

# Олимпиада «Физтех» по физике 2018

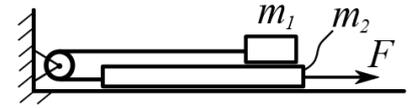
Класс 10

Билет 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Систему из бруска массой  $m_1 = m$  и доски массой  $m_2 = 2m$ , находящихся на горизонтальном столе, приводят в движение, прикладывая к доске горизонтальную силу  $F$  (см. рис.). Коэффициент трения между столом и доской и между горизонтальной поверхностью доски и бруском равен  $\mu$ . Массой горизонтально натянутой нити, массой блока и трением в его оси пренебречь.



- 1) Найти ускорение  $a_1$  доски, если бы не было трения.
- 2) Найти ускорение  $a_2$  доски, если есть трение и параметры  $F, m, \mu$  подобраны так, что есть движение.

2. Пустую стеклянную бутылку опускают в цилиндрический сосуд с водой с вертикальными стенками. Бутылка стала плавать, а уровень воды в сосуде поднялся на  $H_1 = 3$  см. Затем в бутылку медленно наливают воду. Когда масса налитой воды достигает некоторой величины, бутылка начинает тонуть. Уровень воды в сосуде за время наливания поднялся ещё на  $H_2 = 1$  см. Плотность стекла  $\rho_0 = 3$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>. Площадь внутреннего сечения сосуда  $S = 250$  см<sup>2</sup>.

- 1) Найти массу пустой бутылки.
- 2) Найти массу воды, налитой в бутылку.
- 3) Найти вместимость пустой бутылки.

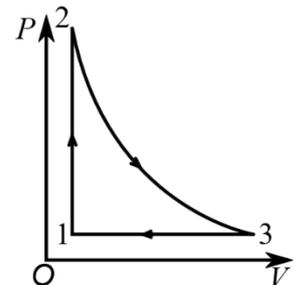
3. Ракета стартует вертикально. К  $t_1 = 30$  секунде полёта вес выводимого на орбиту спутника увеличился в  $k_1 = 1,5$  раза (относительно веса перед стартом), к  $t_2 = 60$  секунде полёта вес спутника был уже в  $k_2 = 2,0$  раза больше, чем перед стартом. Считать массовый расход топлива постоянным. Сопротивлением воздуха и изменением ускорения свободного падения с высотой пренебречь. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

- 1) Найти ускорение ракеты в момент времени  $t_1$ .
- 2) Определите скорость  $u$  вытекания продуктов сгорания относительно сопла, считая её постоянной.

4. В цилиндре под поршнем находятся в равновесии воздух, водяной пар и вода. Отношение масс жидкости и пара  $\alpha = 1/2$ . В медленном изотермическом процессе объём влажного воздуха увеличивается в  $k = 3$  раза.

- 1) Найти относительную влажность воздуха  $\varphi_1$  в цилиндре в начале процесса.
- 2) Найти относительную влажность воздуха  $\varphi_2$  в цилиндре в конечном состоянии.

5. Одноатомный идеальный газ нагревается в изохорическом процессе 1-2, затем расширяется в адиабатическом процессе 2-3 и сжимается в изобарическом процессе 3-1 (см. рис.). Отношение работы газа  $A_{23}$  в процессе 2-3 к работе над газом  $A_{31}$  ( $A_{31} > 0$ ) в процессе 3-1  $\frac{A_{23}}{A_{31}} = \frac{36}{7}$ . В процессе сжатия объём газа уменьшается в 8 раз.



- 1) Найти отношение температур  $T_2/T_3$  в состояниях 2 и 3.
- 2) Найти КПД цикла.

# Олимпиада «Физтех» по физике 2018

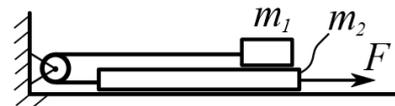
Класс 10

Билет 10-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Систему из бруска массой  $m_1 = m$  и доски массой  $m_2 = 3m$ , находящихся на горизонтальном столе, приводят в движение, прикладывая к доске горизонтальную силу  $F$  (см. рис.). Коэффициент трения между столом и доской и между горизонтальной поверхностью доски и бруском равен  $\mu$ . Массой горизонтально натянутой нити, массой блока и трением в его оси пренебречь.



