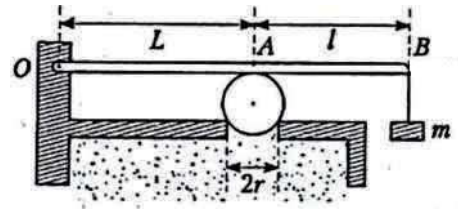


Задача 1. Регулировочный клапан.

На паровом котле установлен клапан для выпуска части пара, если его давление превысит норму. Клапан представляет собой шар, прижимаемый к отверстию в котле рычагом, который может вращаться относительно точки O . На рисунке расстояние $OA = L$, $AB = l$, масса гири — m , радиус отверстия — r , атмосферное давление — P_0 .



- 1) Если бы стержень был невесомым, то с какой бы силой он давил на поверхность шара?
- 2) Если стержень однородный и обладает массой равной массе гири, то какой силой он будет давить на шар в этом случае?
- 3) При каком давлении пара в котле - «сработает» - клапан (пар приподнимет шар и откроет отверстие в котле), если масса шара тоже m , а стержень однородный и обладает массой равной массе гири?

Возможное решение

1) Стержень является рычагом.

Условие его равновесия $F_1L = mg(L+l)$, где F_1 - сила давления шара на стержень.

$F_1 = mg(L+l)/L$. Стержень с такой же по модулю силой давит на шар. (2 балла)

2) От точки O центр тяжести стержня находится на расстоянии $X_c = (L+l)/2$. (1 балл)

$mg(L+l)/2 + mg(L+l) = F_2L$ (2 балла)

$F_2 = 3mg(L+l)/2L$ (1 балл)

3) С учетом массы шара получим $F_2 + mg + F_{атм} \leq F_{пара}$ (1 балл),

$F_{пара} = P_{пара} \pi r^2$, $F_{атм} = P_0 \pi r^2$ (1 балл)

$3mg(L+l)/2L + mg + P_0 \pi r^2 \leq P_{пара} \pi r^2$

и $P_{пара} \geq P_0 + mg(5L+3l)/2L\pi r^2$ (2 балла)

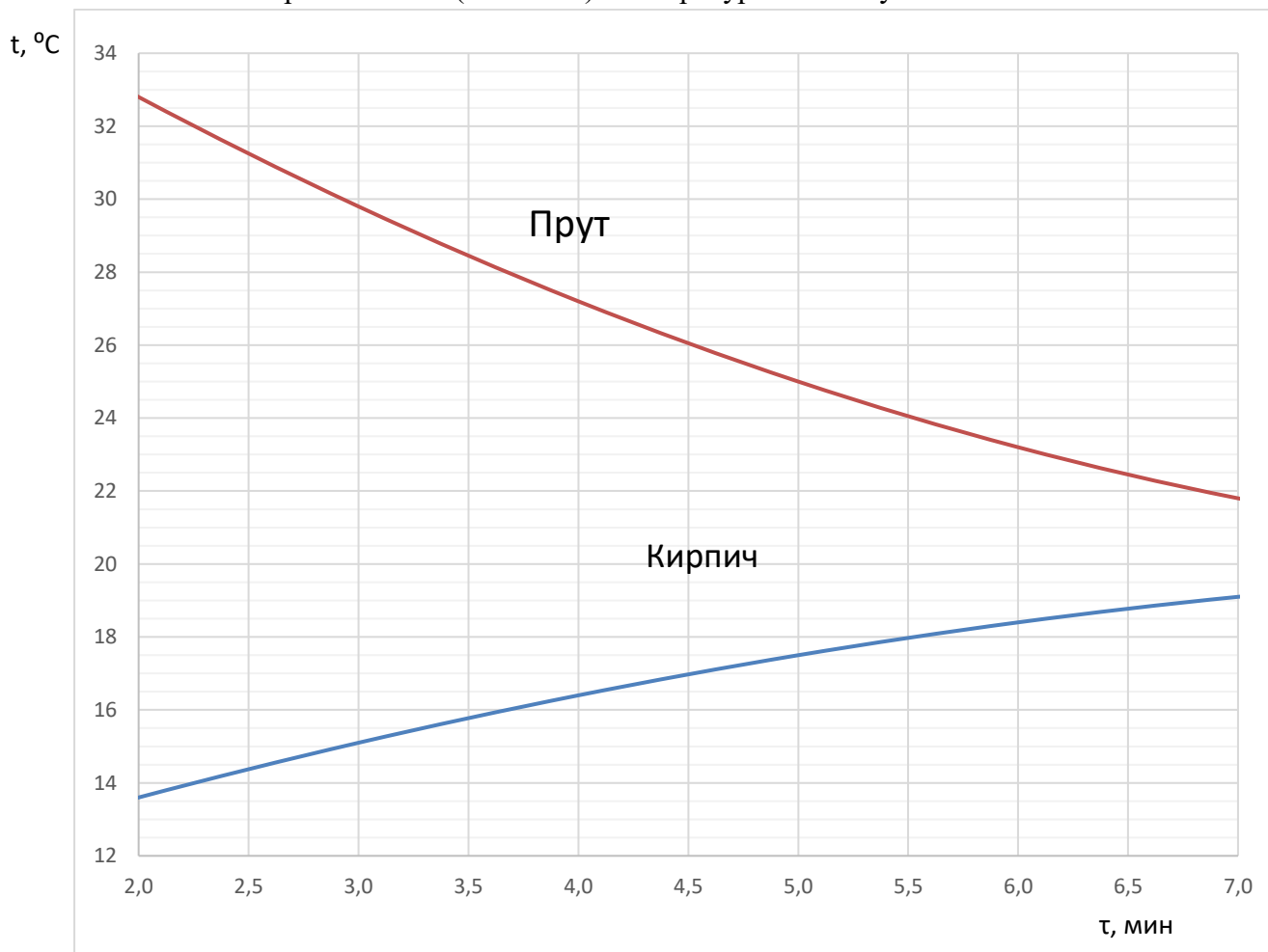
Если не учтено давление атмосферы, то -1 балл.

