

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 11.02.2021 00:10:00

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf79e940f744831aa368008

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра нанотехнологий, микроэлектроники,  
общей и прикладной физики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 15 » 01

2021 г.



### МЕХАНИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.

Методические указания к выполнению практических работ  
для студентов специальностей

20.03.01 «Техносферная безопасность»

18.03.01 «Химическая технология»

10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных  
систем»

10.03.01 «Информационная безопасность»

Курск 2021

УДК 531

Составители: Л.П. Петрова, Г.В. Карпова

Рецензент

Кандидат физико-математических наук Кузько А.Е.

**Механика. Молекулярная физика:** методические указания к выполнению практических работ для студентов специальностей 20.03.01 «Техносферная безопасность», 18.03.01 «Химическая технология», 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», 10.03.01 «Информационная безопасность» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Петрова Л.П., Карпова Г.В. - Курск, 2021. 50 с.: ил. 36, Библиогр.: с. 49.

Излагаются методические рекомендации по выполнению практических работ, способствующие развитию индивидуального творческого мышления у студентов; активизации учебного процесса на протяжении всего периода изучения дисциплины; организация самостоятельной и индивидуальной работы.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы, утвержденной учебно-методическим объединением для специальностей: «Техносферная безопасность», «Химическая технология», «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», «Информационная безопасность».

Предназначены для студентов специальностей 20.03.01, 18.03.01, 10.05.02, 10.03.01 дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 18.09 . Формат 60 x 84 1/16.

Усл. печ. л. 4,07. Уч.-изд. л. 3.68. Тираж 50 экз. Заказ 247. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Общие методические указания к решению задач и выполнению контрольных заданий .....	4
Практические занятия .....	5
Список рекомендуемой литературы .....	49

## **ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ**

Предназначены для использования на практических занятиях и организации самостоятельной работы студентов.

Номера задач для самостоятельной работы определяются по таблицам вариантов, которые составляются лектором потока.

Контрольное задание нужно выполнять в тетради, в соответствии с установленной формой. Для замечаний преподавателя на странице тетради следует оставить поля.

Решение задачи необходимо сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда это необходимо, дать чертеж, выполненный с помощью чертежных принадлежностей. Решить задачу надо в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин. После получения расчетной формулы для проверки правильности полученного результата следует применить правило размерности. Числовые значения величин при подстановке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах системы СИ. При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби на соответствующую степень десяти. Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора или ЭВМ.

## Практическое занятие №1,2

### Кинематика материальной точки.

1. Первую половину своего пути автомобиль двигался со скоростью  $v_1=80$  км/ч, а вторую половину пути – со скоростью  $v_2=40$  км/ч. Какова средняя скорость  $\langle v \rangle$  движения автомобиля?

Ответ: а)  $\langle v \rangle=53,3$  км/ч; б)  $\langle v \rangle=63,3$  км/ч; в)  $\langle v \rangle=73,3$  км/ч; г)  $\langle v \rangle=43,3$  км/ч; д)  $\langle v \rangle=33,3$  км/ч.

2. Уравнение движения материальной точки имеет вид  $x=2+t-0,5t^2$ . Найти скорость  $v$  точки в момент времени  $t=2$  с.

Ответ: а)  $v=-2$  м/с; б)  $v=1$  м/с; в)  $v=-1$  м/с; г)  $v=2$  м/с; д)  $v=-2,5$  м/с.

3. Уравнение движения материальной точки вдоль оси  $X$  имеет вид  $x=2+t-0,5t^2$ . Найти ускорение  $a$  точки.

Ответ: а)  $a=2$  м/с<sup>2</sup>; б)  $a=-2$  м/с<sup>2</sup>; в)  $a=-1$  м/с<sup>2</sup>; г)  $a=1$  м/с<sup>2</sup>; д)  $a=1,2$  м/с<sup>2</sup>.

4. Две материальные точки движутся согласно уравнениям:  $x_1=4t+8t^2-16t^3$  и  $x_2=2t-4t^2+t^3$ . Найти скорости этих точек в момент времени, когда их ускорения одинаковы.

Ответ: а)  $v_1=36$  м/с;  $v_2=17$  м/с; б)  $v_1=3,6$  м/с;  $v_2=17$  м/с; в)  $v_1=5,6$  м/с;  $v_2=-17$  м/с; г)  $v_1=17$  м/с;  $v_2=-39,6$  м/с; д)  $v_1=39,6$  м/с;  $v_2=-17$  м/с.

5. Точка движется по окружности радиусом  $R=4$  м. Закон ее движения выражается уравнением  $s=8-2t^2$ . Определить момент времени  $t$ , когда нормальное ускорение  $a_n$  точки равно  $9$  м/с<sup>2</sup>.

Ответ: а)  $t=1,5$  с; б)  $t=2,5$  с; в)  $t=1,5$  с; г)  $t=3,5$  с; д) среди приведенных ответов правильного нет.

6. На вал радиусом  $10$  см намотана нить, к концу которой привязана гиря (рис. 1). Опускаясь равноускоренно, гиря прошла расстояние  $200$  см за  $10$  с. Найти тангенциальное ускорение точки, лежащей на поверхности вала.

Ответ: а)  $a_t=4$  м/с<sup>2</sup>; б)  $a_t=0,04$  м/с<sup>2</sup>; в)  $a_t=0,4$  м/с<sup>2</sup>; г)  $a_t=0,08$  м/с<sup>2</sup>; д)  $a_t=0,8$  м/с<sup>2</sup>.

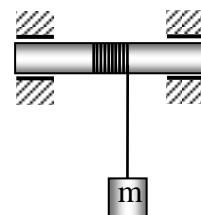


Рис. 1

7. Найти, во сколько раз нормальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося диска, больше ее тангенциального ускорения для того момента, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол  $30^\circ$  с вектором ее линейной скорости (рис. 2).

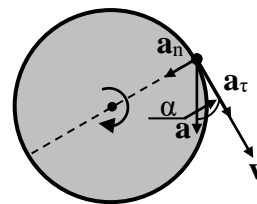


Рис. 2.

Ответ: а)  $a_n/a_t=0,5$ ; б)  $a_n/a_t=0,8$ ; в)  $a_n/a_t=0,68$ ; г)  $a_n/a_t=0,7$ ; д)  $a_n/a_t=0,58$ .

8. Найти угловое ускорение колеса, если известно, что через 2 с после начала движения вектор полного ускорения точки, лежащей на ободе, составляет угол  $\alpha=60^\circ$  с направлением линейной скорости этой точки (рис. 3).

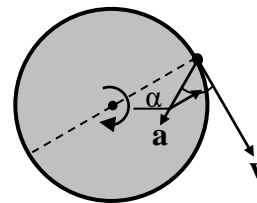


Рис. 3.

Ответ: а)  $\varepsilon=44 \text{ с}^{-2}$ ; б)  $\varepsilon=4,4 \text{ с}^{-2}$ ; в)  $\varepsilon=0,044 \text{ с}^{-2}$ ; г)  $\varepsilon=440 \text{ с}^{-2}$ ; д)  $\varepsilon=0,43 \text{ с}^{-2}$ .

9. Стационарный искусственный спутник движется по окружности в плоскости земного экватора, оставаясь, все время над одним и тем же пунктом земной поверхности. Определить угловую скорость  $\omega$  спутника.

Ответ: а)  $\omega=7,27 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ ; б)  $\omega=3 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ ; в)  $\omega=7 \text{ рад/с}$ ; г)  $\omega=5,3 \text{ рад/с}$ ; д)  $\omega=4,3 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$ .

10. Определить нормальное ускорение точек, лежащих на земной поверхности на широте Москвы ( $\varphi=58^\circ$ ,  $R_3=6400 \text{ км}$ ).

Ответ: а)  $a_{nM}=0,18 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a_{nM}=1,8 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a_{nM}=18 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a_{nM}=180 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a_{nM}=0,018 \text{ м/с}^2$ .

11. Определить линейную скорость точек, лежащих на земной поверхности на экваторе ( $R_3=6400 \text{ км}$ ).

Ответ: а)  $v_3=4,65 \text{ м/с}$ ; б)  $v_3=46,5 \text{ м/с}$ ; в)  $v_3=0,465 \text{ м/с}$ ; г)  $v_3=465 \text{ м/с}$ ; д)  $v_3=4650 \text{ м/с}$ .

12. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\varphi=A+2t+1t^3$ . Найти угловую скорость  $\omega$  через время  $t=2,00 \text{ с}$  после начала движения.

Ответ: а)  $\omega=0,14 \text{ рад/с}$ ; б)  $\omega=1,4 \text{ рад/с}$ ; в)  $\omega=24 \text{ рад/с}$ ; г)  $\omega=14 \text{ рад/с}$ ; д)  $\omega=2,4 \text{ рад/с}$ .

13. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\varphi = A + 2t + t^3$ . Найти угловое ускорение  $\varepsilon$  в момент времени  $t = 0,5$  с.

*Ответ:* а)  $\varepsilon = 3 \text{ рад/с}^2$ ; б)  $\varepsilon = 1 \text{ рад/с}^2$ ; в)  $\varepsilon = 2 \text{ рад/с}^2$ ; г)  $\varepsilon = 0,3 \text{ рад/с}^2$ ; д)  $\varepsilon = 0,03 \text{ рад/с}^2$ .

14. Диск радиусом 0,1 м вращается согласно уравнению  $\varphi = 10 + 20t - 2t^2$ . Определить по величине тангенциальное ускорение точек на окружности диска.

*Ответ:* а)  $a_t = 0,4 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a_t = -4 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a_t = -0,8 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a_t = 0,8 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a_t = -0,4 \text{ м/с}^2$ .

15. Автомобиль движется по закруглению шоссе, имеющему радиус кривизны  $R = 50$  м. Уравнение движения автомобиля  $\varphi = 10 + 10t - 0,5t^2$ . Найти полное ускорение автомобиля в момент времени  $t = 9$  с.

*Ответ:* а)  $a = 7,05 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a = 8,05 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a = 10,5 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a = 70,5 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ .

16. Материальная точка движется по окружности радиуса  $R = 20$  м согласно уравнению:  $S = 8t + 0,2t^3$ . Найти полное ускорение материальной точки в момент времени  $t = 3$  с.

*Ответ:* а)  $a = 8,5 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a = 8,8 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a = 9,1 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a = 9,4 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a = 9,7 \text{ м/с}^2$ .

17. Закон движения точки по кривой выражается уравнением:  $S = 4t^2 + t^3$ . Найти путь, пройденный точкой за промежуток времени от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 4$  с.

*Ответ:* а)  $S = 123 \text{ м}$ ; б)  $S = 120 \text{ м}$ ; в)  $S = 126 \text{ м}$ ; г)  $S = 129 \text{ м}$ ; д)  $S = 117 \text{ м}$ .

### Практическое занятие № 3

*Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела. Законы Ньютона.*

18. Тело массой  $m = 0,5$  кг движется прямолинейно, причем зависимость пройденного телом пути  $S$  от времени  $t$  дается уравнением:  $S = A - Bt + 5t^2 - t^3$ . Найти силу  $F$ , действующую на тело в конце первой секунды движения.

Ответ: а)  $F=0,2$  Н; б)  $F=2$  Н; в)  $F=3,5$  Н; г)  $F=0,35$  Н;  
 д) среди приведенных ответов правильного нет.

19. Материальная точка массой 2 кг движется под действием некоторой силы согласно уравнению  $x=2+5t+t^2-0,2t^3$ . Найти значение этой силы в момент времени  $t=2$  с.

Ответ: а)  $T=0,8$  Н; б)  $T=1,8$  Н; в)  $T=-0,8$  Н; г)  $T=-1,8$  Н;  
 д)  $T=2,8$  Н.

20. Материальная точка движется под действием некоторой силы согласно уравнению  $X=2+5t+t^2-0,2t^3$ . В какой момент времени значение этой силы равно нулю?

Ответ: а)  $t=5,67$  с; б)  $t=1,67$  с; в)  $t=2,67$  с; г)  $t=4,67$  с; д)  $t=3,67$  с.

21. Под действием постоянной силы 10 Н тело движется прямолинейно так, что зависимость пройденного телом расстояния от времени задается уравнением:  $S=5-2t+t^2$ . Найти массу тела.

Ответ: а)  $m=5$  кг; б)  $m=7$  кг; в)  $m=9$  кг; г)  $m=11$  кг; д)  $m=15$  кг.

22. Сила  $F$  сообщает телу массой  $m_1=2$  кг ускорение  $a_1=1$  м/с<sup>2</sup>. Телу какой массы эта сила сможет сообщить ускорение 2 м/с<sup>2</sup>?