- 1) Найти ускорение  $a_1$  доски, если бы не было трения.
- 2) Найти ускорение  $a_2$  доски, если есть трение и параметры  $F, m, \mu$  подобраны так, что есть движение.

2. Пустую стеклянную бутылку вместимостью  $V=0,8$  л опускают в цилиндрический сосуд с водой с вертикальными стенками. Бутылка стала плавать, а уровень воды в сосуде поднялся на  $H_1=2$  см. Затем в бутылку медленно наливают воду. Когда масса налитой воды достигает некоторой величины, бутылка начинает тонуть. Уровень воды в сосуде за время наливания поднялся ещё на  $H_2$ . Плотность стекла  $\rho_0 = 2,5$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>. Площадь внутреннего сечения сосуда  $S=250$  см<sup>2</sup>.

- 1) Найти массу пустой бутылки.
- 2) Найти массу воды, налитой в бутылку.
- 3) Найти  $H_2$ .

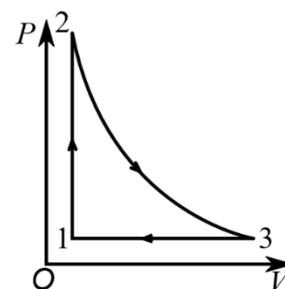
3. Ракета стартует вертикально. К  $t_1 = 10$  секунде полёта вес выводимого на орбиту прибора увеличился в  $k_1 = 1,2$  раза (относительно веса перед стартом), к  $t_2 = 30$  секунде полёта вес прибора был уже в  $k_2 = 1,4$  раза больше, чем перед стартом. Считать массовый расход топлива постоянным. Сопротивлением воздуха и изменением ускорения свободного падения с высотой пренебречь. Принять  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

- 1) Найти ускорение ракеты в момент времени  $t_2$ .
- 2) Определите скорость  $u$  вытекания продуктов сгорания относительно сопла, считая её постоянной.

4. В цилиндре под поршнем находятся в равновесии воздух, водяной пар и вода. Отношение масс жидкости и пара  $\alpha=3/4$ . В медленном изотермическом процессе объём влажного воздуха увеличивается в  $k=7$  раз.

- 1) Найти относительную влажность воздуха  $\varphi_1$  в цилиндре в начале процесса.
- 2) Найти относительную влажность воздуха  $\varphi_2$  в цилиндре в конечном состоянии.

5. Одноатомный идеальный газ нагревается в изохорическом процессе 1-2, затем расширяется в адиабатическом процессе 2-3 и сжимается в изобарическом процессе 3-1 (см. рис.). Отношение работы газа  $A_{23}$  в процессе 2-3 к количеству отведенной от газа теплоты  $Q_{31}$  ( $Q_{31}>0$ ) в процессе 3-1  $\frac{A_{23}}{Q_{31}} = \frac{72}{35}$



. В процессе сжатия объём газа уменьшается в 8 раз.

- 1) Найти отношение температур  $T_2/T_3$  в состояниях 2 и 3.
- 2) Найти отношение количества теплоты  $Q_{12}$ , подведенной к газу в процессе 1-2, к  $Q_{31}$ .

# Олимпиада «Физтех» по физике 2018

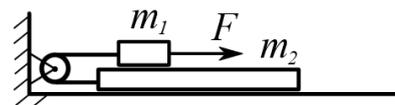
Класс 10

Билет 10-03

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Систему из бруска массой  $m_1 = 2m$  и доски массой  $m_2 = m$ , находящихся на горизонтальном столе, приводят в движение, прикладывая к бруску горизонтальную силу  $F$  (см. рис.). Коэффициент трения между столом и доской и между горизонтальной поверхностью доски и бруском равен  $\mu$ . Массой



горизонтально натянутой нити, массой блока и трением в его оси пренебречь.

- 1) Найти ускорение  $a_1$  доски, если бы не было трения.
- 2) Найти ускорение  $a_2$  доски, если есть трение и параметры  $F, m, \mu$  подобраны так, что есть движение.

