

*Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год*

## **Задания по физике**

*для второго (муниципального) этапа  
Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год*

**Вьюн Владимир Алексеевич**  
**доктор физико-математических наук**

**Задания разработаны в соответствии с «Методическими рекомендациями по проведению школьного и муниципального этапов Всероссийской олимпиады школьников по физике в 2021/22 учебном году» Центральной комиссии.**

Учтено, что задания

- не должны быть проверочными, контрольными,
- должны быть творческими,
- одна задача должна быть легкой, одна - средней трудности и другие «хорошими»,
- одно-два задания должны соответствовать уровню второго этапа Всероссийской олимпиады,
- не должны дублировать контрольные работы,
- и т.д.

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

## Оглавление

Задания по физике .....	1
Вьюн Владимир Алексеевич .....	1
доктор физико-математических наук .....	1
Задание для 7-ого класса .....	4
1. Сладкий опыт .....	4
Критерии оценивания: .....	4
2. Козел на лугу .....	4
Критерии оценивания: .....	4
3. На чем быстрее .....	5
Критерии оценивания: .....	5
4. Листья на реке .....	5
Критерии оценивания: .....	6
Задание для 8-ого класса .....	7
1. Смешивание жидкостей .....	7
Критерии оценивания: .....	7
2. Давление .....	7
Критерии оценивания: .....	8
3. Охотники и собака .....	8
Критерии оценивания: .....	8
4. Муравьи .....	9
Критерии оценивания: .....	9
Задание для 9-ого класса .....	11
1. На тренировке два пловца .....	11
Критерии оценивания: .....	11
2. Коллекция оловянных солдатиков .....	11
Критерии оценивания: .....	11
3. Опыт с резинками .....	12
Критерии оценивания: .....	13
4. Электрическая печь .....	13
Критерии оценивания: .....	14
5. Планка на пружинах .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Критерии оценивания: .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Задание для 10-ого класса .....	15
1. Плаваем в разных направлениях .....	15
Критерии оценивания: .....	15
2. Волна от лодки .....	15
Критерии оценивания: .....	16
3. Две лягушки .....	16
Критерии оценивания: .....	16
4. Столкновение с вертикальным отскоком .....	17
Критерии оценивания: .....	17
5. Связанные шарики .....	17
Критерии оценивания: .....	18
Задание для 11-ого класса .....	19
1. Поражение цели сверху .....	19
Критерии оценивания: .....	19
2. Столкновение с вертикальным отскоком .....	19

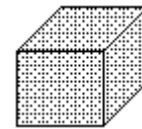
**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

Критерии оценивания: .....	20
3. Опыт с перевернутым плавающим стаканом .....	20
Критерии оценивания: .....	21
4. Толкать и не касаться .....	21
Критерии оценивания: .....	21
5. Переподключение конденсатора.....	21
Критерии оценивания: .....	22

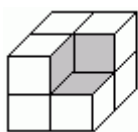
## Задание для 7-ого класса

### 1. Сладкий опыт

**1. Сладкий опыт.** Ване с братом попала коробка с кубическими кусочками сахара-рафинада. Они складывали из кусочков разные фигуры, и оказалось, что из сахара можно сложить ровный большой куб. Братья договорились в течение недели каждый день есть одинаковое количество кусочков сахара. После этого из оставшегося сахара они смогли сложить маленький куб в вдвое меньшей длиной стороны.



- а) На сколько дней братьям хватит оставшегося сахара маленького куба?  
 б) Сколько кусочков сахара было первоначально в коробке, если в последний день они съели 8 кусочков?



*Решение:*

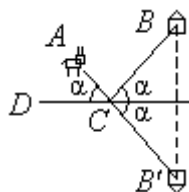
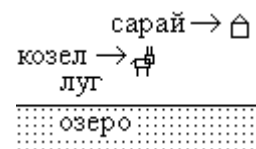
На рисунке показано, что при уменьшении всех размеров куба в 2 раза оставшийся кубик будет в 7 раз меньше, чем часть, "съеденная" за 7 дней недели. Поэтому оставшегося сахара хватит на 1 день. Если в последний день они съели 8 кусочков сахара, то всего в коробе было  $8 \cdot 8 = 64$  кусочка.

#### Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
Идея, что оставшийся кубик будет в 7 раз меньше, чем часть, "съеденная" за 7 дней недели	5
Вывод на этом основании, что останется сахара на 1 день	2
Вывод о том, что в коробе было 64 кусочка	3
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 2. Козел на лугу

**2. Козел на лугу.** На лугу вблизи озера недалеко от сарая пасется козел. Перерисуйте картинку в свою тетрадь и изобразите на ней такой кратчайший путь козла в сарай, чтобы он на своем пути зашел на берег попить водички из озера. Дайте объяснение полученному построению.



*Решение:*

Пусть  $DE$  - берег озера, козел находится в точке  $A$ , а сарай - в точке  $B$ . Зеркально береговой линии  $DE$  изобразим "зеркальный" сарай  $B'$ . Тогда можно заметить, что путь козла в обычный сарай  $AC + CB$  равен его пути  $AC + CB'$  в "зеркальный" сарай, так как  $CB = CB'$ . Но, если в обычный сарай не сразу ясно какой кратчайший путь, то в "зеркальный" понятно.

Кратчайший путь достигается тогда, когда  $AB'$  является прямым отрезком и точка  $C$  лежит на нем. То есть, как это следует из геометрии, козел должен идти так, чтобы отмеченные углы были равны или угол "падения" равен углу "отражения"  $\angle ACD = \angle BCE$ . Интересно заметить, что именно так в соответствии с принципом Ферма распространяется свет - по принципу наименьшего времени распространения.

#### Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
Зеркальное отображение сарая или козла	3

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

Построение «зеркального» сарая или аналогичная идея	4
Окончательное построение с учетом того, что, угол «падения» равен углу «отражения»	3
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 3. На чем быстрее

**3. На чем быстрее.** Вам необходимо добраться из пункта *A* в пункт *B*, находящиеся на одном берегу реки на некотором расстоянии друг от друга, и вернуться обратно. В вашем распоряжении есть велосипед и моторная лодка. При этом скорости лодки в стоячей воде и велосипеда одинаковы и равны  $V = 10$  км/ч, дорога идет параллельно реке. Скорость течения реки равна  $U = 6$  м/с. На чем быстрее и во сколько раз быстрее это можно сделать?

