

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>10</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

1. Баллистика

Первый снаряд из пушки вылетел под углом α к горизонту. Определите, под каким углом запустили второй снаряд, если известно, что отношение максимальной высоты подъема снаряда к дальности полета во втором запуске было в два раза больше, чем в первом. Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения g . Снаряды вылетают из пушки с одинаковой скоростью.

Возможное решение:

Дальность полета снаряда, выпущенного со скоростью v под углом α равна

$$L = \frac{2v^2 \sin\alpha \cos\alpha}{g}; \text{ высота подъема } H = \frac{v^2 \sin^2\alpha}{2g}, \text{ отношение } \frac{H}{L} = \frac{tg\alpha}{4}. \text{ Для второго запуска } \frac{H_2}{L_2} = \frac{tg\beta}{4} = 2tg\alpha, \text{ тогда угол при втором запуске } \beta = \arctg(2tg\alpha)$$

Критерии оценивания:

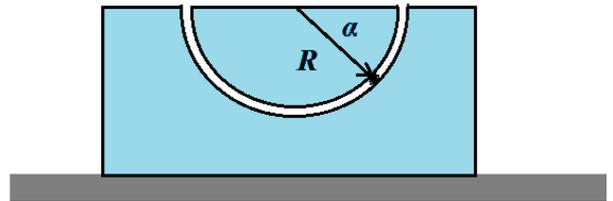
		баллы
1.	Дальность полета снаряда, выпущенного со скоростью v под углом α равна $L = \frac{2v^2 \sin\alpha \cos\alpha}{g}$	2
2.	Вывод формулы дальности полета	1
3.	высота подъема $H = \frac{2v^2 \sin^2\alpha}{2g}$	2
4.	Вывод формулы высоты подъема	1
5.	Получено $\frac{H}{L} = \frac{tg\alpha}{4}$	1
6.	Получено $tg\beta = 2tg\alpha$	1
7.	Выражен угол $\beta = \arctg(2tg\alpha)$	2
	Сумма:	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>10</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

2. Груз в канале

Брусочек покоится на столе. В бруске сделан узкий гладкий канал, в вертикальном сечении имеющий вид половины окружности радиуса R . В канал опускают без начальной скорости маленький грузик. Когда груз проходит часть окружности, угловой меры α , брусочек начинает сдвигаться с места. Коэффициент трения бруска о стол μ , ускорение свободного падения g .

Найдите отношение массы бруска к массе груза. Получите ответ в общем виде и найдите численное значение при $\mu = 0,5$; $\alpha = 45^\circ$.



Возможное решение:

Тело в канале движется по окружности. Запишем 2 закон Ньютона для тела массы m в канале в проекции на радиус: $ma_{\text{цс}} = F - mg\sin\alpha$; $a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R}$

Закон сохранения энергии для маленького тела: $m \frac{v^2}{2} = mgR\sin\alpha$

Выразим силу реакции опоры со стороны бруска на тело массы m в канале:

$$F = 3mg\sin\alpha.$$

Условие сдвига бруска: $F\cos\alpha = \mu N$; $N = F\sin\alpha + Mg$.

$$3mg\sin\alpha\cos\alpha = \mu(3mg\sin^2\alpha + M), \text{ откуда } \frac{M}{m} = \frac{3\sin\alpha}{\mu}(\cos\alpha - \mu\sin\alpha)$$

$$\mu < \text{ctg}\alpha;$$

$$\text{При } \mu = 0,5; \alpha = 45^\circ \quad \frac{M}{m} = 1,5$$

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>10</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

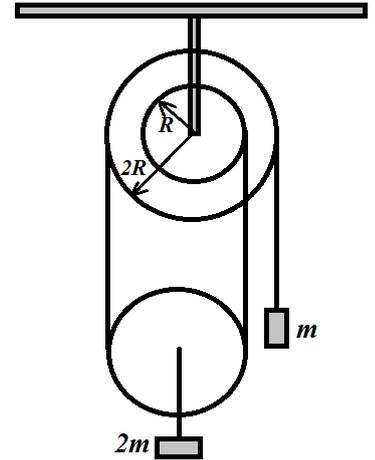
Критерии оценивания:

		баллы
1.	2 закон Ньютона для тела массы m в канале в проекции на радиус: $ma_{цс} = F - mgsin\alpha$	2
2.	$a_{цс} = \frac{v^2}{R}$	1
3.	ЗСЭ для тела m $m\frac{v^2}{2} = mgRsin\alpha$	1
4.	Для бруска по горизонтальной оси $Fcos\alpha = \mu N$	1
5.	Для бруска по вертикали $N = Fsin\alpha + Mg$	1
6.	Выражено $\frac{M}{m} = \frac{3sin\alpha}{\mu} (cos\alpha - \mu sin\alpha)$	2
7.	Записано условие на коэффициент трения $\mu < ctg\alpha$	1
8.	При $\mu = 0,5; \alpha = 45^\circ \frac{M}{m} = 1,5$	1
	Сумма:	10

