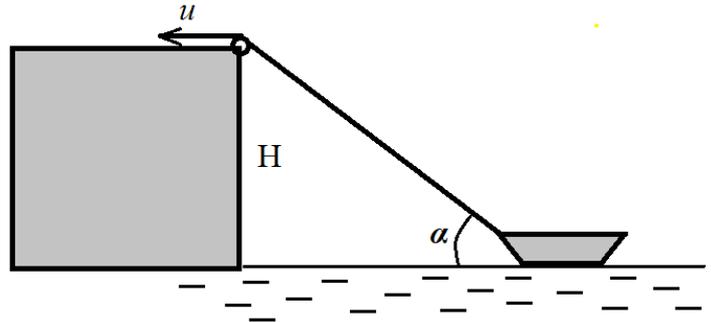


Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	11	11.11.2024	10.00	13.00

1. Про швартовку

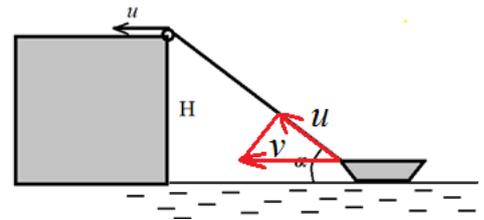
Лодку подтягивают к высокому причалу с помощью троса. Трос вытягивают горизонтально с постоянной скоростью u . Найдите зависимость скорости лодки от угла α . Найдите зависимость ускорения лодки от угла α . Какое время затратит лодка на перемещение от угла $\alpha = 30^\circ$ до причала. Высота причала над водой H .



Возможное решение:

Методом малых перемещений, либо проецируя скорость лодки на трос (используем нерастяжимость), находим $v \cos \alpha = u$, где v – скорость лодки.

$$v = \frac{u}{\cos \alpha}$$



Нахождение ускорения:

1 способ: через производную

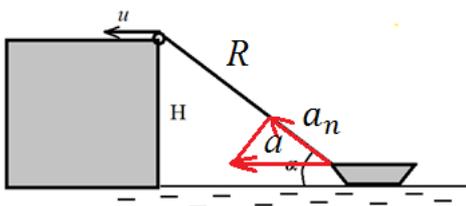
$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{u \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt}$$

находим угловую скорость

$$\frac{d\alpha}{dt} = \omega = \frac{v \sin \alpha}{R} = \frac{u \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \alpha}{H}$$

(где $R = \frac{H}{\sin \alpha}$), окончательно: $a = \frac{u^2}{H} \cdot \operatorname{tg}^3 \alpha$

2 способ: (рассмотрим вращение по окружности радиуса R (длина троса), раскладываем ускорение и скорость на две составляющие), находим нормальное ускорение



$$a_n = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{R}$$

$$a = \frac{a_n}{\cos \alpha} = \frac{v^2}{H} \cdot \frac{\sin^3 \alpha}{\cos \alpha} = \frac{u^2}{H} \cdot \operatorname{tg}^3 \alpha$$

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Найдем время t , угол меняется от $\alpha = 30^\circ$ до 90° , длина троса соответственно изменилась с $R = 2H$ до H . Т.к. трос вытягивали с постоянной скоростью u , то

$$\Delta R = 2H - H = H = ut$$

И получаем $t = \frac{H}{u}$

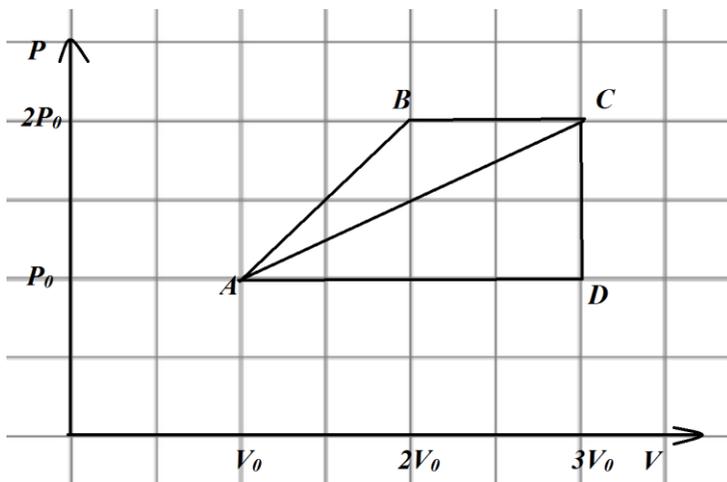
Критерии оценивания:

