

**С. Н. КРОХИН, Ю. М. СОСНОВСКИЙ**

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1 ПО ФИЗИКЕ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ФАКУЛЬТЕТА**

**ОМСК 2017**

Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Омский государственный университет путей сообщения

---

С. Н. Крохин, Ю. М. Сосновский

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1 ПО ФИЗИКЕ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ФАКУЛЬТЕТА

Утверждено редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебно-методического пособия к решению задач и  
выполнению контрольных работ

Омск 2017

УДК 531(075.8)

ББК 22.2я73

К83

**Контрольная работа №1 по физике для студентов заочного факультета:** Учебно-методическое пособие с методическими указаниями к решению задач и выполнению контрольных работ / С. Н. Крохин, Ю. М. Сосновский; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. 29 с.

Содержатся методические рекомендации по изучению физики, приведены программы разделов «Классическая механика» и «Молекулярная физика и термодинамика», правила выполнения контрольных работ, примеры решения задач, задания к контрольной работе и библиографический список.

Предназначено для студентов заочного факультета.

Библиогр.: 10 назв. Табл. 1. Рис. 4. Прил. 1.

Рецензенты:

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ .....	7
2. ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ И НОМЕРА ЗАДАЧ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	18
3. ЗАДАЧИ.....	19
3.1. Динамика материальной точки .....	19
3.2. Динамика абсолютно твердого тела.....	20
3.3. Энергия, работа. Закон сохранения энергии .....	21
3.4. Закон сохранения импульса .....	22
3.5. Закон сохранения момента импульса.....	24
3.6. Первый закон термодинамики .....	25
Библиографический список .....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	28



## ВВЕДЕНИЕ

Учебная работа студента-заочника по изучению физики складывается из следующих основных этапов: самостоятельное изучение основных теоретических положений курса по учебным пособиям, приобретение навыков решения типовых практических задач, выполнение контрольных работ, сдача экзаменов (зачетов).

Для успешного усвоения курса физики необходимо изучать теоретический материал систематически в течение всего учебного процесса, так как подготовка к экзамену в сжатые сроки не даст глубоких и прочных знаний.

При изучении нового материала рекомендуется составлять конспект, в который следует записывать законы и формулы, выражающие эти законы, определения физических величин и их единицы, выполнять рисунки и решать типовые задачи, используя Международную систему единиц (СИ).

При самостоятельном изучении дисциплины «Физика» прежде всего, следует ознакомиться с методическими рекомендациями к оформлению и решению задач, выполнению контрольной работы.

При решении задачи требуется указывать основные законы и формулы, на которых базируется решение, с разъяснением символов в этих формулах. Если применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физической закон или не являющаяся определением какой-либо физической величины, то ее необходимо вывести.

Следует приводить рисунок, поясняющий содержание задачи (в тех случаях, когда это возможно), выполнять его нужно аккуратно с помощью чертежных принадлежностей.

Решать задачу рекомендуется сначала в общем виде, т. е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.

Решение задачи следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.

По полученной рабочей формуле требуется проверить размерность и произвести вычисления (в единицах системы СИ). При этом следует руководствоваться правилами приближенных вычислений.

При подстановке в рабочую формулу, а также при записи ответа числовые значения величин записываются как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти, например, вместо 3520 следует записать  $3,52 \cdot 10^3$ , вместо 0,00129 –  $1,29 \cdot 10^{-3}$ .

При решении задачи необходимо оценивать, где это целесообразно, правдоподобность численного ответа. В ряде случаев такая оценка поможет обнаружить ошибку в полученном результате. Например, коэффициент полезного действия тепловой машины не может быть больше 100 %, электрический заряд не может быть меньше элементарного заряда, скорость тела не может быть больше скорости света в вакууме и т. д.

Контрольные работы выполняются с предоставлением следующих сведений: номер контрольной работы, фамилия, имя и отчество (полностью) студента, номер курса, шифр, а также название и год издания используемых методических изданий. *Условия задач в контрольной работе переписываются полностью – без сокращений.*

В конце контрольной работы требуется указать учебник или учебное пособие, которым студент пользовался при изучении физики (название учебника, автор, год издания), чтобы рецензент в случае необходимости мог указать, какие теоретические вопросы студенту следует изучить для завершения контрольной работы.

Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную проверку, включив в нее те задачи, решение которых оказалось неверным. Исправленная работа представляется вместе с незачтенной.

В контрольной работе студент должен решить шесть задач, номера которых определяются по таблице вариантов. Номер варианта определяется по двум последним цифрам шифра в зачетной книжке студента. Студенты, имеющие две последние цифры шифра 01, 02, ..., 49, 50, выполняют, соответственно, варианты 1, 2, ...49, 50. Студенты, имеющие две последние цифры шифра 51, 52, ...99, 00, выполняют, соответственно, варианты 1, 2, ..., 49, 50.

Допущенные к защите контрольные работы предъявляются экзаменатору. Студент должен быть готов до или во время экзамена (зачета) дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

В данном учебно-методическом пособии приведены примеры решения задач и таблица вариантов к контрольной работе №1 по разделам «Классическая механика» и «Молекулярная физика и термодинамика».

## 1. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**З а д а ч а 1.** Небольшие санки массой 3 кг при помощи веревки тянут с постоянной скоростью вверх по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $30^\circ$  (рис.1). К веревке (вдоль нее) прикладывают силу в 21 Н под углом  $15^\circ$  к наклонной плоскости. Найти коэффициент трения скольжения санок о поверхность плоскости.

Дано:  
 $m = 3$  кг  
 $F_1 = 21$  Н  
 $\alpha = 30^\circ$   
 $\beta = 15^\circ$   
 $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>  


---

 $\mu - ?$

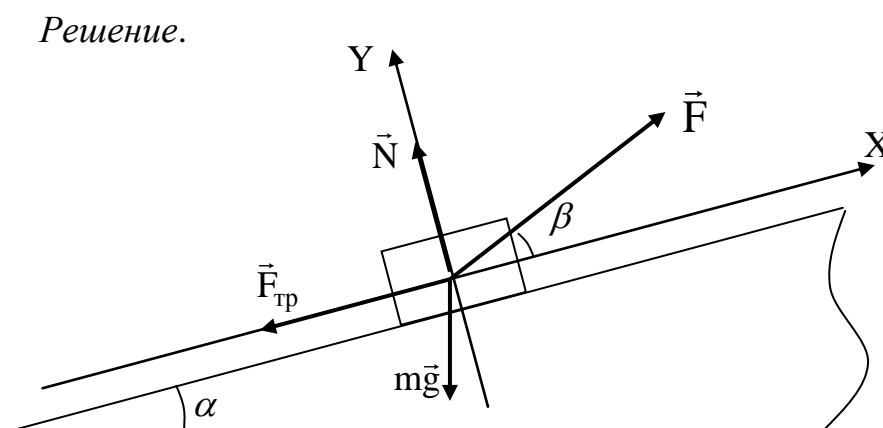


Рис. 1

Санки, участвующие в поступательном движении под действием внешних сил, примем за материальную точку. Тогда, согласно основному уравнению динамики частицы (второму закону Ньютона) можно записать:

$$m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} \quad (0.1)$$

(в инерциальной системе отсчета произведение массы частицы на ее ускорение равно векторной сумме всех сил, действующих на эту частицу).

