2} = -50^\circ\text{C}$  в квартире установилась  $10^\circ\text{C}$ .

Решение

Количество теплоты, теряемой в единицу времени через стенки и окна дома должно равняться количеству теплоты, поступающей от батареи. В этом случае температура в квартире будет постоянной.

Запишем уравнения теплового баланса для двух случаев (при одной и другой температуре):

$$Q_1 = \alpha_1(t_{k1} - t_{y\lambda 1}) = \alpha_2(t_6 - t_{k1}). \quad (19)$$

$$Q_2 = \alpha_1(t_{k2} - t_{y\lambda 2}) = \alpha_2(t_6 - t_{k2}), \quad (20)$$

Где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ - коэффициенты пропорциональности.

Разделим одно уравнение на другое, получим выражение:

$$\frac{(t_{k1} - t_{y\lambda 1})}{(t_{k2} - t_{y\lambda 2})} = \frac{(t_6 - t_{k1})}{(t_6 - t_{k2})} \quad (21)$$

Выразим температуру комнаты  $t_{k1}$ :

$$t_{k1} = \left( \frac{t_6(t_{k2} - t_{y\lambda 2}) + t_{y\lambda 1}(t_6 - t_{k2})}{(t_6 - t_{y\lambda 2})} \right) = 25^\circ\text{C} \quad (22)$$

	Критерий	
	Высказана идея, что количество теплоты теряемое домом пропорционально разности температур между комнатой и улицей	1
2	Высказана идея, что количество теплоты, получаемое домом от батареи, пропорционально разности температур между батареей и комнатой	1
3	Записано уравнение теплового баланса при первой температуре на улице	2
4	Записано уравнение теплового баланса при второй температуре на улице	2
5	Получена формула в общем виде для $t_{k1}$ Если решали частным способом, то есть сразу подставляли числа то снимать 1 балл	3
6	Получено числовое значение	1
	Итого	10

**Физика. 9 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

3 вариант

**Задача 1. Ладушки.** Из Ачинска в Красноярск выехал автомобиль «Лада-Калина» со скоростью  $v_1$ . В тоже время навстречу ему из пункта К в пункт А выехала «Лада- Веста» со скоростью  $v_2$ . Через час они встретились. Определите через какое время после встречи автомобиль «Лада- Веста» прибудет в Ачинск. Известно, что отношение скоростей  $\frac{v_2}{v_1}=1,2$ .

Решение

Расстояние между городами:

$$s = (v_1 + v_2)t_0 = v_1(t_0 + t_1) = v_2(t_0 + t_2), \quad (1)$$

где  $t_0$ - время движения до встречи,  $t_1$  и  $t_2$  времена движения автомобилей после встречи.

Решая уравнение (1) получаем выражение для скоростей:

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \quad (2)$$

$$\text{Обозначим } \frac{v_2}{v_1} = k, \text{ тогда } t_1 = k^2 t_2 \quad (3)$$

Подставим обозначения из (3) в (1) получаем:

$$v_1(t_0 + k^2 t_2) = kv_2(t_0 + t_2). \quad (4)$$

Решая уравнение (4) получаем выражение для времени:

$$t_2 = \frac{t_0}{k} = 50 \text{ мин} \quad (5)$$

Критерии оценивания

	Критерий	баллы
1	Записаны формулы (1)	3
2	Получен выражение (2)	4
3	Найдено выражение (4)	4
4	Найдено выражение (5)	3
5	Получено численное значение $t_2$	1
	Итого	15

**Задача 2.** Деревянная фигура состоит из двух цилиндров. Зависимость силы Архимеда от глубины погружения представлена на рис.1. К сожалению, часть графика была утеряна, известно, что объём цилиндра с большей площадью в 4 раза больше объёма цилиндра с меньшей площадью. Площадь одного из цилиндров  $S = 20\text{см}^2$ , она же является и большей площадью. Определите длины цилиндров, плотность жидкости, площадь оставшегося цилиндра. Ускорение свободного падения принять за  $g=10\text{м/с}^2$ .

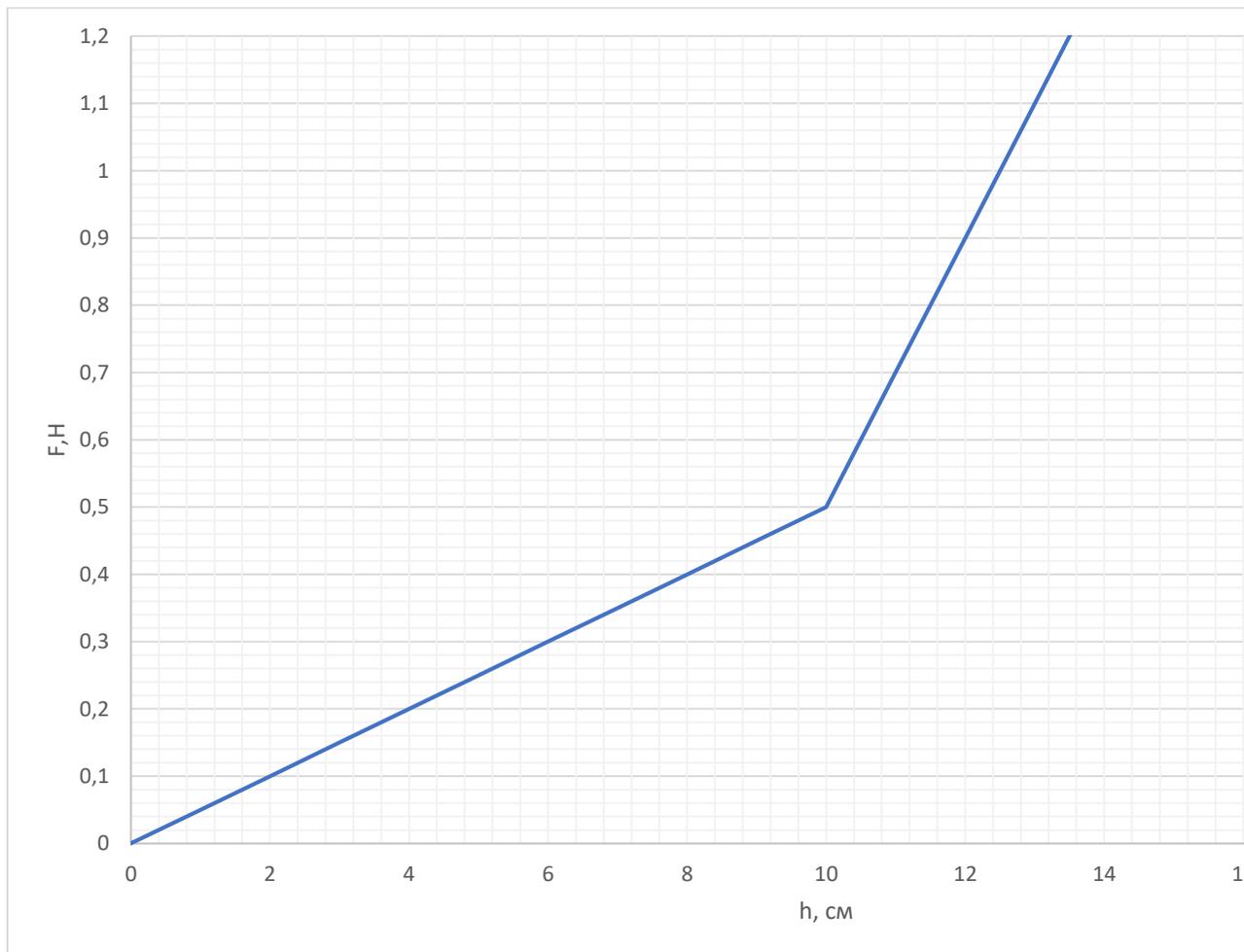


Рис.1

Решение

Сила Архимеда для тела находится по формуле:

$$F_A = \rho g V \quad (4)$$

Сила Архимеда для *первого цилиндра тела*

$$F_{A_1} = \rho g h s_1 = k_1 h \quad (5)$$

где  $k_1 = \rho g s_1$  угловой коэффициент к графику (I).

Сила Архимеда для второго цилиндра тела:

$$F_{A_2} = F_0 + \rho g(h(h - h_1)s_2) = F_0 + k_2(h - h_1), \quad (6)$$

где  $F_0$  - сила Архимеда, действующая на полностью погруженный первый цилиндр,  $h_1$  - длина первого цилиндра  
 $k_2 = \rho g s_2$  - угловой коэффициент к графику на втором участке (II).



По первому участку графика (I) определим длину первого цилиндра:

$$h_1 = 10 \text{ см},$$

и угловой коэффициент

$$k_1 = 0,05 \text{ Н/см} = 5 \text{ Н/м}. \quad (7)$$

Для второго участка графика (II) определим угловой коэффициент

$$k_2 = 2,00 \text{ Н/см} = 20 \text{ Н/м}. \quad (8)$$

Поскольку угловой коэффициент  $k_2 > k_1$ , то и площадь второго цилиндра больше, чем у первого цилиндра. Из  $k_2$  определим плотность жидкости:

$$\rho = \frac{k_2}{s_2 g} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (9)$$

Зная плотность жидкости, определим площадь первого цилиндра:

$$s_1 = \frac{k_1}{\rho g} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (10)$$

Зная площади обоих цилиндров и длину первого найдем длину второго цилиндра, и пользуясь фактом равенства объёмов цилиндров:

$$V = 4S_1h_1 = S_2h_2 \quad (11)$$

$$h_2 = 4 \frac{s_1 h_1}{s_2} = 10 \text{ см}$$

U, В	I, А
0	0
0,35	0,05
1	0,1
2	0,13
3	0,15
4	0,16
5	0,17

	Критерий	баллы
1	Записана формула силы Архимеда в общем виде	1
	Записана формула силы Архимеда для первого цилиндра	1
	Записана формула силы Архимеда для второго цилиндра	6
	Записаны формулы угловых коэффициенты для графиков По 3 балла для каждого отрезка	6
	Найдены значения угловых коэффициентов. По 2 балла за каждый элемент графика	4
	Определена высота первого цилиндра	2
	Проведен анализ и сделан вывод, что площадь второго цилиндра чем первого	3
	Записана формула для расчета плотности	2
	Определено значение плотности	1
	Записано соотношение для объёмов	1
	Записана формула для расчета высоты	2
	Найдено численное значение высоты	1
	Итого	30

**Задача 3. (25 баллов) ВАХ.** Для нелинейного элемента электрической цепи в таблице представлены результаты измерения зависимости силы тока от напряжения. Параллельно к нему подключено сопротивление  $R=100 \text{ Ом}$ .

Постройте вольт-амперные характеристики (ВАХ) для нелинейного элемента, сопротивления и всей цепи на миллиметровой бумаге, выданной вам.

U, В	0	0,35	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
------	---	------	------	------	------	------	------

I, A	0	0,050	0,10	0,13	0,15	0,16	0,17
------	---	-------	------	------	------	------	------

### Решение

При параллельном соединении элементы цепи находятся под одинаковым напряжением. А полный ток равен сумме токов, текущих через каждый элемент цепи.

Для построения ВАХ необходимо построить ВАХ для сопротивления, а затем сложить падения напряжения при одинаковом токе напряжения на нелинейном элементе и на сопротивлении.

Сила тока, текущая через сопротивление, находится по формуле:

$$I_1 = \frac{U}{R}. \quad (7)$$

Полное падение напряжения равно

$$I_2 = I + I_1 \quad (8)$$

Все результаты расчетов представлены в таблице:

U, В	I, А	I, А lkz R	I, А общее R
0	0	0	0
0,35	0,05	0,0035	0,0535
1	0,1	0,01	0,11
2	0,13	0,02	0,15
3	0,15	0,03	0,18
4	0,16	0,04	0,2
5	0,17	0,05	0,22

Все ВАХ представлены на рис.2. ВАХ нелинейного элемента- голубым цветом, сопротивления- оранжево-красным, общей цепи – серым.