Ответ: а)  $m=3$  кг; б)  $m=5$  кг; в)  $m=1,5$  кг; г)  $m=2,5$  кг; д)  $m=1$  кг.

23. Два бруска массами  $m_1=1$  кг и  $m_2=4$  кг, соединенные шнуром, лежат на столе. С каким ускорением будут двигаться бруски, если к одному из них приложить силу в  $F=10$  Н, направленную горизонтально (рис. 4)? Трением пренебречь.

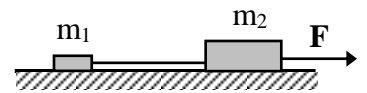


Рис. 4

Ответ: а)  $a=2$  м/с<sup>2</sup>; б)  $a=0,2$  м/с<sup>2</sup>; в)  $a=0,02$  м/с<sup>2</sup>; г)  $a=1,2$  м/с<sup>2</sup>; д)  $a=3,2$  м/с<sup>2</sup>.

24. Два бруска массами  $m_1=1$  кг и  $m_2=4$  кг, соединенные шнуром, лежат на столе (рис. 4). Какова будет сила натяжения шнура, соединяющего бруски, если силу в  $F=10$  Н приложить ко второму бруску? Трением пренебречь.

Ответ: а)  $T=12$  Н; б)  $T=3$  Н; в)  $T=13$  Н; г)  $T=5$  Н; д)  $T=2$  Н.

25. Два бруска массами  $m_1=1$  кг и  $m_2=4$  кг, соединенные шнуром, лежат на столе. Какова будет сила натяжения шнура, соединяющего бруски, если силу в  $F=10$  Н



Рис. 5



приложить к первому бруску (рис. 5)? Трением пренебречь.

*Ответ:* а)  $T=10 \text{ Н}$ ; б)  $T=8 \text{ Н}$ ; в)  $T=6 \text{ Н}$ ; г)  $T=12 \text{ Н}$ ; д)  $T=4 \text{ Н}$ .

26. Автомобиль весит  $9,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$ . Во время движения автомобиля по горизонтальной дороге, на него действует сила трения, равная 0,1 его веса. Чему должна быть равна сила тяги, развиваемой двигателем автомобиля, чтобы он двигался равномерно?

*Ответ:* а)  $F=98 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ; б)  $F=9,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ; в)  $F=0,98 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ; г)  $F=0,98 \text{ Н}$ ; д)  $F=7,8 \cdot 10^3 \text{ Н}$ .

27. С каким ускорением поднимается лифт, если пружинные весы с гирей в 2 кг в момент начала подъема показали 24 Н? Принять  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

*Ответ:* а)  $a=1 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a=2 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a=4 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a=3 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a=2,5 \text{ м/с}^2$ .

28. Две гири с массами  $m_1=1 \text{ кг}$  и  $m_2=2 \text{ кг}$  соединены нерастяжимой, невесомой нитью, перекинутой через невесомый блок. Найти ускорение, с которым движутся гири (рис. 6). Трением в блоке пренебречь. Принять  $g=9,8 \text{ м/с}^2$ .

*Ответ:* а)  $a=3,27 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a=0,3 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a=9,8 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a=0,98 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a=0,4 \text{ м/с}^2$ .

29. Две гири с массами 2 кг и 1 кг соединены нерастяжимой, невесомой нитью, перекинутой через невесомый блок (рис. 6). Найти силу натяжения нити, действующую на гири. Трением в блоке пренебречь. Принять  $g=9,8 \text{ м/с}^2$ .

*Ответ:* а)  $T=1,31 \text{ Н}$ ; б)  $T=2,31 \text{ Н}$ ; в)  $T=23,31 \text{ Н}$ ; г)  $T=13,1 \text{ Н}$ ; д)  $T=3,31 \text{ Н}$ .

30. Невесомый блок укреплен на конце стола. Гири равной массы соединены нитью перекинутой через блок (рис. 7). Коэффициент трения одной из гирь о стол равен 0,1. Найти ускорение, с которым движутся гири. Трением в блоке пренебречь.

*Ответ:* а)  $a=5,1 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a=7,3 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a=9 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a=1,23 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a=4,4 \text{ м/с}^2$ .

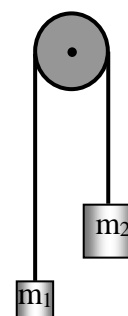


Рис. 6

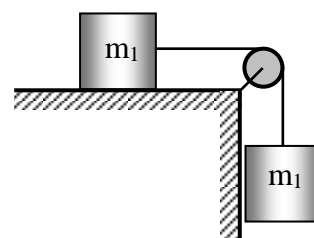


Рис. 7

31. Невесомый блок укреплен на конце стола. Гири равной массы по 1 кг каждая соединены нитью перекинутой через блок. Коэффициент трения одной из гирь о стол равен 0,1 (рис. 7). Найти силу натяжения нити. Трением в блоке пренебречь.

Ответ: а)  $T=5,4 \text{ Н}$ ; б)  $T=1,8 \text{ Н}$ ; в)  $T=-2,8 \text{ Н}$ ; г)  $T=3,8 \text{ Н}$ ; д)  $T=2,8 \text{ Н}$ .

32. Груз массой 100 кг, подвешенный на канате, поднимается вертикально вверх ускоренно с ускорением  $0,7 \text{ м/с}^2$ . Определить натяжение каната в этом случае.

Ответ: а)  $T=1,5 \cdot 10^2 \text{ Н}$ ; б)  $T=2,5 \cdot 10^2 \text{ Н}$ ; в)  $T=10,5 \cdot 10^2 \text{ Н}$ ; г)  $T=20,5 \cdot 10^2 \text{ Н}$ ; д)  $T=30,5 \cdot 10^2 \text{ Н}$ .

33. На гладком столе лежит брусок массой  $m=4 \text{ кг}$  (рис. 8). К бруску привязаны шнуры, перекинутые через неподвижные блоки. К концам шнуров подвешены гири, массы которых  $m_1=1 \text{ кг}$  и  $m_2=2 \text{ кг}$ . Найти ускорение, с которым движется брусок. Массой блоков и трением пренебречь.

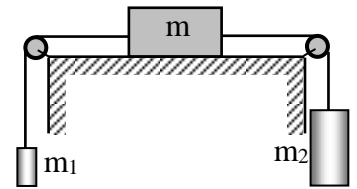


Рис. 8

Ответ: а)  $a=0,4 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a=1,4 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a=2,4 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a=3,4 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a=4,4 \text{ м/с}^2$ .

34. На гладком столе лежит брусок массой  $m=4 \text{ кг}$  (рис. 8). К бруску привязаны шнуры, перекинутые через неподвижные блоки. К концам шнуров подвешены гири, массы которых  $m_1=1 \text{ кг}$  и  $m_2=2 \text{ кг}$ . Найти силу натяжения, действующую на первую гирю. Массой блоков и трением пренебречь.

Ответ: а)  $T_1=31,2 \text{ Н}$ ; б)  $T_1=21,2 \text{ Н}$ ; в)  $T_1=11,2 \text{ Н}$ ; г)  $T_1=1,12 \text{ Н}$ ; д)  $T_1=0,112 \text{ Н}$ .

#### Практическое занятие №4

*Динамика вращательного и колебательного движений твердого тела.*

35. Радиус кривизны выпуклого моста, двигаясь по которому со скоростью  $72 \text{ км/ч}$  автомобиль не оказывает давления на мост в верхней его точке (рис. 9), равен (принять ускорение свободного падения  $g=10 \text{ м/с}^2$ ):

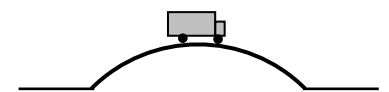


Рис. 9

Ответ: а)  $R=50$  м; б)  $R=100$  м; в)  $R=40$  м; г)  $R=120$  м; д)  $R=60$  м.

36. Маховик радиусом 0,2 м и массой 1 кг соединен с мотором при помощи приводного ремня. Натяжение ремня, идущего без скольжения, постоянно и равно 14,7 Н (рис. 10). Какое число оборотов в секунду будет делать маховик через 1 с после начала движения? Маховик считать однородным диском. Трением пренебречь.

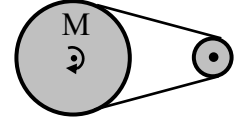


Рис. 10

Ответ: а)  $n=2,67$  об/с; б)  $n=5,67$  об/с; в)  $n=10,67$  об/с; г)  $n=18,67$  об/с; д)  $n=23,4$  об/с.

37. Две гири разного веса соединены нитью, перекинутой через блок, момент инерции которого  $50 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  и радиус 0,2 м. Блок вращается с трением и момент сил трения равен  $98,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$  (рис. 11). Найти разность натяжения нитей по обе стороны блока, если известно, что он вращается с постоянным угловым ускорением  $2,36 \text{ рад/с}^2$ .

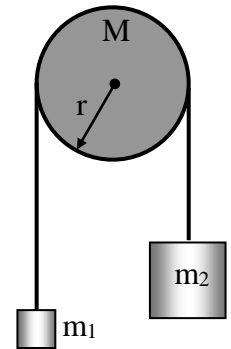


Рис. 11

Ответ: а)  $\Delta T=2,68 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ; б)  $\Delta T=5,68 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ; в)  $\Delta T=1,68 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ; г)  $\Delta T=1,08 \cdot 10^3 \text{ Н}$ ; д)  $\Delta T=3,68 \cdot 10^3 \text{ Н}$ .

38. Грузик, подвешенный на нити длиной 1 м, (рис. 12) движется в горизонтальной плоскости так, что нить, описывающая конус, образует с вертикалью угол  $37^\circ$ . Какое число оборотов в минуту делает грузик?

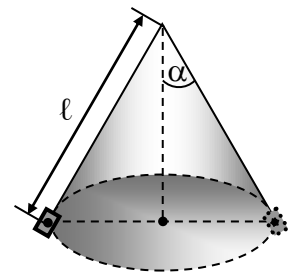


Рис. 12

Ответ: а)  $n=23,6$  об/мин; б)  $n=33,5$  об/мин; в)  $n=43,6$  об/мин; г)  $n=53,6$  об/мин; д)  $n=63,6$  об/мин.

39. Грузик массой 120 г, подвешенный на нити длиной 1 м, вращается в горизонтальной плоскости с частотой  $n=0,56$  об/с. Найти силу натяжения нити.

Ответ: а)  $T=1,48 \text{ Н}$ ; б)  $T=2,47 \text{ Н}$ ; в)  $T=3,47 \text{ Н}$ ; г)  $T=4,47 \text{ Н}$ ; д)  $T=5,47 \text{ Н}$ .

40. Стационарный искусственный спутник движется по окружности в плоскости земного экватора, оставаясь, все время над одним и тем же пунктом земной поверхности. Определить радиус  $R$  орбиты спутника орбиты.

Ответ: а)  $R=52,2 \cdot 10^3 \text{ км}$ ; б)  $R=42,2 \cdot 10^3 \text{ км}$ ; в)  $R=32,2 \cdot 10^3 \text{ км}$ ;

з)  $R=22,2 \cdot 10^3$  км; д)  $R=12,2 \cdot 10^3$  км.

41. Тело вращается равнозамедленно с начальной угловой скоростью 10 рад/с. После того как тело совершило 20 оборотов, скорость его уменьшилась до 4 рад/с. Найти угловое ускорение точки.

Ответ: а)  $\varepsilon=-0,23$  рад/с<sup>2</sup>; б)  $\varepsilon=-0,33$  рад/с<sup>2</sup>; в)  $\varepsilon=-0,43$  рад/с<sup>2</sup>; г)  $\varepsilon=-0,13$  рад/с<sup>2</sup>; д)  $\varepsilon=-0,53$  рад/с<sup>2</sup>.

42. Тело вращается равнозамедленно с начальной угловой скоростью 10 рад/с. После того как тело совершило 20 оборотов, скорость его уменьшилась до 4 рад/с. Найти время, в течение которого изменилась его угловая скорость.

Ответ: а)  $t=18$  с; б)  $t=15$  с; в)  $t=12$  с; г)  $t=21$  с; д)  $t=14$  с.

43. Автомобиль движется со скоростью 60 км/ч. Сколько оборотов в секунду делают его колеса, если они катятся по шоссе без скольжения, а внешний диаметр покрышек колес равен 60 см.

Ответ: а)  $n \approx 9$  об/с; б)  $n \approx 7$  об/с; в)  $n \approx 11$  об/с; г)  $n \approx 5$  об/с; д)  $n \approx 3$  об/с.

44. На однородный сплошной цилиндр радиусом  $R=5,0$  см намотана легкая нить, к концу которой прикреплено тело массы  $m=0,60$  кг (рис. 13). Масса цилиндра  $M$  в 6 раз больше массы  $m$ . В момент времени  $t=0$  система пришла в движение. Пренебрегая трением в оси цилиндра, найти среднюю величину тормозящего момента сил в оси цилиндра, если через  $t=2,0$  с после начала движения скорость тела  $v=1,5$  м/с.