На санки действуют (см. рис.1) силы:  $\vec{F}$ , направленная под углом  $\beta$  к перемещению, тяжести  $m\vec{g}$ , реакции опоры  $\vec{N}$  и трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ .

Выбираем инерциальную систему отсчета, связывая ее с неподвижной наклонной плоскостью так, чтобы ось ОХ была направлена в сторону движения тела. Находим проекции всех векторов уравнения движения на координатные оси:

$$\begin{aligned} \text{ОХ: } m a_x &= F \cdot \cos \beta - mg \cdot \sin \alpha - F_{\text{тр}}; \\ \text{ОУ: } 0 &= F \cdot \sin \beta - mg \cdot \cos \alpha + N. \end{aligned} \quad (0.2)$$



Учитывая, что ускорение равно нулю (санки движутся с постоянной скоростью) и  $F_{\text{тр}} = \mu N$  получаем:

$$\mu = \frac{F \cdot \cos\beta - mg \cdot \sin\alpha}{mg \cdot \cos\alpha - F \cdot \sin\beta} \quad (0.3)$$

Проверяем единицу измерения:

$$[\mu] = \frac{H - H}{H - H} = 1. \quad (0.4)$$

Производим вычисления:

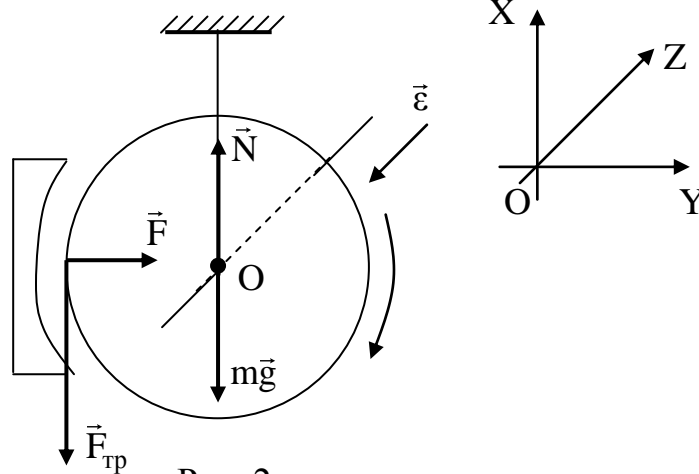
$$\mu = \frac{21 \cdot \cos 15^\circ - 3 \cdot 9,8 \cdot \sin 30^\circ}{3 \cdot 9,8 \cdot \cos 30^\circ - 21 \cdot \sin 15^\circ} = 0,28. \quad (0.5)$$

Ответ:  $\mu = 0,28$ .

**З а д а ч а 2.** С какой силой следует прижимать тормозную колодку к колесу, вращающемуся с частотой 30 об/с, для его остановки в течение 20 с, если коэффициент трения между колодкой и ободом колеса равен 0,5? Колесо (рис. 2) имеет форму сплошного диска массой 10 кг и диаметром 0,2 м. Сколько оборотов сделает колесо до остановки?

Дано:
$v_0 = 30 \text{ об/с}$
$t = 20 \text{ с}$
$\mu = 0,5$
$m = 10 \text{ кг}$
$d = 0,2 \text{ м}$
$F - ?$
$n - ?$

Решение.



Колесо участвует во вращательном движении относительно неподвижной оси, проходящей через центр масс (центр инерции) тела, под действием внешних сил. Согласно основному уравнению динамики вращательного движения имеем:

$$I \vec{\varepsilon} = \vec{M}_N + \vec{M}_{mg} + \vec{M}_F + \vec{M}_{F_{\text{тр}}} \quad (2.1)$$

(в инерциальной системе отсчета произведение момента инерции твердого тела относительно центра масс на его угловое ускорение равно векторной сумме моментов всех внешних сил, действующих на это тело относительно центра масс). На колесо действуют (см. рис.2): сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции опоры  $\vec{N}$ , сила  $\vec{F}$ , с которой прижимают к колесу тормозную колодку и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  между колодкой и ободом колеса. Трением на оси колеса можно пренебречь.

Выбираем инерциальную систему отсчета, связывая ее с неподвижной осью вращения так, чтобы ось  $OZ$  была направлена вдоль оси вращения (при этом используем «правило буравчика»). Находим проекцию всех векторов уравнения движения на координатную ось  $OZ$ :

$$-I_z \varepsilon_z = -M_{F_{\text{тр}}} = -F_{\text{тр}} \frac{d}{2} \quad (2.2)$$

(проекции моментов сил  $\vec{N}$ ,  $m\vec{g}$  и  $\vec{F}$  на ось  $OZ$  равны нулю).

Колесо имеет форму сплошного диска, тогда момент инерции

$$I_z = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{2} m \left( \frac{d}{2} \right)^2. \quad (2.3)$$

Сила трения связана с прижимной силой, как

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot F \quad (2.4)$$

Движение колеса вращательное равнопеременное (угловая скорость уменьшается), поэтому для нахождения углового ускорения можно воспользоваться формулой:

$$\omega_z = \omega_{0z} - \varepsilon_z t \quad (2.5)$$

Учитывая, что колесо остановится ( $\omega_z = 0$ ), получаем:

$$\varepsilon_z = \frac{\omega_{0z} - \omega_z}{t} = \frac{2\pi v_0 - 0}{t} = \frac{2\pi v_0}{t}. \quad (2.6)$$

Окончательно имеем:

$$-\frac{1}{2} m \left( \frac{d}{2} \right)^2 \cdot \frac{2\pi v_0}{t} = -\mu \cdot F \cdot \frac{d}{2} \quad (2.7)$$

Отсюда

$$F = \frac{\pi v_0 m d}{2 \mu t} \quad (2.8)$$

Производим вычисления:

$$F = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 10 \cdot 0,2}{2 \cdot 0,5 \cdot 20} = 9,4 \text{ (Н)}.$$

Проверяем единицу измерения:

$$[F] = \frac{c^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{c} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{c^2} = \text{Н}.$$

Количество оборотов  $n$ , которое сделает колесо до остановки за 20 с, вычисляем через полный угол поворота колеса:

$$\varphi = 2\pi n = \frac{\omega_{0z} + \omega_z}{2} \cdot t = \frac{2 \pi v_0}{2} t, \quad (2.9)$$

отсюда

$$n = \frac{v_0}{2} t. \quad (2.10)$$

Производим вычисления:

$$n = \frac{30}{2} \cdot 20 = 300.$$

Проверяем единицу измерения:

$$[n] = c^{-1} \cdot c = 1.$$

Ответ:  $F_3 = 9,4 \text{ Н}$ ;  $n = 300 \text{ об}$ .

