Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

+1

Шифр 820015
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Марусев Егор Александрович

Город, № школы (образовательного учреждения) город Ваткский МОУ СШ №30 им. Р.С. Медведева

Регистрационный номер Ш.Ш 9375

Вариант задания 6

Дата проведения «17» февраля 2018 г.

Подпись участника

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	X	X	10	15						

820015

Шифр _____

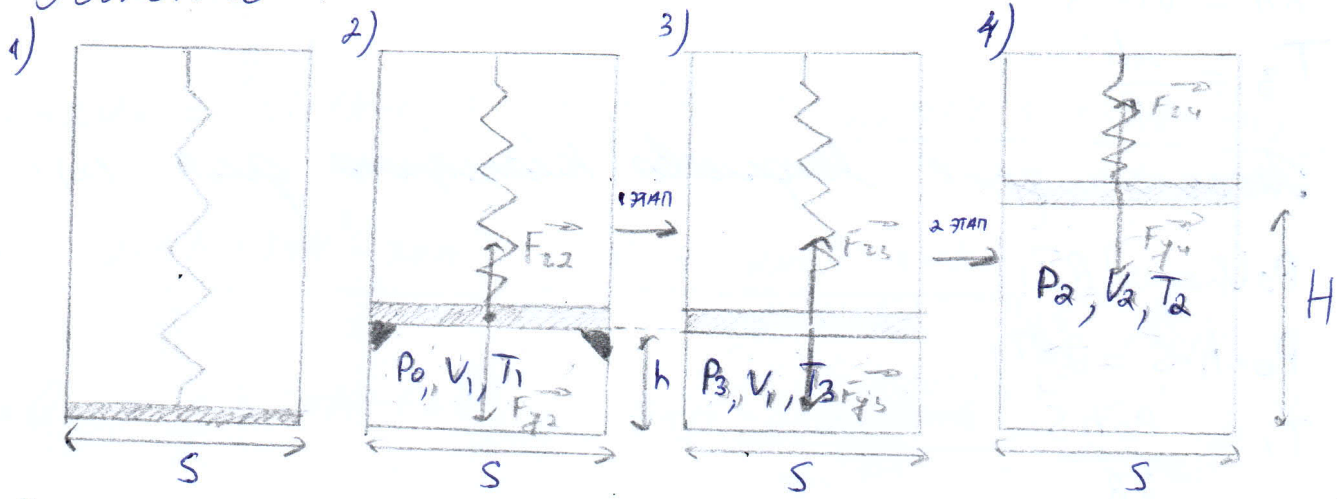
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 6

№ 5

Дано:
κ
$i = 3$
S
h
h
p_0
H
$Q - ?$

Решение:



Заметим, что во 2 положении сила действующая на поршень со стороны газа по модулю сил действующих со стороны пружины, т.к. поршень опускается на упругих. => разделим подачу теплоты на 2 этапа: 1 - передали такое кол-во теплоты, чтобы поршень был в том же положении, но силы были уравновешены, 2 - передали такое кол-во теплоты, чтобы поршень занял конечное положение.

1 этап:

Т.к. объем газа на этом этапе не меняется, то закон термодинамики выглядит так:

$$Q_1 = \Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1$$

$\Delta F = F_{y2} - F_{z2} = \kappa h - p_0 S$ - разность сил действующих на поршень (2)

$\Delta P = P_{y2} - P_{z2} = \left(\frac{\kappa h - p_0 S}{S}\right)$ - разность давлений

т. е. для достижения положения (3) давление газа должно вырасти на ΔP или:

$\kappa h = P_3 S$ (равновесие поршня в (3))

$P_3 = \frac{\kappa h}{S}$ – конечное давление в (3)

Запишем ур-е Менделеева-Клапейрона для (3):

$P_3 V_1 = \nu R T_3$

$\frac{\kappa h}{S} \cdot h \cdot S = \nu R T_3$

$\kappa h^2 = \nu R T_3$

$T_3 = \frac{\kappa h^2}{\nu R}$

Запишем ур-е Менделеева-Клапейрона для (2):

$P_0 V_1 = \nu R T_1$

$P_0 \cdot h \cdot S = \nu R T_1$

$T_1 = \frac{P_0 h S}{\nu R}$

$\Downarrow$

$$Q_1 = \Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{\kappa h^2}{\nu R} - \frac{P_0 h S}{\nu R} \right) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{h}{\nu R} \left(\kappa h - P_0 S \right) = \frac{3}{2} h \left(\kappa h - P_0 S \right)$$

2. этап:

$Q_2 = A' + \Delta U_2$

$A' = P_2 \Delta V = P_2 (HS - hS) = P_2 S (H - h)$

т.к. поршень в равновесии:

$\kappa H = P_2 \cdot S$

$P_2 = \frac{\kappa H}{S}$

$\Rightarrow A' = \frac{\kappa H}{S} \cdot S (H - h) = \kappa H (H - h)$

$\Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_2$

Запишем ур-е Менделеева – Клапейрона для (4):

$P_2 V_2 = \nu R T_2$

$T_2 = \frac{P_2 V_2}{\nu R} = \frac{\frac{\kappa H}{S} \cdot H \cdot S}{\nu R} = \frac{\kappa H^2}{\nu R}$

$\Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{\kappa H^2}{\nu R} - \frac{\kappa h^2}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} \nu R \cdot \frac{\kappa}{\nu R} (H^2 - h^2) =$

$= \frac{3\kappa}{2} (H^2 - h^2)$

$Q_2 = A' + \Delta U_2 = \frac{2}{\kappa H (H-h)} + \frac{3\kappa}{2} (H^2 - h^2) = \frac{2\kappa H(H-h) + 3\kappa(H^2-h^2)}{2} =$