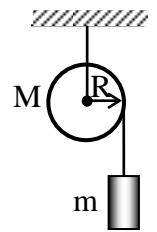


Рис. 13

Ответ: а)  $\langle M_m \rangle = 1,0$  Н·м; б)  $\langle M_m \rangle = 0,1$  Н·м; в)  $\langle M_m \rangle = 0,2$  Н·м; г)  $\langle M_m \rangle = 0,4$  Н·м; д)  $\langle M_m \rangle = 1,2$  Н·м.

45. Однородный цилиндр массы  $m=8,0$  кг и радиусом  $R=1,3$  см (рис. 14) в момент времени  $t=0$  начинает опускаться под действием силы тяжести. Пренебрегая массой нити, найти угловое ускорение цилиндра.

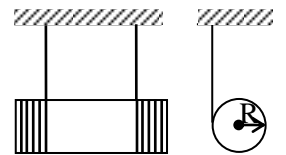


Рис. 14

Ответ: а)  $\varepsilon=1 \cdot 10^2$  рад/с<sup>2</sup>; б)  $\varepsilon=3 \cdot 10^2$  рад/с<sup>2</sup>; в)  $\varepsilon=5 \cdot 10^2$  рад/с<sup>2</sup>; г)  $\varepsilon=7 \cdot 10^2$  рад/с<sup>2</sup>; д)  $\varepsilon=9 \cdot 10^2$  рад/с<sup>2</sup>.

46. Диск радиусом  $R=0,5$  м и массой  $m=2$  кг вращается с угловым ускорением  $5$  с<sup>-2</sup> вокруг оси, проходящей через центр масс диска перпендикулярно его плоскости. Определить величину вращающего момента.

Ответ: а)  $M=3,25 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M=2,25 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M=1,25 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; г)  $M=0,25 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; д)  $M=0,125 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

47. Диск радиусом  $R=0,5 \text{ м}$  и массой  $m=2 \text{ кг}$  вращается с угловым ускорением  $5 \text{ с}^{-2}$  вокруг оси, проходящей через точку расположенную на расстоянии  $\ell=0,5R$  от центра масс диска перпендикулярно его плоскости (рис. 15). Определить величину вращающего момента.

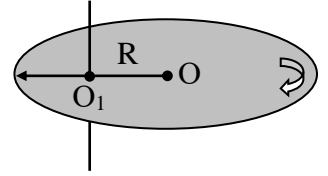


Рис. 15

Ответ: а)  $M=4,88 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M=3,88 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M=2,88 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; г)  $M=1,88 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; д)  $M=0,88 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

48. Диск радиусом  $R=0,5 \text{ м}$  и массой  $m=2 \text{ кг}$  вращается с угловым ускорением  $5 \text{ с}^{-2}$  вокруг оси, проходящей через точку расположенную на расстоянии  $\ell=R$  от центра масс диска перпендикулярно его плоскости (рис. 16). Определить величину вращающего момента.

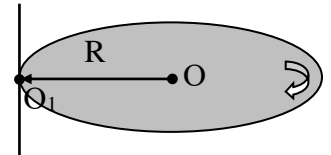


Рис. 16

Ответ: а)  $M=0,075 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M=0,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M=1,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; г)  $M=2,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; д)  $M=3,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

49. Тонкий стержень длиной  $\ell=50 \text{ см}$  и массой  $m=400 \text{ г}$  вращается с угловым ускорением  $\varepsilon=3 \text{ рад/с}^2$  около оси, проходящей через середину стержня перпендикулярно к его длине (рис. 17). Определить величину вращающего момента  $M$ .

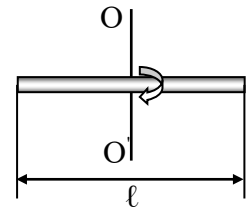


Рис. 17

Ответ: а)  $M=0,025 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M=0,035 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M=0,045 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2$ ; г)  $M=0,055 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; д)  $M=0,065 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

50. Тонкий стержень длиной  $50 \text{ см}$  и массой  $400 \text{ г}$  вращается под действием вращающего момента  $M=0,1 \text{ Н}\cdot\text{м}$  около оси, проходящей через точку, находящуюся на расстоянии  $\ell=0,25 \text{ м}$  от середины стержня перпендикулярно к его длине (рис. 18). Определить угловое ускорение стержня.

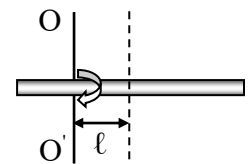


Рис. 18

Ответ: а)  $\varepsilon=7 \text{ с}^{-2}$ ; б)  $\varepsilon=6 \text{ с}^{-2}$ ; в)  $\varepsilon=5 \text{ с}^{-2}$ ; г)  $\varepsilon=4 \text{ с}^{-2}$ ; д)  $\varepsilon=3 \text{ с}^{-2}$ .

51. Тонкий стержень массой 300 г вращается с угловым ускорением  $\varepsilon=4$  рад/с<sup>2</sup> под действием вращающего момента  $M=0,1$  Н·м около оси, проходящей через точку, находящуюся на расстоянии  $d=0,25$  м от середины стержня перпендикулярно к его длине. Определить длину стержня (рис. 19).

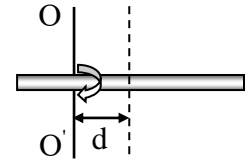


Рис. 19

*Ответ:* а)  $l=0,4$  м; б)  $l=0,5$  м; в)  $l=0,6$  м; г)  $l=0,7$  м; д)  $l=0,8$  м.

52. Тонкий стержень длиной 0,5 м под действием вращающего момента  $M=1$  Н·м вращается с угловым ускорением  $\varepsilon=3$  рад/с<sup>2</sup>, относительно оси, проходящей через точку, находящуюся на расстоянии  $d=0,5l$  ( $l$  – длина стержня) от середины стержня перпендикулярно к его длине (рис. 19). Определить массу стержня.

*Ответ:* а)  $m=2$  кг; б)  $m=3$  кг; в)  $m=4$  кг; г)  $m=5$  кг; д)  $m=6$  кг.

53. Шар массой 10 кг и радиусом 20 см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид:  $\varphi=5+4t^2-t^3$ . Какова величина момента сил в момент времени  $t=2$  с.

*Ответ:* а)  $M=3,64$  Н·м; б)  $M=-0,64$  Н·м; в)  $M=0,64$  Н·м; г)  $M=-2,64$  Н·м; д)  $M=-3,64$  Н·м.

54. Шар массой 10 кг и радиусом 20 см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид:  $\varphi=5+4t^2-t^3$ . Какова величина момента импульса шара в момент времени, равный 2 с.

*Ответ:* а)  $L=3,64$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; б)  $L=-0,64$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; в)  $L=0,64$ (кг·м<sup>2</sup>)/с; г)  $L=-2,64$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; д)  $L=-3,64$  (кг·м<sup>2</sup>)/с.

55. Определить момент инерции шара, массой 10 кг и радиусом 20 см (рис. 20), относительно оси, расположенной на расстоянии  $l=0,5R$  от центра шара.

*Ответ:* а)  $I=0,56$  кг·м<sup>2</sup>; б)  $I=0,46$  кг·м<sup>2</sup>; в)  $I=0,36$  кг·м<sup>2</sup>; г)  $I=0,26$  кг·м<sup>2</sup>; д)  $I=0,16$  кг·м<sup>2</sup>.

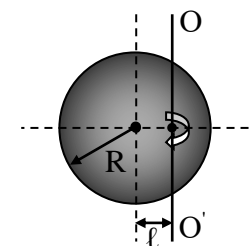


Рис. 20

56. Определить момент инерции медного шара радиусом  $R=10$  см относительно оси, расположенной на расстоянии  $l=0,5R$  от центра шара.

Ответ: а)  $I=5,4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; б)  $I=2,4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; в)  $I=3,4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; г)  $I=4,4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; д)  $I=1,4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

57. Определить момент инерции Земли относительно оси вращения.

Ответ: а)  $I=20,7 \cdot 10^{37} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; б)  $I=11,7 \cdot 10^{37} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; в)  $I=9,7 \cdot 10^{37} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; г)  $I=5,7 \cdot 10^{37} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; д)  $I=3,7 \cdot 10^{37} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

58. Определить момент импульса Земли относительно оси вращения.

Ответ: а)  $L=17 \cdot 10^{33} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ ; б)  $L=15 \cdot 10^{33} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ ; в)  $L=12 \cdot 10^{33} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ ; г)  $L=7 \cdot 10^{33} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ ; д)  $L=3 \cdot 10^{33} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ .

59. Обруч массой  $m=1 \text{ кг}$  и радиусом  $100 \text{ см}$  (рис. 21) вращается относительно оси, проходящей через центр масс с угловой скоростью  $100 \text{ рад/с}$ . Определить модуль момента импульса обруча.

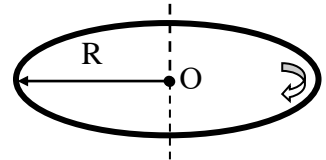


Рис. 21

Ответ: а)  $L=150 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ ; б)  $L=10 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ ; в)  $L=80 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ ; г)  $L=100 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ ; д)  $L=130 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)/\text{с}$ .

60. Определить момента инерции обруча, (рис. 22) массой  $m=1 \text{ кг}$  и радиусом  $R=100 \text{ см}$  относительно оси, перпендикулярной его плоскости, расположенной на расстоянии  $\ell=0,5R$  от центра.

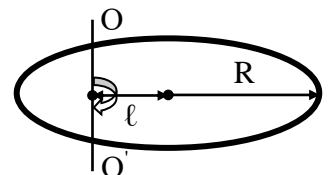


Рис. 22

Ответ: а)  $I=5,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; б)  $I=4,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; в)  $I=3,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; г)  $I=2,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; д)  $I=1,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

61. Определить момента инерции алюминиевого цилиндра (рис. 23) радиусом  $R=100 \text{ см}$  и высотой  $h=0,5 \text{ м}$  относительно оси, перпендикулярной плоскости его оснований, расположенной на расстоянии  $\ell=0,5R$  от центра.

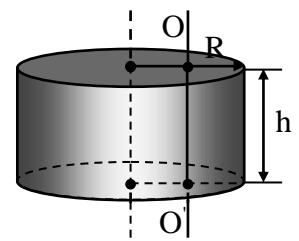


Рис. 23

Ответ: а)  $I=3,2 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; б)  $I=4,2 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; в)  $I=5,2 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; г)  $I=6,2 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ; д)  $I=7,2 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

62. Свинцовый цилиндр (рис. 24) радиусом  $10 \text{ см}$  высотой  $h=0,2 \text{ м}$  вращается относительно оси, проходящей через центр масс

перпендикулярной основанию цилиндра, с угловой скоростью 100 рад/с. Определить модуль момента импульса такого цилиндра.

Ответ: а)  $L=1,55$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; б)  $L=15,5$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; в)  $L=25,5$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; г)  $L=35,5$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; д)  $L=45,5$  (кг·м<sup>2</sup>)/с.

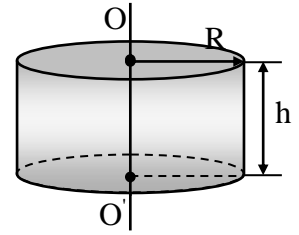


Рис. 24

63. Определить момента инерции алюминиевого цилиндра радиусом  $R=0,10$  м и высотой  $h=0,50$  м относительно оси, перпендикулярной плоскости его оснований, расположенной на расстоянии  $\ell=2R$  от центра (рис. 25).

Ответ: а)  $I=2,9$  кг·м<sup>2</sup>; б)  $I=1,9$  кг·м<sup>2</sup>; в)  $I=0,9$  кг·м<sup>2</sup>; г)  $I=0,19$  кг·м<sup>2</sup>; д)  $I=0,29$  кг·м<sup>2</sup>.

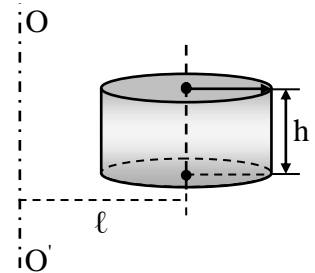


Рис. 25

64. Маховое колесо начинает вращаться с угловым ускорением  $\varepsilon=0,5$  рад/с<sup>2</sup> и через время  $t=15$  с после начала движения приобретает момент импульса  $L=73,5$  (кг·м<sup>2</sup>)/с. Определить момент инерции махового колеса.