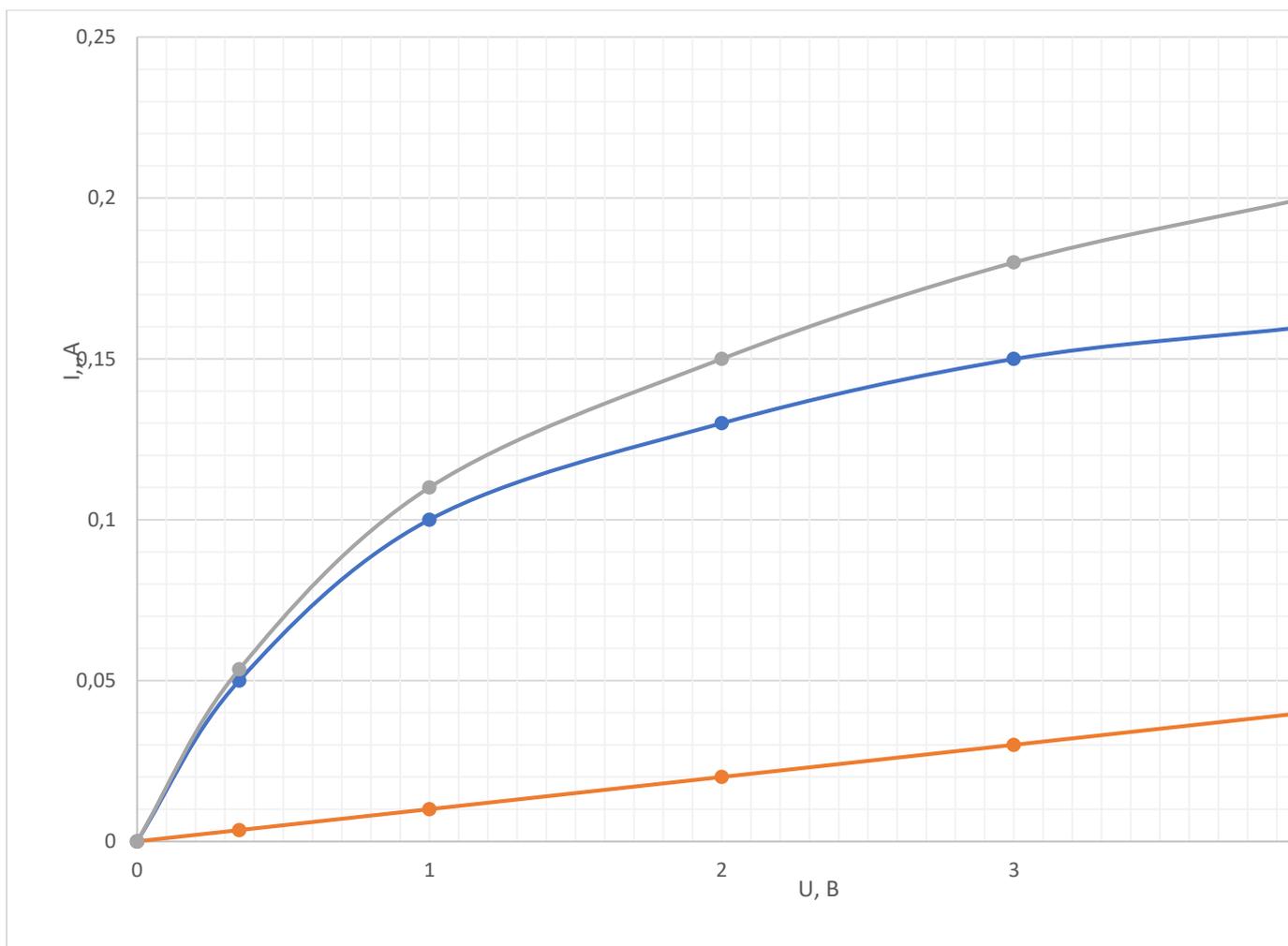


Рис. 3

### Критерии оценивания

	Критерий	
	Обосновано, что для построения ВАХ необходимо знать силы тока, бегущие в каждом элементе цепи, а затем сложить их при одинаковом напряжении	3
2	Записана формула для расчета силы на сопротивлении	1
3	Сделаны расчеты для силы тока через сопротивление	2
4	Записана формула для расчета общей силы тока	1
5	Сделаны расчеты для общего напряжения	2
	Оценка графиков	
6	Подписаны оси и единицы измерения –	2

	(по одному баллу за обозначение и по 1 баллу за единицы измерения)	
7	Выбран оптимальный масштаб	2
8	Нанесена равномерная шкала	2
	Построены ВАХ для Нелинейного элемента	3
	Сопротивления	3
	Общей схемы	4
	Итого	25

**Задача 4. Двойные качели.** На рисунке представлена схема качелей с перекладиной. Верхняя перекладина невесомая. Определите массу  $M$ , если  $m=0,060$  кг, а также массу линейки. Система находится в равновесии.

Решение

:

Блок действует на перекладину с силой  $2T$ , поэтому уравнение моментов сил для верхней перекладины запишется следующим образом:

$$2T5a = T_16a \quad (9)$$

$$T_1 = Mg \quad (10)$$

Уравнение моментов для нижней качели:

$$8Mga + m_A g 2a = 3Mg5a \quad (11)$$

Масса линейки  $m_A$  из уравнения (11) равна:

$$m_A = 7M/2 \quad (12)$$

Рассмотрим блок отдельно. Запишем второй закон Ньютона для каждого из грузов, подвешенных на блоке:

Силы, действующие на грузы:

$$Mg - T = Ma \quad (13)$$

$$T - mg = ma \quad (14)$$

Из (13) и (14) находим ускорение грузов, подвешенных на блоке:

$$a = \frac{M-m}{M+m} g. \quad (15)$$

Подставим (15) в (13) или (14) получаем силу натяжения нитей:

$$T = m(g + a) = \frac{2mM}{m+m} g. \quad (16)$$

Подставим (16) и (10) в (9):

$$20 \frac{mM}{m+M} = 6M. \quad (17)$$

Выразим массу груза  $m$ :

$$M = (14/6)m = 140 \text{ г} \quad (18)$$

$$m_A = 7M/2 = 490 \text{ г} \quad (19)$$

	Критерий	
1	Записано уравнение моментов сил для верхней перекладины (9):	2
2	Указано, что блок действует на перекладину с силой $2T$	2
3	Записано уравнение моментов сил, действующих на качели, выражение (11)	3
	Найдено выражение для массы линейки	1
4	Найдена масса линейки (12)	1
5	Записан второй закон Ньютона для грузов подвешенных на нити по 2 б за каждое уравнение, выражения (13) и(14)	4
4	Найдено ускорение грузов выражение (15)	2
5	Найдена сила натяжения (16)	3
6	Найдено выражение для определения масса $M$ и её значение	2
	Итого	20

P.S. Если сказано что из выражений (13) и (14) найдем натяжение нити, но не записано ускорение системы, то поставить 5 баллов.

**Задача 5. Ох, уж этот Север!** Комфортной температурой для проживания людей считается температура  $20^\circ\text{C}$ . До какой температуры надо увеличить температуру батарей, чтобы температура в помещении оставалась комфортной при изменении уличной температуры с  $t_{у\lambda 1} = -30^\circ\text{C}$  до  $t_{у\lambda 2} = -50^\circ\text{C}$ . Начальная температура батарей  $35^\circ\text{C}$

Решение

Количество теплоты, теряемой в единицу времени через стенки и окна дома должно равняться количеству теплоты поступающей от батарей. В этом случае температура в квартире будет постоянной.

Запишем уравнения теплового баланса для двух случаев:

	Критерий	
	Высказана идея, что количество теплоты теряемое домом пропорционально разности температур между комнатой и улицей	1
2	Высказана идея, что количество теплоты получаемое домом от батареи пропорционально разности температур между батареей и комнатой	1
3	Записано уравнение теплового баланса при первой температуре на улице	2
4	Записано уравнение теплового баланса при второй температуре на улице	2
5	Получена формула в общем виде для $t_{62}$ Если решали частным способом, то есть сразу подставляли числа то снимать 1 балла	3
6	Получено числовое значение	1
	Итого	10

$Q_1 =$

$$\alpha_1(t_k - t_{y\lambda 1}) = \alpha_2(t_{61} - t_{k1}). \quad (20)$$

$$Q_2 = \alpha_1(t_k - t_{y\lambda 2}) = \alpha_2(t_{62} - t_k), \quad (21)$$

Где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ - коэффициенты пропорциональности.

Разделим одно уравнение на другое, получим выражение:

$$\frac{(t_k - t_{y\lambda 1})}{(t_k - t_{y\lambda 2})} = \frac{(t_{61} - t_k)}{(t_{62} - t_k)} \quad (21)$$

Выразим  $t_{62}$ :

$$t_{62} = \frac{(t_{61} - t_k)(t_k - t_{y\lambda 2})}{(t_k - t_{y\lambda 1})} + t_k \quad (22)$$

$$t_{62} = 41^\circ\text{C} \quad (23)$$

**Физика. 10 класс**

1 вариант

*Работа рассчитана на 235 минут.*

***Все решения должны быть полными и обоснованными.***

**Задача 1. (20 баллов) Разделитель дороги.** Любознательный физик ночью ехал по трассе, на которой между двумя встречными полосами стояли отбойники длиной  $a$  на некотором расстоянии  $b$  друг от друга. В какой-то момент времени ему навстречу выехал автомобиль, и физик стал наблюдать мигание. «Интересно, как меняется длительность мигания от расстояния между нами?» - подумал физик. Помогите ответить ему на вопрос.

Автомобили движутся с равной скоростью и на одинаковом расстоянии  $c$  от отбойников.

**Задача 2. (30 баллов) Тележка с жидкостью** плотностью  $\rho_0$  движется по горизонтальной поверхности с ускорением  $a$ . Ко дну тележки привязан шарик плотностью  $\rho < \rho_0$  (рис. 1) Определите угол, который образует нить с вертикалью к поверхности Земли.

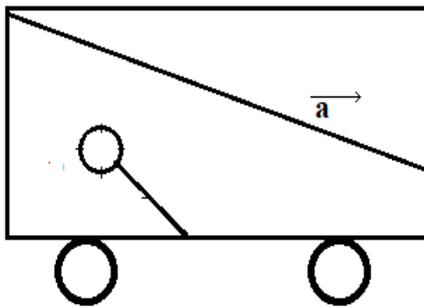


Рис. 1

**Задача 3. (25 баллов) Кипятим воду.** Два коаксиальных металлических цилиндра имеют непроводящие теплоизолирующие дно и крышку. Расстояние между стенками цилиндров  $h$  много меньше из радиусов. В пространство между цилиндрами налита вода. Цилиндры подключены к источнику напряжения  $U$ . При толщине  $h=1,4$  мм вода закипает через 10 минут. Через сколько минут закипит вода при увеличении толщины на 0,1 мм?

Потерями пренебречь.

**Задача 4. (15 баллов) Удивительный воздух!** Воздух, охлажденный до 105 К, находится в сосуде при давлении  $P_0 = 4$  атм. Определите давление смеси газа при уменьшении объема в 4 раза, если процесс происходил при неизменной температуре. Массовая доля кислорода  $k_1 = 0,22$ , массовая доля азота  $k_2 = 0,78$ .

Давление насыщенных паров газов дано в таблице.

Температура	Давление насыщенных паров		
	100 К	105 К	110 К
Кислород, атм	2,45	3,7	15,4
Азот, атм	10,0	11,0	12,0

**Задача 5. (10 баллов) Напряженность.** Шар некоторого радиуса заряжен с поверхностной плотностью  $+\sigma$ , в нем сделано малое отверстие. Радиус отверстия много меньше радиуса шара.

Рассчитайте и укажите направление вектора напряженности электрического поля вблизи отверстия внутри и снаружи шара.

**Физика. 10 класс**

2 вариант

*Работа рассчитана на 235 минут.*

***Все решения должны быть полными и обоснованными.***

**Задача 1. (20 баллов) Разделитель дороги.** Любознательный физик ночью ехал по трассе, на которой между двумя встречными полосами стояли отбойники длиной  $a$  на некотором расстоянии  $b$  друг от друга. В какой-то момент времени ему навстречу выехал автомобиль, и физик стал наблюдать мигание. «Интересно, сколько времени я видел фары через промежутки между отбойниками?» - подумал физик. Помогите ответить ему на вопрос, если расстояние между автомобилями  $L$ .

Автомобили движутся с равной скоростью и на одинаковом расстоянии  $c$  от отбойников.

**Задача 2. (30 баллов) Неинерциальность и сила Архимеда.** Тележка с жидкостью плотностью  $\rho_0$  движется по горизонтальной поверхности с неизвестным ускорением  $a$ . Ко дну тележки привязан шарик плотностью  $\rho < \rho_0$  (рис. 1). Известен угол  $\varphi$ , который образует нить с вертикалью к поверхности Земли.

Определите ускорение тележки.

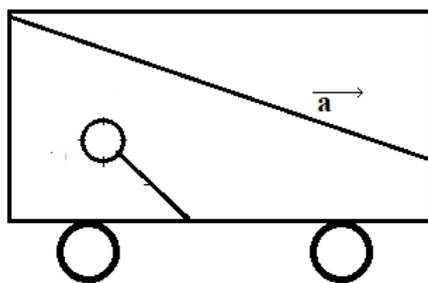


Рис. 1

**Задача 3. (25 баллов) Кипятим воду.** Два коаксиальных металлических цилиндра имеют непроводящие теплоизолирующие дно и крышку. Расстояние между стенками цилиндров  $h$  много меньше их радиусов. В пространство между цилиндрами налита вода. Цилиндры подключены к источнику напряжением  $U$ . При толщине  $h=1,3$  мм вода закипает через 10 минут. Через сколько минут закипит вода при увеличении радиуса в 2 раза? Объясните результат, который вы получили.

Потерями пренебречь.

**Задача 4. (15 баллов) Просто воздух!** Воздух, охлажденный до 100 К, находится в сосуде при давлении  $P_0 = 4$  атм. Определите давление смеси газа при уменьшении объёма в 4 раза, если процесс происходил при неизменной температуре.

Массовая доля кислорода  $k_1 = 0,22$ , массовая доля азота  $k_2 = 0,78$ .

Давление насыщенных паров газов дано в таблице.

Давление насыщенных паров	Температура К		
	100	105	110
Кислород, атм	2,45	3,7	15,4
Азот, атм	10,0	11,0	12,0

**Задача 5. (20 баллов) Напряженность.** Шар заряжен с поверхностной плотностью " $\sigma$ ", в нем сделано малое отверстие. Радиус отверстия много меньше. Выведите формулу для расчета напряженности электрического поля и укажите направление вектора напряженности электрического поля вблизи отверстия внутри и снаружи шара.

**Физика. 10 класс**

3 вариант

*Работа рассчитана на 235 минут.*

***Все решения должны быть полными и обоснованными.***

**Задача 1. (20 баллов) Разделитель дороги.** Любознательный физик ночью ехал по трассе, на которой между двумя встречными полосами стояли отбойники длиной  $a$  на некотором расстоянии  $b$  друг от друга. В какой-то момент времени ему навстречу выехал автомобиль и физик стал наблюдать мигание. «Интересно, сколько времени я не видел фары через промежутки между отбойниками?» - подумал физик. Помогите ответить ему на вопрос, если расстояние между автомобилями  $L$ . Автомобили двигаются с равной скоростью и на одинаковом расстоянии  $c$  от отбойников.