2. Пустую стеклянную колбу массой  $m_0 = 750$  г и вместимостью  $V = 0,8$  л опускают в цилиндрический сосуд с водой. Стенки сосуда вертикальны. Колба стала плавать, а уровень воды в сосуде поднялся на некоторую высоту  $H_1$ . Затем в колбу медленно наливают воду. Когда масса налитой воды достигает  $m = 250$  г, колба начинает тонуть. Уровень воды в сосуде за время наливания поднялся ещё на  $H_2$ . Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>. Площадь внутреннего сечения сосуда  $S = 250$  см<sup>2</sup>.

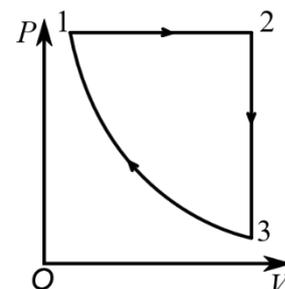
- 1) Найти  $H_1$ .
- 2) Найти  $H_2$ .
- 3) Найти плотность стекла колбы.

3. Два коаксиальных цилиндра разного радиуса  $R_1 = 10$  см и  $R_2 = 20$  см помещены в вакуум. Вдоль образующей внутреннего цилиндра имеется узкая щель. Вдоль оси системы натянута платиновая проволочка, покрытая тонким слоем серебра. Если проволочку с помощью электротока раскалить, то образуется налёт в виде полосы на боковой поверхности внешнего цилиндра напротив щели. Цилиндры приводят во вращение вокруг их общей оси с угловой скоростью  $\omega = 2000$  с<sup>-1</sup>. В результате на боковой поверхности внешнего цилиндра образуется ещё одна полоса налёта, смещённая относительно первой на  $S = 8$  см (расстояние отсчитывается вдоль боковой поверхности). Относительную атомную массу серебра считать  $A = 100$ .

- 1) Найти среднее время пролета атомом промежутка между цилиндрами.
- 2) Найти среднюю скорость атомов серебра.
- 3) Найти температуру нити.

4. Два сосуда соединены короткой трубкой с закрытым краном. В одном сосуде объёмом  $V_1 = 3$  л находится влажный воздух с относительной влажностью  $\varphi_1 = 50\%$  при температуре  $T$ . В другом сосуде объёмом  $V_2 = 2$  л находится влажный воздух с относительной влажностью  $\varphi_2 = 75\%$  при той же температуре. Кран открывают, и влажный воздух в сосудах перемешивается. В сосудах устанавливается та же температура  $T$ . Найти относительную влажность  $\varphi$  воздуха в сосудах.

5. Одноатомный идеальный газ расширяется в изобарическом процессе 1-2, затем охлаждается в изохорическом процессе 2-3 и сжимается в адиабатическом процессе 3-1 (см. рис.). Отношение работы газа  $A_{12}$  в процессе 1-2 к работе над газом  $A_{31}$  ( $A_{31} > 0$ ) в процессе 3-1 равно  $\frac{A_{12}}{A_{31}} = \frac{56}{9}$ . В



процессе расширения объём газа увеличивается в 8 раз.

- 1) Найти отношение температур  $T_1/T_3$  в состояниях 1 и 3.
- 2) Найти КПД цикла.

# Олимпиада «Физтех» по физике 2018

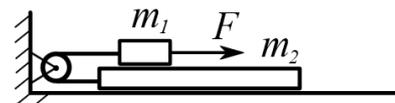
Класс 10

Билет 10-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Систему из бруска массой  $m_1 = 3m$  и доски массой  $m_2 = m$ , находящихся на горизонтальном столе, приводят в движение, прикладывая к бруску горизонтальную силу  $F$  (см. рис.). Коэффициент трения между столом и доской и между горизонтальной поверхностью доски и бруском равен  $\mu$ . Массой горизонтально натянутой нити, массой блока и трением в его оси пренебречь.



- 1) Найти ускорение  $a_1$  бруска, если бы не было трения.
- 2) Найти ускорение  $a_2$  бруска, если есть трение и параметры  $F, m, \mu$  подобраны так, что есть движение.