Ответ: а)  $I=9,8$  кг·м<sup>2</sup>; б)  $I=7,2$  кг·м<sup>2</sup>; в)  $I=5,8$  кг·м<sup>2</sup>; г)  $I=6,2$  кг·м<sup>2</sup>; д)  $I=2,2$  кг·м<sup>2</sup>.

65. К ободу диска радиусом  $R=0,1$  м приложена касательная сила  $F=19,6$  Н. Какой момент импульса приобретет диск через время  $t=5$  с?

Ответ: а)  $L=10,8$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; б)  $L=9,8$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; в)  $L=8,8$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; г)  $L=7,8$  (кг·м<sup>2</sup>)/с; д)  $L=6,8$  (кг·м<sup>2</sup>)/с.

66. Для гироскопической стабилизации корабля используют в качестве гироскопа однородный круглый диск массой  $5 \cdot 10^4$  кг и радиусом 2 м, который вращается с угловой скоростью 94,2 рад/с. Определить модуль момента импульса стабилизатора.

Ответ: а)  $L=9,42 \cdot 10^6$  кг·м<sup>2</sup>/с; б)  $L=94,2 \cdot 10^6$  кг·м<sup>2</sup>/с; в)  $L=0,942 \cdot 10^6$  кг·м<sup>2</sup>/с; г)  $L=1,942 \cdot 10^8$  кг·м<sup>2</sup>/с; д)  $L=2,942 \cdot 10^8$  кг·м<sup>2</sup>/с.

67. Диск радиусом 20 см и массой 7 кг вращается согласно уравнению  $\varphi=3-t+0,1t^3$ . Определить модуль момента сил в момент времени  $t=2$  с.



*Ответ:* а)  $M=0,168 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M=168 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M=17 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; г)  $M=8 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; д)  $M=16 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

68. Маховик, масса которого  $m=5 \text{ кг}$  равномерно распределена по ободу радиусом  $r=20 \text{ см}$ , свободно вращается вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр, с частотой  $n=720 \text{ об/мин}$ . Найти проекцию тормозящего момента на ось, сонаправленную с угловой скоростью, если маховик останавливается за промежуток времени  $\Delta t=20 \text{ сек}$ .

*Ответ:* а)  $M_m = -0,075 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M_m = -0,0075 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M_m = -75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; г)  $M_m = -0,75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; д)  $M_m = -7,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

69. Маховое колесо, имеющее момент инерции  $245 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , вращается, делая  $20 \text{ об/с}$ . Через минуту после того, как на колесо перестал действовать вращающий момент, оно остановилось. Найти численное значение момента сил трения.

*Ответ:* а)  $M=313 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M=513 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M=173 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; г)  $M=283 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; д)  $M=163 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

70. Момент силы, действующий на тело, равен  $9,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Через  $10 \text{ с}$  после начала вращения тело достигло угловой скорости  $4 \text{ с}^{-1}$ . Найти момент инерции тела.

*Ответ:* а)  $I=4,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; б)  $I=14,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; в)  $I=24,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; г)  $I=34,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; д)  $I=44,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

71. Сплошной шар массой  $m=1 \text{ кг}$  и радиусом  $R=5 \text{ см}$  вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Закон вращения шара выражается уравнением:  $\varphi=4+2t+t^2$ . В точке, наиболее удаленной от оси вращения, на шар действует сила, касательная к поверхности. Определить эту силу.

*Ответ:* а)  $F=0,44 \text{ Н}$ ; б)  $F=0,34 \text{ Н}$ ; в)  $F=0,24 \text{ Н}$ ; г)  $F=0,14 \text{ Н}$ ; д)  $F=0,04 \text{ Н}$ .

72. Сплошной шар массой  $m=1 \text{ кг}$  и радиусом  $R=5 \text{ см}$  вращается вокруг оси, проходящей через его центр. В точке, наиболее удаленной от оси вращения, на шар действует сила, касательная к поверхности. После прекращения действия силы шар останавливается. Закон вращения шара выражается уравнением:  $\varphi=1+4t-5t^2$ . Определить тормозящий момент.

Ответ: а)  $M=5 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M=37 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M=55 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; г)  $M=75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  
 д)  $M=100 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

### Практическое занятие №5

*Энергия, работа, мощность. Законы сохранения в механике.*

73. Тело массой 100 г, брошенное вертикально вниз с высоты 20 м со скоростью 10 м/с, упало на Землю со скоростью 20 м/с. Найти работу по преодолению сопротивления воздуха ( $g=9,8 \text{ м/с}^2$ ).

Ответ: а)  $A=4 \text{ Дж}$ ; б)  $A=4,9 \text{ Дж}$ ; в)  $A=9,8 \text{ Дж}$ ; г)  $A=4,6 \text{ Дж}$ ;  
 д)  $A=2,3 \text{ Дж}$ .

74. Вычислить работу, совершаемую на пути 12 м, равномерно возрастающей силой, если в начале пути сила равна 10 Н, в конце пути 46 Н.

Ответ: а)  $A=3 \text{ Дж}$ ; б)  $A=33 \text{ Дж}$ ; в)  $A=36 \text{ Дж}$ ; г)  $A=336 \text{ Дж}$ ;  
 д)  $A=6 \text{ Дж}$ .

75. Во сколько раз работа двигателя автомобиля по увеличению его скорости от 36 км/ч до 72 км/ч больше работы двигателя того же автомобиля, совершаемой для разгона его с места до скорости 36 км/ч? Силу сопротивления считать постоянной.

Ответ: а)  $A_1/A_2=2$ ; б)  $A_1/A_2=4$ ; в)  $A_1/A_2=6$ ; г)  $A_1/A_2=5$ ;  
 д)  $A_1/A_2=3$ .

76. Обруч (рис. 26) массой 1 кг и диаметром 0,6 м вращается вокруг оси, проходящей через центр, делая 20 об/с. Какую работу необходимо совершить, чтобы остановить обруч?

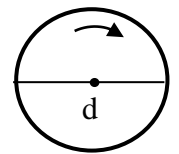


Рис. 26

Ответ: а)  $A=71 \text{ Дж}$ ; б)  $A=710 \text{ Дж}$ ; в)  $A=7,1 \text{ Дж}$ ; г)  $A=0,710 \text{ Дж}$ ;  
 д)  $A=0,071 \text{ Дж}$ .

77. Медный шар радиусом  $R=0,1 \text{ м}$  вращается с угловой скоростью  $2 \text{ с}^{-1}$  вокруг оси, проходящей через его центр (рис. 27). Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара вдвое? Плотность меди  $\rho=8,6\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

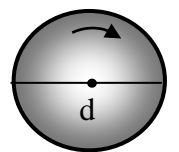


Рис. 27

Ответ: а)  $A=8,64$  Дж; б)  $A=86,4 \cdot 10^{-2}$  Дж; в)  $A=86,4$  Дж; г)  $A=864$  Дж; д)  $A=0,0864$  Дж.

78. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы однородный куб массой  $m=100$  кг и длиной ребра  $\ell=50$  см, находящийся на горизонтальной плоскости (рис. 28), перевернуть с одной грани на соседнюю?

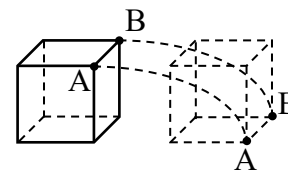


Рис. 28

Ответ: а)  $A=90$  Дж; б)  $A=92$  Дж; в)  $A=94$  Дж; г)  $A=96$  Дж; д)  $A=98$  Дж.

79. По наклонной канатной дороге, составляющей с горизонтом угол  $\alpha=45^\circ$ , поднимается вагонетка массой 500 кг (рис. 29). Какую минимальную работу совершает мотор подъемника при поднятии вагонетки на высоту  $h=10$  м? Коэффициент трения равен  $\mu=0,1$ .

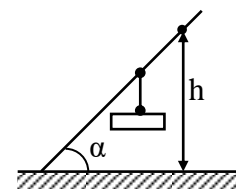


Рис. 29

Ответ: а)  $A=60$  кДж; б)  $A=58$  кДж; в)  $A=56$  кДж; г)  $A=54$  кДж; д)  $A=52$  кДж.

80. Какую работу совершает человек, поднимающий груз массой 2,0 кг на высоту 1,5 м с ускорением  $3,0$  м/с<sup>2</sup>?

Ответ: а)  $A=42,4$  Дж; б)  $A=40,4$  Дж; в)  $A=38,4$  Дж; г)  $A=36,4$  Дж; д)  $A=34,4$  Дж.

81. Лифт массой 1 т равноускоренно поднимается лебедкой. На некотором отрезке пути длиной 1,0 м лифт двигался со средней скоростью 5,0 м/с и его скорость возросла на 0,5 м/с. Какую работу совершила лебедка на указанном отрезке пути?

Ответ: а)  $A=11,3$  кДж; б)  $A=12,3$  кДж; в)  $A=13,3$  кДж; г)  $A=14,3$  кДж; д)  $A=15,3$  кДж.

82. Какую работу нужно совершить при сжатии пружины детского пистолета на  $\Delta\ell=3,0$  см (рис. 30), если усилие составляет 20,0 Н? Какова потенциальная энергия сжатой пружины?

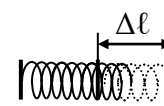


Рис. 30

Ответ: а)  $A=0,3$  Дж; б)  $A=0,5$  Дж; в)  $A=0,7$  Дж; г)  $A=0,9$  Дж; д)  $A=1,1$  Дж.

83. Динамометр, рассчитанный на 40,0 Н, имеет пружину с жесткостью 0,5 кН/м. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину от середины шкалы до последнего деления?

*Ответ:* а)  $A=1,2$  Дж; б)  $A=1,4$  Дж; в)  $A=1,6$  Дж; г)  $A=1,8$  Дж; д)  $A=2,0$  Дж.

84. Камень массой 0,5 кг, падая с высоты 10,0 м, имел у поверхности Земли в момент падения скорость 12,0 м/с. Определить силу сопротивления воздуха, считая ее постоянной.

*Ответ:* а)  $F_c=1,1$  Н; б)  $F_c=1,3$  Н; в)  $F_c=1,5$  Н; г)  $F_c=1,7$  Н; д)  $F_c=1,9$  Н.

85. Автомобиль на некотором отрезке пути увеличил свою скорость от 0 до 36 км/ч. На другом отрезке пути он увеличил свою скорость от 36 до 72 км/ч. Найти отношение работ, затраченных двигателем на разгон на втором и первом отрезках пути.

*Ответ:* а)  $A_2/A_1=3,4$ ; б)  $A_2/A_1=3,2$ ; в)  $A_2/A_1=3,0$ ; г)  $A_2/A_1=2,8$ ; д)  $A_2/A_1=2,6$ .

86. Какую работу совершает постоянная сила, модуль которой равен 0,5 Н, действующая на тело массой 10 кг, в течение 2,0с? В начальный момент времени тело, движущееся равноускоренно, имело скорость 0,4 м/с.

*Ответ:* а)  $A=0,025$  Дж; б)  $A=0,035$  Дж; в)  $A=0,065$  Дж; г)  $A=0,045$  Дж; д)  $A=0,055$  Дж.

87. Орудие, масса ствола которого 450 кг стреляет в горизонтальном направлении. Масса снаряда 5 кг и начальная скорость его  $v=450$  м/с. При выстреле ствол откатывается на 45 см. Определить среднее значение силы торможения, развивающейся в противооткатном устройстве орудия.

*Ответ:* а)  $\langle F \rangle = 16,5$  кН; б)  $\langle F \rangle = 15,5$  кН; в)  $\langle F \rangle = 14,5$  кН; г)  $\langle F \rangle = 13,5$  кН; д)  $\langle F \rangle = 12,5$  кН.

88. Пуля, вылетевшая из винтовки с начальной скоростью 1000 м/с, упала на Землю со скоростью 500 м/с. Какая работа была затрачена во время полета пули на преодоление силы сопротивления воздуха, если масса пули 10 г?

*Ответ:* а)  $A=3,35$  кДж; б)  $A=3,45$  кДж; в)  $A=3,55$  кДж; г)  $A=3,65$  кДж; д)  $A=3,75$  кДж.

89. Камень, пущенный горизонтально по поверхности льда со скоростью 2,0 м/с, прошел до полной остановки 20 м. Определить коэффициент трения камня по льду, считая его постоянным.

Ответ: а)  $\mu=0,06$ ; б)  $\mu=0,05$ ; в)  $\mu=0,03$ ; г)  $\mu=0,01$ ; д)  $\mu=0,001$ .

90. Пуля, масса которой 10 г, подлетает к доске толщиной 4,0 см и застревает в ней, почти пробив ее (рис. 31). Скорость пули перед взаимодействием с доской 600 м/с. Чему равна средняя сила сопротивления доски движению пули?