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	10	08.11.2023	10.00	13.00

3. Система блоков

Найдите ускорения грузов в системе, изображенной на рисунке. Блоки невесома, нить невесома, нерастяжима и не проскальзывает по верхнему двухступенчатому блоку с радиусами R и $2R$. Один конец нити закреплен на блоке и намотан на малый радиус двухступенчатого блока, ко второму концу прикреплен груз массой m . Второй груз массой $2m$ подвешен к оси нижнего блока. Трение в осях блоков отсутствует. Ускорение свободного падения g . Ступенчатый блок состоит из двух соосных цилиндров и поворачивается, как единое целое. Нить по блоку не проскальзывает.



Возможное решение:

Расставим силы. Запишем 2 закон Ньютона для тела массы m :

$$ma_2 = mg - T_2 \quad (1)$$

Запишем 2 закон Ньютона для тела массы $2m$ вместе с блоком (можно записать по отдельности):

$$2ma_1 = 2mg - 2T \quad (\text{в проекции на ось } x), \quad (2)$$

или

$$2ma_1 = 2T - 2mg \quad (\text{если сразу выбрано направление ускорения})$$

Т.к. блоки невесома, сумма моментов сил равна нулю, запишем для ступенчатого блока:

$$T \cdot 2R - TR - T_2 \cdot 2R = 0 \quad (3)$$

Из этого выражения получаем $T_2 = T/2$

Найдем связь ускорений либо через малые перемещения, либо через вирт. работу:

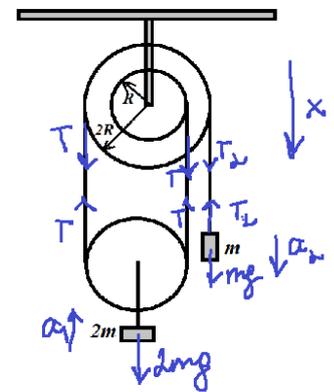
При повороте верхнего блока на угол α по часовой стрелке изменения длин нитей:

$$\Delta l_1 = -\alpha \cdot 2R + \alpha \cdot R = -\alpha \cdot R$$

$$\Delta l_2 = \alpha \cdot 2R$$

Тогда перемещение правого груза: $\Delta x_2 = \Delta l_2 = \alpha \cdot 2R$

а перемещение левого груза: $\Delta x_1 = \Delta l_1/2 = -\alpha \cdot R/2,$



<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>10</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

отношение проекций ускорений на ось x :

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = -4 \quad (4)$$

Или для модулей ускорений:

$$\frac{a_2}{a_1} = 4$$

(Если через работу сил: $2T \cdot \Delta x_1 + T_2 \cdot \Delta x_2 = 0$, откуда $\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = -\frac{2T}{T_2} = -4$ и получаем выражение (4) существенно быстрее)

Решаем систему уравнений, находим проекции ускорений на ось x :

$$a_2 = \frac{4}{9}g; \quad a_1 = -\frac{1}{9}g \text{ (левое тело движется вверх)}$$

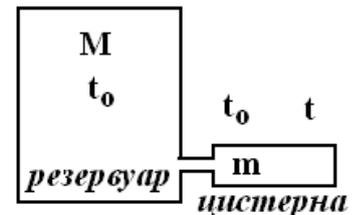
Критерии оценивания:

		баллы
9.	Рисунок с силами (если силы натяжения одинаковы, то <i>1 балл</i>)	2
10.	выписан 2 закон Ньютона для 1 тела вместе с блоком $2ma_1 = 2mg - 2T$	2
11.	выписан 2 закон Ньютона для 2 тела: $ma_2 = mg - T_2$	1
12.	Найдена кинематическая связь между ускорениями тел $\frac{a_2}{a_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = -4$	2
13.	сумма моментов сил равна нулю для ступенчатого блока: $T \cdot 2R - TR - T_2 \cdot 2R = 0$	1
14.	Найдены ускорения: $a_2 = \frac{4}{9}g; \quad a_1 = -\frac{1}{9}g$ Правое тело движется вниз, левое вверх	2
	Сумма:	10

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>10</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

4. Чтобы вошло больше

Резервуар соединён тонкой трубкой с цистерной. При одинаковой температуре $t_0 = 27\text{ }^\circ\text{C}$ в цистерне была масса газа $m = 1\text{ т}$, а в резервуаре – масса $M = 10\text{ т}$. Какая масса газа Δm войдёт в цистерну после понижения температуры в ней до $t = -73\text{ }^\circ\text{C}$ при прежней температуре в резервуаре? Газ считать идеальным.



Возможное решение

Найдём отношение объёмов из равенства давлений при одинаковой температуре, а то есть равенства плотностей $M/V = m/v$ <2 балла>.

Из применения уравнения состояния идеального газа к конечному состоянию <2 балла> и условия равенства давлений <1 балл> получим уравнение для искомой массы $(M - \Delta m)T_0/V = (m + \Delta m)T/v$ <2 балла>.