2. Пустую стеклянную колбу массой  $m_0 = 500$  г опускают в цилиндрический сосуд с водой. Стенки сосуда вертикальны. Колба стала плавать, а уровень воды в сосуде поднялся на некоторую высоту  $H_1$ . Затем в колбу медленно наливают воду. Когда масса налитой воды достигает  $m = 500$  г, колба начинает тонуть. Уровень воды в сосуде за время наливания поднялся ещё на  $H_2$ . Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, плотность стекла  $\rho_0 = 2,5$  г/см<sup>3</sup>. Площадь внутреннего сечения сосуда  $S = 250$  см<sup>2</sup>.

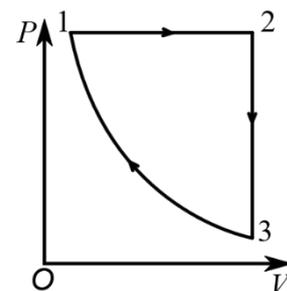
- 1) Найти  $H_1$ .
- 2) Найти  $H_2$ .
- 3) Найти вместимость пустой колбы.

3. Два коаксиальных цилиндра разного радиуса  $R_1 = 5$  см и  $R_2 = 25$  см помещены в вакуум. Вдоль образующей внутреннего цилиндра имеется узкая щель. Вдоль оси системы натянута платиновая проволочка, покрытая тонким слоем серебра. Если проволочку с помощью электротока раскалить до температуры  $T = 1000$  К, то образуется налёт в виде полосы на боковой поверхности внешнего цилиндра напротив щели. Цилиндры приводят во вращение вокруг их общей оси с некоторой угловой скоростью  $\omega$ . В результате на боковой поверхности внешнего цилиндра образуется ещё одна полоса налёта, смещённая относительно первой на  $S = 7$  см (расстояние отсчитывается вдоль боковой поверхности). Относительную атомную массу серебра считать  $A = 100$ .

- 1) Найти среднюю скорость атомов серебра.
- 2) Найти среднее время пролета атомом промежутка между цилиндрами.
- 3) Найти угловую скорость  $\omega$  системы.

4. Два сосуда соединены короткой трубкой с закрытым краном. В одном сосуде объёмом  $V_1 = 3,5$  л находится влажный воздух с относительной влажностью  $\varphi_1 = 40\%$  при температуре  $T$ . В другом сосуде объёмом  $V_2 = 2,5$  л находится влажный воздух с относительной влажностью  $\varphi_2 = 60\%$  при той же температуре. Кран открывают, и влажный воздух в сосудах перемешивается. В сосудах устанавливается та же температура  $T$ . Найти относительную влажность  $\varphi$  воздуха в сосудах.

5. Одноатомный идеальный газ расширяется в изобарическом процессе 1-2, затем охлаждается в изохорическом процессе 2-3 и сжимается в адиабатическом процессе 3-1 (см. рис.). Отношение работы над газом  $A_{31}$  ( $A_{31} > 0$ ) в процессе 3-1 к количеству теплоты  $Q_{12}$ , полученной газом в процессе



1-2, равно  $\frac{A_{31}}{Q_{12}} = \frac{9}{140}$ .

В процессе расширения объём газа увеличивается в 8 раз.

- 1) Найти отношение температур  $T_1/T_3$  в состояниях 1 и 3.
- 2) Найти отношение количества теплоты  $Q_{12}$ , подведённой к газу в процессе 1-2, к количеству теплоты  $Q_{23}$  ( $Q_{23} > 0$ ), отведённой от газа в процессе 2-3.

**Олимпиада «Физтех». 2018 г. Физика. Решения. Билет 10-01**

1. 1)  $a_1 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F}{3m}}$ .

2) По второму закону Ньютона  $F - \mu(m_1 + m_2)g - \mu m_1 g - T = m_2 a_2$ ,  $T - \mu m_1 g = m_1 a_2$ . Отсюда  $a_2 = \frac{F - \mu(3m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F - 5\mu mg}{3m}}$ .

2. Пусть  $m_0$  - масса пустой бутылки,  $m$  - масса налитой воды,  $V$  - вместимость бутылки.