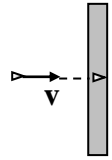


Рис. 31

Ответ: а)  $F=25$  кН; б)  $F=35$  кН; в)  $F=45$  кН; г)  $F=55$  кН; д)  $F=65$  кН.

91. Какую работу надо совершить для того, чтобы равномерно передвинуть диван на 5 м по горизонтальному полу, нажимая на него руками под углом  $30^\circ$  к горизонту? Масса дивана 50 кг, а коэффициент трения дивана о пол 0,25.

Ответ: а)  $A=710$  Дж; б)  $A=720$  Дж; в)  $A=730$  Дж; г)  $A=740$  Дж; д)  $A=750$  Дж.

92. Какой путь пройдут санки по горизонтальной поверхности после спуска с горы высотой 15 м, имеющий уклон  $30^\circ$  (рис. 32)? Коэффициент трения считать постоянным во время всего движения и равным  $\mu=0,025$ .

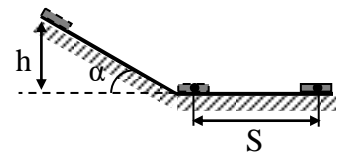


Рис. 32

Ответ: а)  $S=570$  м; б)  $S=560$  м; в)  $S=550$  м; г)  $S=540$  м; д)  $S=530$  м.

99. Кольцо массой 5 кг катится по горизонтальной поверхности со скоростью 54 км/ч. Найти его кинетическую энергию  $W_k$ .

Ответ: а)  $W_k=562,5$  Дж; б)  $W_k=1125$  Дж; в)  $W_k=7290$  Дж; г)  $W_k=14,58$  кДж; д)  $W_k=762,5$  Дж.

100. Сплошной цилиндр, имеющий массу 2 кг, катится без скольжения со скоростью 5 м/с. Найти кинетическую энергию этого цилиндра.

Ответ: а)  $W_k=37,5$  Дж; б)  $W_k=35,5$  Дж; в)  $W_k=33,5$  Дж; г)  $W_k=31,5$  Дж; д)  $W_k=29,5$  Дж.

101. Определить значение полной механической энергии колеблющейся материальной точки массой 25 г. Амплитуда колебаний равна 10 см, период -0,5 с.

*Ответ:* а)  $W=1,97$  Дж; б)  $W=1,97 \cdot 10^{-2}$  кДж; в)  $W=1,97$  кДж; г)  $W=1,97 \cdot 10^{-2}$  Дж; д)  $W=0,97 \cdot 10^{-2}$  Дж.

102. Частица массой  $m=0,01$  кг совершает гармонические колебания с периодом  $T=2$  с. Полная энергия колеблющейся частицы  $W=0,1$  мДж. Определить амплитуду  $A$  колебаний частицы.

*Ответ:* а)  $A=55$  мм; б)  $A=65$  мм; в)  $A=35$  мм; г)  $A=25$  мм; д)  $A=45$  мм.

103. Висящий на невесомой пружине груз совершает вертикальные колебания с амплитудой 4 см. Определите полную энергию гармонических колебаний, если для упругого удлинения пружины на 1 см требуется сила 1 Н.

*Ответ:* а)  $W=0,02$  Дж; б)  $W=0,04$  Дж; в)  $W=0,08$  Дж; г)  $W=0,16$  Дж; д)  $W=0,2$  Дж.

104. Какова потенциальная энергия сжатой на 3,0 см пружины детского пистолета, если усилие составляет 20,0 Н?

*Ответ:* а)  $W_p=0,10$  Дж; б)  $W_p=0,15$  Дж; в)  $W_p=0,20$  Дж; г)  $W_p=0,25$  Дж; д)  $W_p=0,30$  Дж.

105. Мяч, масса и диаметр которого равны  $m=0,5$  кг и  $d=0,24$  м, погрузили в воду на глубину 4,0 м. На сколько изменилась его энергия? Деформацией мяча и поверхностным натяжением воды пренебречь. Плотность воды принять равной  $1,0 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

*Ответ:* а)  $\Delta W=264,0$  Дж; б)  $\Delta W=260,0$  Дж; в)  $\Delta W=258,0$  Дж; г)  $\Delta W=256,0$  Дж; д)  $\Delta W=254,0$  Дж.

106. При забивке сваи массой 150 кг использовалась энергия свободно падающего молота массой 50 кг. При этом свая погружалась в грунт на 10 см. С какой высоты должен падать молот, если сила сопротивления грунта постоянна и равна 6850 Н? Удар считать неупругим.

*Ответ:* а)  $h=4,0$  м; б)  $h=4$  м; в)  $h=4,2$  м; г)  $h=4,4$  м; д)  $h=4,6$  м.

107. Вагон массой 20 т, двигаясь со скоростью 0,5 м/с, ударяется в два неподвижных пружинных буфера. Найти

максимальной сжатие буферов, если известно, что при действии на каждый буфер силы 50,0 кН/м он сжимается на 1,0 см.

*Ответ:* а)  $\Delta\ell=1,8\cdot 10^{-2}$  м; б)  $\Delta\ell=2,0\cdot 10^{-2}$  м; в)  $\Delta\ell=2,2\cdot 10^{-2}$  м; г)  $\Delta\ell=2,4\cdot 10^{-2}$  м; д)  $\Delta\ell=2,6\cdot 10^{-2}$  м.

108. К пружине, жесткость которой равна 1,0 кН/м, подвешен груз массой 3 кг и отпущен из состояния покоя. На какое расстояние опустится груз?

*Ответ:* а)  $\Delta\ell=5,3\cdot 10^{-2}$  м; б)  $\Delta\ell=5,5\cdot 10^{-2}$  м; в)  $\Delta\ell=5,7\cdot 10^{-2}$  м; г)  $\Delta\ell=5,9\cdot 10^{-2}$  м; д)  $\Delta\ell=6,1\cdot 10^{-2}$  м.

109. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 49 м/с. На какой высоте его кинетическая энергия будет равна потенциальной? Сопротивление воздуха не учитывать.

*Ответ:* а)  $h=69$  м; б)  $h=67$  м; в)  $h=65$  м; г)  $h=63$  м; д)  $h=61$  м.

110. Мальчик, стреляя из рогатки, натянул резиновый шнур так, что его длина стала больше на 10 см. Определить энергию растянутого резинового шнура, если для растяжения шнура мальчик приложил силу 9,8 Н.

*Ответ:* а)  $W=0,58$  Дж; б)  $W=0,68$  Дж; в)  $W=0,78$  Дж; г)  $W=0,88$  Дж; д)  $W=0,98$  Дж.

111. Во сколько раз кинетическая энергия  $W_k$  искусственного спутника Земли, движущегося по круговой орбите, меньше его потенциальной энергии  $W_p$  в поле тяжести Земли?

*Ответ:* а)  $W_p/W_k=5$ ; б)  $W_p/W_k=4$ ; в)  $W_p/W_k=3$ ; г)  $W_p/W_k=2$ ; д)  $W_p/W_k=1$ .

112. Обруч и диск одинаковой массы  $m_1=m_2$  катятся без скольжения с одной и той же скоростью  $v$ . Кинетическая энергия обруча  $W_{k1}=39,2$  Дж. Найти кинетическую энергию  $W_{k2}$  диска.

*Ответ:* а)  $W_{k2}=26,4$  Дж; б)  $W_{k2}=27,4$  Дж; в)  $W_{k2}=28,4$  Дж; г)  $W_{k2}=29,4$  Дж; д)  $W_{k2}=30,4$  Дж.

113. Шар диаметром  $d=6$  см и массой  $m=0,25$  кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости. Частота вращения шара  $\nu=2$  об/с. Найти кинетическую энергию шара.

*Ответ:* а)  $W_k=0,06$  Дж; б)  $W_k=0,08$  Дж; в)  $W_k=0,1$  Дж; г)  $W_k=0,12$  Дж; д)  $W_k=0,14$  Дж.

114. Маховик вращается по закону, выраженному уравнением:  $\varphi = 2 + 16t - 2t^2$  Момент инерции маховика  $50 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  Чему равна мощность маховика в момент времени  $t = 3 \text{ с}$ ?

*Ответ:* а)  $N = 900 \text{ Вт}$ ; б)  $N = 700 \text{ Вт}$ ; в)  $N = 800 \text{ Вт}$ ; г)  $N = 600 \text{ Вт}$ ; д)  $N = 500 \text{ Вт}$ .

115. Электровоз при движении со скоростью  $v = 72 \text{ км/ч}$  потребляет мощность  $N_3 = 600 \text{ кВт}$ . Определить силу тяги электровоза, если его коэффициент полезного действия (КПД) равен  $80\%$ .

*Ответ:* а)  $F = 30 \text{ кН}$ ; б)  $F = 28 \text{ кН}$ ; в)  $F = 26 \text{ кН}$ ; г)  $F = 24 \text{ кН}$ ; д)  $F = 22 \text{ кН}$ .

116. Тяговая мощность (мощность на крюке) трактора равна  $30,0 \text{ кВт}$ . С какой средней скоростью может тянуть этот трактор груженный прицеп массой  $5,0 \text{ т}$  на подъем  $0,2$  при коэффициенте сопротивления  $0,4$ ?

*Ответ:* а)  $v = 1,4 \text{ м/с}$ ; б)  $v = 1,2 \text{ м/с}$ ; в)  $v = 1,0 \text{ м/с}$ ; г)  $v = 0,8 \text{ м/с}$ ; д)  $v = 0,6 \text{ м/с}$ .

117. Моторы электровоза при движении со средней скоростью  $20,0 \text{ м/с}$  потребляют мощность  $8,0 \cdot 10^5 \text{ Вт}$ . Какова сила тяги мотора, если коэффициент полезного действия силовой установки электровоза  $80\%$ ?

*Ответ:* а)  $F = 30 \text{ кН}$ ; б)  $F = 32 \text{ кН}$ ; в)  $F = 34 \text{ кН}$ ; г)  $F = 36 \text{ кН}$ ; д)  $F = 38 \text{ кН}$ .

118. Поезд, отходя от станции, за  $5 \text{ мин}$  развивает скорость до  $18 \text{ м/с}$ . Масса поезда  $6,0 \cdot 10^5 \text{ кг}$ , коэффициент трения  $0,004$ . Определить среднюю мощность локомотива за время ускоренного движения.

*Ответ:* а)  $\langle N \rangle = 53,5 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ ; б)  $\langle N \rangle = 54,5 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ ; в)  $\langle N \rangle = 55,5 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ ; г)  $\langle N \rangle = 56,5 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ ; д)  $\langle N \rangle = 57,5 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ .

119. Поезд, отходя от станции, за  $5 \text{ мин}$  развивает скорость до  $18 \text{ м/с}$ . Масса поезда  $6,0 \cdot 10^5 \text{ кг}$ , коэффициент трения  $0,004$ . Найти минимальную мощность локомотива, при которой за указанное время состав наберет указанную скорость.



Ответ: а)  $N_{min}=109,0 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ ; б)  $N_{min}=107,0 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ ; в)  $N_{min}=105,0 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ ; г)  $N_{min}=103,0 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ ; д)  $N_{min}=101,0 \cdot 10^4 \text{ Вт}$ .

120. Камень шлифовального станка имеет диаметр 60 см и делает 120 об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой 1000 Н. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь равен 0,2?

Ответ: а)  $N=1,3 \text{ кВт}$ ; б)  $N=1,4 \text{ кВт}$ ; в)  $N=1,5 \text{ кВт}$ ; г)  $N=1,6 \text{ кВт}$ ; д)  $N=1,7 \text{ кВт}$ .

121. Двигатель автомобиля, движущегося равномерно по горизонтальной дороге, развивает мощность 62 кВт. Результирующая всех сил, действующих на автомобиль, в процессе его движения равна  $F=31 \text{ кН}$ . Определить скорость автомобиля.

Ответ: а)  $v=78 \text{ км/ч}$ ; б)  $v=76 \text{ км/ч}$ ; в)  $v=74 \text{ км/ч}$ ; г)  $v=72 \text{ км/ч}$ ; д)  $v=70 \text{ км/ч}$ .

122. Якорь электрического двигателя вращается с угловой скоростью  $\omega=1500 \text{ об/мин}$ . Определить вращающий момент, если двигатель развивает мощность  $N=500 \text{ Вт}$ .

Ответ: а)  $M=3,58 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; б)  $M=3,48 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; в)  $M=3,38 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; г)  $M=3,28 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ; д)  $M=3,18 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

123. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $\varphi=2+32t-4t^2$ . Найти среднюю мощность  $\langle N \rangle$ , развиваемую силами, действующими на маховик при его вращении, до остановки, если его момент инерции  $I=100 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

Ответ: а)  $\langle N \rangle=16,8 \text{ кВт}$ ; б)  $\langle N \rangle=15,8 \text{ кВт}$ ; в)  $\langle N \rangle=14,8 \text{ кВт}$ ; г)  $\langle N \rangle=13,8 \text{ кВт}$ ; д)  $\langle N \rangle=12,8 \text{ кВт}$ .

