

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</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 приводятся 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](mailto:masha.yuldasheva@mail.ru) или по телефону 8-913-940-45-06 к председателю предметно-методической комиссии олимпиады *Юлдашевой Марии Рашидовне*.

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

### 1. Плотность руды

Образец руды массы 386 г герметически запечатан в пакете из тонкой плёнки вместе с небольшим количеством воздуха. Пакет не надут и не противится сминанию. Его поместили в мензурку с водой и определили объём при нескольких температурах. Определите по данным в таблице плотность руды.



t, °C	7	17	27	37	47
V, мл	48	49	50	51	52

*Возможное решение:*

Если объём образца  $V_0$ , то объём воздуха в пакете равен объёму пакета минус объём образца:

$$V_{\text{в}} = V - V_0 \quad \langle 1 \rangle.$$

Давление воздуха в пакете равно наружному давлению  $P \quad \langle 1 \rangle$ .

Из уравнения состояния идеального газа имеем:  $P(V - V_0) = \nu RT$ , где  $\nu$  число молей воздуха, а  $T = t + 273$  абсолютная температура  $T \quad \langle 1 \rangle$ .

Откуда зависимость объёма пакета от температуры:  $V = V_0 + \nu RT/P \quad \langle 1 \rangle$ .

При постоянном  $P$  это линейная зависимость. Рассматривая приведённую таблицу находим этому подтверждение, а именно отношение приращений объёма к соответствующим приращениям температур  $\Delta V/\Delta T = 0,1$  мл/К, оно одинаково для любых пар табличных данных  $\langle 2 \rangle$ . Можно построить график и сделать вывод по графику.

Из полученной выше формулы  $V = V_0 + \nu RT/P$  находим  $\Delta V/\Delta T = \nu R/P \quad \langle 1 \rangle$ .

Тогда объём образца (в мл)  $V_0 = V - \nu RT/P = V - 0,1T$ , где можно взять данные из любого столбца таблицы, все равно получится  $V_0 = 20$  мл  $\langle 1 \rangle$ .

Плотность образца при его массе  $m = 386$  г даётся отношением этой массы к объёму:  $\rho = m/V_0 = 19,3$  г/мл =  $19,3$  г/см<sup>3</sup>  $\langle 2 \rangle$ .

*Интересно, что плотность золота при 20°C 19,31 г/см<sup>3</sup>.*

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

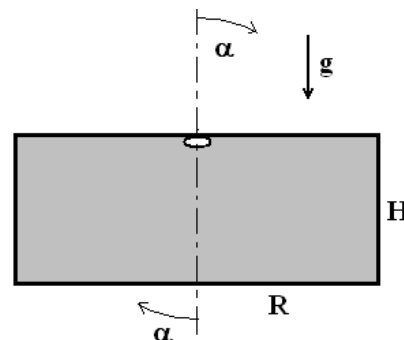
*Критерии оценивания:*

№	Этапы решения	соотношения	балл
1	Выражение для объёма воздуха в пакете	$V_B = V - V_o$	1
2	Равенство давления воздуха наружному	$P = P_o$	1
3	Уравнение состояния идеального газа	$P(V - V_o) = \nu RT$	1
4	Зависимость объёма пакета от температуры	$V = V_o + \nu RT/P$	1
5	Постоянство отношения $\Delta V/\Delta T$ по данным таблицы (или по построенному графику)	$\Delta V/\Delta T = 0,1 \text{ мл/К}$	2
6	Нахождение $\Delta V/\Delta T$ при постоянном давлении	$\Delta V/\Delta T = \nu R/P$	1
7	Нахождение объёма образца	$V_o = V - \nu RT/P = V - 0,1T$ (в мл)	1
8	Нахождение плотности образца	$\rho = m/V_o = 19,3 \text{ г/мл} = 19,3$ $\text{г/см}^3$	2
		<b>сумма</b>	<b>10</b>

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

## 2. Поворот бака

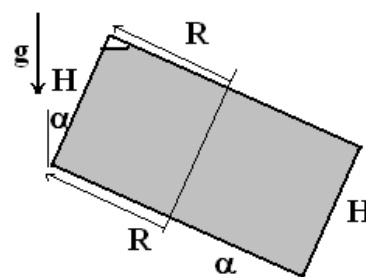
Закрытый бак радиуса  $R$  и высоты  $H$  заполнен жидкостью с небольшим объёмом воздуха. Ось бака отклонили от вертикали на угол  $\alpha$  ( $\alpha \leq 90^\circ$ ). Найдите силу давления жидкости на дно. Масса жидкости  $m$ , давление воздуха  $P_0$ , ускорение свободного падения  $g$ .