**Задача 2. (30 баллов) Неинерциальность и сила Архимеда.** Тележка с жидкостью неизвестной плотностью  $\rho_0$  движется по горизонтальной поверхности с ускорением  $a$ . Ко дну тележки привязан шарик плотностью  $\rho < \rho_0$  (рис. 1). Известен угол  $\varphi$ , который образует нить с вертикалью к поверхности Земли. Определите плотность жидкости.

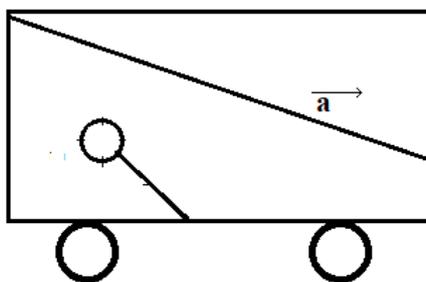


Рис. 1

**Задача 3. (25 баллов) Кипятим воду.** Два коаксиальных металлических цилиндра имеют непроводящие теплоизолирующие дно и крышку. Расстояние между стенками цилиндров  $h$  много меньше их радиусов. Цилиндры подключены к источнику напряжением  $U$ . В пространство между цилиндрами налита вода. При толщине  $h=1,3$  мм вода закипает через 10 минут. Как надо изменить напряжение, чтобы при уменьшении расстояния на  $\Delta h = 0,1$  мм вода вновь закипала через 10 минут?

**Задача 4. (15 баллов) Просто воздух!** Воздух, охлажденный до 110 К, находится в сосуде при давлении  $P_0 = 4$  атм. Определите давление смеси газа при уменьшении объёма в 3 раза, если процесс происходил при неизменной температуре.

Массовая доля кислорода  $k_1 = 0,22$ , массовая доля азота  $k_2 = 0,78$ .

Давление насыщенных паров газов дано в таблице.

Давление насыщенных паров	Температура К		
	100	105	110
Кислород, атм	2,45	3,7	15,4
Азот, атм	10,0	11,0	12,0

**Задача 5. (20 баллов).** Мыльный пузырь заряжен равномерно с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$ . Выведите формулу для расчета давления, которое оказывают эти заряды на поверхность мыльного пузыря.

**Физика. 10 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

1 вариант

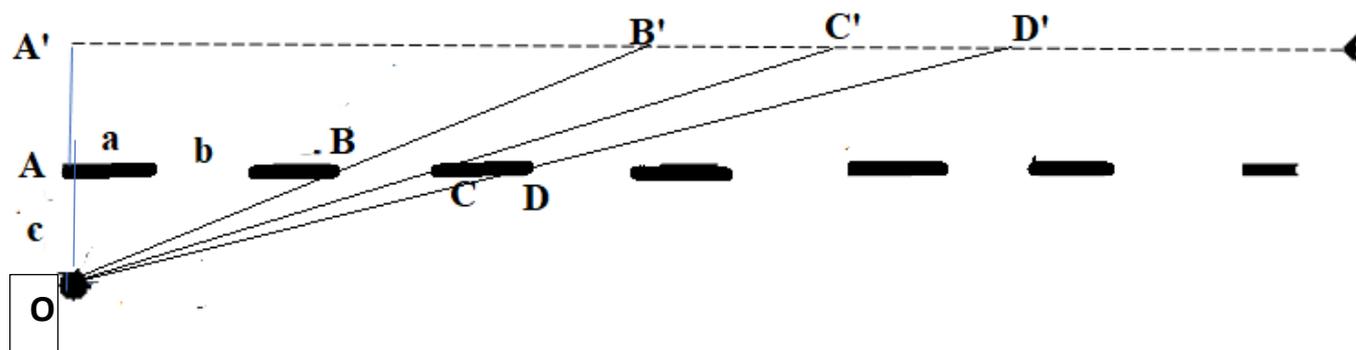
**Задача 1. Разделитель дороги.** Любознательный физик ночью ехал по трассе, на которой между двумя встречными полосами стояли отбойники длиной  $a$  на некотором расстоянии  $b$  друг от друга. В какой-то момент времени ему навстречу выехал автомобиль и физик стал наблюдать мигание. «Интересно как меняется длительность мигания от расстояния между нами?»- подумал физик. Под длительностью мигания физик подразумевал время видения и не видения сигнала. Помогите ответить ему на вопрос. Автомобили движутся с равной скоростью и на одинаковом расстоянии  $c$  от отбойников.

Решение

Перейдем в систему отсчета, связанную с одним из автомобилей.

Относительная скорость будет равна:

$$v = 2v_0$$



Мигание – время, которое включает в себя время видения сигнала и время отсутствия сигнала. Рассмотрим любой  $N$ -ый отбойник. ВОС – зона видения сигнала, COD- зона не видения сигнала. Следующие треугольники подобны между собой:  $\triangle ABO \sim \triangle A'B'O$ ,  $\triangle ACO \sim \triangle A'C'O$ ,  $\triangle ADO \sim \triangle A'D'O$

$$AB = Na + (N-1)b$$

$$AC = Na + Nb$$

$$AD = (N+1)a + Nb$$

Видно, что

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} = 2, \quad A'B' = 2AB = 2(Na + (N - 1)b)$$

$$\frac{A'C'}{AC} = \frac{OA'}{OA} = 2 \quad A'C' = 2AC = 2(Na + Nb)$$

$$\frac{A'D'}{AD} = \frac{OA'}{OA} = 2 \quad A'D' = 2AD = 2((N + 1)a + Nb)$$

За время мигания автомобиль проедет расстояние:

$$B'D' = A'D' - A'B' = 2(a+b)$$

Время мигания будет:

$$t = \frac{B'D'}{2v} = \frac{a + b}{v}$$

Таким образом, время мигания не зависит от расстояния между автомобилями.

	Критерии	Баллы
	Найдено относительная скорость автомобилей	2
	Показана зона видимости сигнала	3
	Показана зона невидимости сигнала	3
	Найдено расстояние, которое проедет автомобиль за время мигания сигнала	6
	Найдено время сигнала	4
	Сделан вывод о независимости длительности сигнала от расстояния между автомобилями	2
	итого	20 баллов

Если написано, что время мигания не зависит от расстояния без основания, то ставить 0 баллов.

**Задача 2. Неинерциальность и сила Архимеда.** Тележка с жидкостью плотностью  $\rho_0$  движется по горизонтальной поверхности с ускорением  $a$ . Ко дну тележки привязан шарик плотностью  $\rho < \rho_0$ . Определите угол, который образует нить с вертикалью к поверхности Земли.

Решение

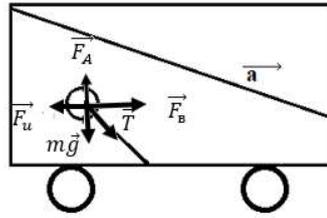


Рис.1

Рассмотрим решение в системе отсчета, связанной тележкой.

$$\vec{T} + \vec{F}_A + \vec{F}_u + \vec{F}_B + m\vec{g} = 0 \quad (14)$$

В проекции на оси (смотри рис.1 ). Учтем что

$$F_u = ma, \quad (15)$$

$$F_B = \rho_0 aV = \rho_0 a \frac{m}{\rho} \quad (16)$$

$$-ma + \rho_0 aV + T \sin \varphi = 0 \quad (17)$$

$$-T \cos \varphi - mg + \rho_0 gV = 0 \quad (18)$$

$$T \sin \varphi = a(m - \rho_0 V) = aV(\rho - \rho_0) \quad (19)$$

$$T \cos \varphi = g(m - \rho_0 V) = gV(\rho - \rho_0) \quad (20)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{g} \quad (21)$$

	Критерии оценки	баллы
1	Сделан переход в неинерциальную систему отсчета	1
2	Сделан рисунок с указанием всех сил	3
	Записан второй закон Ньютона в этой системе	2
3	Указано, что есть сила инерции и записана её формула	4
4	Указано существование $\vec{F}_B$ – дополнительной выталкивающей сила	10
5	Получены проекция сил по оси OX	4
6	Получены проекция сил по оси OY	4
7	Найдено выражение для тангенса угла	2
	Итого	30

**Задача 3. Кипятим воду.** Два коаксиальных цилиндра металлических цилиндра имеют непроводящие теплоизолирующие дно и крышку. Расстояние между стенками цилиндров  $h$  много меньше из радиусов. Цилиндры подключены к источнику напряжением  $U$ . При толщине  $h=1$  мм вода закипает через 10 минут. Через сколько минут закипит вода при увеличении толщины на 0,2 мм.

Потерями пренебречь.

Решение задач

Запишем уравнения теплового баланса для первого и второго случаев:

$$Q_1 = cm_1 \Delta T_B = \frac{U^2}{R_1} t_1$$

$$Q_1 = cm_2 \Delta T_B = \frac{U^2}{R_2} t_2$$

Масса воды, находящаяся между стенками цилиндров:

$$m_1 = \rho 2\pi r L h$$

$$m_2 = \rho 2\pi r L (h + \Delta h)$$

Сопротивление воды:

$$R_1 = \rho_{уд} \frac{h}{2\pi r L}$$

$$R_2 = \rho_{уд} \frac{(h + \Delta h)}{2\pi r L}$$

Решая уравнения, получаем

$$\frac{t_2}{t_1} = \left( \frac{h + \Delta h}{h} \right)^2 = 1,21$$

Ответ: вода закипит через 11,1 минуту

Критерии оценки

	Критерии оценки	
	Записаны уравнения теплового баланса	2
	1) Для первого случая	2
	2) Для второго случая	
	Записаны массы	

	1) Для первого случая	2
	2) Для второго случая	2
	Найдены формулы для расчета сопротивлений	3
	1) Для первого случая	3
	2) Для второго случая	
	Выведена формула для расчета отношения времен	3
	Получен численный результат	1
		2
	Итого	20

**Задача 4.** Воздух, охлажденный до 105 К, находится в сосуде при давлении  $P_0 = 4$  атм. Определите давление смеси газа при уменьшении объёма в 4 раза, если процесс происходил при неизменной температуре.

Массовая доля кислорода  $k_1 = 0,22$ , массовая доля азота  $k_2 = 0,78$ .

Давление насыщенных паров газов дано в таблице.

Давление насыщенных паров	Температура К		
	100	105	110
Кислород, атм	2,45	3,7	15,4
Азот, атм	10,0	11,0	12,0

### Решение

Определим парциальные давления кислорода  $P_{01}$  и азота  $P_{02}$  в смеси воздуха.

$$P_{01}V = \frac{m_1}{\mu_1}RT = \frac{k_1 m}{\mu_1}RT$$

$$P_{02}V = \frac{m_2}{\mu_2}RT = \frac{k_2 m}{\mu_2}RT$$

Воспользуемся законом Дальтона:

$$P_0 = P_{01} + P_{02}$$

Из уравнений получаем выражение для определения начального парциального давления в смеси:

$$\frac{P_{01}}{P_{02}} = \frac{P_0 - P_{02}}{P_{02}} = \frac{k_1 \cdot \mu_2}{k_2 \cdot \mu_1}$$

$$P_{02} = \left( \frac{k_2 \cdot \mu_1}{k_1 \cdot \mu_2 + k_2 \cdot \mu_1} \right) P_0 = 3,2 \text{ атм,}$$

$$P_{01} = P_0 - P_{02} = 0,8 \text{ атм}$$

Если бы не явление насыщения газа, то давления при уменьшении объёма в 27/8 раза было бы  $P_1 = 3,2$  атм,  $P'_2 = 12,8$  атм. Сравниваем полученные результаты с таблицей. Видим, что для азота наступило насыщение, а для кислорода нет, поэтому общее давление будет равно:

$$P = P_1 + P_{2\text{нас}} = 3,2 + 11,0 = 14,2 \text{ атм}$$

	Критерии оценки	
1	Записаны уравнения Менделеева-Клапейрона для газов По 1 балла за каждое	2
2	Записаны массы газов через массовую долю По 0,5 балла	1
3	Записан закон Дальтона Уравнение 31	1
4	получаем выражение для определения начального парциального давления для кислорода или азота	4
5	получаем выражение для определения начального парциального кислорода	1
6	Найдено парциальное уравнение в начальный момент для кислорода	1
7	Найдено парциальное уравнение в начальный момент для азота	1
8	Рассмотрены какие бы были давления газов при сжатии в 4 раза. по 0,5 балла за каждое давление	1
9	Сделан анализ и сделан вывод, что азот становится насыщенным газом	1

10	Найдено по таблице его значение	1
11	Найдено по таблице его общее давление	1
	Итого	15

Задача 5. Шар радиуса заряжен с поверхностной плотностью  $+\sigma$  сделано малое отверстие. Радиус отверстия много меньше радиуса шара

Укажите направление вектора напряженности электрического поля вблизи отверстия внутри и снаружи шара.

Решение

Воспользуемся методом наложения.

Рассмотрим однородный шар с поверхностной плотность зарядов  $+\sigma$ . Напряженность этого шара снаружи:

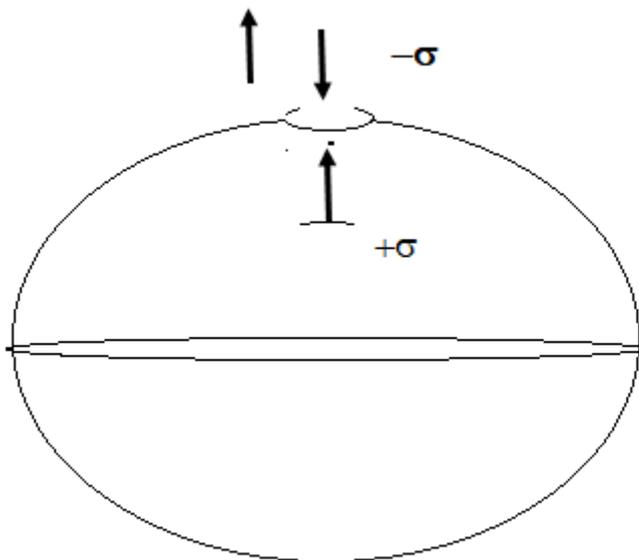
$$E_{\text{ш}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0},$$

Внутри равна нулю.