1)  $m_0 g = \rho g H_1 S$ .  $\boxed{m_0 = \rho H_1 S = 750}$  г.

2)  $mg = \rho g H_2 S$ .  $\boxed{m_0 = \rho H_2 S = 250}$  г.

3)  $\rho \left( V + \frac{m_0}{\rho_0} \right) g = (m_0 + m) g$ .  $V = \frac{m_0 + m}{\rho} - \frac{m_0}{\rho_0} = \boxed{S \left( \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} H_1 + H_2 \right) = 750}$  см<sup>3</sup>.

3. 1) Пусть  $m_c$  - масса спутника,  $a_1$  - ускорение в момент  $t_1$ . Вес спутника до старта  $P_0 = m_c g$ . Вес к моменту  $t_1$ , когда ускорение  $a_1$ ,  $P_1 = m_c (a_1 + g)$ . По условию  $P_1 = k_1 P_0$ . Отсюда  $\boxed{a_1 = (k_1 - 1)g = 5}$  м/с<sup>2</sup>.

2) Пусть  $m_0$  - начальная масса ракеты. Тогда  $m = m_0 - \mu t$  - масса в момент  $t$ . Здесь  $\mu = -\frac{\Delta m}{\Delta t}$  - массовый расход топлива. За малое время  $\Delta t$   $-mg\Delta t = m\Delta V - u(-\Delta m)$ . Отсюда  $-mg = m \frac{\Delta V}{\Delta t} + u \frac{\Delta m}{\Delta t}$ .  
Здесь  $\frac{\Delta V}{\Delta t} = a$  - ускорение. Имеем  $(m_0 - \mu t)(g + a) = \mu u$ . Если к моменту времени  $t$ , когда ускорение  $a$ , вес увеличился в  $k$  раз, то  $km_c g = (a + g)m_c$ . Из последних двух уравнений  $(m_0 - \mu t)kg = \mu u$ . Для моментов  $t_1$  и  $t_2$  имеем  $(m_0 - \mu t_1)k_1 g = \mu u$ ,  $(m_0 - \mu t_2)k_2 g = \mu u$ . Отсюда  $\boxed{u = \frac{k_1 k_2 g (t_2 - t_1)}{k_2 - k_1} = 1800}$  м/с.

4. 1)  $\boxed{\varphi_1 = 1(100\%)}$ .

2) Пусть вначале  $m$  - масса пара,  $V$  - объем влажного воздуха. Пусть  $P_H$  - давление насыщенного пара,  $T$  - температура,  $\mu$  - молярная масса воды. Предположим, что вся вода испарилась. Тогда

$P_H V = \frac{m}{\mu} RT$ ,  $\varphi_2 P_H 3V = \frac{3m}{2\mu} RT$ . Отсюда  $\varphi_2 = \frac{1}{2}$ , то есть пар ненасыщенный. Предположение

правильное. Итак,  $\boxed{\varphi_2 = \frac{1}{2}(50\%)}$ .

5. 1) ЗСЭ в процессе 2-3:  $0 = \nu C_V (T_3 - T_2) + A_{23}$ .  $A_{31} = P_1 (V_3 - V_1) = \nu R (T_3 - T_1)$ .  $\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_1} = 8$ .  $\frac{A_{23}}{A_{31}} = \frac{36}{7}$ . Из

записанных уравнений  $\boxed{\frac{T_2}{T_3} = 4}$ .

2)  $\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \frac{\nu C_P (T_3 - T_1)}{\nu C_V (T_2 - T_1)} = \boxed{\frac{58}{93}}$ .

**Олимпиада «Физтех». 2018 г. Физика. Решения. Билет 10-02**

1. 1)  $a_1 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F}{4m}}$ .

2) По второму закону Ньютона  $F - \mu(m_1 + m_2)g - \mu m_1 g - T = m_2 a_2$ ,  $T - \mu m_1 g = m_1 a_2$ . Отсюда

$$a_2 = \frac{F - \mu(3m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F - 6\mu mg}{4m}}$$

2. Пусть  $m_0$  - масса пустой бутылки,  $m$  - масса налитой воды.