*Возможное решение:*

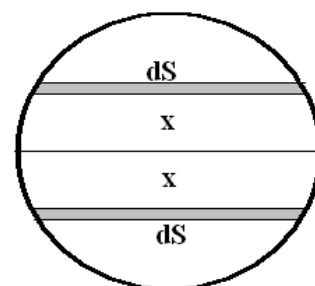
При повороте оси на угол  $\alpha$  воздух окажется в верхнем углу (рис. 1) <1>. Давление жидкости на границе с воздухом равно давлению воздуха  $P_0$  <1>.

Давление на дне сосуда меняется от  $P_{\min}$  – в верхней точке дна, до  $P_{\max}$  в нижней. При погружении на глубину  $h$  давление возрастает на  $\rho gh$ , где  $\rho$  плотность жидкости, поэтому  $P_{\min} = P_0 + \rho gh_1$ , где  $h_1 = H \cos \alpha$  глубина у верхней точки дна от границы с воздухом <1>.



Давление в нижней точке  $P_{\max} = P_{\min} + \rho gh_2$ , она ниже верхней на  $h_2 = 2R \sin \alpha$ , и  $P_{\max} = P_0 + \rho g H \cos \alpha + 2 \rho g R \sin \alpha$  <1>. Давление на средней

линии дна  $P_{\text{ср}} = P_0 + \rho g H \cos \alpha + \rho g R \sin \alpha$  <1>. Чтобы рассчитать силу давления на дно, рассмотрим полоски площади  $dS$ , симметричные относительно средней линии, находящиеся на расстоянии  $x$  от неё. Одна выше средней линии на  $x \sin \alpha$ , а другая ниже на столько же (рис. 2). Соответственно давления на этих полосках будут  $P_{\text{ср}} - \rho g x \sin \alpha$  и  $P_{\text{ср}} + \rho g x \sin \alpha$ , сумма же сил давления



$(P_{\text{ср}} - \rho g x \sin \alpha) dS + (P_{\text{ср}} + \rho g x \sin \alpha) dS = 2 P_{\text{ср}} dS$  <2>. Поскольку всё дно разбивается на такие пары полосок, то сила действующая на дно находится умножением среднего давления на площадь дна:  $F = (P_0 + \rho g (H \cos \alpha + R \sin \alpha)) \pi R^2$  <1>.

Так как масса жидкости  $m = \rho \pi R^2 H$ , то окончательный ответ для искомой силы  $F = P_0 \pi R^2 + mg (H \cos \alpha + R \sin \alpha) / H$  <2>.

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

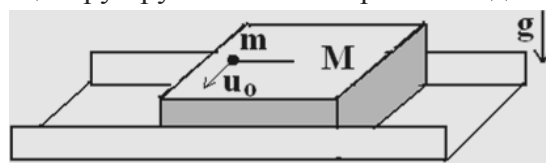
*Критерии оценивания:*

№	Этапы решения	соотношения	балл
1	Воздух в верхнем углу		1
2	Давление жидкости на границе с воздухом	$P = P_0$	1
3	Давление жидкости в верхней и нижней точках дна	$P_{\min} = P_0 + \rho g H \cos \alpha;$ $P_{\max} = P_0 + \rho g H \cos \alpha + 2\rho g R \sin \alpha$	1+1
4	Давление жидкости на средней высоте дна	$P_{\text{ср}} = P_0 + \rho g H \cos \alpha + \rho g R \sin \alpha$	1
5	Рассмотрение симметричных полосок, обоснование использования $P_{\text{ср}}$ для расчёта силы давления. <i>Может быть взят интеграл, при правильном расчёте тоже засчитывается.</i>		2
6	Нахождение силы давления на дно (через $P_{\text{ср}}$ или интегрированием)	$F = (P_0 + \rho g (H \cos \alpha + R \sin \alpha)) \pi R^2$	1
7	Окончательный ответ	$F = P_0 \pi R^2 + mg (H \cos \alpha + R \sin \alpha) / H$	2
		<b>сумма</b>	<b>10</b>