На шар положим диск радиуса  $r$  с поверхностной плотностью  $-\sigma$ , тогда в месте наложения образуется область без заряда, и система будет эквивалентна исходному заданию. Напряженность для такого диска будем считать, как для плоскости:

$$E_{\text{д}} = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0}$$

На рис представлен направление векторов напряженностей для такой системы.



Видно, что напряженность снаружи равна

$$E_1 = E_{\text{ш}} - E_{\text{д}} = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

И направлена от шара

Внутри шара

$$E_1 = E_{\text{д}} = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

и направлена к поверхности шара.

	Критерии оценки	
	Записана напряженность поля от шара снаружи	2
	Записана или сказано, что напряженность поля внутри шара от шара равна нулю.	2
	Записана напряженность поля для диска как для плоскости	2
	Сделан рисунок у указанием векторов напряженностей	4
	Найдена напряженность вблизи поверхности снаружи шара	2
	Найдена напряженность вблизи поверхности внутри шара	2
	Сделан вывод о том куда направлены суммарные вектора напряженностей или указаны на рисунке	1
	Итого 15	15

**Физика. 10 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

2 вариант

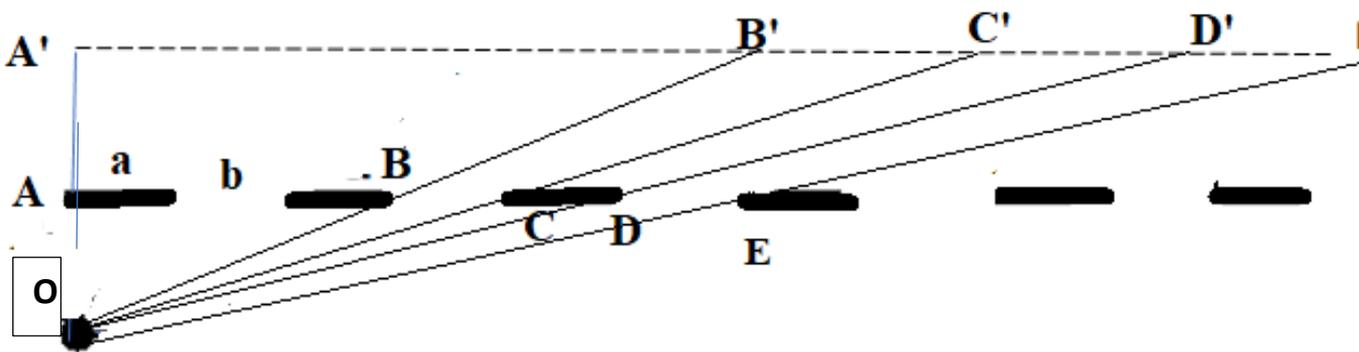
**Задача 1. Разделитель дороги.** Любознательный физик ночью ехал по трассе, на которой между двумя встречными полосами стояли отбойники длиной  $a$  на некотором расстоянии  $b$  друг от друга. В какой-то момент времени ему навстречу выехал автомобиль и физик стал наблюдать мигание. «Интересно сколько времени я видел фары через промежутки между отбойникам?»- подумал физик. Помогите ответить ему на вопрос, если расстояние между автомобилями  $L$ . Автомобили движутся с равной скоростью и на одинаковом расстоянии  $c$  от отбойников.

Решение

Перейдем в систему отсчета, связанную с одним из автомобилей.

Относительная скорость будет равна:

$$v = 2v_0 \quad (1)$$



BOC – зона видения сигнала, COD- зона не видения сигнала, следующая зона видения сигнала CDE.

Определим как зависит время видения сигнала от номера  $N$  зоны видения.

За то время пока автомобиль проезжает расстояние  $B'C'$  длительность сигнала составит

$$t_1 = \frac{B'C'}{2v} = \frac{A'C' - A'B'}{2v}, \quad (2)$$

Следующие треугольники подобны между собой:

$$\triangle ABO \sim \triangle A'B'O, \triangle ACO \sim \triangle A'C'O, \triangle ADO \sim \triangle A'D'O$$

$$AB = Na + (N-1)b \quad (3)$$

$$AC = Na + Nb \quad (4)$$

Видно, что

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} = 2, \quad A'B' = 2AB = 2(Na + (N-1)b) \quad (5)$$

$$\frac{A'C'}{AC} = \frac{OA'}{OA} = 2, \quad A'C' = 2AC = 2(Na + Nb), \quad (6)$$

$$B'C' = 2(Na + Nb) - 2(Na + (N-1)b) = 2b \quad (7)$$

Длительность сигнала между двумя отбойниками будет:

$$t = \frac{B'C'}{2v} = \frac{b}{v} \quad (9)$$

Таким образом, время видения сигнала между отбойниками не зависит от расстояния между автомобилями и остается величиной постоянной.

Время движения автомобилей до встречи составляет

$$t = \frac{l}{2v}, \quad (10)$$

за это время первый автомобиль пройдет расстояние

$$l' = v \cdot t = \frac{l}{2}. \quad (11)$$

Количество промежутков между отбойниками будет

$$N' = \frac{l}{2(a+b)} \quad (12)$$

Общее время видения сигнала до встречи автомобилей составит:

$$t_{06} = t_1 \cdot N' = \frac{b}{v} \cdot \frac{l}{2(a+b)} \quad (13)$$

	Критерии	Баллы
	Найдено относительная скорость автомобилей	2
	Показана зона видимости сигнала	3
	Найдено расстояние, которое проедет автомобиль за время видения сигнала между отбойниками	6
	Найдено время видения сигнала между отбойниками	3

	Сделан вывод о независимости видимости сигнала между отбойниками	2
	Найдено расстояние, которое пройдёт один автомобиль до встречи	1
	Найдено количество промежутков между отбойниками на этом расстоянии	1
	Найдено общее время видения сигнала	2
	Итого	20 баллов

Если написано, что время видения не зависит от расстояния без обоснования, то ставить 0 баллов.

**Задача 2. Неинерциальность и сила Архимеда.** Тележка с жидкостью плотностью  $\rho_0$  движется по горизонтальной поверхности с неизвестным ускорением  $\mathbf{a}$ . Ко дну тележки привязан шарик плотностью  $\rho < \rho_0$  (рис. 1). Известен угол  $\varphi$ , который образует нить с вертикалью к поверхности Земли. Определите ускорение тележки.

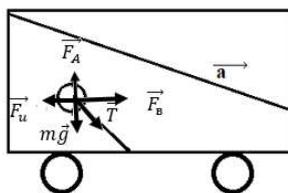


Рис.1

### Решение

Рассмотрим решение в системе отсчета, связанной тележкой.

На шарик действуют силы:

$\vec{T}$  – натяжения нити,  $\vec{F}_A$  – сила Архимеда,  $\vec{F}_u$  – сила инерции,  $\vec{F}_B$  – дополнительная выталкивающая сила, т.к. силы, возникающие в неинерциальных системах отсчета эквивалентны гравитационным силам,  $m\vec{g}$  – сила тяжести.

Запишем второй закон Ньютона в системе отсчета, связанной с тележкой:

$$\vec{T} + \vec{F}_A + \vec{F}_u + \vec{F}_B + m\vec{g} = 0 \quad (14)$$

В проекции на оси (смотри рис. ). Учтем что

$$F_u = ma, \quad (15)$$

$$F_B = \rho_0 a V = \rho_0 a \frac{m}{\rho}: \quad (16)$$

$$-ma + \rho_0 a V + T \sin \varphi = 0 \quad (17)$$

$$-T \cos \varphi - mg + \rho_0 gV = 0 \quad (18)$$

$$T \sin \varphi = a(m - \rho V) = aV(\rho_0 - \rho) \quad (19)$$

$$T \cos \varphi = g(m - \rho_0 V) \quad (20)$$

$$a = g \operatorname{tg} \alpha \quad (21)$$

	Критерии оценки	баллы
1	Сделан переход в неинерциальную систему отсчета	1
2	Сделан рисунок с указанием всех сил	3
	Записан второй закон Ньютона в этой системе	2
3	Указано, что есть сила инерции и записана её формула	4
4	Указано существование $\vec{F}_B$ – дополнительной выталкивающей сила	10
5	Получены проекция сил по оси OX	4
6	Получены проекция сил по оси OY	4
7	Найдено выражение для ускорения	2
	Итого 1	30

**Задача 3. Кипятим воду.** Два коаксиальных металлических цилиндра имеют непроводящие теплоизолирующие дно и крышку. Расстояние между стенками цилиндров  $h$  много меньше их радиусов. В пространство между цилиндрами налита вода. Цилиндры подключены к источнику напряжением  $U$ . При толщине  $h=1,3$  мм вода закипает через 10 минут. Через сколько минут закипит вода при увеличении радиуса в 2 раза, величина зазора осталась прежней. Объясните полученный результат. Потерями пренебречь.

Решение задач

Запишем уравнения теплового баланса для первого и второго случаев:

$$Q_1 = cm_1 \Delta T_B = \frac{U^2}{R_1} t_1 \quad (22)$$

$$Q_1 = cm_2 \Delta T_B = \frac{U^2}{R_2} \quad (23)$$

Масса воды, находящаяся между стенками цилиндров:

$$m_1 = \rho 2\pi r L h \quad (24)$$

$$m_2 = \rho 2\pi 2r h L \quad (25)$$

Сопротивление воды:

$$R_1 = \rho_{уд} \frac{h}{2\pi r L} \quad (26)$$

$$R_2 = \rho_{уд} \frac{h}{2\pi 2r L} \quad (27)$$

Решая уравнения, получаем

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{m_2 R_2}{m_1 R_1} = 1 \quad (28)$$

Ответ: вода закипит через тот же промежуток времени, масса в зазоре увеличивается в 2 раза, во столько же уменьшается сопротивление, а значит увеличивается мощность нагревателя.

Критерии оценки

	Критерии оценки	
	Записаны уравнения теплового баланса	
	3) Для первого случая	2
	4) Для второго случая	2
	Записаны массы	
	3) Для первого случая	2
	4) Для второго случая	2
	Найдены формулы для расчета сопротивлений	
	3) Для первого случая	3
	4) Для второго случая	3
	Выведена формула для расчета отношения времен	2
	Получен численный результат	1
	Дано словесное объяснение	2
	Итого	20

**Задача 4. Просто воздух!** Воздух, охлажденный до 100 К, находится в сосуде при давлении  $P_0 = 4$  атм. Определите давление смеси газа при уменьшении объёма в 4 раза, если процесс происходил при неизменной температуре.

Массовая доля кислорода  $k_1 = 0,22$ , массовая доля азота  $k_2 = 0,78$ .

Давление насыщенных паров газов дано в таблице.

Давление насыщенных паров	Температура К		
	100	105	110
Кислород, атм	2,45	3,7	15,4

Азот, атм	10,0	11,0	12,0
-----------	------	------	------

### Решение

Определим парциальные давления кислорода  $P_{O_1}$  и азота  $P_{O_2}$  в смеси воздуха.

$$P_{O_1}V = \frac{m_1}{\mu_1}RT = \frac{k_1m}{\mu_1}RT \quad (29)$$

$$P_{O_2}V = \frac{m_2}{\mu_2}RT = \frac{k_2m}{\mu_2}RT \quad (30)$$

Воспользуемся законом Дальтона:

$$P_0 = P_{O_1} + P_{O_2} \quad (31)$$

Из уравнений получаем выражение для определения начального парциального давления в смеси:

$$\frac{P_{O_1}}{P_{O_2}} = \frac{P_0 - P_{O_2}}{P_{O_2}} = \frac{k_1 \cdot \mu_2}{k_2 \cdot \mu_1} \quad (32)$$

$$P_{O_2} = \left( \frac{k_2 \cdot \mu_1}{k_1 \cdot \mu_2 + k_2 \cdot \mu_1} \right) P_0 = 3,2 \text{ атм}, \quad (33)$$

$$P_{O_1} = P_0 - P_{O_2} = 0,8 \text{ атм} \quad (34)$$

Если бы не явление насыщения газа, то давления при уменьшении объёма в 4 раза было бы  $P_1 = 3,2$  атм,  $P'_2 = 12,8$  атм. Сравниваем полученные результаты с таблицей. Видим, что для азота наступило насыщение ( $P'_2 = 10$  атм), а для кислорода нет, поэтому общее давление будет равно:

$$P = P_1 + P_{2\text{нас}} = 3,2 + 10,0 = 13,2 \text{ атм} \quad (35)$$

	Критерии оценки	
1	Записаны уравнения Менделеева-Клапейрона для газов По 1 балла за каждое	2
2	Записаны массы газов через массовую долю По 0,5 балла	1
3	Записан закон Дальтона Уравнение 31	1
4	получено выражение для определения начального парциального давления для кислорода или азота	4
5	получаем выражение для определения начального парциального кислорода	1
6	Найдено парциальное уравнение в начальный момент для кислорода	1
7	Найдено парциальное уравнение в начальный момент для азота	1

8	Рассмотрены какие бы были давления газов при сжатии в 4 раза. по 0,5 балла за каждое давление	1
9	Сделан анализ и сделан вывод, что азот становится насыщенным газом	1
10	Найдено по таблице его значение	1
11	Найдено по таблице его общее давление	1
	Итого	15

**Задача 5. Напряженность.** Шар заряжен с поверхностной плотностью " $-\sigma$ ", в нем сделано малое отверстие. Выведите формулу для расчета напряженности электрического поля и укажите направление вектора напряженности электрического поля вблизи отверстия внутри и снаружи шара.