*Решение:*

Если  $L$  - расстояние между пунктами, то время движения велосипеда и лодки соответственно равно:

$$t_B = 2L/V,$$

$$t_L = L/(V - U) + L/(V + U) = 2LV/(V^2 - U^2).$$

Тогда на велосипеде быстрее, так как

$$t_B < t_L,$$

$$t_L/t_B = V^2/(V^2 - U^2) = 1,56.$$

Чтобы разобраться в том, что река больше помогает или мешает, достаточно без решения заметить, что время движения лодки по течению реки меньше, чем против течения.

Поэтому река лодке больше мешает, чем помогает, и на велосипеде быстрее проделать этот путь.

*Ответ:* На велосипеде в  $V^2/(V^2 - U^2) = 1,56$  раз быстрее.

#### **Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Получение $t_B$ , достаточно числового значения	2
Скорости по и против течения	1
Получение $t_L$ , достаточно числового значения	4
Сравнение $t_B < t_L$	1
Вычисление $t_L/t_B$	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 4. Листья на реке

**4. Листья на реке.** Осенью со стоящего у реки дерева с интервалом времени  $\tau = 2$  с непрерывно друг за другом падают листья. По течению реки со скоростью  $V = 15$  км/ч (относительно берега) движется моторная лодка. Сколько плывущих по реке листьев  $N$  догонит лодочник за время  $t = 2$  мин, если скорость течения реки  $U = 5$  км/ч?

*Решение:*

Расстояние между плывущими по реке листьями

$$\Delta L = U\tau.$$

Скорость лодки относительно воды  $V_{от} = V - U$ . Она за время  $t$  относительно воды пройдет расстояние

$$L = V_{от}t = (V - U)t$$

и догонит

$$N = L/\Delta L = (V - U)t/(U\tau) =$$

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

$$= (15 - 5)(2 \cdot 60) / (5 \cdot 2) = 120 \text{ листьев.}$$

Ответ:  $N = (V - U)t / (U\tau) = 120$  листьев.

**Критерии оценивания:**

<b>Шаги выполнения задания</b>	<b>Число баллов</b>
Расстояние между листьями на реке $\Delta L$ , достаточно числового значения	2
Скорость лодки относительно воды	2
Путь лодки на воде $L$	4
Вычисление $N = L/\Delta L$	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

## Задание для 8-ого класса

### 1. Смешивание жидкостей

**1. Смешивание жидкостей.** Две жидкости, плотности которых  $\rho_1 = 1 \text{ г/см}^3$  и  $\rho_2 = 3 \text{ г/см}^3$ , переливают в один сосуд. Чему будет равна плотность  $\rho$  полученной смеси жидкостей в случаях, когда

- а) объемы жидкостей одинаковы,  
б) массы жидкостей одинаковы?

Считайте, что при смешивании жидкостей их объем равен сумме объемов смешиваемых жидкостей.

*Решение:*

Пусть  $m_1, m_2$  и  $V_1, V_2$  - массы и объемы соответствующих жидкостей.

а) После введения  $V = V_1 = V_2$  получаем:

$$m_1 = \rho_1 V_1 = \rho_1 V,$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 = \rho_2 V,$$

$$m_{\text{общ}} = m_1 + m_2 = \rho_1 V + \rho_2 V,$$

$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2 = 2V,$$

$$\rho = m_{\text{общ}}/V_{\text{общ}} =$$

$$= (\rho_1 V + \rho_2 V)/(2V) =$$

$$= (\rho_1 + \rho_2)/2 = 2 \text{ г/см}^3.$$

б) После введения  $m = m_1 = m_2$  получаем:

$$V_1 = m_1/\rho_1 = m/\rho_1,$$

$$V_2 = m_2/\rho_2 = m/\rho_2,$$

$$m_{\text{общ}} = m_1 + m_2 = 2m,$$

$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2 = m/\rho_1 + m/\rho_2,$$

$$\rho = m_{\text{общ}}/V_{\text{общ}} =$$

$$= 2m/(m/\rho_1 + m/\rho_2) =$$

$$= 2\rho_1\rho_2/(\rho_1 + \rho_2) = 1,5 \text{ г/см}^3.$$

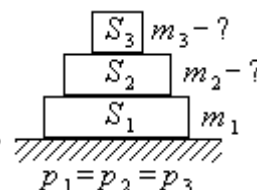
*Ответ:* а)  $\rho = (\rho_1 + \rho_2)/2 = 2 \text{ г/см}^3$ ; б)  $\rho = 2\rho_1\rho_2/(\rho_1 + \rho_2) = 1,5 \text{ г/см}^3$ .

### Критерии оценивания:

Шаги выполнения задания	Число баллов
Выражение $m_{\text{общ}}$ в случае (а)	2
Выражение $V_{\text{общ}}$ в случае (а)	1
Получение $\rho$ в случае (а)	2
Выражение $m_{\text{общ}}$ в случае (б)	1
Выражение $V_{\text{общ}}$ в случае (б)	2
Получение $\rho$ в случае (б)	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 2. Давление

**2. Давление.** На горизонтальной плоскости на первый брусок массой  $m_1 = 100 \text{ г}$  с площадью основания  $S_1 = 20 \text{ см}^2$  положили второй брусок с площадью  $S_2 = 15 \text{ см}^2$ , а на второй - третий с площадью  $S_3 = 10 \text{ см}^2$ . Какова масса второго  $m_2$  и третьего  $m_3$  брусков, если оказалось, что давление в основаниях всех трех брусков одинаково?