Откуда искомое $\Delta m = mM(T_0 - T)/(TM + mT_0) \cong 435\text{ кг}$, $T_0 = 300\text{ К}$ и $T = 200\text{ К}$ температуры в кельвинах <3 балла>.

Комментарий: Использование в уравнении состояния температуры в градусах Цельсия грубая ошибка. Тогда за 2, 4 и 5 этапы ноль баллов. Правильный перевод данных и нахождение $T_0 = 300\text{ К}$ и $T = 200\text{ К}$ при отсутствии дальнейших верных шагов оценивается в 1 балл. При полном решении этот балл учитывается автоматически в предложенной разбалловке.

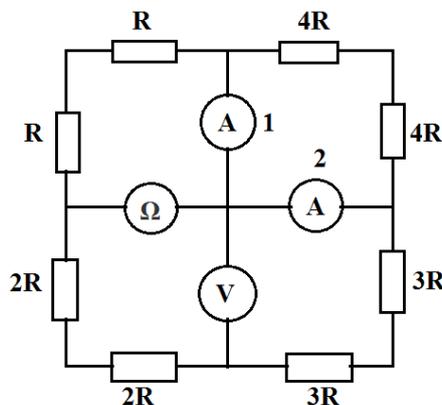
Критерии оценивания

	<i>Этапы решения</i>	<i>соотношения</i>	<i>балл</i>
1.	Нахождение отношения объёмов	$V/v = M/m$ (с выводом!)	2
2.	Применение уравнения состояния газа к резервуару и цистерне		2
3.	Равенство давлений		1
4.	Получение уравнения для Δm	$(M - \Delta m)T_0/V = (m + \Delta m)T/v$	2
5.	Нахождение Δm	$\Delta m = mM(T_0 - T)/(TM + mT_0) \approx 435\text{ кг}$	3
		сумма	10

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
физика	10	08.11.2023	10.00	13.00

5. Приборы в квадрате

В цепи, схема которой представлена на рисунке, омметр показывает сопротивление 100 Ом, а вольтметр – напряжение 3,6 В. Определите показания амперметров. Найдите значение сопротивления R . Амперметры и вольтметр идеальные.



Возможное решение:

Внутри омметра находится батарейка. Сопротивление, которое показывает омметр

$$R_{\Omega} = \frac{U}{I}, \text{ где } U \text{ – напряжение на омметре, } I \text{ – ток через него.}$$

Через сопротивления $4R$ ток не идет, т.к. напряжение на идеальных амперметрах равно нулю.

Пусть ток через первый амперметр I_1 , через второй – I_2 , тогда для верхнего левого квадрата $U = I_1 \cdot 2R$

$$\text{Для нижнего участка } U = I_2 \cdot 10R$$

$$\text{Напряжение вольтметра } V = I_2 \cdot 6R$$

$$\text{Ток через омметр } I = I_1 + I_2$$

$$\text{Из полученных уравнений выражаем } I_1 = 5 I_2, R_{\Omega} = \frac{U}{I} = \frac{I_2 \cdot 10R}{6 I_2} = \frac{10R}{6} = \frac{10V}{6 \cdot 6 I_2};$$

$$R = 0,6 R_{\Omega} = 60 \text{ Ом}; I_2 = \frac{V}{3,6 R_{\Omega}} = 0,01 \text{ А}, I_1 = \frac{5V}{3,6 R_{\Omega}} = 0,05 \text{ А}$$

<i>Предмет</i>	<i>Класс</i>	<i>Дата</i>	<i>Время начала</i>	<i>Время окончания</i>
<i>физика</i>	<i>10</i>	<i>08.11.2023</i>	<i>10.00</i>	<i>13.00</i>

Комментарии: Можно записывать правила Кирхгофа или использовать метод узловых потенциалов, при правильном использовании ставить баллы за аналогичные уравнения. Исходно омметр может быть заменен на ЭДС с внутренним сопротивлением.

Критерии оценивания:

		баллы
8.	Сопротивление, которое показывает омметр $R_{\Omega} = \frac{U}{I}$, где U – напряжение на омметре, I – ток через него.	1
9.	Через сопротивления $4R$ ток не идет	1
10.	Ток через омметр $I = I_1 + I_2$	1
11.	$U = I_1 \cdot 2R, U = I_2 \cdot 10R$	1
12.	$V = I_2 \cdot 6R$ или аналогичное $V = U - I_2 \cdot 4R$	1
13.	$R = 0,6 R_{\Omega} = 60 \text{ Ом}$	1
14.	Найден ток $I_2 = \frac{V}{3,6R_{\Omega}} = 0,01 \text{ А,}$	2
15.	Найден ток $I_1 = \frac{5V}{3,6R_{\Omega}} = 0,05 \text{ А,}$	2
	<i>Сумма баллов:</i>	10