Решение

Воспользуемся методом наложения.

Рассмотрим однородный шар с поверхностной плотность зарядов  $-\sigma$ . Напряженность этого шара снаружи:

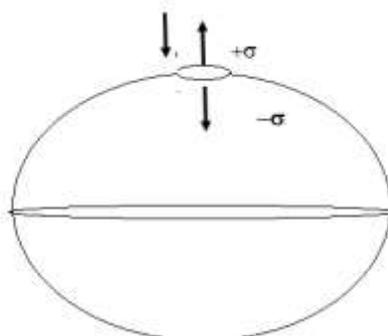
$$E_{\text{ш}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, \quad (1)$$

Внутри равна нулю.

На шар положим диск радиуса  $r$  с поверхностной плотностью  $+\sigma$ , тогда в месте наложения образуется область без заряда, и система будет эквивалентна исходному заданию. Напряженность для такого диска будем считать, как для плоскости:

$$E_{\text{д}} = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0}$$

На рис.2 представлен направление векторов напряженностей для такой системы.



Для отрицательно заряженного шара напряженность направлена к нему, для диска от него в обе стороны

Видно, что напряженность снаружи равна

$$E_{\text{сн}} = E_{\text{ш}} - E_{\text{д}} = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\varepsilon_0};$$

Внутри

$$E_{\text{вн}} = E_{\text{д}} = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Суммарный вектор напряженности вблизи отверстия будет снаружи и внутри направлен к центру шара

	Критерии оценки	
	Записана напряженность поля от шара снаружи	2
	Записана или сказано, что напряженность поля Внутри шара от шара равна нулю.	2
	Записана напряженность поля для диска как для плоскости	2
	Сделан рисунок у указанием векторов напряженностей	4
	Найдена напряженность вблизи поверхности снаружи	2
	Найдена напряженность вблизи поверхности внутри	2
	Сделан вывод о том куда направлены суммарные вектора напряженностей	1
	Итого 15	15

**Физика. 10 класс**  
**Решения и критерии оценивания**

3 вариант

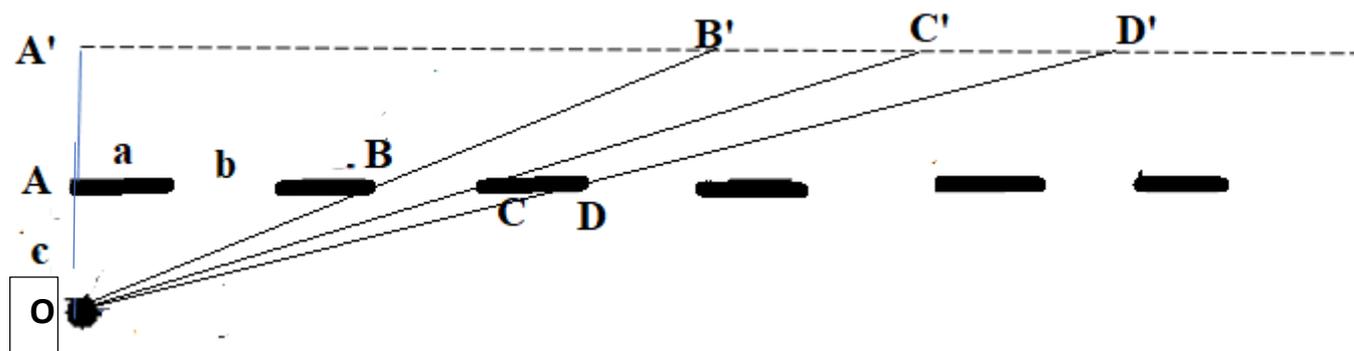
**Задача 1. Разделитель дороги.** Любознательный физик ночью ехал по трассе, на которой между двумя встречными полосами стояли отбойники длиной  $a$  на некотором расстоянии  $b$  друг от друга. В какой-то момент времени ему навстречу выехал автомобиль и физик стал наблюдать мигание. «Интересно сколько времени я не видел фары через промежутки между отбойникам?»- подумал физик. Помогите ответить ему на вопрос, если расстояние между автомобилями  $L$ . Автомобили движутся с равной скоростью и на одинаковом расстоянии  $c$  от отбойников.

Решение

Перейдем в систему отсчета, связанную с одним из автомобилей.

Относительная скорость будет равна:

$$v = 2v_0$$



Рассмотрим любой  $N$ -ый отбойник.  $BOC$  – зона видения сигнала,  $COD$ - зона не видения сигнала. Пока автомобиль проезжает расстояние  $C'D'$  второй участник движения не видит сигнала. Следующие треугольники подобны между собой:

$$\triangle ABO \sim \triangle A'B'O, \quad \triangle ACO \sim \triangle A'C'O, \quad \triangle ADO \sim \triangle A'D'O$$

$$AC = Na + Nb \quad (1)$$

$$AD = (N+1)a + Nb \quad (2)$$

Видно, что

$$\frac{A'C'}{AC} = \frac{OA'}{OA} = 2 \quad (4)$$

$$A'C' = 2AC = 2(Na + Nb) \quad (5)$$

$$\frac{A'D'}{AD} = \frac{OA'}{OA} = 2 \quad (6)$$

$$A'D' = 2AD = 2((N + 1)a + Nb) \quad (7)$$

За время мигания автомобиль проедет расстояние:

$$C'D' = A'D' - A'C' = 2a \quad (8)$$

Время не видения сигнала от N-ого отбойника будет:

$$t_1 = \frac{C'D'}{2v} = \frac{a}{v}, \quad (9)$$

Время не видения не зависит от номера отбойника.

Время движения автомобилей до встречи составляет

$$t = \frac{l}{2v}, \quad (10)$$

за это время первый автомобиль пройдет расстояние

$$l' = v \cdot t = \frac{l}{2}. \quad (11)$$

Количество промежутков между отбойниками будет

$$N' = \frac{l}{2(a+b)} \quad (12)$$

Общее время не видения сигнала до встречи автомобилей составит:

$$t_{06} = t_1 \cdot N' = \frac{a}{v} \cdot \frac{l}{2(a+b)} \quad (13)$$

	Критерии	Баллы
	Найдено относительная скорость автомобилей	2
	Показана зона невидимости сигнала	3
	Найдено расстояние, которое проедет автомобиль за время видения сигнала между отбойниками	6

	Найдено время не видения сигнала между отбойниками	3
	Сделан вывод о независимости не видимости сигнала между отбойниками	2
	Найдено расстояние, которое пройдёт один автомобиль до встречи	1
	Найдено количество промежутков между отбойниками на этом расстоянии	1
	Найдено общее время видения сигнала	2
	итого	20 баллов

Если написано, что время не видения не зависит от расстояния без основания, то ставить 0 баллов.

**Задача 2. (30 баллов) Неинерциальность и сила Архимеда.** Тележка с жидкостью неизвестной плотностью  $\rho_0$  движется по горизонтальной поверхности с ускорением  $\mathbf{a}$ . Ко дну тележки привязан шарик плотностью  $\rho < \rho_0$  (рис. 1). Известно натяжение нити  $T$  и объём шара. Определите плотность жидкости.



Решение

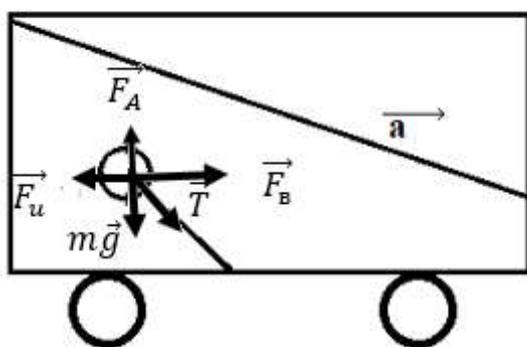


Рис.1

Рассмотрим решение в системе отсчета, связанной тележкой.

На шарик действуют силы:

$\vec{T}$  – натяжения нити,  $\vec{F}_A$  – сила Архимеда,  $\vec{F}_u$  – сила инерции,  $\vec{F}_B$  – дополнительная выталкивающая сила, т.к. силы, возникающие в неинерциальных системах отсчета эквивалентны гравитационным силам,  $m\vec{g}$  – сила тяжести.

Запишем второй закон Ньютона в системе отсчета, связанной с тележкой:

$$\vec{T} + \vec{F}_A + \vec{F}_u + \vec{F}_B + m\vec{g} = 0 \quad (14)$$

В проекции на оси (смотри рис. ). Учтем что

$$F_u = ma, \quad (15)$$

$$F_B = \rho_0 g V = \rho_0 g \frac{m}{\rho}. \quad (16)$$

$$-ma + \rho_0 g V - T \sin \varphi = 0 \quad (17)$$

$$-T \cos \varphi - mg + \rho_0 g V = 0 \quad (18)$$

$$T \sin \varphi = ma - \rho_0 g V \quad (19)$$

$$T \cos \varphi = -mg + \rho_0 g V \quad (20)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{g} \quad (21)$$

Пользуясь соотношением

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi} \quad (22)$$

Найдем значение косинуса

$$\frac{g}{\sqrt{g^2+a^2}} = \cos \varphi \quad (23)$$

Определим плотность жидкости:

$$\rho_0 = \frac{mg + T \frac{g}{\sqrt{g^2+a^2}}}{gV} \quad (24)$$

	Критерии оценки	баллы
1	Сделан переход в неинерциальную систему отсчета	1
2	Сделан рисунок с указанием всех сил	3
	Записан второй закон Ньютона в этой системе	2
3	Указано, что есть сила инерции и записана её формула	4
4	Указано существование $\vec{F}_B$ – дополнительной выталкивающей сила	6
5	Получены проекция сил по оси ОХ	4
6	Получены проекция сил по оси ОУ	4
7	Найдено выражение для тангенса угла	2
	Получено выражение для косинуса угла	2
	Получено выражение для силы натяжения нити	2
	Итого 1	30

**Задача 3. (25 баллов) Кипятим воду.** Два коаксиальных цилиндра металлических цилиндра имеют непроводящие теплоизолирующие дно и крышку. Расстояние между стенками цилиндров  $h$  много меньше их радиусов. Цилиндры подключены к источнику напряжением  $U$ . В пространство между цилиндрами налита вода. При толщине  $h=1,3$  мм вода закипает через 10 минут. Как надо изменить напряжение, чтобы при уменьшении расстояния на  $\Delta h = 0,1$  мм вода вновь закипала через 10 минут.

Решение

Запишем уравнения теплового баланса для первого и второго случаев:

$$Q_1 = cm_{1\Delta} T_B = \frac{U_1^2}{R_1} t_1 \quad (25)$$

$$Q_1 = cm_2 \Delta T_B = \frac{U_2^2}{R_2} t_2 \quad (26)$$

Масса воды, находящаяся между стенками цилиндров:

$$m_1 = \rho 2\pi r L h \quad (27)$$

$$m_1 = \rho 2\pi r L (h - \Delta h) \quad (28)$$

Сопротивление воды:

$$R_1 = \rho_{уд} \frac{h}{2\pi r L} \quad (29)$$

$$R_2 = \rho_{уд} \frac{(h - \Delta h)}{2\pi r L} \quad (30)$$

Решая уравнения, получаем

$$\frac{U_2}{U_2} = \frac{h - \Delta h}{h} = \frac{1,3}{1,2} = 1,08$$

Критерии оценки

	Критерии оценки	
	Записаны уравнения теплового баланса	2
	1) Для первого случая	2
	2) Для второго случая	
	Записаны массы	
	1) Для первого случая	2
	2) Для второго случая	2
	Найдены формулы для расчета сопротивлений	3
	1) Для первого случая	3
	2) Для второго случая	
	Выведена формула для расчета отношения напряжений	3
	Получен численный результат	1
		2
	Итого	20

**Задача 4. (15 баллов) Просто воздух!** Воздух, охлажденный до 110 К, находится в сосуде при давлении  $P_0 = 4$  атм. Определите давление смеси газа

при уменьшении объёма в 3 раза, если процесс происходил при неизменной температуре.

Массовая доля кислорода  $k_1 = 0,22$ , массовая доля азота  $k_2 = 0,78$ .

Давление насыщенных паров газов дано в таблице.

Давление насыщенных паров	Температура К		
	100	105	110
Кислород, атм	2,45	3,7	15,4
Азот, атм	10,0	11,0	12,0

### Решение

Определим парциальные давления кислорода  $P_{01}$  и азота  $P_{02}$  в смеси воздуха.

$$P_{01}V = \frac{m_1}{\mu_1}RT = \frac{k_1 m}{\mu_1}RT \quad (31)$$

$$P_{02}V = \frac{m_2}{\mu_2}RT = \frac{k_2 m}{\mu_2}RT \quad (32)$$

Воспользуемся законом Дальтона:

$$P_0 = P_{01} + P_{02} \quad (33)$$

Из уравнений получаем выражение для определения начального парциального давления в смеси:

$$\frac{P_{01}}{P_{02}} = \frac{P_0 - P_{02}}{P_{02}} = \frac{k_1 \cdot \mu_2}{k_2 \cdot \mu_1} \quad (34)$$

$$P_{02} = \left( \frac{k_2 \cdot \mu_1}{k_1 \cdot \mu_2 + k_2 \cdot \mu_1} \right) P_0 = 3,2 \text{ атм}, \quad (35)$$

$$P_{01} = P_0 - P_{02} = 0,8 \text{ атм} \quad (36)$$

Если бы не явление насыщения газа, то давления при уменьшении объёма в 3 раза было бы  $P_1 = 2,4$  атм,  $P'_2 = 9,6$  атм. Сравниваем полученные результаты с таблицей. Видим, что для газов не наступило насыщение, поэтому общее давление будет равно:

$$P = P_1 + P_{2\text{нас}} = 2,4 + 9,6 = 12 \text{ атм} \quad (36)$$

	Критерии оценки	
1	Записаны уравнения Менделеева-Клапейрона для газов По 1 балла за каждое	2

2	Записаны массы газов через массовую долю По 0,5 балла	1
3	Записан закон Дальтона Уравнение 31	1
4	получаем выражение для определения начального парциального давления для кислорода или азота	4
5	получаем выражение для определения начального парциального кислорода	1
6	Найдено парциальное уравнение в начальный момент для кислорода	1
7	Найдено парциальное уравнение в начальный момент для азота	1
8	Рассмотрены какие бы были давления газов при сжатии в 3 раза. Если газ идеальный по 0,5 балла за каждое давление	1
9	Сделан анализ и сделан вывод, что газы не стали насыщенными	1
10	Найдено общее давление	1
	Итого	15

**Задача 5.** Мыльный пузырь заряжен равномерно с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$ . Выведите формулу для расчета давления, которое оказывают эти заряды на поверхность мыльного пузыря.