**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

*Решение:*

Пусть  $g$  - ускорение свободного падения. Тогда давления выражаются через силы тяжести тел и можем записать:

$$p_1 = (m_1 + m_2 + m_3)g/S_1,$$

$$p_2 = (m_2 + m_3)g/S_2,$$

$$p_3 = m_3g/S_3,$$

$$p_1 = p_3,$$

$$p_2 = p_3,$$

$$(m_1 + m_2 + m_3)g/S_1 = m_3g/S_3,$$

$$(m_2 + m_3)g/S_2 = m_3g/S_3.$$

Решение системы последних двух уравнений дает

$$m_2 = m_1(S_2 - S_3)/(S_1 - S_2) = 100 \text{ г},$$

$$m_3 = m_1S_3/(S_1 - S_2) = 200 \text{ г}.$$

*Ответ:*  $m_2 = m_1(S_2 - S_3)/(S_1 - S_2) = 100 \text{ г}$ ,  $m_3 = m_1S_3/(S_1 - S_2) = 200 \text{ г}$ .

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Выражение давлений $p_1, p_2, p_3$	2
Запись системы последних двух уравнений	4
Ее решение	3
Числовые значения	1
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 3. Охотники и собака

**3. Охотники и собака.** Два охотника идут по тропинке в одном направлении с одинаковыми и постоянными скоростями. Между ними также по тропинке бегают собака со своей постоянной скоростью. Во сколько раз скорость собаки больше скорости охотников, если собака от первого охотника до второго пробегает в два раза быстрее, чем обратно от второго к первому?

*Решение:*

Пусть  $L$  - дистанция между охотниками,  $V$  и  $U$  - скорости охотников и собаки соответственно. Если  $t_1$  и  $t_2$  - время пробега собаки от первого до второго охотника и обратно соответственно, то скорости сближения собаки с охотниками при этом равны

$$U + V = L/t_1,$$

$$U - V = L/t_2.$$

Разделим первое уравнение на второе и после преобразования получаем:

$$(U + V)/(U - V) = t_2/t_1 = 2,$$

$$U + V = 2(U - V),$$

$$U = 3V.$$

То есть скорость собаки в 3 раза больше скорости охотников.

*Ответ:* В 3 раза.

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Первое уравнение $U + V = L/t_1$	3
Второе уравнение $U - V = L/t_2$	3
Вывод из уравнений $U + V = 2(U - V), U = 3V$	3



**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

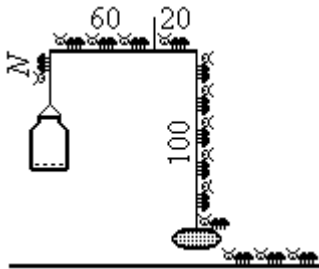
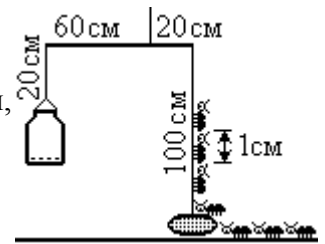
Ответ	1
Сумма баллов:	10

### 4. Муравьи

**4. Муравьи.** Летом Ваня на даче изучал поведение муравьев.

Для этого он взял палочку и не за середину подвесил ее, на один из концов палочки на веревке привязал немытую банку из-под варенья, а для равновесия на другой конец палочки прикрепил камень.

Оказалось, что камень и банка находились в таком равновесии, что камень не касался земли и был на очень малой высоте над ее поверхностью. Долго ждать не пришлось. Один муравей из большого муравейника обнаружил банку и сообщил эту замечательную новость своим собратьям. Муравьи, не долго думая, плотной колонной друг за другом двинулись к банке. Скольким муравьям удалось отведать лакомство? Все размеры сооруженной конструкции показаны на рисунке, длина одного муравья 1 см, на камне помещается 4 муравья.



*Решение:*

На разные части конструкции может заползти показанное на рисунке число муравьев. Так, на веревке, идущей к камню, их будет 100, на правой и левой частях палочки - 20 и 60 соответственно и еще некоторое количество  $N$  на веревке, идущей к банке. Как только число  $N$  будет таким, что палочка-рычаг повернется против часовой стрелки, и камень приподнимется над землей, то муравьи больше не смогут заползать на камень и

подниматься. Найдем это число  $N$  из условия равновесия рычага. Во-первых, 100 муравьев на правой веревке и 20 муравьев на правой части палочки будут ее стремиться поворачивать по часовой стрелке. При этом надо учесть, что 20 муравьев будут поворачивать так, как 10 муравьев на правой нити. Еще надо не забыть 4 муравья на камне. То есть по часовой стрелке будут вращать палочку  
 $100 + 10 + 4 = 114$   
 эффективных муравьев.

Теперь 60 муравьев на левой части палочки и  $N$  муравьев на левой нити будут поворачивать палочку против часовой стрелки. При этом аналогично 60 муравьев можно заменить на 30 эффективных муравьев на левой нити. Поэтому поворачивают палочку против часовой стрелки  $(N + 30)$ . Но при этом надо учесть, что длина левой части палочки в 3 раза больше, чем правой, и  $(N + 30)$  муравьев можно заменить на  $3 \cdot (N + 30)$  муравьев. Поэтому из условия равновесия палочки можем найти число  $N$ :

$$3 \cdot (N + 30) = 114,$$

$$N = 8.$$

Таким образом, общее число муравьев, которые успеют заползти и, следовательно, потом добраться до банки равно  
 $4 + 100 + 20 + 60 + 8 = 192.$

*Ответ:* 192 муравья.

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Идея, что камень поднимется, и больше муравьи не смогут заползть	3
Условие равновесия	3
Подсчет количества муравьев на каждой части	2

*Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год*

ОТВЕТ	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### **Задание для 9-ого класса**

#### **1. На тренировке два пловца**

**1. На тренировке два пловца** стартуют одновременно с одного края бассейна и плавают туда и обратно от края до края, не останавливаясь. При этом первый спортсмен проплывает бассейн в одну сторону за  $t_1 = 90$  с, а второй - за  $t_2 = 70$  с. Через какое время  $t$  второй спортсмен не встретится с первым, а первый раз догонит его сзади и на каком круге это произойдет?

*Решение:*

Если  $L$  - длина бассейна, то соответствующие скорости спортсменов  $V_1 = L/t_1$ ,  $V_2 = L/t_2$ . Если более быстрый спортсмен догнал сзади другого, то это значит, что он обошел его на целый круг длиной  $2L$ . Если еще учесть, что у спортсменов скорость сближения равна  $V_{сб} = V_2 - V_1 = L/t_2 - L/t_1 = L(t_1 - t_2)/(t_1 t_2)$ , то

$$t = 2L/V_{сб} = 2t_1 t_2 / (t_1 - t_2) = 315 \text{ с} = 5 \text{ мин } 15 \text{ с.}$$

Поскольку один круг второй спортсмен делает за время  $2t_2$ , то он догонит первого, сделав  $t/(2t_2) = 2,25$  кругов. То есть догонит на 3-ем круге.