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

### 3. Скорость после поворота

Брусек массы  $M$  стоит на горизонтальном дне закреплённого лотка, касаясь боковых стенок. На бруске находится шайба массы  $m$ , привязанная нитью к центру бруска. Нить направлена вдоль лотка. Шайбу толкнули под прямым углом к нити со скоростью  $u_0$ . Какова скорость шайбы в момент, когда она повернётся на угол  $\alpha = 30^\circ$ ? Трения нет.



*Возможное решение:*

При отсутствии трения проекция внешних сил на направление движения бруска нулевая. Поэтому проекция импульса на это направление сохраняется <2>.

Поскольку в начале она равна нулю, то из сохранения её после поворота на угол  $\alpha = 30^\circ$  имеем  $mu/2 = Mv$ , где  $v$  скорость бруска <3>.

При отсутствии трения суммарная кинетическая энергия неизменна <1>.

Откуда имеем  $mu_0^2/2 = mu^2/2 + Mv^2/2 = (mu^2/2)(1 + m/4M)$  <2>.

А для квадрата искомой скорости  $u^2 = 4Mu_0^2/(m + 4M)$  или соответствующее выражение для  $u$ :

$$u = \sqrt{\frac{4Mu_0^2}{m + 4M}} \quad <2>.$$

*Критерии оценивания:*

№	Этапы решения	соотношения	балл
1	Сохранение проекции импульса вдоль лотка		2
2	Нахождение связи скоростей при $\alpha = 30^\circ$	$mu/2 = Mv$	3
3	Сохранение суммарной кинетической энергии		1
4	Уравнение для искомой скорости	$mu_0^2/2 = mu^2/2 + Mv^2/2 = (mu^2/2)(1 + m/4M)$	2
5	Нахождение искомой скорости	$u^2 = \frac{4Mu_0^2}{m + 4M}$ $u = \sqrt{\frac{4Mu_0^2}{m + 4M}}$	2
		<b>сумма</b>	<b>10</b>

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

#### 4. Теплоемкость в процессе

С 1 молем идеального одноатомного газа совершают процесс **1-2**, который представляет из себя линейную зависимость давления от объема, в точке **1** давление равно **2p<sub>0</sub>**, объем равен **V<sub>0</sub>**, в точке **2** – давление **p<sub>0</sub>**, объем равен **2V<sub>0</sub>**.

1. Выразите, как зависит молярная теплоемкость газа в этом процессе от объема  $V$ .
2. Найдите молярную теплоемкость в точке 1 и точке 2.
3. При каком значении объема молярная теплоемкость будет равна нулю?
4. При каком значении объема молярная теплоемкость будет бесконечной?
5. Найдите работу, совершенную газом в процессе **1-2** и подведенное тепло.

*Возможное решение:*

1) Молярная теплоемкость:  $c = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta T}$  при  $\Delta T \rightarrow 0$

1 начало термодинамики:  $\Delta Q = \frac{3\nu R \Delta T}{2} + \Delta A$ ; при небольшом изменении объема  $\Delta A = p \Delta V$

(можно сразу писать в дифференциальном виде 1 начало термодинамики  $\Delta Q = \frac{3\nu R dT}{2} + p dV$ )

Уравнение прямой (процесс 1-2):  $p = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$ , можно получить либо построив график, найдя угловой коэффициент и точку пересечения с осью  $V$ , либо подставив в уравнение прямой две известные точки  $(V_0, 2p_0)$  и  $(2V_0, p_0)$ .