**З а д а ч а 3.** Налетев на пружинный буфер, вагон массой 16 т, двигавшийся со скоростью 0,6 м/с, остановился, сжав пружины на 8 см. Найти общую жесткость пружин буфера. Насколько бы деформировались пружины, если бы при столкновении вагон не остановился, а уменьшил свою скорость в два раза?

Дано:	СИ	<i>Решение.</i>
$m = 16\text{т}$	$1,6 \cdot 10^4 \text{ кг}$	Если пренебречь диссипацией энергии, то данную систему можно считать замкнутой. В этом случае выполняется закон сохранения механической энергии.
$v_1 = 0,6 \text{ м/с}$		
$v_2 = v_1 / 2$	$8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	В первом случае двигавшийся вагон обладал кинетической энергией, которая после его остановки полностью перешла в потенциальную энергию сжатых пружин буфера.
$\Delta x_1 = 8 \text{ см}$		
$k - ?$		
$\Delta x_2 - ?$		

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{k\Delta x_1^2}{2}. \quad (3.1)$$

Отсюда:

$$k = \frac{mv_1^2}{\Delta x_1^2}. \quad (3.2)$$

Проверяем единицу измерения:

$$[k] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{\text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Производим вычисления:

$$k = \frac{1,6 \cdot 10^4 \cdot 0,6^2}{(8 \cdot 10^{-2})^2} = 900000 \left( \frac{\text{Н}}{\text{м}} \right) = 9,0 \cdot 10^5 \left( \frac{\text{Н}}{\text{м}} \right).$$

Во втором случае вагон остановился не полностью, поэтому в потенциальную энергию буферных пружин перешла только часть кинетической энергии. С учетом этого запишем:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{k\Delta x_2^2}{2}. \quad (3.3)$$

Отсюда

$$\Delta x_2 = \frac{v_1}{2} \sqrt{\frac{3m}{k}}. \quad (3.4)$$

Проверяем единицу измерения:

$$[\Delta x_2] = \frac{M}{c} \cdot \left( \frac{\text{кг}}{\text{Н/м}} \right)^{1/2} = \frac{M}{c} \cdot \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{Н}} \right)^{1/2} = \frac{M}{c} \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2} \right)^{1/2} = \text{м}.$$

Производим вычисления:

$$\Delta x_2 = \frac{0,6}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot 1,6 \cdot 10^4}{9 \cdot 10^5}} \approx 0,069 \text{ (м)} = 6,9 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}.$$

Ответ:  $k = 9 \cdot 10^5 \left( \frac{\text{Н}}{\text{м}} \right)$ ,  $\Delta x_2 = 6,9 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}$ .

**З а д а ч а 4.** Небольшой ящик массой 20 кг соскальзывает по идеально гладкому лотку длиной 2 м на неподвижную тележку с песком (рис. 3) и застревает в нем. Тележка с песком массой 80 кг может свободно (без трения) перемещаться по рельсам в горизонтальном направлении. Определить скорость тележки с ящиком, если лоток наклонен под углом  $30^\circ$  к рельсам.

Дано:

$$m_1 = 20 \text{ кг}$$

$$l = 2 \text{ м}$$

$$m_2 = 80 \text{ кг}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$v_{2x} - ?$$

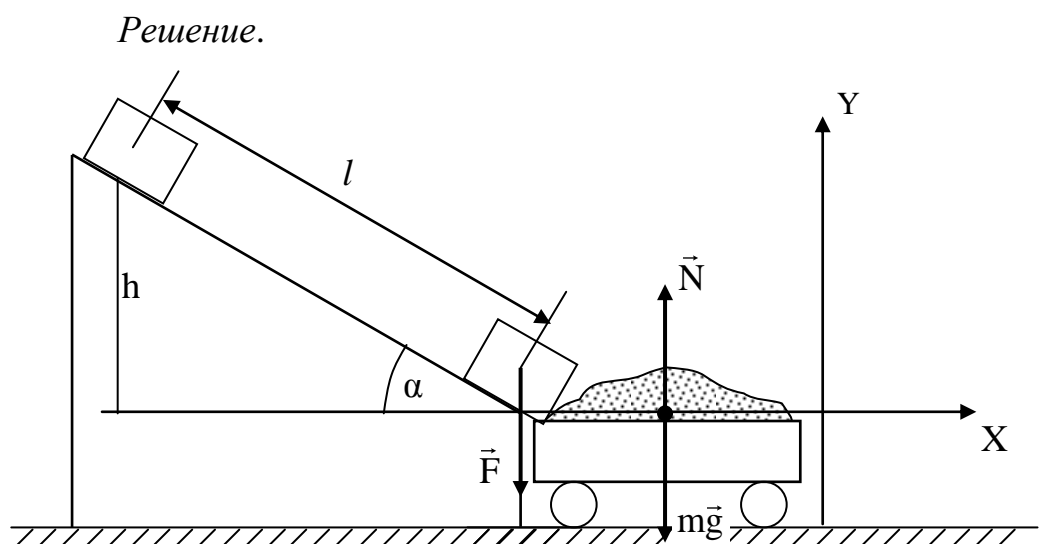


Рис. 3

Тележку и ящик можно рассматривать как систему двух неупруго взаимодействующих тел. Эта система вдоль вертикальной оси  $OY$  не является замкнутой, так как сумма проекций внешних сил на ось  $OY$  (см. рис. 3) не равна нулю, поэтому применить закон сохранения импульса в этом случае нельзя. Вместе с тем, сумма проекций этих же сил на горизонтальную ось  $OX$  равна нулю, следовательно, систему вдоль этого направления можно считать замкнутой и закон сохранения импульса вдоль оси  $OX$  – выполняется.

$$p_{1x} + p_{2x} = p'_{1x} + p'_{2x}, \quad (4.1)$$

где  $p_{1x}$  и  $p_{2x}$  – проекции импульса ящика и тележки с песком до падения ящика на тележку;  $p'_{1x}$  и  $p'_{2x}$  – проекции импульса ящика и тележки с песком после падения ящика.