Задача 2. Лелик и Болик.

Лелик и Болик проводили опыты. Лелик любит нагревать тела, а Болик охлаждать. Чтобы провести совместный опыт, Лелик взял со стройки кирпич, а Болик металлический прут. Предварительно охладив кирпич и нагрев прут, они положили их друг на друга и стали записывать показания термометров. Но затем им это надоело, и они решили, не дожидаясь окончания процесса, построить график зависимости температуры тел от времени. Считайте, что прут при охлаждении всю энергию отдавал кирпичу.

Ответьте на несколько вопросов:

1. Во сколько раз отличаются теплоемкости используемых тел?
2. Какова равновесная (конечная) температура используемых тел?



Возможное решение

Для определения отношения теплоемкостей необходимо взять такой участок графика, на котором возможно определить начальную и конечную температуру участка наиболее точно. Например, можно взять промежуток времени с 2,5 мин до 7,0 мин. На этом участке мы видим, что температура прута изменялась от 31,25 °C до 21,75 °C, а температура кирпича от 14,5 °C до 19 °C. Т.к. тепло передавалось только от прута к кирпичу, то за можем составить уравнение:

$$C_{\text{п}} \Delta t_{\text{п}} = C_{\text{к}} \Delta t_{\text{к}}, \text{ откуда найдем отношение } \frac{C_{\text{п}}}{C_{\text{к}}} = \frac{\Delta t_{\text{к}}}{\Delta t_{\text{п}}} = \frac{4,5}{10} = 0,45.$$

Примечание: использование разных точек графика для определения отношения емкостей дает разный результат, так как имеются погрешности как определения значений по графику, так и снятия показаний Леликом и Боликом.

Зная соотношение теплоемкостей составим уравнение теплового баланса для конечной температуры:

$C_{\text{п}}(t_{\text{п}} - t_{\text{р}}) = C_{\text{к}}(t_{\text{р}} - t_{\text{к}})$, где $t_{\text{п}}$ и $t_{\text{к}}$ – температуры прута и кирпича в момент времени 2,5 мин.

Подставляя $\frac{C_{\text{п}}}{C_{\text{к}}} = k$, получаем итоговую формулу:

$$t_{\text{р}} = \frac{(kt_{\text{п}} + t_{\text{к}})}{1+k} = \theta = (C_1/C_2 * t_1 + t_2) / (1 + C_1/C_2) = 19,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Критерии оценивания

Действие	Баллы
Выбраны точки таким образом, что временной промежуток одинаков для обоих тел и температура определяется достаточно точно	2
Составлено уравнение теплового баланса для выбранного промежутка времени	2
Найдено соотношение теплоемкостей	2
Составлено уравнение теплового баланса для равновесного состояния	2
Найдена равновесная температура	2

Задача 3. Экспериментальная

1) Определите высоту, радиус, объем и массу цилиндра?

2) С помощью выданного вам оборудования проделайте следующий эксперимент:

- включите весы и установите на них стакан с водой

- цилиндр, подвешенный на нити, медленно опускайте в стакан так, чтобы он не касался стенок и дна.

- Постройте график зависимости показаний весов от высоты погруженной под воду части цилиндра.

3) Вычислите силу натяжения нити в момент, когда цилиндр полностью погружен в воду и не касается стенок и дна стакана.