1)  $m_0 g = \rho g H_1 S$ .  $\boxed{m_0 = \rho H_1 S = 500}$  г.

2)  $\rho \left( V + \frac{m_0}{\rho_0} \right) g = (m_0 + m) g$ .  $\boxed{m = \rho \left( V + \frac{m_0}{\rho_0} \right) - m_0 = \rho \left( V - H_1 S \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} \right) = 500}$  г.

3)  $mg = \rho g H_2 S$ .  $\boxed{H_2 = \frac{m}{\rho S} = \frac{V}{S} - H_1 \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} = 2}$  см.

3. 1) Пусть  $m_c$  - масса прибора,  $a_2$  - ускорение в момент  $t_2$ . Вес прибора до старта  $P_0 = m_c g$ . Вес к моменту  $t_2$ , когда ускорение  $a_2$ ,  $P_2 = m_c (a_2 + g)$ . По условию  $P_2 = k_2 P_0$ . Отсюда  $\boxed{a_2 = (k_2 - 1)g = 4}$  м/с<sup>2</sup>.

2) Пусть  $m_0$  - начальная масса ракеты. Тогда  $m = m_0 - \mu t$  - масса в момент  $t$ . Здесь  $\mu = -\frac{\Delta m}{\Delta t}$  - массовый расход топлива. За малое время  $\Delta t$   $-mg\Delta t = m\Delta V - u(-\Delta m)$ . Отсюда  $-mg = m \frac{\Delta V}{\Delta t} + u \frac{\Delta m}{\Delta t}$ .  
Здесь  $\frac{\Delta V}{\Delta t} = a$  - ускорение. Имеем  $(m_0 - \mu t)(g + a) = \mu u$ . Если к моменту времени  $t$ , когда ускорение  $a$ , вес увеличился в  $k$  раз, то  $km_c g = (a + g)m_c$ . Из последних двух уравнений  $(m_0 - \mu t)kg = \mu u$ . Для моментов  $t_1$  и  $t_2$  имеем  $(m_0 - \mu t_1)k_1 g = \mu u$ ,  $(m_0 - \mu t_2)k_2 g = \mu u$ . Отсюда  $\boxed{u = \frac{k_1 k_2 g (t_2 - t_1)}{k_2 - k_1} = 1680}$  м/с.

4. 1)  $\boxed{\varphi_1 = 1(100\%)}$ .

2) Пусть вначале  $m$  - масса пара,  $V$  - объем влажного воздуха. Пусть  $P_H$  - давление насыщенного пара,  $T$  - температура,  $\mu$  - молярная масса воды. Предположим, что вся вода испарилась. Тогда

$$P_H V = \frac{m}{\mu} RT, \quad \varphi_2 P_H 7V = \frac{7m}{4\mu} RT. \quad \text{Отсюда } \varphi_2 = \frac{1}{4}, \text{ то есть пар ненасыщенный. Предположение}$$

правильное. Итак,  $\boxed{\varphi_2 = \frac{1}{4}(25\%)}$ .

5. 1) ЗСЭ в процессе 2-3:  $0 = \nu C_V (T_3 - T_2) + A_{23}$ .  $-Q_{31} = \nu C_P R (T_1 - T_3)$ .  $\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_1} = 8$ .  $\frac{A_{23}}{Q_{31}} = \frac{72}{35}$ . Из

записанных уравнений  $\boxed{\frac{T_2}{T_3} = 4}$ .

2)  $\frac{Q_{12}}{Q_{31}} = \frac{\nu C_V (T_2 - T_1)}{\nu C_P (T_3 - T_1)} = \boxed{\frac{93}{35}}$ .

**Олимпиада «Физтех». 2018 г. Физика. Решения. Билет 10-03**

1. 1)  $a_1 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F}{3m}}$ .

2) По второму закону Ньютона  $T - \mu(m_1 + m_2)g - \mu m_1 g = m_2 a_2$ ,  $F - \mu m_1 g - T = m_1 a_2$ . Отсюда

$$a_2 = \frac{F - \mu(3m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F - 7\mu mg}{3m}}.$$

2. Пусть  $\rho_0$  - плотность стекла колбы.