Учитывая, что тележка до взаимодействия с ящиком покоилась ( $p_{2x} = 0$ ), а после взаимодействия оба тела системы движутся с одной скоростью  $v'_{2x}$ , получаем:

$$m_1 v_1 \cos \alpha = (m_1 + m_2) v'_{2x}. \quad (4.2)$$

Скорость ящика перед падением на тележку  $v_1$  определяем из закона сохранения механической энергии:

$$m_1 g h = \frac{m_1 v_1^2}{2}, \quad (4.3)$$

где  $h = l \sin \alpha$ .

Решая уравнения (4.2) и (4.3) совместно относительно  $v'_{2x}$ , получаем:

$$v'_{2x} = \frac{m_1 \sqrt{2 \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha} \cdot \cos \alpha}{m_1 + m_2}. \quad (4.4)$$

Проверяем единицу измерения:

$$[v'_{2x}] = \frac{\text{кг} \sqrt{\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{м}}}{\text{кг}} = \sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Производим вычисления:

$$v'_{2x} = \frac{20 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2 \cdot \sin 30^\circ} \cdot \cos 30^\circ}{20 + 80} = 0,77 \text{ (м/с)}.$$

Ответ:  $v'_{2x} = 0,77 \text{ м/с}$ .

**З а д а ч а 5.** Платформа в виде сплошного диска радиусом 1,5 и массой 180 кг вращается по инерции вокруг вертикальной оси, делая 12 об/мин. В центре платформы стоит человек массой 60 кг. Какую линейную скорость относительно пола помещения будет иметь человек, если он перейдет на край

платформы?

Дано:	СИ	<i>Решение.</i>
$R=1,5$ м	0,2об/с	Платформа вращается по инерции, следовательно, момент внешних сил относительно оси вращения OZ, совпадающей с геометрической осью платформы, равен нулю.
$m_1 = 180$ кг		
$m_2 = 60$ кг		
$v_1 = 12$ об/мин		
$v_2 = ?$		При этом условии момент импульса ( $\vec{L} = I \vec{\omega}$ ) системы «платформа – человек» относительно оси OZ остается постоянным:

$$(I_1 + I_2) \vec{\omega} = (I'_1 + I'_2) \vec{\omega}', \quad (5.1)$$

где  $I_1$  и  $I_2$  – моменты инерции платформы и человека до перехода человека на край платформы;  $I'_1$  и  $I'_2$  – моменты инерции платформы и человека после перехода человека на край платформы;  $\vec{\omega}$  и  $\vec{\omega}'$  – угловая скорость вращения системы до и после перехода человека на край платформы.

Найдя проекции всех величин, входящих в векторное уравнение (5.1), относительно инерциальной системы отсчета (ось OZ совпадает с геометрической осью вращения платформы), запишем закон сохранения момента импульса в скалярной форме:

$$(I_{1z} + I_{2z}) \omega_z = (I'_{1z} + I'_{2z}) \omega'_z. \quad (5.2)$$

Момент инерции платформы относительно оси OZ при переходе человека не изменяется:

$$I_{1z} = I'_{1z} = 0,5 m_1 R^2. \quad (5.3)$$

Момент инерции человека относительно той же оси будет изменяться. Если рассматривать человека как материальную точку, то его момент инерции в начальном положении (в центре платформы)  $I_{2z}$  можно считать равным нулю. В конечном положении (на краю платформы) момент инерции человека

$$I'_{2z} = m_2 R^2. \quad (5.4)$$

Учитывая сказанное выше и то, что  $\omega'_z = \frac{v}{R}$  ( $v$  – линейная скорость чело-

века относительно пола), получаем:

$$\left(\frac{1}{2} m_1 R^2 + 0\right) 2\pi v_1 = \left(\frac{1}{2} m_1 R^2 + m_2 R^2\right) \frac{v}{R}. \quad (5.5)$$

После простых преобразований находим:

$$v = \frac{2\pi v_1 m_1 R}{m_1 + 2 m_2}. \quad (5.6)$$

Проверяем единицу измерения:

$$[v] = \frac{\text{с}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Производим вычисления:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,2 \cdot 180 \cdot 1,5}{180 + 2 \cdot 60} = 1,13 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

Ответ:  $v = 1,13 \text{ м/с}$ .

**З а д а ч а 6.** В цилиндре под поршнем находится водород массой 20 г при температуре 27°C. Водород сначала расширился адиабатно, увеличив свой объем в пять раз, а затем был сжат изотермически до первоначального объема. Найти изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную газом в этих процессах, и количество теплоты, подведенной к газу в этих процессах. Изобразить процессы в диаграмме «давление – объем».

Дано:	СИ
$m = 20 \text{ г}$	$m_1 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$
$M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	
$t_1 = 27^\circ\text{C}$	$T_1 = 300\text{K}$
$V_2/V_1 = 5$	
$V_3 = V_1$	
$T_2 = \text{const}$	
$i = 5$	
$\Delta W_{\text{вн}} - ?$	
$A - ?$	
$Q - ?$	

*Решение.*

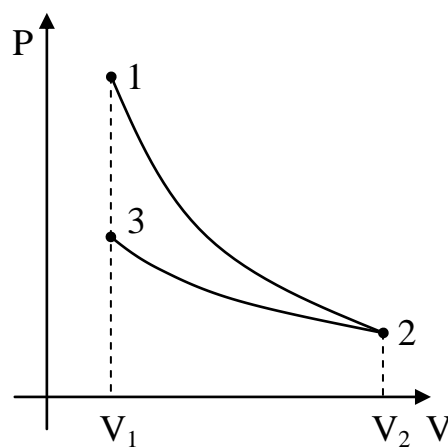


Рис. 4



Графики процессов адиабатного расширения 1 – 2 и изотермического сжатия 2 – 3 согласно условию задачи изображены на диаграмме (рис. 4) в PV-координатах. Изменение внутренней энергии идеального газа в процессе 1 – 3 вычисляется по формуле:

$$\Delta W_{\text{вн}} = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R (T_3 - T_1), \quad (6.1)$$

где  $i$  – число степеней свободы молекул двухатомного газа водорода  $H_2$ ;  $T_3 = T_2$ , так как процесс 2 – 3 изотермический.