*Ответ:*  $t = 2t_1 t_2 / (t_1 - t_2) = 315 \text{ с} = 5 \text{ мин } 15 \text{ с}$ , на третьем круге.

#### **Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
$V_1 = L/t_1, V_2 = L/t_2$	2
$V_{сб} = L(t_1 - t_2)/(t_1 t_2)$	2
$t = 2L/V_{сб} = 2t_1 t_2 / (t_1 - t_2) = 315 \text{ с} = 5 \text{ мин } 15 \text{ с}$	3
Вывод о третьем круге	3
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

#### **2. Коллекция оловянных солдатиков**

**2. Коллекция оловянных солдатиков** состоит из совершенно одинаковых пяти солдатиков, отличающихся между собой только ростом. Если солдатиков поставить в ряд "по росту", то их высоты относятся как 1:2:3:4:5. Какова масса  $M$  всей коллекции, если масса самого маленького солдатика равна  $m = 20$  г?

*Решение:*

Если  $V$  - объем самого маленького солдатика, то у солдатика с большими в  $n$  раз линейными размерами объем и, следовательно, масса равны  $V_n = n^3 V$  и  $m_n = n^3 m$ . Поэтому масса всей коллекции равна

$$M = (1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3)m = \\ = 225 \cdot m = 4500 \text{ г} = 4,5 \text{ кг.}$$

*Ответ:*  $M = 225 \cdot m = 4500 \text{ г} = 4,5 \text{ кг}$ .

#### **Критерии оценивания:**

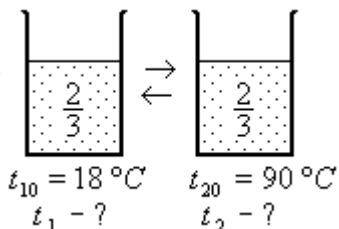
Шаги выполнения задания	Число баллов
$V_n = n^3 V$	3
$m_n = n^3 m$	3

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

$M = (1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3)m = 225 \cdot m = 4500 \text{ г} = 4,5 \text{ кг}$	4
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 3. Переливалки

**3. Переливалки.** Есть два одинаковых стакана, наполненные на  $2/3$  части водой. Температура воды в первом и втором стаканах соответственно равна  $t_{10} = 18^\circ\text{C}$  и  $t_{20} = 90^\circ\text{C}$ . Во второй стакан долили до полного воды из первого, перемешали и эту перемешанную воду налили до полного в первый стакан. Найдите температуру воды в первом  $t_1$  и втором  $t_2$  стаканах. Теплоемкостью стаканов и теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.



*Решение:*

Пусть  $C$  - теплоемкость  $1/3$  части стакана воды. Тогда уравнения теплового баланса записываются в виде:

$$Ct_{10} + 2Ct_{20} = 3Ct_2 \text{ - (для первого переливания),}$$

$$Ct_{10} + 2Ct_2 = 3Ct_1 \text{ - (для второго переливания).}$$

Далее из первого уравнения находим  $t_2$ , подставляем это значение во второе и находим  $t_1$ :

$$t_2 = (t_{10} + 2t_{20})/3 = 66^\circ\text{C},$$

$$t_1 = (t_{10} + 2t_2)/3 = [t_{10} + 2(t_{10} + 2t_{20})/3]/3 =$$

$$= (5t_{10} + 4t_{20})/9 = 50^\circ\text{C}.$$

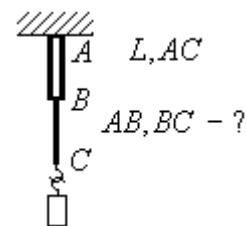
*Ответ:*  $t_1 = (t_{10} + 2t_2)/3 = (5t_{10} + 4t_{20})/9 = 50^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = (t_{10} + 2t_{20})/3 = 66^\circ\text{C}$ .

#### **Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
$Ct_{10} + 2Ct_{20} = 3Ct_2$ - (для первого переливания)	3
$Ct_{10} + 2Ct_2 = 3Ct_1$ - (для второго переливания)	3
Решение системы уравнений	2
Ответ для $t_1$	1
Ответ для $t_2$	1
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 4. Опыт с резинками

**4. Опыт с резинками.** Взяли три одинаковых резиновых шнура (три резинки), каждый из которых в нерастянутом состоянии имеет длину  $L = 24$  см. Концы двух из этих резинок связали узлом и подвесили к потолку в точке  $A$ . Другие их концы связали в узел в точке  $B$  и к этому узлу прикрепили конец третьей резинки. Затем к свободному нижнему концу третьей резинки в точке  $C$  подвесили груз. После этого резинки растянулись, и оказалось, что в равновесии длина  $AC = 60$  см. Предскажите, чему равны растянутые длины резинок  $AB$  и  $BC$ . Считайте, что растяжением резинок под действием собственного веса можно пренебречь.



*Решение:*

Введем следующие обозначения:  $k$  - коэффициент каждой резинки,  $\Delta L_1 = BC - L$  и  $\Delta L_2 = AB - L$  - соответственно растяжение нижней и верхних резинок в случае с подвешенным грузом. Учтем, что из-за взаимодействия резинок в узле  $B$  обе верхние резинки тянут с такой же силой, как и нижняя. Тогда выражаем силы упругости резинок через закон Гука и из последнего условия после следующих преобразований получаем:

$$k\Delta L_1 = 2k\Delta L_2,$$

$$k(BC - L) = 2k(AB - L),$$

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

$$2 \cdot AB - BC = L.$$

Еще добавим геометрическое соотношение

$$AB + BC = AC.$$

Остается решить систему последних двух уравнений относительно  $AB$  и  $BC$ . Для этого, например, после суммирования этих уравнений сначала находим

$$AB = (AC + L)/3 = 28 \text{ см.}$$

После этого

$$BC = AC - AB = (2 \cdot AC - L)/3 = 32 \text{ см.}$$

$$\text{Ответ: } AB = (AC + L)/3 = 28 \text{ см, } BC = (2 \cdot AC - L)/3 = 32 \text{ см.}$$