1)  $m_0 g = \rho g H_1 S$ .  $H_1 = \frac{m_0}{\rho S} = 3$  см.

2)  $mg = \rho g H_2 S$ .  $H_2 = \frac{m}{\rho S} = 1$  см.

3)  $\rho \left( V + \frac{m_0}{\rho_0} \right) g = (m_0 + m) g$ .  $\rho_0 = \frac{\rho m_0}{m_0 + m - \rho V} = 3,75$  г/см<sup>3</sup>.

3. 1)  $S = \omega R_2 t$ .  $t = \frac{S}{\omega R_2} = 0,2$  мс.

2)  $V = \frac{R_2 - R_1}{t} = \frac{(R_2 - R_1) \omega R_2}{S} = 500$  м/с.

3)  $\frac{1}{2} m_0 V^2 = \frac{3}{2} kT$ .  $T = \frac{1}{3} \frac{m_0}{k} V^2 = \frac{1}{3} \frac{\mu}{R} V^2 = \frac{1}{3} \frac{\mu}{R} \left( \frac{(R_2 - R_1) \omega R_2}{S} \right)^2 = 1000$  К. Здесь  $\mu = 100$  г/моль.

4. Пусть  $P_H$  - давление насыщенного пара.  $m_1 = \frac{\mu}{RT} \varphi_1 P_H V_1$ ,  $m_2 = \frac{\mu}{RT} \varphi_2 P_H V_2$ ,  $m_1 + m_2 = \frac{\mu}{RT} \varphi P_H (V_1 + V_2)$ .

$$\varphi = \frac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2} = 0,6, \varphi = 60\%$$

5. 1) ЗСЭ в процессе 3-1:  $0 = \nu C_V (T_1 - T_3) + (-A_{31})$ .  $A_{12} = P_1 (V_2 - V_1) = \nu R (T_2 - T_1)$ .  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = 8$ .  $\frac{A_{12}}{A_{31}} = \frac{56}{9}$ .

Из записанных уравнений  $\boxed{\frac{T_1}{T_3} = 4}$ .

2)  $T_1 = 4T_3, T_2 = 8T_1 = 32T_3$ .  $\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{Q_{23}}{Q_{12}} = 1 + \frac{\nu C_V (T_3 - T_2)}{\nu C_P (T_2 - T_1)} = \boxed{\frac{47}{140}}$ .

**Олимпиада «Физтех». 2018 г. Физика. Решения. Билет 10-04**

1. 1)  $a_1 = \frac{F}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F}{4m}}$ .

2) По второму закону Ньютона  $T - \mu(m_1 + m_2)g - \mu m_1 g = m_2 a_2$ ,  $F - \mu m_1 g - T = m_1 a_2$ . Отсюда

$$a_2 = \frac{F - \mu(3m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2} = \boxed{\frac{F - 10\mu mg}{4m}}.$$

2. Пусть  $V$  - вместимость колбы.

1)  $m_0 g = \rho g H_1 S$ .  $\boxed{H_1 = \frac{m_0}{\rho S} = 2}$  см.

2)  $mg = \rho g H_2 S$ .  $\boxed{H_2 = \frac{m}{\rho S} = 2}$  см.

3)  $\rho \left( V + \frac{m_0}{\rho_0} \right) g = (m_0 + m) g$ .  $\boxed{V = \frac{m_0 + m}{\rho} - \frac{m_0}{\rho_0} = 800}$  см<sup>3</sup>.

3. 1)  $\frac{1}{2} m_0 V^2 = \frac{3}{2} kT$ .  $V = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \boxed{\sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = 500}$  м/с. Здесь  $\mu = 100$  г/моль.

2)  $\boxed{t = \frac{R_2 - R_1}{V} = \frac{R_2 - R_1}{\sqrt{3RT/\mu}} = 0,4}$  мс.

3)  $S = \omega R_2 t$ .  $\omega = \boxed{\frac{S}{R_2 t} = \frac{S \sqrt{3RT/\mu}}{(R_2 - R_1) R_2} = 700}$  с<sup>-1</sup>.