	<i>этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1.	Нахождение скорости из кинематической связи	$v = \frac{u}{\cos \alpha}$	2
2.	Выражение длины троса через H	$R = \frac{H}{\sin \alpha}$	1
3.	Составляющая скорости, перпендикулярная тросу	$v \sin \alpha$	1
4.	Нахождение ускорения: <i>1 способ (2 способ)</i>	$a = \frac{dv}{dt} \quad (a = \frac{a_n}{\cos \alpha})$ $a = \frac{u \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt}, \quad \frac{d\alpha}{dt} = \omega$ $(a_n = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{R})$	1 2
5.	Получено выражение для ускорения	$a = \frac{u^2}{H} \cdot \operatorname{tg}^3 \alpha$	1
6.	Найдено время	$t = \frac{H}{u}$	2
		Итого:	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

2. Простые циклы

Найдите КПД двух треугольных циклов $ABCA$, $ACDA$ и одного четырехугольного $ABCD$ изображенных на pV – диаграмме. (см. рис.) В качестве рабочего тела используется гелий.



Возможное решение:

Посчитаем КПД первого цикла $ABCA$: тепло подводится на участках AB и BC , используем первое начало термодинамики $\Delta Q = \Delta A + \Delta U$, работу считаем, как площадь внутри цикла на pV – диаграмме.

$$Q_1 = Q_{AB} + Q_{BC} = p_0 V_0 \left(\left(1 \cdot \frac{1+2}{2} \right) + \frac{3}{2} (4 - 1) \right) + p_0 V_0 \left((2 \cdot 1) + \frac{3}{2} (6 - 4) \right) = p_0 V_0 (6 + 5) = 11 p_0 V_0.$$

$$\text{Работа } A_1 = \frac{1}{2} p_0 V_0; \eta = \frac{A}{Q_H}, \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{\frac{1}{2} p_0 V_0}{11 p_0 V_0} = \frac{1}{22} \approx 0,045 = 4,5\%$$

Посчитаем КПД второго цикла $ACDA$: тепло подводится на участке AC

$$Q_2 = Q_{AC} = p_0 V_0 \left(\left(2 \cdot \frac{1+2}{2} \right) + \frac{3}{2} (6 - 1) \right) = p_0 V_0 \left(3 + \frac{15}{2} \right) = 10,5 p_0 V_0.$$

$$\text{Работа } A_2 = p_0 V_0; \eta = \frac{A}{Q_H}, \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{p_0 V_0}{10,5 p_0 V_0} = \frac{2}{21} \approx 0,095 = 9,5\%$$

Посчитаем КПД большого цикла $ABCD$: тепло подводится на участках AB и BC , как в первом цикле

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

$$Q_3 = Q_1 = 11p_0V_0.$$

$$\text{Работа } A = A_1 + A_2 = \frac{3}{2}p_0V_0. \quad \eta = \frac{A}{Q_H}, \quad \eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{\frac{3}{2}p_0V_0}{11p_0V_0} = \frac{3}{22} \approx 0,136 = 13,6\%$$

Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1	Выписано 1 начало термодинамики	$\Delta Q = \Delta A + \Delta U$	0,5
2	Есть определение КПД цикла	$\eta = \frac{A}{Q_H}$	0,5
3	Найдено Q_H в первом цикле	$Q_1 = Q_{AB} + Q_{BC} = p_0V_0(6 + 5) = 11p_0V_0$	1
4	Найдена работа в первом цикле	$A_1 = \frac{1}{2}p_0V_0$	1
5	Найдено КПД первого цикла	$\eta = \frac{1}{22} \approx 0,045 = 4,5\%$	1
6	Найдено Q_H во втором цикле	$Q_2 = Q_{AC} = p_0V_0 \left(3 + \frac{15}{2}\right) = 10,5p_0V_0$	1
7	Найдена работа во втором цикле	$A_2 = p_0V_0$	1
8	Найдено КПД второго цикла	$\eta = \frac{1}{22} \approx 0,045 = 4,5\%$	1
9	Найдено Q_H в третьем цикле	$Q_3 = Q_1 = 11p_0V_0$	1
10	Найдена работа в большом цикле	$A = A_1 + A_2 = \frac{3}{2}p_0V_0$	1
11	Найдено КПД большого цикла	$\eta = \frac{3}{22} \approx 0,136 = 13,6\%$	1
		Итого:	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

3. Упругое столкновение

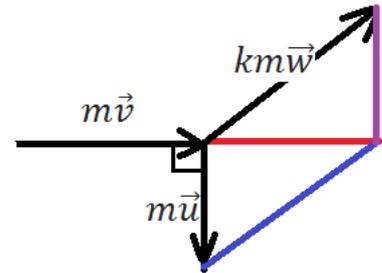
Ядра гелия — альфа-частицы — после упругого столкновения с ядрами атомов мишени и отклонении на прямой угол имеют кинетическую энергию в два раза меньшую начальной. Каково отношение массы ядер атомов мишени к массе альфа-частиц? Предположите, из чего сделана мишень.