124. Шар скатывается с наклонной плоскости высотой 90 см (рис. 33). Определить линейную скорость центра шара в тот момент, когда шар скатится с наклонной плоскости? Принять  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

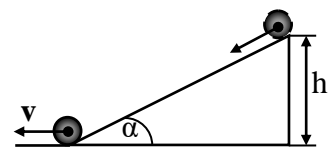


Рис. 33

Ответ: а)  $v=3,55 \text{ м/с}$ ; б)  $v=35,5 \text{ м/с}$ ; в)  $v=3,55 \text{ см/с}$ ; г)  $v=0,355 \text{ м/с}$ ; д)  $v=3,55 \text{ см/с}$ .

125. Из пружинного пистолета выстрелили пулькой, масса которой  $m=5 \text{ г}$ . Жесткость пружины  $k=1,25 \text{ кН/м}$ . Пружина была

сжата на  $\Delta l = 8$  см. Определить скорость пульки при вылете ее из пистолета.

Ответ: а)  $v = 400$  м/с; б)  $v = 40$  м/с; в)  $v = 420$  м/с; г)  $v = 40$  см/с; д)  $v = 4$  м/с.

126. Стальной шарик падает с высоты 1 м. На какую высоту он поднимется после удара, если коэффициент восстановления равен 0,8? Коэффициентом восстановления называется отношение скорости после удара к скорости до удара (рис. 34).

Ответ: а)  $h = 0,64$  м; б)  $h = 0,54$  м; в)  $h = 0,44$  м; г)  $h = 0,74$  м; д)  $h = 0,84$  м.

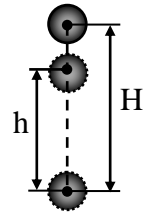


Рис. 34

127. Металлический шарик, падая с высоты 1 м на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту 0,81 м. Найти коэффициент восстановления материала шарика (рис. 34).

Ответ: а)  $k = 0,7$ ; б)  $k = 0,5$ ; в)  $k = 0,6$ ; г)  $k = 0,9$ ; д)  $k = 0,8$ .

128. Тело массой 2 кг движется со скоростью 3 м/с и нагоняет второе тело массой в 3 кг, движущееся со скоростью 1 м/с. Найти скорости тел после столкновения, если удар был упругий. Тела движутся по одной прямой (рис. 35). Удар - центральный.

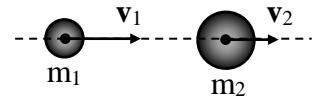


Рис. 35

Ответ: а)  $u_1 = 0,6$  м/с;  $u_2 = 2,6$  м/с; б)  $u_1 = 0,6$  м/с;  $u_2 = 2,6$  м/с; в)  $u_1 = 0,6$  м/с;  $u_2 = 2,6$  м/с; г)  $u_1 = 0,6$  м/с;  $u_2 = 2,6$  м/с; д)  $u_1 = 0,6$  м/с;  $u_2 = 2,6$  м/с.

129. Тело массой 3 кг движется со скоростью 4 м/с и ударяется о неподвижное тело такой же массы. Считая удар центральным и неупругим, найти количество теплоты, выделившейся при ударе.

Ответ: а)  $Q = 24$  Дж; б)  $Q = 6$  Дж; в)  $Q = 12$  Дж; г)  $Q = 0$  Дж; д)  $Q = 16$  Дж.

130. Два свинцовых шарика массами 50 г и 200 г висят на двух параллельных нитях длиной 75 см каждая. Шарик большего шар отвели в сторону так, что его нить заняла горизонтальное положение, и затем

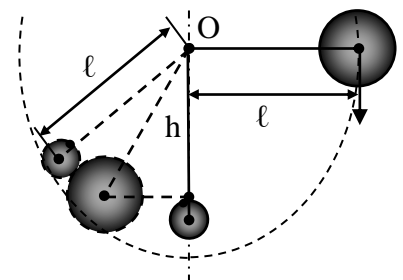


Рис. 36

отпустили. На какую высоту поднимутся шарики после соударения? Удар считать абсолютно неупругим (рис. 36).

Ответ: а)  $h=0,60$  м; б)  $h=0,75$  м; в)  $h=0,38$  м; г)  $h=0,52$  м; д)  $h=0,48$  м.

103. Платформа в виде диска вращается по инерции около вертикальной оси с частотой  $n_1=14$  мин<sup>-1</sup>. На краю платформы стоит человек. Когда человек перешел в центр платформы, частота возросла до  $n_2=25$  мин<sup>-1</sup>. Масса человека 75 кг. Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

Ответ: а)  $M=3,10 \cdot 10^2$  кг; б)  $M=21$  кг; в)  $M=0,31 \cdot 10^3$  кг; г)  $M=1,91 \cdot 10^2$  кг; д)  $M=210$  кг.

104. Камень брошен под углом к горизонту со скоростью  $v_0=20$  м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, на какой высоте от горизонта скорость камня уменьшится вдвое (рис. 26).

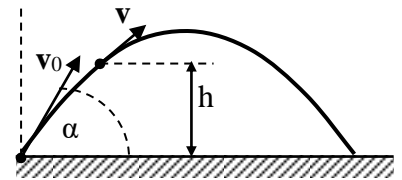


Рис. 26

Ответ: а)  $h=11,3$  м; б)  $h=12,3$  м; в)  $h=13,3$  м; г)  $h=14,3$  м; д)  $h=15,3$  м.

105. Определить величину кинетической энергии тела массой  $m=1$  кг, брошенного горизонтально со скоростью  $v_0=20$  м/с в конце четвертой секунды его движения (рис. 27). Принять  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

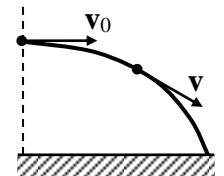


Рис. 27

Ответ: а)  $W_k=1,6$  кДж; б)  $W_k=1,4$  кДж; в)  $W_k=1,2$  кДж; г)  $W_k=1$  кДж; д)  $W_k=0,8$  кДж.

106. Пуля массой 10 г, двигаясь со скоростью 800 м/с, попадает в доску толщиной 5 см и вылетает из нее со скоростью 100 м/с (рис. 28). Определить силу сопротивления доски, считая эту силу постоянной.

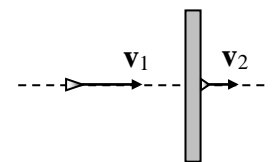


Рис. 28

Ответ: а)  $F_c=65$  кН; б)  $F_c=64$  кН; в)  $F_c=63$  кН; г)  $F_c=62$  кН; д)  $F_c=61$  кН.

107. Камень массой  $m=20$  г, выпущенный вертикально вверх из рогатки, резиновый жгут которой был растянут на  $\Delta\ell=20$  см,

поднялся на высоту  $h=40$  м. Найти коэффициент упругости жгута. Сопротивление воздуха не учитывать.

*Ответ:* а)  $k=390$  Н/м; б)  $k=392$  Н/м; в)  $k=394$  Н/м; г)  $k=396$  Н/м; д)  $k=398$  Н/м.

108. Вагон массой  $m=20,0$  т движется с начальной скоростью  $v_0=54$  км/ч. Найти среднюю силу, действующую на вагон, если известно, что вагон останавливается в течение времени  $t=100$  с.

*Ответ:* а)  $F_c=3,0$  кН; б)  $F_c=3,5$  кН; в)  $F_c=4,0$  кН; г)  $F_c=4,5$  кН; д)  $F_c=5,0$  кН.

109. Поезд массой  $m=500$  т после прекращения тяги паровоза под действием силы трения  $F_{тр}=98$  кН останавливается через время  $t=1$  мин. С какой скоростью  $v_0$  шел поезд?

*Ответ:* а)  $v_0=10,8$  м/с; б)  $v_0=11,8$  м/с; в)  $v_0=12,8$  м/с; г)  $v_0=13,8$  м/с; д)  $v_0=14,8$  м/с.

110. Вагон массой  $m=20,0$  т движется равнозамедленно, имея начальную скорость  $v_0=54$  км/ч, ускорение  $a=0,300$  м/с<sup>2</sup>. Какая сила торможения  $F_T$  действует на вагон?

*Ответ:* а)  $F_m=8,0$  кН; б)  $F_m=7,0$  кН; в)  $F_m=6,0$  кН; г)  $F_m=5,0$  кН; д)  $F_m=4,0$  кН.

111. Вагон массой  $m=20,0$  т движется равнозамедленно, имея начальную скорость  $v_0=54$  км/ч, ускорение  $a=0,300$  м/с<sup>2</sup>. Через какое время  $t$  вагон остановится?

*Ответ:* а)  $t=30$  с; б)  $t=40$  с; в)  $t=50$  с; г)  $t=60$  с; д)  $t=70$  с.

112. С неподвижной лодки массой 50 кг на берег прыгает человек, масса которого 80 кг. Скорость человека 1,2 м/с. С какой скоростью начнет двигаться лодка?

*Ответ:* а)  $v=-1,6$  м/с; б)  $v=-1,7$  м/с; в)  $v=-1,8$  м/с; г)  $v=-1,9$  м/с; д)  $v=-2,0$  м/с.

113. На пол с высоты 2 м свободно падает мяч массой 200 г и подпрыгивает на высоту полутора метров. Определить переданный полу импульс. Сопротивлением воздуха пренебречь.

*Ответ:* а)  $\Delta p=2,73$  кг·м/с; б)  $\Delta p=2,63$  кг·м/с; в)  $\Delta p=2,53$  кг·м/с; г)  $\Delta p=2,43$  кг·м/с; д)  $\Delta p=2,33$  кг·м/с.

114. Тело с начальной скоростью  $v=14$  м/с падает с высоты  $h=240$  м и углубляется в песок на 0,2 м. Определить среднюю силу сопротивления почвы. Масса тела 1 кг. Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: а)  $F=12,5$  кН; б)  $F=13,5$  кН; в)  $F=14,5$  кН; г)  $F=15,5$  кН; д)  $F=16,5$  кН.

115. Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на очень легком, жестком стержне, и застревает в нем (рис. 29). Масса пули в  $10^3$  раз меньше массы шара. Расстояние от точки подвеса до центра шара 1 м. Какова была скорость пули, если известно, что стержень с шаром отклонился в результате такого взаимодействия на угол  $10^\circ$ ?

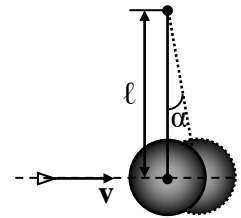


Рис. 29

Ответ: а)  $v=560$  м/с; б)  $v=550$  м/с; в)  $v=540$  м/с; г)  $v=530$  м/с; д)  $v=520$  м/с.

116. Человек, бегущий со скоростью 8,1 км/ч, догоняет тележку, движущуюся со скоростью 2,9 км/ч, и вскакивает на нее. С какой скоростью станет двигаться тележка, если ее масса 80 кг, а масса человека 60 кг?

Ответ: а)  $u=3,1$  км/ч; б)  $u=4,1$  км/ч; в)  $u=5,1$  км/ч; г)  $u=6,1$  км/ч; д)  $u=7,1$  км/ч.

117. Конькобежец, масса которого 70 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой 3 кг со скоростью 8,0 м/с. На какое расстояние откатится конькобежец в результате отдачи, если известно, что коэффициент трения коньков о лед равен 0,02?

Ответ: а)  $x=0,6$  м; б)  $x=0,5$  м; в)  $x=0,4$  м; г)  $x=0,3$  м; д)  $x=0,2$  м.

118. Шар диаметром  $d=6$  см и массой  $m=0,25$  кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости. Частота вращения шара  $\nu=2$  об/с. Найти кинетическую энергию шара.

Ответ: а)  $W_k=0,06$  Дж; б)  $W_k=0,08$  Дж; в)  $W_k=0,1$  Дж; г)  $W_k=0,12$  Дж; д)  $W_k=0,14$  Дж.

119. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом  $R=2$  м, стоит человек массой  $m_1=80$  кг. Масса

платформы  $m_2=240$  кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью  $\omega$  будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью  $v=2$  м/с относительно платформы (рис. 30).

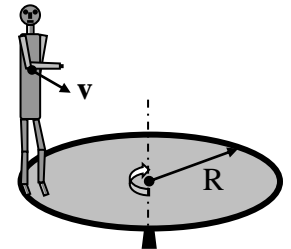


Рис. 30

Ответ: а)  $\omega=0,8$  рад/с; б)  $\omega=0,7$  рад/с; в)  $\omega=0,6$  рад/с; г)  $\omega=0,5$  рад/с; д)  $\omega=0,4$  рад/с.

120. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой  $m_1=60$  кг. На какой угол  $\varphi$  повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя его, вернется в исходную точку на платформе? Масса платформы  $m_2=240$  кг. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки (рис. 30).

Ответ: а)  $\varphi=-135^\circ$ ; б)  $\varphi=-130^\circ$ ; в)  $\varphi=-125^\circ$ ; г)  $\varphi=-120^\circ$ ; д)  $\varphi=-115^\circ$ .

121. Платформа в виде диска радиусом  $R=1$  м вращается по инерции с частотой  $\nu_1=6$  мин<sup>-1</sup>. На краю платформы стоит человек, масса которого  $m_2=80$  кг (рис. 31). С какой частотой  $\nu$  будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы  $I=120$  кг·м<sup>2</sup>. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки.

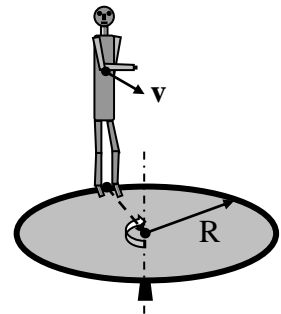


Рис. 31

Ответ: а)  $\nu=16$  мин<sup>-1</sup>; б)  $\nu=14$  мин<sup>-1</sup>; в)  $\nu=12$  мин<sup>-1</sup>; г)  $\nu=10$  мин<sup>-1</sup>; д)  $\nu=8$  мин<sup>-1</sup>.

122. В центре скамьи Жуковского стоит человек и держит в руках стержень длиной  $\ell=2,4$  м и массой  $m=8$  кг, расположенный вертикально по оси вращения скамьи (рис. 32). Скамья с человеком вращается с частотой  $\nu_1=1$  с<sup>-1</sup>. С какой частотой  $\nu_2$  будет вращаться скамья с человеком, если он повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи  $I=6$  кг·м<sup>2</sup>.

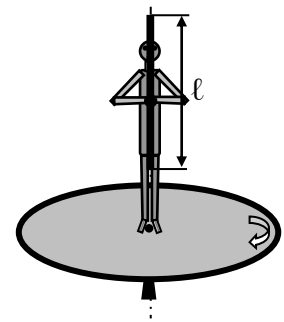


Рис. 32

Ответ: а)  $\nu_2=0,41$  с<sup>-1</sup>; б)  $\nu_2=0,51$  с<sup>-1</sup>; в)  $\nu_2=0,61$  с<sup>-1</sup>; г)  $\nu_2=0,71$  с<sup>-1</sup>; д)  $\nu_2=0,81$  с<sup>-1</sup>.

123. Камень шлифовального станка имеет

диаметр 60 см и делает 120 об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой 1000 Н. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь равен 0,2?

Ответ: а)  $N=1,3$  кВт; б)  $N=1,4$  кВт; в)  $N=1,5$  кВт; г)  $N=1,6$  кВт; д)  $N=1,7$  кВт.

124. Шар скатывается с наклонной плоскости высотой 90 см (рис. 33). Определить линейную скорость центра шара в тот момент, когда шар скатится с наклонной плоскости? Принять  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

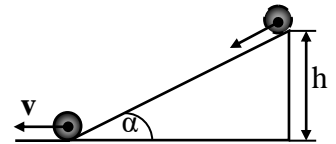


Рис. 33

Ответ: а)  $v=3,55$  м/с; б)  $v=35,5$  м/с; в)  $v=3,55$  см/с; г)  $v=0,355$  м/с; д)  $v=3,55$  см/с.

125. Обручу, радиус которого  $r=0,5$  м, поставленному на шероховатую горизонтальную поверхность, сообщили в горизонтальном направлении поступательную скорость  $v_0=2$  м/с. Определить угловую скорость вращения обруча  $\omega$  после того, как проскальзывание обруча прекратилось.

Ответ: а)  $\omega=2$  с<sup>-1</sup>; б)  $\omega=3$  с<sup>-1</sup>; в)  $\omega=4$  с<sup>-1</sup>; г)  $\omega=5$  с<sup>-1</sup>; д)  $\omega=6$  с<sup>-1</sup>.

126. На барабан радиусом  $R=0,5$  м намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 10 кг (рис. 34). Найти момент инерции барабана, если известно, что груз опускается с ускорением  $a=2,04$  м/с<sup>2</sup>.

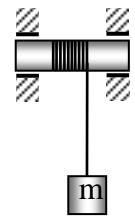


Рис. 34

Ответ: а)  $I=9,6$  кг·м<sup>2</sup>; б)  $I=19,6$  кг·м<sup>2</sup>; в)  $I=29,6$  кг·м<sup>2</sup>; г)  $I=39,6$  кг·м<sup>2</sup>; д)  $I=49,6$  кг·м<sup>2</sup>.

127. На барабан массой  $M=9$  кг намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $m=2$  кг. Найти ускорение груза. Барабан считать однородным цилиндром (рис. 34). Трением пренебречь.

Ответ: а)  $a=5$  м/с<sup>2</sup>; б)  $a=3$  м/с<sup>2</sup>; в)  $a=1$  м/с<sup>2</sup>; г)  $a=7$  м/с<sup>2</sup>; д)  $a=4$  м/с<sup>2</sup>.

## Практическое занятие № 6

*Статистическая физика и термодинамика. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов.*

128. Какое количество молекул находится в комнате объемом 80 м<sup>3</sup> при температуре 17<sup>0</sup>С и давлении 750 мм рт. ст.?

*Ответ:* а)  $N=2 \cdot 10^{20}$  молекул; б)  $N=2 \cdot 10^2$  молекул; в)  $N=2 \cdot 10^{15}$  молекул; г)  $N=2 \cdot 10^{10}$  молекул; д)  $N=2 \cdot 10^{27}$  молекул.

129. Плотность газа при давлении  $p=96$  кПа и температуре  $t=0^\circ\text{C}$  равна  $1,35$  кг/м<sup>3</sup>. Найти молярную массу газа.

*Ответ:* а)  $\mu=32$  кг/моль; б)  $\mu=32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль; в)  $\mu=22 \cdot 10^{-3}$  кг/моль; г)  $\mu=42 \cdot 10^{-3}$  кг/моль; д)  $\mu=2 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.

130. Масса газа  $12$  г занимает объем  $4$  л при температуре  $7^\circ\text{C}$ . После нагревания газа при постоянном давлении его плотность стала равной  $0,6$  кг/м<sup>3</sup>. До какой температуры нагрели газ?

*Ответ:* а)  $T_2=1400$  К; б)  $T_2=140$  К; в)  $T_2=1500$  К; г)  $1200$  К; д)  $T_2=1600$  К.

131. В баллоне объемом  $10$  л находится гелий под давлением  $p_1=1$  МПа и при температуре  $T=300$  К. После того как из баллона было взято  $m=10$  г гелия, температура газа понизилась до  $T=290$  К. Определить давление  $p$  гелия оставшегося в баллоне (в МПа).

*Ответ:* а)  $p=3,64$  МПа; б)  $p=64$  МПа; в)  $p=6,4$  МПа; г)  $p=0,364$  кПа; д)  $p=0,364$  МПа.

132. В баллоне емкостью  $25$  л находится смесь газов, состоящая из аргона массой  $20$  г и гелия массой  $2$  г при температуре  $301$  К. Найти давление смеси газов на стенки сосуда.

*Ответ:* а)  $p=10^8$  Па; б)  $p=10^7$  Па; в)  $p=10^5$  Па; г)  $p=2 \cdot 10^5$  Па; д)  $p=3 \cdot 10^5$  Па.

133. В сосуде находится количество  $\nu=10^{-7}$  моль кислорода и масса  $m_2=10^{-6}$  г азота. Температура смеси  $100^\circ\text{C}$ , давление в сосуде  $p=133$  мПа. Найти объем сосуда.

*Ответ:* а)  $V=3,2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; б)  $V=3 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; в)  $V=2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; г)  $V=4,2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; д)  $V=4 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>

134. Баллон содержит  $80$  г кислорода и  $320$  г аргона. Давление смеси равно  $1$  МПа. Температура смеси –  $300$  К. Принимая газы за идеальные, определить объем баллона.

*Ответ:* а)  $V=2$  л; б)  $V=6$  л; в)  $V=6,2$  л; г)  $V=26,2$  л; д)  $V=262$  л.

135. В цилиндре под поршнем находится водород, при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Водород расширился адиабатически, увеличив свой



объем в 5 раз. Найти температуру в конце адиабатического расширения.

*Ответ:* а)  $T_2=254K$ ; б)  $T_2=154K$ ; в)  $T_2=54K$ ; г)  $T_2=354K$ ; д)  $T_2=454K$ .

136. Из баллона, содержащего водород под давлением  $10^6$  Па, выступили половину находящегося в нем количества газа. Считая процесс адиабатическим, определить конечное давление.

*Ответ:* а)  $p_2=5,8 \cdot 10^6$  Па; б)  $p_2=8 \cdot 10^6$  Па; в)  $p_2=4,8 \cdot 10^6$  Па; г)  $p_2=0,38 \cdot 10^6$  Па; д)  $p_2=2,8 \cdot 10^6$  Па.

137. Во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинки, взвешенной в воздухе, меньше средней квадратичной скорости молекул воздуха? Масса пылинки  $10^{-8}$  г. Воздух считать однородным газом, масса одного киломоля которого равна 29 кг/моль.

*Ответ:* а)  $\langle v_{кв1} \rangle / \langle v_{кв2} \rangle = 7,1 \cdot 10^{-8}$ ; б)  $\langle v_{кв1} \rangle / \langle v_{кв2} \rangle = 7,0 \cdot 10^{-8}$ ; в)  $\langle v_{кв1} \rangle / \langle v_{кв2} \rangle = 6,9 \cdot 10^{-8}$ ; г)  $\langle v_{кв1} \rangle / \langle v_{кв2} \rangle = 6,8 \cdot 10^{-8}$ ; д)  $\langle v_{кв1} \rangle / \langle v_{кв2} \rangle = 6,7 \cdot 10^{-8}$ .

138. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа равна 461 м/с при нормальных условиях. Какое количество молекул содержится в 1г этого газа.

*Ответ:* а)  $N=1,5 \cdot 10^{22}$  молекул; б)  $N=1,6 \cdot 10^{22}$  молекул; в)  $N=1,7 \cdot 10^{22}$  молекул; г)  $N=1,8 \cdot 10^{22}$  молекул; д)  $N=1,9 \cdot 10^{22}$  молекул.

139. Определите плотность молекул в сосуде, откачанном до наивысшего разрешения  $p=10^{-11}$  мм.рт.ст., создаваемого современными лабораторными способами.

*Ответ:* а)  $\rho=1,7 \cdot 10^{-14}$  кг/м<sup>3</sup>; б)  $\rho=1,6 \cdot 10^{-14}$  кг/м<sup>3</sup>; в)  $\rho=1,5 \cdot 10^{-14}$  кг/м<sup>3</sup>; г)  $\rho=1,4 \cdot 10^{-14}$  кг/м<sup>3</sup>; д)  $\rho=1,3 \cdot 10^{-14}$  кг/м<sup>3</sup>.

140. Определите число столкновений  $\langle z \rangle$  молекул в 1 с в сосуде, откачанном до наивысшего разрешения  $p=10^{-11}$  мм рт.ст., создаваемого современными лабораторными способами.

*Ответ:* а)  $\langle z \rangle = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ ; б)  $\langle z \rangle = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ ; в)  $\langle z \rangle = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ ; г)  $\langle z \rangle = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ ; д)  $\langle z \rangle = 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ .

141. Определите среднюю длину свободного пробега  $\langle \lambda \rangle$  молекул в сосуде, откачанном до наивысшего разрешения  $p=10^{-11}$  мм.рт.ст., создаваемого современными лабораторными способами.

*Ответ:* а)  $\langle \lambda \rangle = 8,5 \cdot 10^6$  м; б)  $\langle \lambda \rangle = 8,6 \cdot 10^6$  м; в)  $\langle \lambda \rangle = 8,7 \cdot 10^6$  м;

з)  $\langle \lambda \rangle = 8,8 \cdot 10^6$  м; д)  $\langle \lambda \rangle = 8,9 \cdot 10^6$  м.

142. При атмосферном давлении и температуре  $0^\circ\text{C}$  длина свободного пробега молекулы водорода равна 0,1 мкм. Оцените диаметр этой молекулы.