Решение

Найдем напряженность электрического поля от всех зарядов мыльного пузыря, кроме бесконечно малой площадки  $\Delta S$  с зарядом  $q_{\text{пл}} = \sigma \Delta S$ , методом наложения.

Рассмотрим однородный шар с поверхностной плотностью зарядов  $+\sigma$ . Напряженность этого шара снаружи:

$$E_{\text{ш}} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0},$$

Внутри равна нулю.

На мыльный пузырь положим диск радиуса  $r$  с поверхностной плотностью  $-\sigma$ , тогда в месте наложения образуется область без заряда, и система будет эквивалентна состоянию? когда мы мысленно выделили бесконечно малую площадь с зарядом и убрали её, чтобы найти поле без этой площадки, а потом вернув её на место найдем силу, действующую на эту площадку. Напряженность для такого диска будем считать, как для плоскости:

$$E_{\text{д}} = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0} \quad (37)$$

Видно, что напряженность снаружи равна

$$E_1 = E_{\text{ш}} - E_{\text{д}} = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\epsilon_0}; \quad (38)$$

Теперь вернём нашу бесконечно малую площадку с зарядом на место и определим силу, действующую на площадку  $\Delta S$  будет:

$$\Delta F = \Delta q E_1 = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{\epsilon_0} \Delta S. \quad (39)$$

Давление, оказываемое зарядами на поверхность мыльного пузыря будет:

$$P = \frac{\Delta F}{\Delta s} = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{\epsilon_0} \quad (40)$$

	Критерии оценки	
	Высказана идея, что на бесконечно малую площадку действуют все заряды, кроме тех, что расположены на ней.	1
	Предложен метод наложения	1
	Записана напряженность поля шара снаружи	2
	Записана напряженность поля для бесконечно малой площадки как для плоскости	2
	Сделан рисунок у указанием векторов напряженностей	4
	Найдена суммарная напряженность вблизи поверхности мыльного пузыря снаружи	2
	Найдена сила, действующая на бесконечно малую площадку	2
	Найдено электростатическое давление	1
	Итого 15	15

## Физика. 11 класс

### 1 вариант

Работа рассчитана на 235 минут.

**Все решения должны быть полными и обоснованными.**

1. Пробирку длины  $h$  закрепили горизонтально на штангу длины  $R$  и привели во вращение с большой угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости, организовав процесс центрифугирования (см. рис. 1). Пробирка полностью заполнена суспензией одинаковых частиц из материала плотности  $\rho$  объема  $V$  в жидкости плотности  $\rho_0$ . Оцените минимальное время работы центрифуги, необходимое для полного расслоения суспензии. Считайте, что  $h \ll R$ . Коэффициент вязкого трения  $\beta$ . **(25 баллов)**



Рис. 1.

2. На горизонтально расположенных проводящих рельсах размещена проводящая перемычка массы  $m$ , способная скользить без трения (см. рис. 2). Расстояние между направляющими  $L$ . Через эту систему после замыкания ключа имеется возможность разрядиться конденсатору емкости  $C$ , заряженному до напряжения  $U$ . В начальный момент времени перемычка неподвижна и находится в зазоре между полюсами постоянного магнита. Линии магнитной индукции при этом ориентированы вертикально. После замыкания ключа К перемычка приобрела скорость  $v$ . Чему равна индукция магнитного поля  $B$ ? Сопротивление проводников мало. **(15 баллов)**

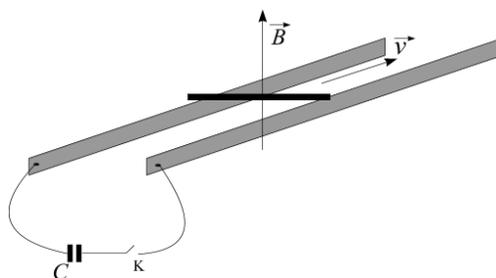


Рис. 2.

3. Для оптимальной работы автомобильного бензинового четырехтактного атмосферного двигателя внутреннего сгорания необходимо обеспечить соотношение массы расходуемого воздуха к массе бензина как 15:1. Оцените расход бензина (кг/час) при работе четырехцилиндрового двигателя с рабочим объемом 2 литра на холостых оборотах (800 об/мин). Плотность воздуха при нормальных условиях  $\rho_0 \approx 1.3 \text{ кг/м}^3$ . **(30 баллов)**
4. Водитель дальнбойщик везет в железной автоцистерне бензин от нефтеперерабатывающего завода до автозаправки. Объем залитого на заводе топлива составил 3 куб. метра. За время движения температура атмосферного воздуха поднялась на 20 градусов. Какой объем бензина хитрый водитель может “слить для своих нужд” до прибытия в конечную точку, чтобы потребитель не заметил кражи? Температурный коэффициент линейного расширения железа  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ , температурный коэффициент объемного расширения бензина  $1.5 \times 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ . **(20 баллов)**
5. Две одинаковые плоско-выпуклые линзы посеребрили (нанесли зеркальное напыление). У линзы А напыление нанесли на плоскую поверхность, у линзы Б – на выпуклую. Радиус кривизны выпуклой поверхности линз  $R$ . Насколько отличаются оптические силы этих полученных систем? **(10 баллов)**

## Физика. 11 класс

2 вариант

Работа рассчитана на 235 минут.

**Все решения должны быть полными и обоснованными.**

1. Пробирку длины  $h$  закрепили горизонтально на штангу длины  $R$  и привели во вращение с большой угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости, организовав процесс центрифугирования (см. рис. 1). Пробирка полностью заполнена суспензией одинаковых частиц из материала плотности  $\rho$  объема  $V$  в жидкости плотности  $\rho_0$ . Оцените плотность материала частиц, если процесс центрифугирования полностью завершился за время  $\tau$ . Считайте, что  $h \ll R$ . Коэффициент вязкого трения  $\beta$ . **(25 баллов)**

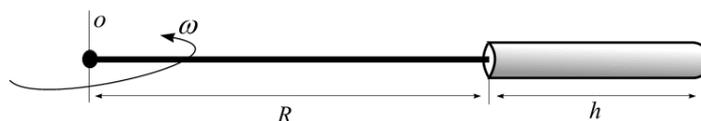


Рис. 1.

2. На горизонтально расположенных проводящих рельсах размещена проводящая перемычка массы  $m$ , способная скользить без трения (см. рис. 2). Расстояние между направляющими  $L$ . Через эту систему после замыкания ключа имеется возможность разрядиться конденсатору емкости  $C$ , заряженному до напряжения  $U$ . В начальный момент времени перемычка неподвижна и находится в зазоре между полюсами постоянного магнита, линии магнитной индукции при этом ориентированы вертикально, а величина равна  $B$ . Какую скорость приобрела перемычка после замыкания ключа К? Сопротивление проводников мало. **(15 баллов)**

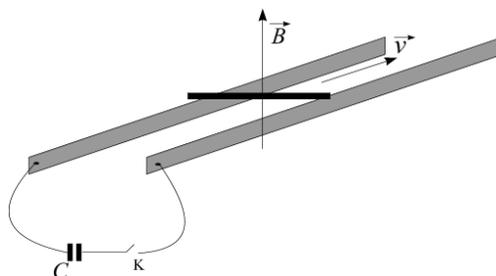


Рис. 2.

3. Для оптимальной работы автомобильного бензинового четырехтактного атмосферного двигателя внутреннего сгорания необходимо обеспечить соотношение массы расходуемого воздуха к массе бензина как 15:1. Каков рабочий объем четырехцилиндрового двигателя, если расход бензина при работе на холостых оборотах (800 об/мин) составил 1.5 кг/час? Плотность воздуха при нормальных условиях  $\rho_0 \approx 1.3 \text{ кг/м}^3$ . **(30 баллов)**
4. Водитель дальнобойщик везет в железной автоцистерне бензин от нефтеперерабатывающего завода до автозаправки. За время движения температура атмосферного воздуха поднялась на 20 градусов. Хитрый водитель до прибытия в конечную точку “слил для своих нужд” 150 литров перевозимого топлива, и потребитель не заметил кражи. Какой объем топлива был изначально залит в автоцистерну? Температурный коэффициент линейного расширения железа  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ , температурный коэффициент объемного расширения бензина  $1.5 \times 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ . **(20 баллов)**
5. Две одинаковые плоско-выпуклые линзы посеребрили (нанесли зеркальное напыление). У линзы А напыление нанесли на плоскую поверхность, у линзы Б – на выпуклую. Оптические силы систем отличаются в три раза. Каков относительный показатель преломления материала линз? **(10 баллов)**

## Физика. 11 класс

3 вариант

Работа рассчитана на 235 минут.

*Все решения должны быть полными и обоснованными.*

1. Пробирку длины  $h$  закрепили горизонтально на штангу длины  $R$  и привели во вращение с большой угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости, организовав процесс центрифугирования (см. рис. 1). Пробирка полностью заполнена суспензией одинаковых частиц из материала плотности  $\rho$  объема  $V$  в жидкости. Оцените плотность жидкости, если процесс расслоения полностью завершился за время  $\tau$ . Считайте, что  $h \ll R$ . Коэффициент вязкого трения  $\beta$ . **(25 баллов)**

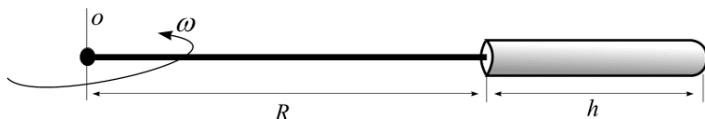


Рис. 1.

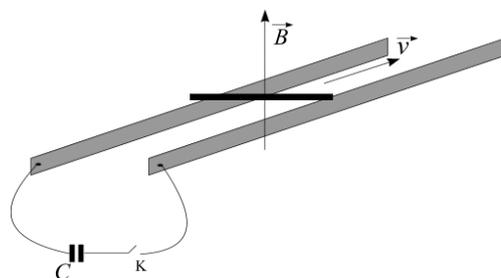


Рис. 2.

2. На горизонтально расположенных проводящих рельсах размещена проводящая перемычка массы  $m$ , способная скользить без трения (см. рис. 2). Расстояние между направляющими  $L$ . Через эту систему после замыкания ключа имеется возможность разрядиться конденсатору, заряженному до напряжения  $U$ . В начальный момент времени перемычка неподвижна и находится в зазоре между полюсами постоянного магнита, линии магнитной индукции при этом ориентированы вертикально, а величина индукции равна  $B$ . После замыкания ключа  $K$  перемычка приобрела скорость  $v$ . Чему равна емкость конденсатора? Сопротивление проводников мало. **(15 баллов)**
3. Для оптимальной работы автомобильного бензинового четырехтактного атмосферного двигателя внутреннего сгорания необходимо обеспечить соотношение массы расходуемого воздуха к массе бензина как 15:1. Расход бензина при работе четырехцилиндрового двигателя с рабочим объемом 2 литра составил 2.1 кг/час. Какова частота вращения вала двигателя (в об/мин)? Плотность воздуха при нормальных условиях  $\rho_0 \approx 1.3 \text{ кг/м}^3$ . **(30 баллов)**

4. Водитель дальнбойщик везет в железной автоцистерне бензин от нефтеперерабатывающего завода до автозаправки. Объем залитого на заводе топлива составил 3 куб. метра. До прибытия в пункт назначения хитрый водитель сумел “слить для своих нужд” 150 литров топлива, при этом потребитель не заметил кражи. На сколько градусов потеплело на улице во время доставки товара? Температурный коэффициент линейного расширения железа  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , температурный коэффициент объемного расширения бензина  $1.5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . **(20 баллов)**
5. Две одинаковые плоско-вогнутые линзы посеребрили (нанесли зеркальное напыление). У линзы А напыление нанесли на плоскую поверхность, у линзы Б – на вогнутую. Радиус кривизны вогнутой поверхности линз  $R$ . Насколько отличаются оптические силы этих полученных систем? **(10 баллов)**

## Физика. 11 класс Решения

### 1 вариант

1. Пробирку длины  $h$  закрепили горизонтально на штангу длины  $R$  и привели во вращение с большой угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости, организовав процесс центрифугирования (см. рис. 1). Пробирка полностью заполнена суспензией одинаковых частиц из материала плотности  $\rho$  объема  $V$  в жидкости плотности  $\rho_0$ . Оцените минимальное время работы центрифуги, необходимое для полного расслоения суспензии. Считайте, что  $h \ll R$ . Коэффициент вязкого трения  $\beta$ .



Рис. 1.