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
$\Delta L_1 = BC - L$	1
$\Delta L_2 = AB - L$	1
Силы упругости верхних вместе и нижней резинок равны	2
Явная запись этого условия $k\Delta L_1 = 2k\Delta L_2$	3
$AB + BC = AC$	1
Решение уравнений и ответ	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

## 5. Электрическая печь

**5. Электрическая печь** для термической обработки деталей имеет два нагревательных элемента. Один элемент нагревает деталь до нужной температуры за время  $t_1 = 3$  мин, а второй - за время  $t_2 = 6$  мин. Какое время понадобится для нагревания детали до нужной температуры, если оба нагревателя включить в сеть а) параллельно ( $t_{\text{пар}}$ ), б) последовательно ( $t_{\text{посл}}$ )? Передачей теплоты окружающей среде можно пренебречь.

*Решение:*

Пусть  $R_1$  и  $R_2$  - электрические сопротивления нагревателей,  $U$  - электрическое напряжение в сети,  $Q$  - количество теплоты, которое необходимо передать детали для ее нагрева до нужной температуры. Тогда в соответствии с законом Джоуля-Ленца

$$Q = (U^2/R_1)t_1,$$

$$Q = (U^2/R_2)t_2,$$

$$Q = [U^2(1/R_1 + 1/R_2)]t_{\text{пар}},$$

$$Q = [U^2/(R_1 + R_2)]t_{\text{посл}},$$

где учтено электрическое сопротивление параллельно и последовательно соединенных нагревателей.

Из первых двух уравнений выражаем сопротивления

$$R_1 = U^2 t_1 / Q,$$

$$R_2 = U^2 t_2 / Q,$$

$$R_1 + R_2 = U^2 (t_1 + t_2) / Q,$$

$$1/R_1 + 1/R_2 = (Q/U^2)(t_1 + t_2)/(t_1 t_2)$$

подставляем в третье и четвертое уравнения и из них получаем:

$$t_{\text{пар}} = (Q/U^2)/(1/R_1 + 1/R_2) = t_1 t_2 / (t_1 + t_2) = 2 \text{ мин,}$$

$$t_{\text{посл}} = Q/(R_1 + R_2)/U^2 = t_1 + t_2 = 9 \text{ мин.}$$

$$\text{Ответ: а) } t_{\text{пар}} = t_1 t_2 / (t_1 + t_2) = 2 \text{ мин; б) } t_{\text{посл}} = t_1 + t_2 = 9 \text{ мин.}$$

*Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год*

**Критерии оценивания:**

<b>Шаги выполнения задания</b>	<b>Число баллов</b>
По одному баллу за каждое из первых четырех уравнений	4
Решение для $t_{\text{пар}}$	3
Решение для $t_{\text{посл}}$	3
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### Задание для 10-ого класса

#### 1. Плаваем в разных направлениях

**1. Плаваем в разных направлениях.** Пловец за одно и то же время по течению реки проплывает расстояние  $L_1 = 70$  м, а против течения - расстояние  $L_2 = 10$  м. Какое расстояние  $L$  он проплывет за такое же время, если относительно воды будет плыть в перпендикулярном к берегу направлении?

*Решение:*

Пусть  $t$  - время движения,  $U$  и  $V$  - скорости течения реки и пловца в стоячей воде соответственно. Тогда скорость пловца в трех случаях равна

$$V + U = L_1/t,$$

$$V - U = L_2/t,$$

$$(V^2 + U^2)^{1/2} = L/t.$$

Из первых двух уравнений находим выражения для  $V$  и  $U$ , подставляем их в третье и из него получаем:

$$V = (L_1 + L_2)/(2t),$$

$$U = (L_1 - L_2)/(2t),$$

$$\{[(L_1 + L_2)/(2t)]^2 + [(L_1 - L_2)/(2t)]^2\}^{1/2} = L/t,$$

$$L = [(L_1^2 + L_2^2)/2]^{1/2} = 50 \text{ м.}$$

Систему первых трех уравнений можно решить проще. Для этого каждое из них возводим в квадрат, далее складываем полученные первые два уравнения и замечаем, что

$$(L_1/t)^2 + (L_2/t)^2 = 2(L/t)^2,$$

$$L = [(L_1^2 + L_2^2)/2]^{1/2} = 50 \text{ м.}$$

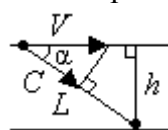
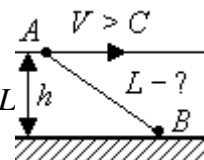
*Ответ:*  $L = [(L_1^2 + L_2^2)/2]^{1/2} = 50$  м.

#### **Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Идея, что необходимо брать проекцию скорости	2
1-ое уравнение	1
2-ое уравнение	1
3-е уравнение	3
Решение системы уравнений	2
Числовой ответ	1
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

#### 2. Волна от лодки

**2. Волна от лодки.** Моторная лодка  $A$  движется по озеру с постоянной скоростью  $V = 20$  км/ч прямым курсом параллельно берегу на расстоянии  $h = 100$  м от него. На берегу находится наблюдатель  $B$ . На каком расстоянии  $L$  от наблюдателя находится точка траектории лодки, откуда волны до него доходят раньше всего? Считайте, что скорость волн, возбуждаемых лодкой на поверхности воды, постоянна и равна  $C = 12$  км/ч.