При адиабатном процессе 1 – 2 температура и объемы газа связаны между собой уравнением:

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}, \quad (6.2)$$

где  $\gamma$  – постоянная адиабаты (коэффициент Пуассона) для двухатомного газа – водорода – ( $i = 5$ ),  $\gamma = \frac{i+2}{i} = 1,4$ , отсюда

$$T_3 = T_2 = T_1 (V_1/V_2)^{\gamma-1}. \quad (6.3)$$

Тогда общее изменение внутренней энергии газа

$$\Delta W_{\text{вн}} = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R T_1 \left( \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} - 1 \right). \quad (6.4)$$

Проверяем единицу измерения:

$$[\Delta W_{\text{вн}}] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}}{\text{моль}} \cdot \text{К} = \text{Дж}.$$

Производим вычисления:

$$\Delta W_{\text{вн}} = \frac{5}{2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 300 \left( \left( \frac{1}{5} \right)^{1,4-1} - 1 \right) = -29,6 \text{ (кДж)}.$$

Так как в изотермическом процессе 2 – 3 изменение внутренней энергии равно нулю, то полученный результат является окончательным ответом на первый поставленный вопрос в задаче.

Полная работа, совершаемая газом за весь цикл, может быть найдена как

$$A_{1-3} = A_{1-2} + A_{2-3} \quad (6.5)$$

Работу  $A_{1-2}$  газа при адиабатном расширении 1 – 2 вычисляем по формуле:

$$A_{1-2} = -\Delta W_{\text{вн}1-2} = -\Delta W_{\text{вн}1-3}; \quad (6.6)$$

$$A_{1-2} = 29,6 \text{ кДж.}$$

Работу  $A_{2-3}$  при изотермическом сжатии 2 – 3 с учетом выражения (6.2) рассчитываем по уравнению:

$$A_{2-3} = \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = \frac{m}{M} RT_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \ln \frac{V_3}{V_2}. \quad (6.7)$$

$$A_{2-3} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 300 \left( \frac{1}{5} \right)^{1,4-1} \ln \frac{1}{5} = -21,1 \text{ (кДж)}.$$

Проверяем единицу измерения:

$$[A_{2-3}] = \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} = \text{Дж}.$$

Следовательно, полная работа, совершаемая газом за весь цикл,

$$A_{1-3} = 29,6 - 21,1 = 8,50 \text{ (кДж)}.$$

Согласно первому закону термодинамики теплота  $Q$ , переданная газу, равна сумме изменения внутренней энергии  $\Delta W_{\text{вн}}$  и работы  $A$ :

$$Q = \Delta W_{\text{вн}} + A_{1-3}; \quad (6.8)$$

$$Q = -29,6 + 8,50 = -21,1 \text{ кДж.}$$

Ответ:  $\Delta W_{\text{вн}} = -29,6 \text{ кДж}$ ;  $A_{1-3} = 8,5 \text{ кДж}$ ;  $Q = -21,1 \text{ кДж}$  (тепло отводится).

2. ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ И НОМЕРА ЗАДАЧ  
К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Вариант	Номера задач						Вариант	Номера задач					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
01	1	11	21	31	41	51	26	6	18	30	32	44	56
02	2	12	22	32	42	52	27	7	19	21	33	45	57
03	3	13	23	33	43	53	28	8	20	22	34	46	58
04	4	14	24	34	44	54	29	9	11	23	35	47	59
05	5	15	25	35	45	55	30	10	12	24	36	48	60
06	6	16	26	36	46	56	31	1	14	27	40	43	56
07	7	17	27	37	47	57	32	2	15	28	31	44	57
08	8	18	28	38	48	58	33	3	16	29	32	45	58
09	9	19	29	39	49	59	34	4	17	30	33	46	59
10	10	20	30	40	50	60	35	5	18	21	34	47	60
11	1	12	23	34	45	56	36	6	19	22	35	48	51
12	2	13	24	35	46	57	37	7	20	23	36	49	52
13	3	14	25	36	47	58	38	8	11	24	37	50	53
14	4	15	26	37	48	59	39	9	12	25	38	41	54
15	5	16	27	38	49	60	40	10	13	26	39	42	55
16	6	17	28	39	50	51	41	1	15	29	33	47	51
17	7	18	29	40	41	52	42	2	16	30	34	48	52
18	8	19	30	31	42	53	43	3	17	21	35	49	53
19	9	20	21	32	43	54	44	4	18	22	36	50	54
20	10	11	22	33	44	55	45	5	19	23	37	41	55
21	1	13	25	37	49	51	46	6	20	24	38	42	56
22	2	14	26	38	50	52	47	7	11	25	39	43	57
23	3	15	27	39	41	53	48	8	12	26	40	44	58
24	4	16	28	40	42	54	49	9	13	27	31	45	59
25	5	17	29	31	43	55	50	10	14	28	32	46	60

### 3. ЗАДАЧИ

#### 3.1. Динамика материальной точки

1) На небольшое покоящееся тело массой 2 кг подействовали силой, направленной под углом  $30^\circ$  вверх к горизонту. После начала движения по горизонтальной поверхности тело за 5 с прошло 25 м. Найти значение действующей силы, если коэффициент трения скольжения равен 0,02.

2) Небольшое тело массой 200 кг равномерно поднимают по наклонной плоскости длиной 40 метров, образующей угол  $30^\circ$  с горизонтом, прикладывая силу 1,5 кН вдоль линии движения. Сколько времени будет соскальзывать это тело с вершины наклонной плоскости из состояния покоя, если его отпустить?

3) Какую по величине силу необходимо приложить под углом  $30^\circ$  к горизонту к центру инерции платформы массой 16 т, стоящей на рельсах, чтобы она стала двигаться равноускоренно и за 30 с прошла 20 м, если коэффициент сопротивления равен 0,05?

4) Мальчик тянет нагруженные сани массой 50 кг в гору с силой 200 Н. Угол наклона горы равен  $15^\circ$ . Веревка, за которую мальчик тянет, составляет угол  $30^\circ$  с наклонной плоскостью. Коэффициент трения санок о поверхность горки равен 0,02. Определить сколько времени мальчик будет поднимать санки в гору на высоту 10 метров?

5) Автомобиль массой 6,8 тонны со скоростью 72 км/час подъехал к подъему дороги с углом наклона  $15^\circ$ . Сила тяги автомобиля – 8 кН, коэффициент сопротивления – 0,06. На какую высоту поднимется автомобиль по наклонной плоскости?

6) На каком расстоянии от перекрестка начинает тормозить водитель при красном свете светофора, если автомобиль движется в гору с углом наклона  $30^\circ$  со скоростью 60 км/ч? Коэффициент трения между шинами и дорогой – 0,1.

7) Два бруска одинаковой массы по 200 г поставили на наклонную плоскость с углом наклона  $60^\circ$ . Коэффициент трения верхнего бруска о плоскость 0,1, а нижнего – 0,5. Определить силу взаимодействия брусков при их совместном соскальзывании с наклонной плоскости.

8) Человек толкает газонокосилку массой 18 кгс постоянной силой 90 Н, направленной вдоль ручки, расположенной под углом  $30^\circ$  к горизонту. Газонокосилка движется с постоянной скоростью. Вычислить величину силы, которую

человек должен приложить к газонокосилке, чтобы разогнать ее из состояния покоя до скорости 4 км/ч за 2,5 с.