Уравнение состояния идеального газа  $pV = \nu RT$ ,

Выразим молярную теплоемкость:  $c = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta T} = \frac{3}{2}R + \frac{p \Delta V}{\nu \Delta T} = \frac{3}{2}R + \frac{p dV}{\nu dT}$  (1), выражаем  $V$  через  $T$ , берем

производную  $p = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$ ,  $pV = \nu RT$ ,  $(3p_0 - \frac{p_0}{V_0} V) V = \nu RT$ , дифференцируем обе части или

находим сначала  $\frac{dT}{dV}$ .

Полученное  $\frac{dV}{dT} = \frac{\nu R}{p_0(3 - \frac{2V}{V_0})}$  подставляем в (1), получаем

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

$$c = \frac{3}{2}R + \frac{3p_0 - \frac{p_0}{V_0}V}{p_0(3 - \frac{2V}{V_0})}R = \frac{15V_0 - 8V}{2(3V_0 - 2V)}R$$

Или так:  $c = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta T} = \frac{3}{2}R + \frac{p\Delta V}{\Delta(pV)} = \frac{3}{2}R + R \frac{p\Delta V}{p\Delta V + V\Delta p} = \frac{3}{2}R + R \frac{1}{1 + \frac{V\Delta p}{p\Delta V}}$

Воспользуемся графиком:  $\frac{V}{p} = \frac{V}{3p_0 - \frac{p_0}{V_0}V}$ , угловой коэффициент  $k = \frac{\Delta p}{\Delta V} = -\frac{p_0}{V_0}$

$$c = \frac{3}{2}R + R \frac{1}{1 + \frac{V\Delta p}{p\Delta V}} = \frac{15V_0 - 8V}{2(3V_0 - 2V)}R$$

2) в точке 1:  $c_1 = \frac{15V_0 - 8V_0}{2(3V_0 - 2V_0)}R = \frac{7}{2}R$ ; в точке 2:  $c_2 = \frac{15V_0 - 16V_0}{2(3V_0 - 4V_0)}R = \frac{1}{2}R$

3) теплоемкость равна нулю в точке  $V = \frac{15}{8}V_0$  (это можно найти из уравнения адиабаты, в этой точке адиабата касается этой прямой)

4) теплоемкость бесконечна, когда знаменатель равен нулю  $V = \frac{3}{2}V_0$  (это можно сказать и сразу, т.к. в этой точке температура минимальна, изотерма касается этой прямой)

5) Построим график  $p(V)$

Работу найдем, как площадь под графиком  $A = \frac{3}{2}p_0V_0$ . (если находят аналитически, интегрируя, не используя график, это тоже правильно)

Теплоту находим, используя 1 начало термодинамики, важно, что только до точки, где теплоемкость станет равной нулю!!!, т.е.  $V = \frac{15}{8}V_0, p = \frac{9}{8}p_0$

изменение внутренней энергии  $\Delta U = \frac{3}{2}\Delta(pV)$  = (можно писать сразу)

$$\Delta Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\left(\frac{15 \cdot 9}{8}p_0V_0 - 2p_0V_0\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{15}{8} - 1\right)\left(\frac{9}{8} + 2\right)p_0V_0 = \frac{196}{128}p_0V_0 = \frac{49}{32}p_0V_0 \approx 1,53p_0V_0$$



Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

*Критерии оценивания:*

1.	Записано уравнение процесса $p = 3p_0 - \frac{p_0}{V_0}V$	1
2.	Записано определение молярной теплоемкости	1
3.	Записано уравнение состояния $pV = \nu RT$	0,5
4.	Получено выражение молярной теплоемкости в процессе $c = \frac{3}{2}R + \frac{3p_0 - \frac{p_0}{V_0}V}{p_0(3 - \frac{2V}{V_0})}R = \frac{15V_0 - 8V}{2(3V_0 - 2V)}R$	2
5.	Найдено $c_1$	0,5
6.	Найдено $c_2$	0,5
7.	теплоемкость равна нулю в точке $V = \frac{15}{8}V_0$	0,5
8.	теплоемкость бесконечна в точке, где $V = \frac{3}{2}V_0$	0,5
9.	Найдена работа в процессе (площадь по графиком, или интеграл)	1
10.	Записано 1 начало термодинамики	0,5
11.	Подведенное тепло находится до точки, где теплоемкость стала равна нулю	1
12.	Найдено тепло $\Delta Q = \frac{196}{128}p_0V_0 = \frac{49}{32}p_0V_0 \approx 1,53p_0V_0$	1
	<b>сумма</b>	<b>10</b>