*Решение:*

Условием того, что из некоторой точки волна раньше всего доходит до наблюдателя является то, что скорости приближения лодки и волн к наблюдателю сравниваются. Это значит, что проекция вектора скорости лодки

$V$  на направление на наблюдателя становится равной скорости волн:

$$V \cos \alpha = C,$$

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

где  $\alpha$  - показанный на рисунке угол. Поэтому  $\cos \alpha = C/V$  и, как следует из геометрии прямоугольного треугольника с гипотенузой  $L$ ,

$$L = h/\sin \alpha = h/(1 - \cos^2 \alpha)^{1/2} = \\ = hV/(V^2 - C^2)^{1/2} = 125 \text{ м.}$$

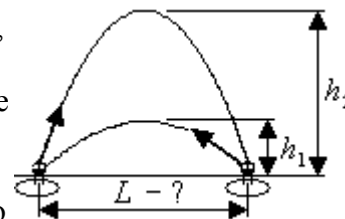
*Ответ:*  $L = hV/(V^2 - C^2)^{1/2} = 125 \text{ м.}$

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
$V \cos \alpha = C$	3
$\cos \alpha = C/V$	2
Геометрия и ответ $L = hV/(V^2 - C^2)^{1/2} = 125 \text{ м.}$	5
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

**3. Две лягушки**

**3. Две лягушки**, сидящие на кувшинках напротив друг друга, решили одновременно прыгнуть и поменяться местами. Поскольку скорости прыжков у лягушек одинаковые, то чтобы не столкнуться в полете, они прыгнули с разными максимальными высотами  $h_1 = 12 \text{ см}$  и  $h_2 = 48 \text{ см}$ . Каково первоначальное расстояние  $L$  между лягушками? Сопротивлением воздуха можно пренебречь.



*Решение:*

Половина времени полета равна  $t = (2h/g)^{1/2}$ , то есть равна времени свободного падения по вертикали с высоты  $h$ . Горизонтальная и вертикальная компоненты, а также квадрат модуля начальной скорости соответственно равны

$$V_x = (L/2)/t = L/[2(2h/g)^{1/2}] = [g/(2h)]^{1/2}L/2, \\ V_y = gt = (2gh)^{1/2}. \\ V_0^2 = V_{0x}^2 + V_{0y}^2 = \{[g/(2h)]^{1/2}L/2\}^2 + [(2gh)^{1/2}]^2 = \\ = g(L^2 + 16 gh^2)/(8h).$$

Приравняем выражения для  $V_0^2$  после подстановки в него вместо  $h$  величин  $h_1$  и  $h_2$  и получаем:

$$V_0^2 = g(L^2 + 16 gh_1^2)/(8h_1) = g(L^2 + 16 gh_2^2)/(8h_2), \\ L^2 h_2 + 16 gh_1^2 h_2 = L^2 h_1 + 16 gh_2^2 h_1, \\ L^2(h_2 - h_1) = 16 h_1 h_2 (h_2 - h_1), \\ L = 4(h_1 h_2)^{1/2} = 96 \text{ см.}$$

*Ответ:*  $L = 4(h_1 h_2)^{1/2} = 96 \text{ см.}$

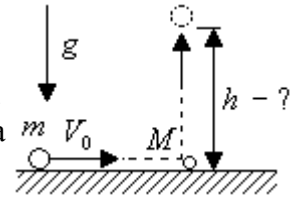
**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
$t = (2h/g)^{1/2}$	1
$V_x = [g/(2h)]^{1/2}L/2$	2
$V_y = (2gh)^{1/2}$	2
$V_0^2 = V_{0x}^2 + V_{0y}^2 = g(L^2 + 16 gh^2)/(8h)$	3
$L = 4(h_1 h_2)^{1/2} = 96 \text{ см}$	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>



### 4. Столкновение с вертикальным отскоком

**4. Столкновение с вертикальным отскоком.** Шарик массой  $m$  движется со скоростью  $V_0$  по гладкой горизонтальной плоскости и сталкивается с другим шариком массой  $M$ , покоящимся на плоскости. После столкновения налетающий шарик полетел вертикально вверх, а другой покоящийся - по плоскости. Найдите высоту подъема  $h$  налетающего шарика, если взаимодействие абсолютно упругое, ускорение свободного падения  $g$ . При каком соотношении масс  $m$  и  $M$  возможно такое столкновение?



*Решение:*

Если  $U$  - скорость покоящегося шарика после столкновения, то из-за упругого взаимодействия можем записать закон сохранения энергии  
 $mV_0^2/2 = mgh + MU^2/2$

и из-за отсутствия трения на плоскости - закон сохранения импульса в горизонтальной проекции

$$mV_0 = MU.$$

Из решения системы этих двух уравнений следует:

$$U = mV_0/M,$$

$$\begin{aligned} h &= (mV_0^2 - MU^2)/(2mg) = \\ &= [mV_0^2 - M(mV_0/M)^2]/(2mg) = \\ &= (M - m)V_0^2/(2Mg). \end{aligned}$$

Такое столкновение возможно при  $M > m$ .

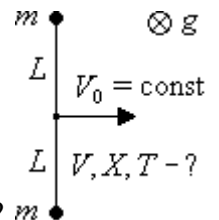
*Ответ:*  $h = (M - m)V_0^2/(2Mg)$ ; возможно при  $M > m$ .

#### **Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Закон сохранения энергии $mV_0^2/2 = mgh + MU^2/2$	3
Закон сохранения импульса $mV_0 = MU$	3
Решение системы уравнений и получение $h$	3
Вывод, что $M > m$	1
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 5. Связанные шарики

**5. Связанные шарики.** На гладкой горизонтальной плоскости покоятся два одинаковых шарика массой  $m$  каждый, связанные нерастяжимой и невесомой нитью, которая вытянута на всю свою длину  $2L$ . За середину нити начинают тянуть с постоянной скоростью  $V_0$  вдоль плоскости перпендикулярно нити.



- Какую скорость  $V$  будет иметь каждый шарик в момент их столкновения?
- Какой путь  $X$  пройдет точка на середине нити к моменту столкновения шаров?
- Чему равна сила натяжения нити  $T$  и как она будет меняться при движении шариков?