9) Два бруска одинаковой массы по 200 г, связанные легкой нерастяжимой нитью, поставили на наклонную плоскость с углом наклона  $60^\circ$ . Коэффициент трения верхнего бруска о плоскость 0,5, а нижнего – 0,1. Определить силу натяжения нити при совместном соскальзывании брусков с наклонной плоскости.

10) Небольшое тело массой 100 г тянут по горизонтальной поверхности с силой 40 мН. Если эта сила приложена под углом  $60^\circ$  вверх к горизонту – тело движется равномерно. С каким по величине ускорением будет двигаться тело, если эту силу приложить под углом  $30^\circ$  вверх к горизонту?

### 3.2. Динамика абсолютно твердого тела

11) К ободу горизонтально расположенного неподвижного колеса, имеющего форму диска, диаметром 60 см и массой 50 кг прикладывают касательную силу в 98 Н. Через сколько времени после начала действия силы колесо будет вращаться с частотой 100 об/с относительно вертикальной неподвижной оси, проходящей через центр масс колеса?

12) Горизонтально расположенный обруч, вращаясь равнозамедленно, при торможении уменьшил за 1 мин частоту вращения от 300 до 180 об/мин. Масса обруча – 2 кг, диаметр – 80 см. Найти величину тормозящего момента.

13) Сплошной шар диаметром 20 см и массой 35 кг вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через его центр, с частотой 5 об/с. На шар подействовал постоянный вращающий момент, вследствие чего шар сделал 200 об за 15 с. Найти величину вращающего момента.

14) Горизонтально расположенное колесо, имеющее форму диска массой 200 г и радиусом 10 см, начинает вращаться относительно неподвижной оси, проходящей через центр масс под действием ускоряющего момента сил  $3,14 \text{ мН} \cdot \text{м}$ . Сколько оборотов сделает колесо с 20 по 40 секунду вращения?

15) Вентилятор вращается с частотой 15 об/с, затем под действием тормозящего момента  $1,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$  он останавливается за 40 с. Найти момент инерции вентилятора.

16) По касательной к шкиву маховика в виде диска диаметром 75 см и массой 40 кг приложена сила в 1 кН. Определить угловое ускорение маховика, если радиус шкива равен 12 см. Трением пренебречь.

17) Твердый шар диаметром 8 см под действием момента сил  $4,65 \text{ мН} \cdot \text{м}$

равномерно ускоряется из состояния покоя и за 15 с совершает 180 полных оборотов вокруг неподвижной оси, проходящей через центр шара. Чему равна масса шара?

18) К ободу однородного сплошного диска диаметром 90 см приложена постоянная касательная сила 0,1 кН, приводящая к вращению диска относительно оси, проходящей через его центр инерции. При вращении диска на него действует еще и момент сил трения величиной 20 Н·м. За 5 с диск увеличивает свою частоту вращения со 180 до 300 об/мин. Определить массу диска.

19) Тонкий однородный стержень длиной 50 см и массой 400 г вращается около вертикальной неподвижной оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определить вращающий момент, при котором стержень из состояния покоя за 4 с приобретет угловую скорость  $12 \text{ с}^{-1}$ .

20) Двум одинаковым маховикам, находящимся в покое, сообщили одинаковую угловую скорость 63 рад/с и предоставили их самим себе. Под действием сил трения один маховик остановился через одну минуту, а второй сделал до полной остановки 360 оборотов. У какого маховика тормозящий момент был больше и во сколько раз?

### 3.3. Энергия, работа. Закон сохранения энергии

21) Из ствола автоматического пистолета вылетела пуля массой 10 г со скоростью 300 м/с. Затвор пистолета массой 200 г прижимается к стволу пружиной, жесткость которой равна 25 кН/м. На какое расстояние отойдет затвор после выстрела? Считать, что пистолет жестко закреплен.

22) В цирковом номере на грудь человека ставят наковальню массой 10 кг, по которой ударяют молотом массой 2 кг. С какой скоростью должен двигаться молот перед неупругим ударом, чтобы после удара механическая энергия системы не превышала 16 Дж?

23) Если на верхний конец вертикально расположенной спиральной пружины положить груз, то пружина сожмется на 3 мм. Насколько сожмет пружину тот же груз, упавший на конец пружины с высоты 8 см?

24) На конце невесомой нерастяжимой нити длиной 1,5 м подвешен шар массой 1,3 кг. В шар попадает и застревает в нем летящая горизонтально со скоростью 47 м/с пластиковая пуля массой 13 г. На какую высоту поднимется шар?

25) Два шарика подвешены на параллельных нитях одинаковой длины

так, что они соприкасаются. Масса первого шарика равна 200 г, второго – 100 г. Первый шарик отклоняют так, что его центр тяжести поднимается на высоту 4,5 см, и отпускают. На какую высоту поднимутся шарики после соударения, если удар неупругий?

26) Вентилятор начинает вращаться с постоянной угловым ускорением  $0,3 \text{ рад/с}^2$  и через 15 с после начала вращения приобретает момент импульса  $30 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ . Чему равна работа результирующего момента сил?

27) Маховик вращается с постоянной частотой 10 об/с, его кинетическая энергия – 8 кДж. С каким угловым ускорением станет вращаться маховик, если к нему приложить тормозящий момент сил  $50 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ?

28) Электродвигатель за 12 с из состояния покоя разогнал маховик до частоты вращения 10 об/с. Какую работу совершил электродвигатель, если результирующий момент сил, приложенный к маховику, равен  $40 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ?

29) Кинетическая энергия вращающегося маховика равна 1 кДж. Под действием постоянного тормозящего момента маховик начинает вращаться равномерно и, сделав 80 оборотов, останавливается. Определить момент сил торможения.

30) Тонкий однородный стержень длиной 1,2 м и массой 300 г, расположенный вертикально, может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через верхний конец, перпендикулярно стержню. Стержень отклоняют от вертикальной оси на угол  $60^\circ$  и отпускают. С какой угловой скоростью стержень будет проходить положение равновесия?

### 3.4. Закон сохранения импульса

31) Из первоначально покоившегося орудия массой 1,5 т вылетает снаряд массой 12 кг со скоростью 500 м/с под углом  $60^\circ$  вверх к горизонту. Какова скорость отката орудия?

32) На плот массой 120 кг, движущийся по реке со скоростью 5 м/с, с берега горизонтально (перпендикулярно направлению движения плота) бросают груз массой 80 кг со скоростью 10 м/с. Найти величину и направление скорости плота вместе с грузом после броска.