Возможное решение:

Если энергия альфа-частицы стала в два раза меньше $\frac{mv^2}{4} = \frac{mu^2}{2}$, то ее скорость стала равной $u = v/\sqrt{2}$. Пусть масса мишени в k раз больше массы альфа-частицы, а w скорость мишени после взаимодействия, запишем закон сохранения энергии и закон сохранения импульса:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{4} + \frac{kmw^2}{2}$$

$$m\vec{v} = m\vec{u} + km\vec{w}$$



Т.к. альфа-частица отклоняется под прямым углом, запишем теорему Пифагора: $(kmw)^2 = (mv)^2 + (mu)^2$, подставляем скорость u , получаем простую систему:

$$(kmw)^2 = \frac{3}{2}(mv)^2$$

$$kmw^2 = \frac{mv^2}{2}$$

и находим $k = 3$, тогда масса атомов мишени $\mu = 3 \cdot 4 = 12$ г/моль, что соответствует углероду, значит материалом мишени может быть алмаз или графит.

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
в 2024-2025 учебном году

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

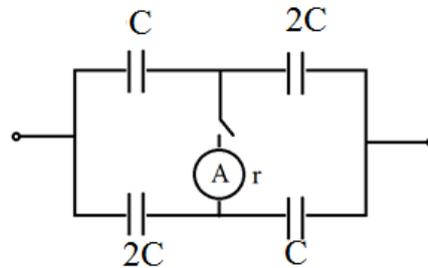
Критерии оценивания:

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1	Найдена скорость альфа-частицы после взаимодействия	$u = v/\sqrt{2}$	1
2	Закон сохранения энергии	$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{4} + \frac{ktw^2}{2}$	2
3	Закон сохранения импульса (векторно или сразу рисунок)	$m\vec{v} = m\vec{u} + kt\vec{w}$	1
4	Записана теорема Пифагора для треугольника импульсов, или правильно расписаны два уравнения по осям	$(ktw)^2 = (mv)^2 + (mu)^2$	2
5	Найдено отношение масс	$k = 3$	2
6	Получена масса атомов мишени	$\mu = 3 \cdot 4 = 12$ г/моль	1
7	Сделан вывод, что это углерод (графит, алмаз)	C	1
		Итого:	10

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	11	11.11.2024	10.00	13.00

4. Четыре конденсатора

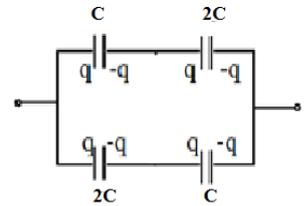
Систему из четырех конденсаторов (см. рис.) зарядили до напряжения U_0 и отключили от источника, затем замкнули ключ. Найдите начальные заряды конденсаторов. Найдите установившиеся заряды конденсаторов. Какой заряд прошел через амперметр от момента замыкания до того, как амперметр показывал ток I . Сопротивление амперметра r . Найдите всё тепло, выделившееся на амперметре.



Возможное решение:

Заряды после зарядки на конденсаторах одинаковы и равны $q = 2/3 CU_0$

$q/C + q/2C = U_0$, или используя параллельное и последовательное соединение эквивалентная емкость $C_1 = 4/3 C$.

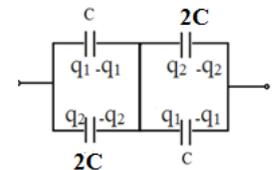


Когда отключили и замкнули ключ, в конце имеем следующую эквивалентную схему:

$q_1/C = q_2/2C$, закон сохранения заряда $2q = q_1 + q_2$. (можно найти $C_2 = 3/2 C$), получаем:

$$q_1 = 2/3q = 4/9 CU_0$$

$$q_2 = 4/3q = 8/9 CU_0.$$



Из закона сохранения энергии можно посчитать все тепло:

$$Q = W_1 - W_2$$

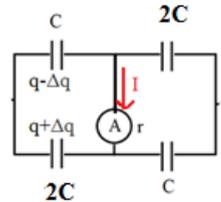
$$Q = W_1 - W_2 = \frac{(2q)^2}{2C_1} - \frac{(2q)^2}{2C_2} = \frac{q^2}{6C} = \frac{2}{27} CU_0^2$$

$$\text{Или } Q = \frac{q^2}{2} \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{2C} + \frac{1}{2C} \right) - \left(\frac{q_1^2}{2} \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C} \right) + \frac{q_2^2}{2} \left(\frac{1}{2C} + \frac{1}{2C} \right) \right) = \frac{q^2}{6C} = \frac{2}{27} CU_0^2$$