$= \frac{2\kappa H^2 - 2\kappa H h + 3\kappa H^2 - 3\kappa h^2}{2} = \frac{5\kappa H^2 - 2\kappa H h - 3\kappa h^2}{2}$

$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{3}{2} h (\kappa h - P_0 S) + \frac{5\kappa H^2 - 2\kappa H h - 3\kappa h^2}{2} =$

$= \frac{3\kappa h^2 - 3 h P_0 S + 5\kappa H^2 - 2\kappa H h - 3\kappa h^2}{2} =$

$= \frac{5\kappa H^2 - 3 h P_0 S - 2\kappa H h}{2}$

15

Ответ: $Q = \frac{5\kappa H^2 - 3 h P_0 S - 2\kappa H h}{2}$

№4

Дано:

$V = 5{,}6$ дм^3

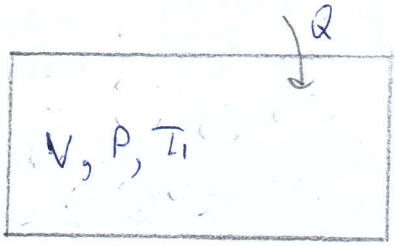
$P = 10^5$ Па

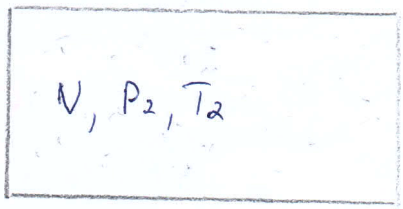
$Q = 1430$ Дж

$\nu = 21 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot K}$

$P_2 - ?$

Решение:

1) 

2) 

Т.к. $V = const$, справедливо:

$\frac{P}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$

и Т.к. $V = const$, работа не может совершаться =>

=> закон термодинамики выглядит так:

$$Q = \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad \Big| \quad \Delta U = C_v \cdot \Delta T$$

$$C_v = \frac{3}{2} \nu R \quad \Big| \quad \Rightarrow \quad \nu = \frac{2C_v}{3R}$$

$$\nu = \frac{2C_v}{3R}$$

$$Q = \Delta U = C_v \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{C_v}$$

Частное уравнение Менделеева - Клапейрона для (1):

$$PV = \nu R T_1$$

$$T_1 = \frac{PV}{\nu R}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \qquad \frac{P}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P \cdot T_2}{T_1} = \frac{P \cdot (T_1 + \Delta T)}{T_1} =$$

$$= \frac{P \cdot \left(\frac{PV}{\nu R} + \frac{Q}{C_v} \right)}{\frac{PV}{\nu R}} = P \cdot \frac{\left(\frac{PV}{\frac{2C_v}{3R} \cdot R} + \frac{Q}{C_v} \right)}{\frac{PV}{\nu R}} = \quad (10)$$

$$= \frac{P \left(\frac{3PV}{2C_v} + \frac{Q}{C_v} \right)}{\frac{3PV}{2C_v}} = P \cdot \frac{3PV + 2Q}{2C_v} \cdot \frac{2C_v}{3PV} =$$

$$= \frac{3PV + 2Q}{3V} = 270238{,}09 \text{ Па} = 2{,}70238 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Ответ: $P_2 = 270238{,}09$ Па

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

820015

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 6

№ 1

Дано:

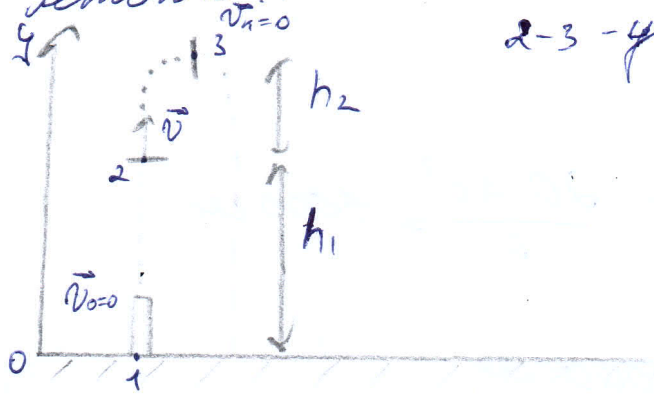
$t = 40$ с.

$a = 20 \frac{м}{с^2}$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

$H - ?$

Решение:



2-3 - участок невесомости

20

Ракета будет находиться в невесомости при отключении двигателя в точке 2 и до точки 1 – наивысшей высоты.

На этом участке ускорение двигателя перестает действовать и поэтому действует только ускорение свободного падения, на тело все еще двигается вверх => оно будет находиться в невесомости.

Запишем ур-е скорости для участка 2-3:

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$

OY: $v_1 = v - gt$

$0 = v - gt$

$v = gt$

$v = 10 \cdot 40 = 400 \frac{м}{с}$ (скорость ракеты в т. 2)

Запишем уравнение скорости для участка 1–2:

$\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{a}\vec{t}$

ОУ: $v = v_0$

$\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{a}\vec{t}$

ОУ: $v = v_0 + at$

$v = at$

$t = \frac{v}{a} = \frac{400}{20} = 20$ с.

$h_1 = \frac{at^2}{2} + v_0 t = \frac{at^2}{2} = \frac{20 \cdot 20^2}{2} = 4000$ м.

$h_2 = \frac{v^2}{2g} = \frac{(400)^2}{20} = 8000$ м.

$H = h_1 + h_2 = 4000 + 8000 = 12000$ м.

Ответ: $H = 12000$ м.