33) Снаряд массой 10 кг, летящий в вертикальном направлении, разрывается в верхней точке полета на три осколка. Первый осколок массой 5 кг стал двигаться в горизонтальном направлении со скоростью 100 м/с, второй массой

2 кг – в вертикальном направлении вниз со скоростью 50 м/с. Определить величину и направление скорости третьего осколка.

34) Два небольших шарика движутся по взаимно перпендикулярным направлениям. Первый шарик массой 500 г движется со скоростью 2 м/с, второй массой 300 г – со скоростью 1 м/с. Найти величину и направление скорости шариков после их абсолютно неупругого столкновения.

35) Охотник стреляет из ружья с лодки, неподвижной относительно берега, под углом  $30^\circ$  вверх к горизонту, после чего лодка приобретает скорость, равную 0,05 м/с. Масса дроби равна 20 г, скорость вылета дроби относительно берега – 500 м/с, масса охотника – 75 кг. Найти массу лодки.

36) Доска массой 8 кг свободно скользит по поверхности гладкого льда со скоростью 20 м/с. На доску с берега прыгает человек массой 70 кг. Скорость человека равна 2 м/с и направлена горизонтально и перпендикулярно к скорости доски. Определить скорость доски с человеком.

37) При горизонтальном полете со скоростью 250 м/с снаряд массой 8 кг разорвался на две части. Большая часть массой 6 кг получила скорость 400 м/с и полетела под углом  $30^\circ$  к первоначальному направлению полета снаряда. Определить модуль и направление скорости меньшей части снаряда.

38) Метеорит и ракета движутся перпендикулярно друг другу. Ракета попадает в метеорит и застревает в нем. Масса метеорита – 20 т, ракеты – 10 т, скорость метеорита – 180 км/ч, ракеты – 360 км/ч. Определить импульс метеорита и ракеты после соударения.

39) Два шарика массой 6 и 4 кг движутся вдоль одной прямой со скоростью 8 и 3 м/с соответственно. С какой скоростью они будут двигаться после абсолютно неупругого удара, если: 1) первый шарик догоняет второй; 2) шарики движутся навстречу друг другу?

40) Снаряд массой 20 кг, летящий горизонтально со скоростью 500 м/с, попадает в платформу с песком массой 10 т и застревает в нем. Платформа при этом первоначально двигалась навстречу снаряду со скоростью 0,5 м/с. Определить скорость и направление движения платформы после взаимодействия.



### 3.5. Закон сохранения момента импульса

41) Платформа, имеющая форму диска, массой 480 кг может вращаться около вертикальной неподвижной оси, проходящей через центр масс платформы. На краю платформы стоит человек. На какой угол повернется платформа, если человек массой 60 кг пойдет вдоль ее края и, обойдя ее, вернется в исходную точку относительно Земли? Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

42) В центре неподвижной платформы стоит человек и держит руками ось велосипедного колеса. Ось колеса совпадает с осью платформы. Колесо вращается с частотой 10 об/с. Момент инерции человека с платформой –  $5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ , колеса –  $1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . С какой частотой будет вращаться платформа, если ось колеса повернуть на  $90^\circ$  вокруг горизонтальной оси?

43) На краю карусели, имеющей форму диска, массой 200 кг и диаметром 4 м, вращающейся с частотой 1 об/с, стоят пять человек, каждый массой по 60 кг. Найти частоту вращения карусели, если все люди сместятся к ее центру на половину радиуса. Считать, что по сравнению с размером карусели люди представляют собой материальные точки.

44) В центре неподвижного диска диаметром 1,8 м и массой 20 кг стоит человек массой 60 кг. С какой частотой начнет вращаться диск, если человек поймает летящий на него небольшой мяч массой 200 г? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии 100 см от оси вращения. Скорость мяча – 5 м/с. Человека считать материальной точкой.

45) В центре вращающегося с частотой 1 об/с диска стоит человек и держит в вытянутых в разные стороны руках гири массой 5 кг каждая. Расстояние между гирями – 140 см. Как изменится частота вращения диска, если человек сожмет руки так, что расстояние от каждой гири до оси вращения станет равным 20 см? Момент инерции человека и диска –  $2,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

46) Платформа в виде диска вращается по инерции около вертикальной оси с частотой 14 об/мин. На краю платформы стоит человек массой 70 кг. Когда человек перешел в центр платформы, частота вращения возросла до 25 об/мин. Определить массу платформы. Человека считать материальной точкой.

47) Шарик массой 60 г, привязанный к концу нити длиной 1,2 м, вращается с частотой 2 об/с, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси до расстояния 60 см. С какой частотой при этом бу-

дет вращаться шарик?

48) В центре диска, вращающегося с угловой скоростью 4 рад/с, стоит человек и держит в руках стержень, расположенный вертикально вдоль оси диска. С какой угловой скоростью будет вращаться диск с человеком, если повернуть стержень так, чтобы он занял горизонтальное положение (центр инерции стержня совпадает с центром диска)? Суммарный момент инерции человека и диска –  $5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Длина стержня – 1,8 м, его масса – 6 кг.

49) Однородный стержень длиной 1 м и массой 600 г может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из его концов. В другой конец абсолютно неупруго ударяет пуля массой 7 г, летящая со скоростью 360 м/с перпендикулярно стержню и его оси. С какой угловой скоростью начнет двигаться стержень?

50) На краю неподвижной платформы массой 100 кг и диаметром 10 м стоит человек массой 60 кг. Какова будет частота вращения платформы, если человек будет двигаться по краю платформы со скоростью 4 км/ч относительно Земли? Считать платформу однородным диском, а человека – материальной точкой.

### 3.6. Первый закон термодинамики

51) Один киломоль одноатомного газа, находящегося при температуре  $27^\circ\text{C}$ , охлаждается изохорически, вследствие чего его давление уменьшается в два раза. Затем газ изобарически расширяется так, что в конечном состоянии его температура равна первоначальной. Изобразить процесс на диаграмме «давление – объем». Вычислить количество теплоты, поглощенной газом, произведенную им работу и приращение внутренней энергии газа.

52) Кислород массой 2,0 кг занимает объем  $1,5 \text{ м}^3$  и находится под давлением 2,0 атм. Газ нагрели сначала при постоянном давлении до объема  $3,0 \text{ м}^3$ , а затем – при постоянном объеме до давления 5,0 атм. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную им работу и переданное газу количество теплоты. Построить график процесса на диаграмме «давление – температура».

53) Кислород массой 200 г занимает объем 100 л и находится под давлением 200 кПа. При нагревании газ расширился при постоянном давлении до объема 300 л, затем его давление возросло до 500 кПа при неизменном объеме. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную им работу и теплоту, переданную газу. Построить график процесса на диаграмме «давление – темпе-

ратура».