*Решение:*

Перейдем в систему отсчета середины нити, то есть в инерциальную систему отсчета, движущуюся со скоростью  $V_0$ . В этой системе отсчета шарики начнут двигаться со скоростью  $V_0$ , направленной влево, и далее с этой скоростью  $V_0$  будут равномерно вращаться по четвертой части окружности радиусом  $L$  и длиной  $S = \pi L/2$  в течение времени

$$t = S/V_0 = \pi L/(2V_0).$$

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике**  
**Ханты-Мансийский автономный округ – Югра**  
**2021-2022 учебный год**

При этом модуль их скорости не будет меняться, и сила натяжения нити будет оставаться постоянной и равной

$$T = mV_0^2/L = mV_0^2/L = \text{const.}$$

В момент столкновения шариков в этой системе отсчета их скорость равна  $V_0$  и перпендикулярна нити. Если еще учесть скорость  $V_0$  движения системы отсчета, которая в момент столкновения шариков направлена вдоль нити, то в лабораторной системе отсчета скорость шариков равна сумме этих двух взаимно перпендикулярных векторов

$$V = (V_0^2 + V_0^2)^{1/2} = 2^{1/2}V_0.$$

Необходимое перемещение середины нити, движущейся со скоростью  $V_0$ , за полученное выше время  $t$  равно

$$X = V_0 t = V_0[\pi L/(2V_0)] = \pi L/2.$$

*Ответ:* а)  $V = 2^{1/2}V_0$ ; б)  $X = \pi L/2$ ; в)  $T = mV_0^2/L = \text{const}$ , сила натяжения постоянна.

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Переход в систему отсчета середины нити	<b>2</b>
$t = S/V_0 = \pi L/(2V_0)$	2
$T = mV_0^2/L = mV_0^2/L = \text{const}$	2
$V = (V_0^2 + V_0^2)^{1/2} = 2^{1/2}V_0$	2
$X = V_0 t = V_0[\pi L/(2V_0)] = \pi L/2$	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

## Задание для 11-ого класса

### 1. Поражение цели сверху

**1. Поражение цели сверху.** Пушка со скоростью  $V_0 = 400$  м/с стреляет ядрами по горизонтально лежащей мишени, находящейся на одной высоте от нее на расстоянии  $L = 2$  км. При этом необходимо, чтобы ядра падали на мишень сверху. Через какое время  $t$  после выстрела ядро достигнет цели, если сопротивлением воздуха можно пренебречь, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>?

*Решение:*

$$V_{0x} = L/t,$$

$$V_{0y} = g(t/2),$$

$$V_{0x}^2 + V_{0y}^2 = V_0^2,$$

$$(L/t)^2 + (gt/2)^2 = V_0^2,$$

$$g^2 t^4 - 4V_0^2 t^2 + 4L^2 = 0,$$

$$t_{1,2}^2 = 2[V_0^2 \pm (V_0^4 - g^2 L^2)^{1/2}] / g^2,$$

$$t_1 = 2^{1/2}[V_0^2 - (V_0^4 - g^2 L^2)^{1/2}]^{1/2} / g \approx 5 \text{ с},$$

$$t_2 = 2^{1/2}[V_0^2 + (V_0^4 - g^2 L^2)^{1/2}]^{1/2} / g \approx 80 \text{ с}.$$

Отметим, что существует два решения. В соответствии с морским словарем первое решение с меньшим временем дает настильную или отлогую траекторию движения, а второе - навесную или кругую траекторию..

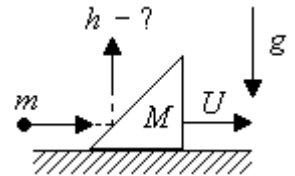
*Ответ:*  $t_1 = 2^{1/2}[V_0^2 - (V_0^4 - g^2 L^2)^{1/2}]^{1/2} / g \approx 5 \text{ с}$ ,  $t_2 = 2^{1/2}[V_0^2 + (V_0^4 - g^2 L^2)^{1/2}]^{1/2} / g \approx 80 \text{ с}$ .

#### **Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Запись кинематики в проекциях	2
Условие $V_{0x}^2 + V_{0y}^2 = V_0^2$	2
Получение уравнения для $t$	2
Его решение	2
Числовые значения	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

### 2. Столкновение с вертикальным отскоком

**2. Столкновение с вертикальным отскоком.** Горизонтально летящий шарик массой  $m$  попадает в покоящийся на горизонтальной плоскости клин массой  $M$  и после абсолютно упругого удара отскакивает вертикально вверх. На какую высоту  $h$  поднимется шарик, если после удара клин стал двигаться со скоростью  $U$ ? При каком соотношении масс  $m$  и  $M$  такое столкновение возможно? Трением можно пренебречь, ускорение свободного падения  $g$ . Считайте, что после столкновения клин не переворачивается и не подпрыгивает.



*Решение:*

Если  $V_0$  - скорость шарика перед столкновением, то из-за упругого взаимодействия можем записать закон сохранения энергии

$$mV_0^2/2 = mgh + MU^2/2$$

и из-за отсутствия трения на плоскости - закон сохранения импульса в горизонтальной проекции

**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

$$mV_0 = MU.$$

Из решения системы этих двух уравнений следует:

$$V_0 = MU/m,$$

$$\begin{aligned} h &= (mV_0^2 - MU^2)/(2mg) = \\ &= (m(MU/m)^2 - MU^2)/(2mg) = \\ &= M(M - m)U^2/(2m^2g), \end{aligned}$$

что возможно при  $M > m$ .

*Ответ:*  $h = M(M - m)U^2/(2m^2g)$ , возможно при  $M > m$ .

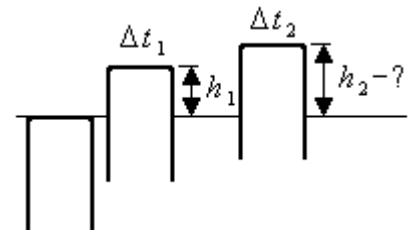
**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Закон сохранения энергии $mV_0^2/2 = mgh + MU^2/2$	3
Закон сохранения импульса $mV_0 = MU$	3
Решение системы уравнений и получение $h$	3
Вывод, что $M > m$	1
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

**3. Опыт с перевернутым плавающим стаканом**

**3. Опыт с перевернутым плавающим стаканом.**

Тонкостенный цилиндрический стакан плавает в воде перевернутым вверх дном в вертикальном положении. При некоторой первоначальной температуре дно стакана находится в точности на уровне воды и не "высовывается" в атмосферу. При нагревании воздуха в стакане на  $\Delta t_1 = 20^\circ\text{C}$  дно поднимается над уровнем воды на  $h_1 = 3$  см. На какую высоту  $h_2$  над уровнем воды поднимется дно стакана при нагревании воздуха в нем на  $\Delta t_2 = 30^\circ\text{C}$  от первоначальной температуры? Считайте, что воздух не выходит из стакана.