4) Сделайте рисунок и укажите все силы, действующие на цилиндр, на воду и на стакан в ситуации, описанной в п. 3.

Оборудование: стакан с водой, цилиндр на нити, полоска миллиметровой бумаги, заточенный карандаш, весы электронные.

Примечание: Вы можете делать карандашом пометки на цилиндре.

Возможное решение

Часть 1.

Измерим высоту цилиндра с помощью миллиметровки.

$H=32$ мм (для большого цилиндра 39 мм) **(0,5 балла)**

Для определения радиуса цилиндра измерим длину его окружности с помощью миллиметровки, рассчитаем радиус по формуле $r = \frac{L}{2\pi}$

$L=68$ мм (80 мм)

$r=10,8$ мм (12,7 мм) **(1 балл, если напрямую, то 0,5 балла)**

Объем цилиндра равен $V = H \cdot \pi r^2$

$V=11,7$ см³ (19,8 см³) **(0,5 балла)**

$m=35$ г (53 г) **(0,5 балла)**

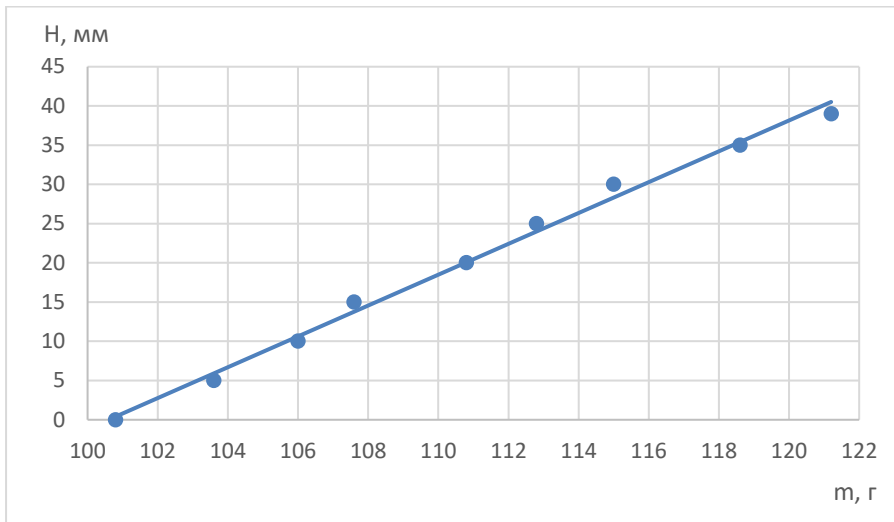
Часть 2.

Для удобства определения высоты погруженной части цилиндра предварительно нарисуем на нем карандашом шкалу (как на линейке), отмеряя расстояния миллиметровкой. **(0,5 балла)**

Проведем эксперименты, запишем измерения в таблицу, построим график. (Опыты проведены для маленького цилиндра).

m, г	100,8	103,6	106	107,6	110,8	112,8	115	118,6	121,2
H, мм	0	5	10	15	20	25	30	35	39

(1 балл)



(1 балл)

Часть 4.

На цилиндр действуют:

- Сила тяжести (вертикально вниз)
- Сила Архимеда (вертикально вверх)
- Сила натяжения нити (вертикально вверх)

(1 балл)

На воду действуют:

- Сила тяжести (вертикально вниз)
- Сила Архимеда со стороны цилиндра (вертикально вниз)
- Сила давления со стороны дна (вертикально вверх)
- Силы давления со стороны боковых стенок (под углом)

(1 балл)

На стакан действуют:

- Сила давления воды на дно (вертикально вниз)
- Сила давления воды на стенки (под углом)
- Сила реакции опоры со стороны весов (вертикально вверх)

(1 балл)

Часть 3.

Чтобы было проще, будем считать стакан и воду как единое тело.

Так как цилиндр находится в равновесии, то $T + F_{\text{арх}} = m_{\text{ц}}g$.

Стакан с водой тоже находятся в равновесии, значит $N = F_{\text{арх}} + Mg$, где M – масса стакана вместе с водой.

Важно понять, что весы измеряют не массу. Они конечно показывают значение в граммах, но на самом деле измеряют силу, действующую на их чашку, а затем переводят эту силу в массу лежащего тела, деля ее на g . Поэтому сила N равна показаниям весов при полностью погруженном цилиндре, умноженным на g .

$$T = m_{\text{ц}}g - F_{\text{арх}} = m_{\text{ц}}g - (N - Mg) = 0,0349 \cdot 9,8 - (0,1212 \cdot 9,8 - 100,8 \cdot 9,8) = 0,142 \text{ Н}$$

(2 балла)