54) Один киломоль двухатомного идеального газа занимал первоначально объем  $2,0 \text{ м}^3$  под давлением  $1,2 \text{ МПа}$ . Газ нагрели при постоянном объеме так, что его давление возросло до  $1,6 \text{ МПа}$ . Затем газ расширился при этом же давлении до объема  $3,0 \text{ м}^3$ . Определить количество теплоты, сообщенной газу, работу, совершенную им, и изменение его внутренней энергии. Изобразить процесс на диаграмме «давление – температура».

55) Моль идеального газа имеет первоначально температуру  $17^\circ\text{C}$ . Газ расширяется изобарически до тех пор, пока его объем не увеличится в два раза. Затем газ охлаждается изохорически до первоначальной температуры. Определить приращение внутренней энергии газа, работу, совершенную газом, и количество теплоты, полученной газом. Изобразить процесс на диаграмме «объем – температура».

56) Азот массой  $14 \text{ г}$ , находящийся при температуре  $147^\circ\text{C}$ , адиабатически расширяется так, что давление уменьшается в пять раз, а затем изотермически сжимается до первоначального давления. Найти приращение внутренней энергии газа, совершенную газом работу и количество тепла, отданного газом. Изобразить процесс на диаграмме «давление – объем».

57) Идеальный газ, занимающий объем  $0,39 \text{ м}^3$  при давлении  $155 \text{ кПа}$ , изотермически расширяется до десятикратного объема, затем изохорически нагревается так, что в конечном состоянии его давление равно первоначальному. В результате этих процессов газу сообщается  $1,50 \text{ МДж}$  тепла. Вычислить число степеней свободы молекул этого газа. Изобразить процесс на диаграмме «давление – объем».

58) Водород занимает объем  $10,0 \text{ м}^3$  при давлении  $0,1 \text{ МПа}$ . Его нагрели при постоянном объеме до давления  $0,3 \text{ МПа}$ , затем, изотермически увеличив объем, довели давление газа до первоначального. Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную им, и теплоту, сообщенную газу. Изобразить процесс на диаграмме «давление – объем».

59) Азот массой  $50,0 \text{ г}$  находится при температуре  $17^\circ\text{C}$ . В результате изохорного охлаждения его давление уменьшилось в два раза, затем в результате изобарного расширения температура газа в конечном состоянии стала равна первоначальной. Определить работу, совершенную газом, изменение внутренней энергии и количество теплоты, сообщенной газу. Изобразить процесс на диаграмме «давление – объем».

60) Углекислый газ массой  $500 \text{ г}$ , находящийся под давлением  $0,5 \text{ МПа}$  при температуре  $127^\circ\text{C}$ , подвергли изотермическому расширению, в результате

которого давление газа уменьшилось в три раза. После этого газ подвергли изобарному сжатию до первоначального объема, затем его давление было изохорно увеличено до первоначального значения. Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную газом, и количество теплоты, полученной газом за цикл. Изобразить цикл на диаграмме «давление – объем».

#### Библиографический список

1. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. М., 2006. 560 с.
2. Оселедчик Ю.С. Физика. Модульный курс для технических вузов: учеб. пособие для бакалавров / Ю.С. Оселедчик, П.И. Самойленко, Т.Н. Точилина. М. 2012. 526 с.
3. Крохин С.Н. Краткий курс физики. Часть 1. / С.Н. Крохин, Л.А. Литневский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2012. 37 с.
4. Гельвер С.А. Практикум по физике. Часть 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. / С.А. Гельвер и др. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2014. 42 с.
5. Литневский Л.А. Кинематика и динамика частиц. Примеры решения задач. / Л.А. Литневский, Ю.М. Сосновский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 32 с.
6. Гельвер С.А. Кинематика и динамика вращательного движения абсолютно твердого тела. Примеры решения задач / С.А. Гельвер, С.Н. Смердин / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016.
7. Аронова Т.А. Законы сохранения. СТО. Примеры решения задач. / Т.А. Аронова, И.А. Дроздова / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016.
8. Минабудинова С.А. Молекулярная физика и термодинамика. Примеры решения задач. / С.А. Минабудинова и др. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016.
9. Аронова Т.А. Методические указания для подготовки студентов к тестированию по разделу физики «Механика». / Т.А. Аронова, О.И. Сердюк. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2009. 27 с.
10. Аронова Т.А. Методические указания для подготовки студентов к тестированию по разделу физики «Молекулярная физика и термодинамика». / Т.А. Аронова, О.И. Сердюк. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2011. 25 с.

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица П.1

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Отношение	Наименование	Обозначение	Отношение
деци	д	$10^{-1}$	дека	да	$10^1$
санти	с	$10^{-2}$	гекто	г	$10^2$
милли	м	$10^{-3}$	кило	к	$10^3$
микро	мк	$10^{-6}$	мега	М	$10^6$
нано	н	$10^{-9}$	гига	Г	$10^9$
пико	п	$10^{-12}$	тера	Т	$10^{12}$

Таблица П.2

Молярная масса и число степеней свободы молекул газа

Газ	Молярная масса M, г/моль	Число степеней свободы i
Водород H <sub>2</sub>	2	5
Гелий He	4	3
Азот N <sub>2</sub>	28	5
Кислород O <sub>2</sub>	32	5
Углекислый газ CO <sub>2</sub>	44	6
Сернистый газ SO <sub>2</sub>	64	6

П р и м е ч а н и я.

1. Ускорение свободного падения на поверхности Земли  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .
2. Гравитационная постоянная  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ .
3. Коэффициент трения скольжения металла по металлу  $\mu_{\text{ММ}} = 0,15 \div 0,20$ ; дерева по дереву –  $\mu_{\text{ДД}} = 0,20 \div 0,50$ .
4. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ .
5. Постоянная Больцмана  $k_{\text{В}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ .
6. Постоянная Авогадро  $N_{\text{А}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ .
7. Нормальные условия: давление  $P_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$ , температура  $t^\circ = 0^\circ\text{C}$ .
8.  $1 \text{ мм рт. ст.} = 133 \text{ Па}$ ;  $1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Па}$ ;  $1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  $T, \text{К} = t^\circ\text{C} + 273$ .
9.  $1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж}$ .

*Учебное издание*

КРОХИН Сергей Николаевич,  
СОСНОВСКИЙ Юрий Михайлович

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1 ПО ФИЗИКЕ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ФАКУЛЬТЕТА

---

Редактор Н. А. Майорова

\* \* \*

Подписано в печать ..2016. Формат  $60 \times 84^{1/16}$ .  
Плоская печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л.. Уч.-изд. л. .  
Тираж 500 экз. Заказ .

\* \*

Редакционно-издательский отдел ОмГУПСа  
Типография ОмГУПСа

\*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35