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

### 5. Конденсатор

Металлический шарик радиуса  $R$  и металлический шарик в два раза меньшего радиуса, соединяют длинными проводами с обкладками незаряженного плоского конденсатора (см. рис.). Ключ исходно не замкнут, большой шарик заряжают зарядом  $q_0$ , затем замыкают ключ. Расстояние между пластинами конденсатора  $d$ , ёмкость  $c$ .

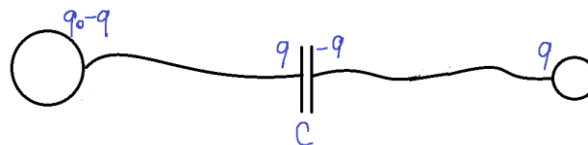
1. Какой заряд окажется на конденсаторе?
2. Найдите силу, с которой будут притягиваться пластины конденсатора.
3. Какое количество тепла выделилось в системе?

Ёмкостью проводов пренебречь.



*Возможное решение:*

После замыкания заряды перераспределятся, если на левой обкладке конденсатора оказался заряд  $q$ , то на правой будет  $-q$ , и по закону сохранения заряда, на поверхности левого шара будет заряд  $q_0 - q$ , а на поверхности правого шара  $q$ .



Напряжение на конденсаторе  $U = \frac{q}{c}$

С другой стороны оно равно разности потенциалов сфер

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{k(q_0 - q)}{R} - \frac{kq}{R/2} = \frac{k(q_0 - 3q)}{R}$$

$$\frac{q}{c} = \frac{k(q_0 - 3q)}{R}, \text{ тогда } q = \frac{kcq_0}{R + 3kc} = q_0 \frac{1}{\frac{R}{kc} + 3}$$

Сила притяжения одной пластины конденсатора к другой  $F = qE_1 = qE/2$ ,

Где  $E_1$  — это поле другой пластины, которое равно половине поля в конденсаторе.

Поле в конденсаторе можно выразить через напряжение  $E = \frac{U}{d}$ ,  $U = \frac{q}{c}$

$$\text{Тогда } F = q \frac{U}{2d} = \frac{q^2}{2cd} = \frac{k^2 q_0^2 c}{2d(R + 3kc)^2},$$

Для нахождения выделившегося тепла запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{kq_0^2}{2R} = \frac{q^2}{2c} + \frac{k(q - q_0)^2}{2R} + \frac{kq^2}{R} + Q$$

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

(Энергию заряженной сферы можно найти, зная ёмкость уединенной сферы  $c_c = 4\pi\epsilon_0 R = \frac{R}{k}$ ,

или как  $\sum \frac{q_i\varphi}{2} = \frac{q_{сф}\varphi}{2}$ )

$$\text{Тогда } Q = \frac{kq_0^2}{2R} - \frac{q^2}{2c} - \frac{k(q-q_0)^2}{2R} - \frac{kq^2}{R} = \frac{kq_0q}{2R} = \frac{kq_0^2}{2R\left(\frac{R}{kc}+3\right)}$$

Критерии оценивания:

		баллы
1.	Показано, как перераспределились заряды	1
2.	Найдено напряжение на конденсаторе, как разность потенциалов заряженных сфер	1
3.	Связь напряжения на конденсаторе с ёмкостью	0,5
4.	Правильно найдены потенциалы сфер $\frac{k(q_0 - q)}{R}$ и $\frac{kq}{R/2}$	1
5.	Найдено заряд на конденсаторе $q = \frac{kcq_0}{R+3kc} = q_0 \frac{1}{\frac{R}{kc}+3}$	1
6.	Сила притяжения одной пластины конденсатора к другой $F = qE_1 = qE/2$	1
7.	Выражена сила $F = \frac{k^2q_0^2c}{2d(R+3kc)^2}$	1
8.	Формула для нахождения энергии конденсатора (достаточно в общем виде)	0,5
9.	Получено выражение для энергии заряженной сферы (достаточно в общем виде)	1
10.	Записан закон сохранения энергии с учетом выделившегося тепла	1
11.	Получено выражение для $Q = \frac{kq_0^2}{2R} - \frac{q^2}{2c} - \frac{k(q-q_0)^2}{2R} - \frac{kq^2}{R} = \frac{kq_0^2}{2R\left(\frac{R}{kc}+3\right)}$	1
	<b>Сумма баллов:</b>	<b>10</b>

Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

### 1. Плотность руды

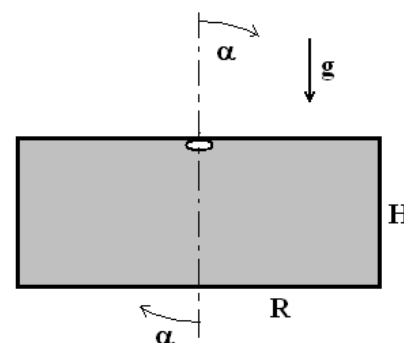
Образец руды массы 386 г герметически запечатан в пакете из тонкой плёнки вместе с небольшим количеством воздуха. Пакет не надут и не противится сминанию. Его поместили в мензурку с водой и определили объём при нескольких температурах. Определите по данным в таблице плотность руды.

$t, ^\circ\text{C}$	7	17	27	37	47
$V, \text{мл}$	48	49	50	51	52



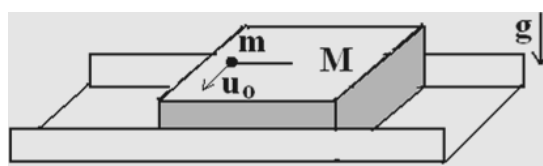
### 2. Поворот бака

Закрытый бак радиуса  $R$  и высоты  $H$  заполнен жидкостью с небольшим объёмом воздуха. Ось бака отклонили от вертикали на угол  $\alpha$  ( $\alpha \leq 90^\circ$ ). Найдите силу давления жидкости на дно. Масса жидкости  $m$ , давление воздуха  $P_0$ , ускорение свободного падения  $g$ .



### 3. Скорость после поворота

Брусok массы  $M$  стоит на горизонтальном дне закреплённого лотка, касаясь боковых стенок. На бруске находится шайба массы  $m$ , привязанная нитью к центру бруска. Нить направлена вдоль лотка. Шайбу толкнули под прямым углом к нити со скоростью  $u_0$ . Какова скорость шайбы в момент, когда она повернётся на угол  $\alpha = 30^\circ$ ? Трения нет.



Предмет	Класс	Дата	Время начала	Время окончания
<i>физика</i>	<i>11</i>	<i>11.11.2022</i>	<i>11:00</i>	<i>14:00</i>

#### 4. Теплоемкость в процессе

С одним молем идеального одноатомного газа совершают процесс **1-2**, который представляет из себя линейную зависимость давления от объема, в точке **1** давление равно  $2p_0$ , объем равен  $V_0$ , в точке **2** – давление  $p_0$ , объем равен  $2V_0$ .

1. Выразите, как зависит молярная теплоемкость газа в этом процессе от объема  $V$ .
2. Найдите молярную теплоемкость в точке **1** и точке **2**.
3. При каком значении объема молярная теплоемкость будет равна нулю?
4. При каком значении объема молярная теплоемкость будет бесконечной?
5. Найдите работу, совершенную газом в процессе **1-2** и подведенное тепло.

#### 5. Конденсатор

Металлический шарик радиуса  $R$  и металлический шарик в два раза меньшего радиуса, соединяют длинными проводами с обкладками незаряженного плоского конденсатора (см. рис.). Ключ изначально не замкнут, большой шарик заряжают зарядом  $q_0$ , затем замыкают ключ. Расстояние между пластинами конденсатора  $d$ , ёмкость  $c$ .

1. Какой заряд окажется на конденсаторе?
2. Найдите силу, с которой будут притягиваться пластины конденсатора.
3. Какое количество тепла выделилось в системе?

Ёмкостью проводов пренебречь.