### Решение

Минимальным временем, необходимым для полного расслоения суспензии можно считать время движения частички от пробки пробирки до ее доньшка. Из-за наличия вязкого трения достаточно быстро наступает установившийся режим движения, при котором скорость частиц постоянна. Определим эту скорость. Рассмотрим для простоты процесс расслоения в поле тяжести. Уравнение движения частицы в этом случае выглядит так:  $ma = mg - \rho_0 gV - \beta v$ , или  $\rho Va = \rho Vg - \rho_0 gV - \beta v$  ( $V$  – объем частички). В стационарном режиме  $a = 0$ , тогда:

$$v = \frac{\rho - \rho_0}{\beta} gV. \quad (1)$$

Тогда для времени движения частички можно записать:

$$\tau \approx \frac{h}{v} = \frac{h\beta}{gV(\rho - \rho_0)}. \quad (2)$$

Так как  $h \ll R$  можно приблизительно считать, что на таком малом перемещении по сравнению с радиусом окружности  $R$  радиальное ускорение частицы  $a$  (в системе отсчета пробирки) не успевает существенно измениться. Это же ускорение выполняет роль ускорения  $g$  в неинерциальной системе отсчета, связанной с пробиркой, оно же является центробежным:

$$g = a = \omega^2 R. \quad (3)$$

Окончательно, с учетом (3) для времени (2) получим:  $\tau \approx \frac{h\beta}{gV(\rho - \rho_0)} = \frac{h\beta}{\omega^2 RV(\rho - \rho_0)}$ .

Ответ:  $\tau \approx \frac{h\beta}{\omega^2 RV(\rho - \rho_0)}$

2. На горизонтально расположенных проводящих рельсах размещена проводящая перемычка массы  $m$ , способная скользить без трения (см. рис. 2). Расстояние между направляющими  $L$ . Через эту систему после замыкания ключа имеется возможность разрядиться конденсатору емкости  $C$ , заряженному до напряжения  $U$ . В начальный момент времени перемычка неподвижна и находится в зазоре между полюсами постоянного магнита, линии магнитной индукции при этом ориентированы вертикально. После замыкания ключа К перемычка приобрела скорость  $v$ . Чему равна индукция магнитного поля  $B$ ? Сопротивление проводников мало.

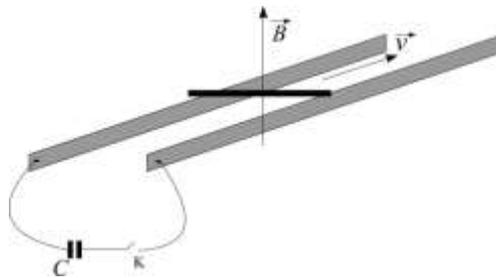


Рис. 2.

### Решение

Перемычка приходит в движение под действием силы Ампера ( $F = IBL$ ,  $I$  – сила тока через перемычку), направление которой, согласно правилу левой руки, ориентировано вдоль направляющих. Запишем уравнение движения перемычки:  $ma = IBL$ . Вследствие малого сопротивления проводников, конденсатор разряжается в течение короткого времени  $\Delta t$ . Поэтому перемычка получает фактически короткий удар. Уравнение движения представляется в виде:  $m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta q}{\Delta t} BL$ , или  $m\Delta v = \Delta q BL$ . Здесь  $\Delta q$  – заряд, прошедший через перемычку при разрядке конденсатора (накопленный в конденсаторе),  $\Delta v = v$  – прирост скорости перемычки. С учетом того, что  $\Delta q = CU$  для индукции магнитного поля получим:  $B = \frac{mv}{CUL}$ .

Ответ:  $B = \frac{mv}{CUL}$

3. Для оптимальной работы автомобильного бензинового четырехтактного атмосферного двигателя внутреннего сгорания необходимо обеспечить соотношение массы расходуемого воздуха к массе бензина как 15:1. Оцените расход бензина (кг/час) при работе четырехцилиндрового двигателя с рабочим объемом 2 литра на холостых оборотах (800 об/мин). Плотность воздуха при нормальных условиях  $\rho_0 \approx 1.3 \text{ кг/м}^3$ .

### Решение

При работе четырехтактного атмосферного ДВС всасывание топливной эмульсии вместе с воздухом происходит на одном из четырех тактов. Давление воздуха в цилиндре на этом этапе можно приблизительно считать равным атмосферному (нормальные условия). В четырехцилиндровом двигателе такты между цилиндрами распределены так, что в каждый момент в каком-нибудь одном цилиндре этап всасывания обязательно реализуется.

Определим массу воздуха, заполняющего один цилиндр:  $M = \rho_0 V$ . Здесь  $V=2/4=0.5$  литр – объем одного цилиндра из четырех 2-х литрового двигателя. Тогда масса поглощаемого топлива за один оборот двигателя:  $m_0 = M / 15 = \rho_0 V / 15$ . За один час (60 минут):  $m = 60 m_0 v = 4 \rho_0 V v$  ( $v = 800$  об/мин).

**Ответ:**  $m = 4 \rho_0 V v \approx 2.1$  кг.

4. Водитель дальнобойщик везет в железной автоцистерне бензин от нефтеперерабатывающего завода до автозаправки. Объем залитого на заводе топлива составил 3 куб.метра. За время движения температура атмосферного воздуха поднялась на 20 градусов. Какой объем бензина ушлый водитель может “слить для личных нужд” до прибытия в конечную точку, чтобы потребитель не заметил кражи? Температурный коэффициент линейного расширения железа  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , температурный коэффициент объемного расширения бензина  $1.5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

### Решение

При увеличении температуры увеличиваются объемы перевозимого топлива и железной автоцистерны. Измерение объема жидкого топлива можно рассчитать так:  $\Delta V_1 = V_0 \beta \Delta t$  ( $\beta$  - коэффициент объемного расширения). Объем твердого тела (автоцистерны) можно рассчитать следующим образом:

$$V = l_x l_y l_z = l_{0x} (1 + \alpha \Delta t) l_{0y} (1 + \alpha \Delta t) l_{0z} (1 + \alpha \Delta t) = l_{0x} l_{0y} l_{0z} (1 + \alpha \Delta t)^3 \approx l_{0x} l_{0y} l_{0z} (1 + 3\alpha \Delta t), \quad \text{или}$$

$V = V_0 (1 + 3\alpha \Delta t)$ . Здесь приближение выполнено с использованием условия  $\alpha \Delta t \ll 1$ . Для изменения объема автоцистерны получим  $\Delta V_2 = V_0 3\alpha \Delta t$ . Для объема украденного водителем топлива получим:  $\Delta V = \Delta V_1 - \Delta V_2 = V_0 \Delta t (\beta - 3\alpha) \approx 88$  литров.

**Ответ:**  $\Delta V \approx 88$  литров.

5. Две одинаковые плоско-выпуклые линзы посеребрили (нанесли зеркальное напыление). У линзы А напыление нанесли на плоскую поверхность, у линзы Б – на выпуклую. Радиус кривизны выпуклой поверхности линз  $R$ . На сколько отличаются оптические силы этих полученных систем?

## Решение

После нанесения отражающего покрытия лучи, попадающие на такую систему проходят через линзу два раза. Таким образом, полученные объекты можно рассматривать как составную систему плотно расположенных Линза/Зеркало/Линза. Оптическая сила такой системы является алгебраической суммой оптических сил компонент.

В таком случае для системы А можно записать:  $D_A = 2D_{\text{Линзы}} + D_{\text{Зеркало}} = 2(n-1)\frac{1}{R} + 0$ . Здесь положен один из радиусов кривизны линзы равным бесконечности (плоская поверхность) и оптическая сила плоской отражающей поверхности равна нулю по этой же причине. Для оптической силы системы Б запишем:  $D_B = 2D_{\text{Линзы}} + D_{\text{Зеркало}} = 2(n-1)\frac{1}{R} + \frac{2}{R}$ . Здесь  $D_{\text{Зеркало}} = \frac{2}{R}$ , так как фокусное расстояние вогнутого зеркала равно половине его радиуса кривизны. Тогда для разности оптических сил получим:  $\Delta D = D_B - D_A = \frac{2}{R}$ .

**Ответ:**  $\Delta D = \frac{2}{R}$ .

**Физика. 11 класс**  
**Решения**

2 вариант

1. Пробирку длины  $h$  закрепили горизонтально на штангу длины  $R$  и привели во вращение с большой угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости, организовав процесс центрифугирования (см. рис. 1). Пробирка полностью заполнена суспензией одинаковых частиц объема  $V$  в жидкости плотности  $\rho_0$ . Оцените плотность материала частиц, если процесс центрифугирования полностью завершился за время  $\tau$ . Считайте, что  $h \ll R$ . Коэффициент вязкого трения  $\beta$ .



Рис. 1.

**Решение**

Минимальным временем, необходимым для полного расслоения суспензии можно считать время движения частички от пробки пробирки до ее доньшка. Из-за наличия вязкого трения достаточно быстро наступает установившийся режим движения, при котором скорость частиц постоянна. Определим эту скорость. Рассмотрим для простоты процесс расслоения в поле тяжести. Уравнение движения частицы в этом случае выглядит так:  $ma = mg - \rho_0 gV - \beta v$ , или  $\rho Va = \rho Vg - \rho_0 gV - \beta v$  ( $V$  – объем частички). В стационарном режиме  $a = 0$ , тогда:

$$v = \frac{\rho - \rho_0}{\beta} gV. \quad (1)$$

Тогда для времени движения частички можно записать:

$$h \approx v\tau = \frac{\tau gV(\rho - \rho_0)}{\beta}. \quad (2)$$

Так как  $h \ll R$  можно приблизительно считать, что на таком малом перемещении по сравнению с радиусом окружности  $R$  радиальное ускорение частицы  $a$  (в системе отсчета пробирки) не успевает существенно измениться. Это же ускорение выполняет роль ускорения  $g$  в неинерциальной системе отсчета, связанной с пробиркой, оно же является центростремительным:

$$g = a = \omega^2 R. \quad (3)$$

Окончательно из (2), с учетом (3) для плотности материала частиц получим:  $\rho = \rho_0 + \frac{h\beta}{\omega^2 RV\tau}$ .

**Ответ:**  $\rho = \rho_0 + \frac{h\beta}{\omega^2 RV\tau}$ .

2. На горизонтально расположенных проводящих рельсах размещена проводящая перемычка массы  $m$ , способная скользить без трения (см. рис. 2). Расстояние между направляющими  $L$ . Через эту систему после замыкания ключа имеется возможность разрядиться конденсатору емкости  $C$ , заряженному до напряжения  $U$ . В начальный момент времени перемычка неподвижна и находится в зазоре между полюсами постоянного магнита, линии магнитной индукции при этом ориентированы вертикально, величина равна  $B$ . Какую скорость приобрела перемычка после замыкания ключа К? Сопротивление проводников мало.

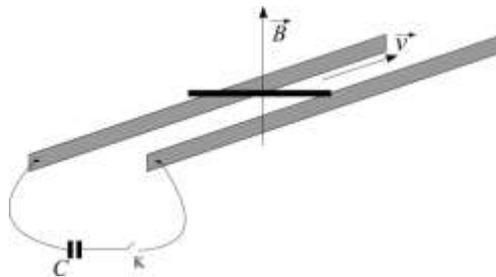


Рис. 2.

### Решение

Перемычка приходит в движение под действием силы Ампера ( $F = IBL$ ,  $I$  – сила тока через перемычку), направление которой, согласно правилу левой руки, ориентировано вдоль направляющих. Запишем уравнение движения перемычки:  $ma = IBL$ . Вследствие малого сопротивления проводников, конденсатор разряжается в течение короткого времени  $\Delta t$ . Поэтому перемычка получает фактически короткий удар. Уравнение движения представляется в виде:  $m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta q}{\Delta t} BL$ , или  $m\Delta v = \Delta q BL$ . Здесь  $\Delta q$  - заряд, прошедший через перемычку при разрядке конденсатора (накопленный в конденсаторе),  $\Delta v = v$  - прирост скорости перемычки. С учетом того, что  $\Delta q = CU$  для индукции магнитного поля получим:  $v = \frac{BCUL}{m}$ .

**Ответ:**  $v = \frac{BCUL}{m}$ .

3. Для оптимальной работы автомобильного бензинового четырехтактного атмосферного двигателя внутреннего сгорания необходимо обеспечить соотношение массы расходуемого воздуха к массе бензина как 15:1. Каков рабочий объем четырехцилиндрового двигателя, если расход бензина при работе на холостых оборотах

(800 об/мин) составил 2.1 кг/час? Плотность воздуха при нормальных условиях  $\rho_0 \approx 1.3$  кг/м<sup>3</sup>.

### Решение

При работе четырехтактного атмосферного ДВС всасывание топливной эмульсии вместе с воздухом происходит на одном из четырех тактов. Давление воздуха в цилиндре на этом этапе можно приблизительно считать равным атмосферному (нормальные условия). В четырехцилиндровом двигателе такты между цилиндрами распределены так, что в каждый момент в каком-нибудь одном цилиндре этап всасывания обязательно реализуется.

Определим массу воздуха, заполняющего один цилиндр:  $M = \rho_0 V$ . Здесь  $V$  – объем одного цилиндра из четырех. Тогда масса поглощаемого топлива за один оборот двигателя:  $m_0 = M / 15 = \rho_0 V / 15$ . За один час (60 минут):  $m = 60 m_0 v = 4 \rho_0 V v$  ( $v = 800$  об/мин). Отсюда

рабочий объем одного цилиндра:  $V = \frac{m}{4 \rho_0 v} \approx 2$  литра.