*Решение:*

Так как стакан плавает, то силы давления атмосферного воздуха, воздуха в стакане, которые действуют на его дно, а также силы тяжести должны быть скомпенсированы, то и давление воздуха в стакане остается постоянным и равным

$$P = P_0 + mg/S,$$

где  $P_0$  - атмосферное давление,  $m$  - масса стакана,  $S$  - площадь его дна,  $g$  - ускорение свободного падения.

С другой стороны давление воздуха в стакане равно давлению в жидкости на глубине

$$P = P_0 + \rho gh_0,$$

где  $\rho$  - плотность воды,  $h_0$  - опускание уровня воды в стакане от уровня вне его. Из-за постоянства давления  $P$  следует, что  $h_0$  также остается постоянным.

С учетом этого для воздуха в стакане в изобарном процессе можем записать

$$h_0 S / T_0 = (h_1 + h_0) S / T_1,$$

$$h_1 T_0 = h_0 (T_1 - T_0) = h_0 \Delta t_1,$$

где  $S$  - площадь внутренней части дна стакана,  $T_0$  и  $T_1$  - соответствующие абсолютные температуры.

Аналогично для случая другой температуры можем записать

$$h_2 T_0 = h_0 \Delta t_2.$$

Из последних двух уравнений, разделив одно на другое, окончательно получаем

$$h_2 = h_1 \Delta t_2 / \Delta t_1 = 4,5 \text{ см.}$$

*Ответ:*  $h_2 = h_1 \Delta t_2 / \Delta t_1 = 4,5$  см.

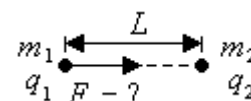
**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике**  
**Ханты-Мансийский автономный округ – Югра**  
**2021-2022 учебный год**

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
$P = P_0 + mg/S$	1
$P = P_0 + \rho gh_0$	1
Изобарный процесс	2
$h_0 S/T_0 = (h_1 + h_0)S/T_1$ ,	2
$h_1 T_0 = h_0(T_1 - T_0) = h_0 \Delta t_1$	2
$h_2 T_0 = h_0 \Delta t_2$	1
$h_2 = h_1 \Delta t_2 / \Delta t_1 = 4,5 \text{ см}$	1
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

**4. Толкать и не касаться**

**4. Толкать и не касаться.** С какой силой  $F$  необходимо двигать маленький шарик массой  $m_1$  с зарядом  $q_1$  в направлении другого маленького шарика массой  $m_2$  с одноименным зарядом  $q_2$ , чтобы расстояние между ними оставалось постоянным и равным  $L$ ? Силой тяжести можно пренебречь.



*Решение:*

На первый шарик кроме приложенной силы  $F$  еще действует сила кулоновского притяжения  $kq_1q_2/L^2$ , а на второй - только такая же по величине сила кулоновского притяжения. С учетом этого по второму закону Ньютона ускорения шариков равны  $a_1 = (F - kq_1q_2/L^2)/m_1 = F/m_1 - kq_1q_2/(m_1L^2)$ ,  $a_2 = kq_1q_2/(m_2L^2)$ .

Для поддержания постоянного расстояния между шариками необходимо приравнять их ускорения и тогда получаем:

$$a_1 = a_2,$$

$$F/m_1 - kq_1q_2/(m_1L^2) = kq_1q_2/(m_2L^2),$$

$$F = kq_1q_2(m_1 + m_2)/(m_2L^2).$$

$$(F - kq_1q_2/L^2)/m_1 = (kq_1q_2/L^2)/m_2,$$

$$F = kq_1q_2(m_1 + m_2)/(m_2L^2).$$

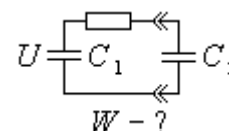
*Ответ:*  $F = kq_1q_2(m_1 + m_2)/(m_2L^2)$ .

**Критерии оценивания:**

Шаги выполнения задания	Число баллов
Мысль о равенстве ускорений	2
Выражение для $a_1 = (F - kq_1q_2/L^2)/m_1 = F/m_1 - kq_1q_2/(m_1L^2)$	3
Выражение для $a_2 = kq_1q_2/(m_2L^2)$	2
Окончательное уравнение вида $F/m_1 - kq_1q_2/(m_1L^2) = kq_1q_2/(m_2L^2)$	2
Его решение и ответ	1
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

**5. Переподключение конденсатора**

**5. Переподключение конденсатора.** Первоначально на каждом из конденсаторов емкостью  $C_1$  и  $C_2$ , соединенных через резистор, напряжение  $U$ . Один из конденсаторов, не разряжая, отключают, а затем



**Второй (муниципальный) этап Всероссийской олимпиады школьников по физике  
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра  
2021-2022 учебный год**

переворачивают, меняя полярность, и после этого подключают снова. Какое количество теплоты  $W$  выделится на резисторе после такого переключения?

*Решение:*

До переключения на каждом из конденсаторов заряд равен

$$q_1 = C_1 U,$$

$$q_2 = C_2 U.$$

После переключения положительные заряды одного конденсатора соединятся с отрицательными другого и на параллельно соединенных конденсаторах емкостью

$$C = C_1 + C_2$$

установится новое напряжение и будет общий заряд

$$q = q_1 - q_2 = (C_1 - C_2)U.$$

С учетом этого из закона сохранения энергии получаем:

$$CU^2/2 = q^2/(2C) + W,$$

$$(C_1 + C_2)U^2/2 = (C_1 - C_2)^2 U^2/2 + W,$$

$$W = 2C_1 C_2 U^2.$$

*Ответ:*  $W = 2C_1 C_2 U^2$ .

**Критерии оценивания:**

<b>Шаги выполнения задания</b>	<b>Число баллов</b>
$q_1 = C_1 U, q_2 = C_2 U$	1
$C = C_1 + C_2$	1
$q = q_1 - q_2 = (C_1 - C_2)U$	2
Закон сохранения энергии в виде $CU^2/2 = q^2/(2C) + W$	4
Ответ	2
<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>