4. Пусть  $P_H$  - давление насыщенного пара.  $m_1 = \frac{\mu}{RT} \varphi_1 P_H V_1$ ,  $m_2 = \frac{\mu}{RT} \varphi_2 P_H V_2$ ,  $m_1 + m_2 = \frac{\mu}{RT} \varphi P_H (V_1 + V_2)$ .

$$\boxed{\varphi = \frac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{29}{60} \approx 0,48, \varphi \approx 48\%}$$

5. 1) ЗСЭ в процессе 3-1:  $0 = \nu C_V (T_1 - T_3) + (-A_{31})$ .  $Q_{12} = \nu C_P (T_2 - T_1) = \nu \frac{5}{2} R (T_2 - T_1)$ .  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} = 8$ .

$\frac{A_{31}}{Q_{12}} = \frac{9}{140}$ . Из записанных уравнений  $\boxed{\frac{T_1}{T_3} = 4}$ .

2)  $T_1 = 4T_3, T_2 = 8T_1 = 32T_3$ .  $x = \frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{\nu C_P (T_2 - T_1)}{-\nu C_V (T_3 - T_2)} = \boxed{\frac{140}{93}}$ .

**Критерии оценивания. Ол-да «Физтех». 2018 г.  
Билеты 10-01, 10-02**

**Задача 1. (10 очков) [В.И. Чивилёв]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 7 очков

**Задача 2. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
2) Ответ на 2-й вопрос Б10-01 ..... 3 очка  
   Ответ на 2-й вопрос Б10-02 ..... 4 очка  
3) Ответ на 3-й вопрос Б10-01 ..... 4 очка  
   Ответ на 3-й вопрос Б10-02 ..... 3 очка

**Задача 3. (10 очков) [В.А. Бабинцев]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 7 очков

**Задача 4. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 2 очка  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 8 очков

**Задача 5. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 5 очков  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 5 очков

**Критерии оценивания. Ол-да «Физтех». 2018 г.  
Билет 10-03**

**Задача 1. (10 очков) [В.И. Чивилёв]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 7 очков

**Задача 2. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 3 очка  
3) Ответ на 3-й вопрос ..... 4 очка

**Задача 3. (10 очков) [В.А. Бабинцев]**

- 1) Правильная связь между  $s$ ,  $\omega$ ,  $R_2$  и  $t$  ..... 3 очка  
   Ответ на 1-й вопрос ..... 1 очко  
2) Правильная связь между  $R_2 - R_1$ ,  $v$  и  $t$  ..... 2 очка  
   Ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко  
3) Правильная связь между  $v$  и  $T$  ..... 2 очка  
   Ответ на 3-й вопрос ..... 1 очко

**Задача 4. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 4 очка  
Аналитический ответ ..... 4 очка  
Численный ответ ..... 2 очка

**Задача 5. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 5 очков  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 5 очков

**Критерии оценивания. Ол-да «Физтех». 2018 г.  
Билет 10-04**

**Задача 1. (10 очков) [В.И. Чивилёв]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 7 очков

**Задача 2. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 3 очка  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 3 очка  
3) Ответ на 3-й вопрос ..... 4 очка

**Задача 3. (10 очков) [В.А. Бабинцев]**

- 1) Правильная связь между  $v$  и  $T$  ..... 2 очка  
   Ответ на 1-й вопрос ..... 1 очко  
2) Правильная связь между  $R_2 - R_1$ ,  $V$  и  $t$  ..... 2 очка  
   Ответ на 2-й вопрос ..... 1 очко  
3) Правильная связь между  $s$ ,  $\omega$ ,  $R_2$  и  $t$  ..... 3 очка  
   Ответ на 1-й вопрос ..... 1 очко

**Задача 4. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- Правильно записаны все необходимые ур-я ..... 4 очка  
Аналитический ответ ..... 4 очка  
Численный ответ ..... 2 очка

**Задача 5. (10 очков) [А.А. Шеронов]**

- 1) Ответ на 1-й вопрос ..... 5 очков  
2) Ответ на 2-й вопрос ..... 5 очков