**Ответ:**  $V \approx 2$  кг.

4. Водитель дальнобойщик везет в железной автоцистерне бензин от нефтеперерабатывающего завода до автозаправки. За время движения температура атмосферного воздуха поднялась на 20 градусов. Ушлый водитель до прибытия в конечную точку “слил для личных нужд” 90 литров перевозимого топлива, и потребитель не заметил кражи. Какой объем топлива был изначально залит в автоцистерну? Температурный коэффициент линейного расширения железа  $\alpha = 12 \times 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>, температурный коэффициент объемного расширения бензина  $1.5 \times 10^{-3}$  К<sup>-1</sup>.

### Решение

При увеличении температуры увеличиваются объемы перевозимого топлива и железной автоцистерны. Измерение объема жидкого топлива можно рассчитать так:  $\Delta V_1 = V_0 \beta \Delta t$  ( $\beta$  - коэффициент объемного расширения). Объем твердого тела (автоцистерны) можно рассчитать следующим образом:

$$V = l_x l_y l_z = l_{0x} (1 + \alpha \Delta t) l_{0y} (1 + \alpha \Delta t) l_{0z} (1 + \alpha \Delta t) = l_{0x} l_{0y} l_{0z} (1 + \alpha \Delta t)^3 \approx l_{0x} l_{0y} l_{0z} (1 + 3\alpha \Delta t), \quad \text{или}$$

$V = V_0 (1 + 3\alpha \Delta t)$ . Здесь приближение выполнено с использованием условия  $\alpha \Delta t \ll 1$ . Для изменения объема автоцистерны получим  $\Delta V_2 = V_0 3\alpha \Delta t$ . Для объема украденного водителем топлива получим:  $\Delta V = \Delta V_1 - \Delta V_2 = V_0 \Delta t (\beta - 3\alpha)$ . Отсюда для первоначального объема получим:

$$V_0 = \frac{\Delta V}{\Delta t (\beta - 3\alpha)} \approx 3.1 \text{ м}^3.$$

**Ответ:**  $V_0 \approx 3.1$  м<sup>3</sup>.

5. Две одинаковые плоско-выпуклые линзы посеребрили (нанесли зеркальное напыление). У линзы А напыление нанесли на плоскую поверхность, у линзы Б – на выпуклую. Оптические силы систем отличаются в три раза. Каков относительный показатель преломления материала линз?

### Решение

После нанесения отражающего покрытия лучи, попадающие на такую систему проходят через линзу два раза. Таким образом, полученные объекты можно рассматривать как составную систему плотно расположенных Линза/Зеркало/Линза. Оптическая сила такой системы является алгебраической суммой оптических сил компонент.

В таком случае для системы А можно записать:  $D_A = 2D_{\text{Линзы}} + D_{\text{Зеркало}} = 2(n-1)\frac{1}{R} + 0$ . Здесь положен один из радиусов кривизны линзы равным бесконечности (плоская поверхность) и оптическая сила плоской отражающей поверхности равна нулю по этой же причине. Для оптической силы системы Б запишем:  $D_B = 2D_{\text{Линзы}} + D_{\text{Зеркало}} = 2(n-1)\frac{1}{R} + \frac{2}{R}$ . Здесь  $D_{\text{Зеркало}} = \frac{2}{R}$ , так как фокусное расстояние вогнутого зеркала равно половине его радиуса кривизны. Тогда для отношения оптических сил получим:  $\frac{D_B}{D_A} = \frac{n}{n-1} = 3$ . Отсюда  $n = 1.5$ .

**Ответ:**  $n = 1.5$ .

**Физика. 11 класс**  
**Решения**

3 вариант

1. Пробирку длины  $h$  закрепили горизонтально на штангу длины  $R$  и привели во вращение с большой угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости, организовав процесс центрифугирования (см. рис. 1). Пробирка полностью заполнена суспензией одинаковых частиц из материала плотности  $\rho$  объема  $V$  в жидкости. Оцените плотность жидкости, если процесс расслоения полностью завершился за время  $\tau$ . Считайте, что  $h \ll R$ . Коэффициент вязкого трения  $\beta$ .



Рис. 1.

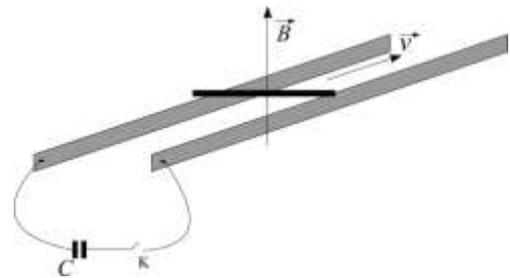


Рис. 2.

**Решение**

Минимальным временем, необходимым для полного расслоения суспензии можно считать время движения частички от пробки пробирки до ее доньшка. Из-за наличия вязкого трения достаточно быстро наступает установившийся режим движения, при котором скорость частиц постоянна. Определим эту скорость. Рассмотрим для простоты процесс расслоения в поле тяжести. Уравнение движения частицы в этом случае выглядит так:  $ma = mg - \rho_0 gV - \beta v$ , или  $\rho Va = \rho Vg - \rho_0 gV - \beta v$  ( $V$  – объем частички). В стационарном режиме  $a = 0$ , тогда:

$$v = \frac{\rho - \rho_0}{\beta} gV. \quad (1)$$

Тогда для времени движения частички можно записать:

$$h \approx v\tau = \frac{\tau g V (\rho - \rho_0)}{\beta}. \quad (2)$$

Так как  $h \ll R$  можно приблизительно считать, что на таком малом перемещении по сравнению с радиусом окружности  $R$  радиальное ускорение частицы  $a$  (в системе отсчета пробирки) не успевает существенно измениться. Это же ускорение выполняет роль ускорения  $g$  в неинерциальной системе отсчета, связанной с пробиркой, оно же является центростремительным:

$$g = a = \omega^2 R. \quad (3)$$

Окончательно из (2), с учетом (3) для плотности жидкости получим:  $\rho_0 = \rho_0 - \frac{h\beta}{\omega^2 RV\tau}$ .

**Ответ:**  $\rho_0 = \rho_0 - \frac{h\beta}{\omega^2 RV\tau}$ .

2. На горизонтально расположенных проводящих рельсах размещена проводящая перемычка массы  $m$ , способная скользить без трения (см. рис. 2). Расстояние между направляющими  $L$ . Через эту систему после замыкания ключа имеется возможность разрядиться конденсатору, заряженному до напряжения  $U$ . В начальный момент времени перемычка неподвижна и находится в зазоре между полюсами постоянного магнита, линии магнитной индукции при этом ориентированы вертикально, а величина индукции равна  $B$ . После замыкания ключа  $K$  перемычка приобрела скорость  $v$ . Чему равна емкость конденсатора? Сопротивление проводников мало.

### Решение

Перемычка приходит в движение под действием силы Ампера ( $F = IBL$ ,  $I$  – сила тока через перемычку), направление которой, согласно правилу левой руки, ориентировано вдоль направляющих. Запишем уравнение движения перемычки:  $ma = IBL$ . Вследствие малого сопротивления проводников, конденсатор разряжается в течение короткого времени  $\Delta t$ . Поэтому перемычка получает фактически короткий удар. Уравнение движения представляется в виде:  $m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta q}{\Delta t} BL$ , или  $m\Delta v = \Delta q BL$ . Здесь  $\Delta q$  - заряд, прошедший через перемычку при разрядке конденсатора (накопленный в конденсаторе),  $\Delta v = v$  - прирост скорости перемычки. С учетом того, что  $\Delta q = CU$  для емкости конденсатора получим:  $C = \frac{mv}{BUL}$ .

**Ответ:**  $C = \frac{mv}{BUL}$ .

3. Для оптимальной работы автомобильного бензинового четырехтактного атмосферного двигателя внутреннего сгорания необходимо обеспечить соотношение массы расходуемого воздуха к массе бензина как 15:1. Расход бензина при работе четырехцилиндрового двигателя с рабочим объемом 2 литра составил 2.1 кг/час. Какова частота вращения вала двигателя (в об/мин)? Плотность воздуха при нормальных условиях  $\rho_0 \approx 1.3 \text{ кг/м}^3$ .

### Решение

При работе четырехтактного атмосферного ДВС всасывание топливной эмульсии вместе с воздухом происходит на одном из четырех тактов. Давление воздуха в цилиндре на этом этапе можно приблизительно считать равным атмосферному (нормальные условия). В четырехцилиндровом двигателе такты между цилиндрами распределены так, что в каждый момент в каком-нибудь одном цилиндре этап всасывания обязательно реализуется.

Определим массу воздуха, заполняющего один цилиндр:  $M = \rho_0 V$ . Здесь  $V$  – объем одного цилиндра из четырех. Тогда масса поглощаемого топлива за один оборот двигателя:  $m_0 = M / 15 = \rho_0 V / 15$ . За один час (60 минут):  $m = 60 m_0 v = 4 \rho_0 V v$  ( $v$  – частота вращения вала в об/мин). Отсюда для частоты вращения:  $v = \frac{m}{4 \rho_0 V} \approx 800$  об/мин.

**Ответ:**  $v \approx 800$  об/мин.

4. Водитель дальнбойщик везет в железной автоцистерне бензин от нефтеперерабатывающего завода до автозаправки. Объем залитого на заводе топлива составил 3.1 куб.метра. До прибытия в пункт назначения ушлый водитель сумел “слить для своих нужд” 90 литров топлива, при этом потребитель не заметил кражи. На сколько градусов потеплело на улице во время доставки товара? Температурный коэффициент линейного расширения железа  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , температурный коэффициент объемного расширения бензина  $1.5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ .

### Решение

При увеличении температуры увеличиваются объемы перевозимого топлива и железной автоцистерны. Измерение объема жидкого топлива можно рассчитать так:  $\Delta V_1 = V_0 \beta \Delta t$  ( $\beta$  - коэффициент объемного расширения). Объем твердого тела (автоцистерны) можно рассчитать следующим образом:

$$V = l_x l_y l_z = l_{0x} (1 + \alpha \Delta t) l_{0y} (1 + \alpha \Delta t) l_{0z} (1 + \alpha \Delta t) = l_{0x} l_{0y} l_{0z} (1 + \alpha \Delta t)^3 \approx l_{0x} l_{0y} l_{0z} (1 + 3\alpha \Delta t), \quad \text{или}$$

$V = V_0 (1 + 3\alpha \Delta t)$ . Здесь приближение выполнено с использованием условия  $\alpha \Delta t \ll 1$ . Для изменения объема автоцистерны получим  $\Delta V_2 = V_0 3\alpha \Delta t$ . Для объема украденного водителем топлива получим:  $\Delta V = \Delta V_1 - \Delta V_2 = V_0 \Delta t (\beta - 3\alpha)$ . Отсюда для измерения температуры получим:

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{V_0 (\beta - 3\alpha)} \approx 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**Ответ:**  $\Delta t \approx 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

5. Две одинаковые плоско-вогнутые линзы посеребрили (нанесли зеркальное напыление). У линзы А напыление нанесли на плоскую поверхность, у линзы Б – на вогнутую. Радиус

кривизны вогнутой поверхности линз  $R$ . На сколько отличаются оптические силы этих полученных систем?

### Решение

После нанесения отражающего покрытия лучи, попадающие на такую систему проходят через линзу два раза. Таким образом, полученные объекты можно рассматривать как составную систему плотно расположенных Линза/Зеркало/Линза. Оптическая сила такой системы является алгебраической суммой оптических сил компонент.

В таком случае для системы А можно записать:  $D_A = 2D_{\text{Линзы}} + D_{\text{Зеркало}} = -2(n-1)\frac{1}{R} + 0$ . Здесь

положен один из радиусов кривизны линзы равным бесконечности (плоская поверхность) и оптическая сила плоской отражающей поверхности равна нулю по этой же причине. Для

оптической силы системы Б запишем:  $D_B = 2D_{\text{Линзы}} + D_{\text{Зеркало}} = -2(n-1)\frac{1}{R} - \frac{2}{R}$ . Здесь

$D_{\text{Зеркало}} = -\frac{2}{R}$ , так как фокусное расстояние выпуклого зеркала равно половине его радиуса

кривизны. Тогда для разности оптических сил получим:  $\Delta D = D_A - D_B = \frac{2}{R}$ .

**Ответ:**  $\Delta D = \frac{2}{R}$ .

**Физика. 11 класс**  
**Критерии оценивания**

**1. (25 баллов)**

Записано уравнение движения для частички в жидкости (**5 балла**)

Получено выражение для установившейся скорости (**10 баллов**)

Записано выражение для времени расслоения (**5 балла**)

Получен окончательный ответ (**5 балл**)

**2. (15 баллов)**

Записан второй закон Ньютона для перемычки для малого интервала времени (**5 баллов**)

Расписана сила Ампера (**5 баллов**)

Расписано выражение для силы тока через заряд на конденсаторе (**3 балла**)

Получен окончательный ответ (**2 балла**)

**3. (30 баллов)**

Приведено верное описание (понимание) работы четырехтактного двигателя внутреннего сгорания. Сделано предположение о состоянии воздуха (смеси с бензином), как о состоянии близком к нормальному (**8 баллов**)

Получено верное выражение для массы воздуха в цилиндре, и массы топлива в цилиндре (**10 баллов**)

Получено верное выражение для массового расхода топлива в зависимости от частоты вращения вала двигателя (**10 баллов**)

Получен верный численный ответ (**2 балла**)

**4. (20 баллов)**

Получено верное выражение для зависимости объема металлической цистерны от температуры через коэффициент линейного расширения (**10 баллов**)

Верно записано выражение для зависимости объема жидкости от температуры через коэффициент объемного расширения (**5 балл**)

Записано выражение для разности объемов топлива и цистерны (**3 балла**)

Получен окончательный численный ответ (**2 балл**)

**5. (10 баллов)**

Верно записано выражение для оптической силы системы линз и зеркал (**5 баллов**)

Получено выражение для отношения (или разности оптических сил систем, или показателя преломления материала линз) (**5 баллов**)