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Найдем Δq : запишем правило Кирхгофа (равенство напряжений):

$$\frac{q - \Delta q}{C} + Ir = \frac{q + \Delta q}{2C}$$



Тогда $\Delta q = \frac{2}{3} IrC + \frac{1}{3} q = \frac{2}{3} IrC + \frac{2}{9} CU_0$

(можно просто выразить q_1 и q_2 в этот момент и найти $\Delta q = q - q_1$),

Тогда через амперметр прошел заряд $q_a = 2\Delta q = \frac{4}{3} IrC + \frac{2}{3} q = \frac{4}{3} IrC + \frac{4}{9} CU_0$

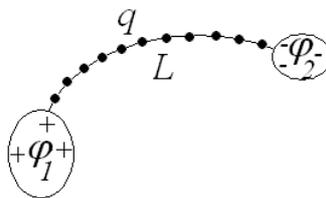
Критерии оценивания:

	<i>этапы решения</i>	<i>Соотношения</i>	<i>балл</i>
1.	Найдены заряды конденсаторов вначале	$q = 2/3 CU_0$	2
2.	Закон сохранения заряда	$2q = q_1 + q_2 = 4/3 CU_0$	1
3.	Равенство напряжений (или упоминание параллельного соединения)	$q_1/C = q_2/2C$	1
4.	Найдены заряды конденсаторов в конце	$q_1 = 2/3q = 4/9 CU_0$ $q_2 = 4/3q = 8/9 CU_0$.	1
5.	Выражение для количества тепла	$Q = W_1 - W_2$	1
6.	Найдено количество тепла	$Q = \frac{q^2}{6C} = \frac{2}{27} CU_0^2$	1
7.	Связь напряжений на конденсаторах, когда амперметр показывает ток I	$\frac{q - \Delta q}{C} + Ir = \frac{q + \Delta q}{2C}$	2
8.	Найден протекший заряд	$q_a = 2\Delta q = \frac{4}{3} IrC + \frac{4}{9} CU_0$	1
		Итого:	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

5. Заряженная цепочка

Два проводящих тела связаны натянутой непроводящей нитью длины L . На ней закреплено большое число одинаковых шариков с общим зарядом q , однородно распределённых по нити. Потенциал одного тела φ_1 , а другого – φ_2 . Найдите разницу натяжений участков нити, соединённых с первым и вторым телом.



Возможное решение:

Запишем разницу сил натяжения для двух соседей вдоль участка нити

$$dT = dqE_\tau = (q/L)dl \cdot \mathbf{E} = -(q/L)d\varphi;$$

Проинтегрируем (просуммируем) полученное выражение, получим разницу сил $\Delta T = (q/L)(\varphi_1 - \varphi_2)$

Возможно решение из принципа малых перемещений или виртуальной работы.

Критерии оценивания:

	<i>этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1.	Записана разница сил натяжения на малом участке = разнице электрических сил вдоль нити.	$dT = dqE_\tau$	2
2.	Выражен заряд маленького кусочка	$dq = (q/L)dl$	2
3.	Связь поля и разности потенциалов	$d\varphi = dl \cdot \mathbf{E}$	2
4.	Идея суммирования (интегрирования)		2
5.	Получена разница сил натяжения	$\Delta T = (q/L)(\varphi_1 - \varphi_2)$	2
		сумма за задачу:	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2024</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Рекомендации для жюри

Каждая задача оценивается из 10 баллов. Участники олимпиады могут предложить полные и верные решения задач, отличные от приведённых в ключе. За это они должны получить полный балл. Частичное решение или решение с ошибками оценивается, ориентируясь на этапы решения, приведённые в разбалловке. При этом верные выводы из ошибочных допущений не добавляют баллов. Если какой-то этап решения не полный, или частично правильный, то он оценивается частью баллов за этап. Если в решении участника олимпиады предложенные этапы объединены как один, то оценка проводится из суммарного балла. **Наличие лишь ответа без решения не оценивается.** При наличии у участника двух решений без указания, какое он считает верным, оценка проводится по худшему. Для удобства работы жюри решения и критерии оценки для каждой задачи приведены на отдельной странице и при необходимости снабжены комментарием. К некоторым задачам может приводиться два варианта решения. Следует держаться духа и буквы предлагаемой разбалловки, чтобы обеспечить сопоставимость проверки на разных площадках проведения.

С вопросами по критериям оценок можно обратиться или по электронной почте masha.yuldasheva@mail.ru или по телефону 8-913-940-45-06 к председателю предметно-методической комиссии олимпиады *Юлдашевой Марии Рашидовне*.