Ответ: а)  $d = 2,7 \cdot 10^{-10}$  м; б)  $d = 2,8 \cdot 10^{-10}$  м; в)  $d = 2,9 \cdot 10^{-10}$  м; з)  $d = 3 \cdot 10^{-10}$  м; д)  $d = 3,1 \cdot 10^{-10}$  м.

143. Какая часть молекул воздуха при температуре  $17^\circ\text{C}$  обладает скоростями, отличающимися не более, чем на 0,5 м/с от скорости, равной  $v = 0,1 \langle v_B \rangle$ .

Ответ: а)  $\Delta N/N = 5,2 \cdot 10^{-3}$ ; б)  $\Delta N/N = 5,3 \cdot 10^{-3}$ ; в)  $\Delta N/N = 5,4 \cdot 10^{-3}$ ; з)  $\Delta N/N = 5,5 \cdot 10^{-3}$ ; д)  $\Delta N/N = 5,6 \cdot 10^{-3}$ .

144. Какая часть молекул водорода имеет кинетическую энергию, достаточную для преодоления гравитационного поля Земли, если температура газа 300 К?

Ответ: а)  $\Delta N/N = 5,8 \cdot 10^{-21}$ ; б)  $\Delta N/N = 5,7 \cdot 10^{-21}$ ; в)  $\Delta N/N = 5,6 \cdot 10^{-21}$ ; з)  $\Delta N/N = 5,5 \cdot 10^{-21}$ ; д)  $\Delta N/N = 5,4 \cdot 10^{-21}$ .

145. Какая часть молекул азота имеет кинетическую энергию, достаточную для преодоления гравитационного поля Земли, если температура газа 300 К?

Ответ: а)  $\Delta N/N = 2,7 \cdot 10^{-31}$ ; б)  $\Delta N/N = 2,6 \cdot 10^{-31}$ ; в)  $\Delta N/N = 2,5 \cdot 10^{-31}$ ; з)  $\Delta N/N = 2,4 \cdot 10^{-31}$ ; д)  $\Delta N/N = 2,3 \cdot 10^{-31}$ .

146. Какая часть молекул азота при температуре  $T = 400$  К имеет скорость, лежащую в интервале от  $v_B$  до  $v_B + \Delta v$ , где  $\Delta v = 20$  м/с.

Ответ: а)  $\Delta N_1/N = 0,064$ ; б)  $\Delta N_1/N = 0,054$ ; в)  $\Delta N_1/N = 0,044$ ; з)  $\Delta N_1/N = 0,034$ ; д)  $\Delta N_1/N = 0,024$ .

147. Баллон емкостью  $V = 50$  л заполнен кислородом. Температура кислорода  $t = 20^\circ\text{C}$ . Когда часть кислорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на  $\Delta p = 2$  атм. Определить массу  $m$  израсходованного кислорода.

Ответ: а)  $m = 0,163$  кг; б)  $m = 0,153$  кг; в)  $m = 0,143$  кг; з)  $m = 0,133$  кг; д)  $m = 0,123$  кг.

148. Вычислить плотность азота, находящегося в баллоне под давлением  $p = 2$  МПа при температуре 400 К.

Ответ: а)  $\rho = 11$  кг/м<sup>3</sup>; б)  $\rho = 13$  кг/м<sup>3</sup>; в)  $\rho = 15$  кг/м<sup>3</sup>; з)  $\rho = 17$  кг/м<sup>3</sup>; д)  $\rho = 19$  кг/м<sup>3</sup>.

149. В сосуде объемом  $V = 40$  л находится кислород.

Температура кислорода  $T=300$  К. Когда часть кислорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на  $\Delta p=100$  кПа. Определить массу  $m$  израсходованного кислорода, если температура газа в баллоне осталась прежней.

*Ответ:* а)  $m=0,011$  кг; б)  $m=0,021$  кг; в)  $m=0,031$  кг; г)  $m=0,041$  кг; д)  $m=0,051$  кг.

150. Баллон емкостью  $V=15$  л содержит смесь водорода и азота при температуре  $t=27$  °С и давлении  $p=12,3$  атм. Масса смеси  $m=145$  г. Определить массу водорода.

*Ответ:* а)  $m=5 \cdot 10^{-3}$  кг; б)  $m=6 \cdot 10^{-3}$  кг; в)  $m=7 \cdot 10^{-3}$  кг; г)  $m=8 \cdot 10^{-3}$  кг; д)  $m=9 \cdot 10^{-3}$  кг.

151. В баллоне находится газ при температуре  $150$ °С. Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40% его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на  $8$ °С?

*Ответ:* а)  $p_1/p_2=1,9$ ; б)  $p_1/p_2=1,7$ ; в)  $p_1/p_2=1,5$ ; г)  $p_1/p_2=1,3$ ; д)  $p_1/p_2=1,1$ .

152. Какова при нормальных условиях плотность смеси газов, состоящей из азота массой 56 г и углекислого газа массой 44 г?

*Ответ:* а)  $\rho=1,27$  кг/м<sup>3</sup>; б)  $\rho=1,37$  кг/м<sup>3</sup>; в)  $\rho=1,47$  кг/м<sup>3</sup>; г)  $\rho=1,57$  кг/м<sup>3</sup>; д)  $\rho=1,67$  кг/м<sup>3</sup>.

153. При сгорании природного газа объемом  $1$  м<sup>3</sup>, находящегося при нормальных условиях, выделяется энергия равная 36 МДж. Сколько энергии выделится при сжигании газа объемом  $10$  м<sup>3</sup>, находящегося под давлением  $110$  кПа и при температуре  $7$ °С.

*Ответ:* а)  $Q_2=352$  МДж; б)  $Q_2=362$  МДж; в)  $Q_2=372$  МДж; г)  $Q_2=382$  МДж; д)  $Q_2=392$  МДж.

154. Один баллон емкостью  $20$  л содержит азот под давлением  $25$  атм, другой баллон емкостью  $44$  л содержит кислород под давлением  $16$  атм. Оба баллона были соединены между собой и оба газа смешались, образовав однородную смесь (без уменьшения температуры). Найти парциальное давление кислорода.

*Ответ:* а)  $p'=15$  атм; б)  $p'=14$  атм; в)  $p'=13$  атм; г)  $p'=12$  атм; д)  $p'=11$  атм.

155. Найти плотность газовой смеси, состоящей по массе из одной части водорода и восьми частей кислорода при давлении  $720$  мм рт. ст. и температуре  $15$ °С.

*Ответ:* а)  $\rho=0,5$  кг/м<sup>3</sup>; б)  $\rho=0,6$  кг/м<sup>3</sup>; в)  $\rho=0,7$  кг/м<sup>3</sup>; г)  $\rho=0,8$  кг/м<sup>3</sup>; д)  $\rho=0,9$  кг/м<sup>3</sup>.

156. В баллоне находилось 10 т газа при давлении 107 Па какое количество газа взяли из баллона, если окончательное давление стало равно 25 МПа. Температуру газа считать постоянной.

*Ответ:* а)  $\Delta m = 8,5 \cdot 10^3$  кг; б)  $\Delta m = 7,5 \cdot 10^3$  кг; в)  $\Delta m = 6,5 \cdot 10^3$  кг; г)  $\Delta m = 5,5 \cdot 10^3$  кг; д)  $\Delta m = 4,5 \cdot 10^3$  кг.

157. В сосуде находится 14 г азота и 9 г водорода при температуре 10°C и давлении 1 МПа. Найти объем сосуда.

*Ответ:* а)  $V = 15,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; б)  $V = 14,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; в)  $V = 13,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; г)  $V = 12,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; д)  $V = 11,8 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>.

158. В сосуде находится 10 г углекислого газа и 15 г азота. Найти плотность этой смеси при температуре  $t = 27^\circ\text{C}$  и давлении  $p = 0,15$  МПа.

*Ответ:* а)  $\rho = 2,07$  кг/м<sup>3</sup>; б)  $\rho = 1,97$  кг/м<sup>3</sup>; в)  $\rho = 1,87$  кг/м<sup>3</sup>; г)  $\rho = 1,77$  кг/м<sup>3</sup>; д)  $\rho = 1,67$  кг/м<sup>3</sup>.

159. В сварочном цехе стоит 40 баллонов ацетилен  $\text{C}_2\text{H}_2$  ёмкостью  $V = 40$  дм<sup>3</sup> каждый. Все баллоны включены в общую магистраль. После 12 ч непрерывной работы давление во всех баллонах упало с  $1,3 \cdot 10^7$  Па до  $0,7 \cdot 10^7$  Па. Определить массу израсходованного ацетилена.

*Ответ:* а)  $\Delta m = 70$  кг; б)  $\Delta m = 80$  кг; в)  $\Delta m = 90$  кг; г)  $\Delta m = 100$  кг; д)  $\Delta m = 110$  кг.

160. Определить плотность смеси 4 г водорода и 32 г кислорода при температуре 7°C и давлении 700 мм рт. ст.

*Ответ:* а)  $\rho = 0,88$  кг/м<sup>3</sup>; б)  $\rho = 0,78$  кг/м<sup>3</sup>; в)  $\rho = 0,68$  кг/м<sup>3</sup>; г)  $\rho = 0,58$  кг/м<sup>3</sup>; д)  $\rho = 0,48$  кг/м<sup>3</sup>.

161. На какой высоте давление воздуха составляет 75% от давления на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 0°C.

*Ответ:* а)  $h = 2,7 \cdot 10^3$  м; б)  $h = 2,6 \cdot 10^3$  м; в)  $h = 2,5 \cdot 10^3$  м; г)  $h = 2,4 \cdot 10^3$  м; д)  $h = 2,3 \cdot 10^3$  м.

162. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу  $m = 10^{-8}$  г. Во сколько раз уменьшится их концентрация  $n$  при увеличении высоты на  $\Delta h = 10$  м. Температура воздуха  $T = 300$  К.

*Ответ:* а)  $n_0/n_h = 1,6 \cdot 10^{10}$ ; б)  $n_0/n_h = 1,7 \cdot 10^{10}$ ; в)  $n_0/n_h = 1,8 \cdot 10^{10}$ ;

з)  $n_0/n_h=1,9 \cdot 10^{10}$ ; д)  $n_0/n_h=2,0 \cdot 10^{10}$ .

163. Барометр в кабине летящего вертолета показывает давление  $p=90$  кПа. На какой высоте  $h$  летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показал давление  $p_0=100$  кПа? Температура  $T$  воздуха равна  $290$  К и не изменяется с высотой.

Ответ: а)  $h=0,89 \cdot 10^3$  м; б)  $h=0,87 \cdot 10^3$  м; в)  $h=0,88 \cdot 10^3$  м; з)  $h=0,98 \cdot 10^3$  м; д)  $h=0,78 \cdot 10^3$  м.

164. Какова вероятность того, что данная молекула идеального газа имеет скорость, отличную от  $0,5v_B$  не более чем на 1%.

Ответ: а)  $w=4,3 \cdot 10^{-3}$ ; б)  $w=4,4 \cdot 10^{-3}$ ; в)  $w=4,5 \cdot 10^{-3}$ ; з)  $w=4,6 \cdot 10^{-3}$ ; д)  $w=4,7 \cdot 10^{-3}$ .

165. При каком значении скорости  $v$  пересекаются кривые распределения Максвелла для температур  $T_1$  и  $T_2=2T_1$ ?

Ответ: а)  $v=1,64v_B$ ; б)  $v=1,54v_B$ ; в)  $v=1,44v_B$ ; з)  $v=1,34v_B$ ; д)  $v=1,24v_B$ .

166. Масса каждой из пылинок, взвешенных в воздухе равна  $m=10^{-18}$  г. Отношение концентрации  $n_1$  пылинок на высоте  $h=1$  м и концентрации  $n_2$  их на высоте  $h_0=0$  равно  $0,787$ . Температура воздуха  $300$  К. Найти по этим данным значение постоянной Авогадро  $N_A$ .

Ответ: а)  $N_A=5,92 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ ; б)  $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ ; в)  $N_A=6,12 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ ; з)  $N_A=6,22 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ ; д)  $N_A=6,32 \cdot 10^{23}$  моль $^{-1}$ .

167. Самолет совершает полет на высоте  $8,3$  км. Чтобы не снабжать пассажиров кислородными масками, в кабинах при помощи компрессора поддерживается постоянное давление, соответствующее высоте  $2700$  м. Найти разность давлений внутри и снаружи кабины. Среднюю температуру наружного воздуха считать равной  $0$  °С.

Ответ: а)  $\Delta p=0,36 \cdot 10^5$  Па; б)  $\Delta p=0,46 \cdot 10^5$  Па; в)  $\Delta p=0,56 \cdot 10^5$  Па; з)  $\Delta p=0,66 \cdot 10^5$  Па; д)  $\Delta p=0,76 \cdot 10^5$  Па.

168. Вблизи поверхности Земли отношение концентраций кислорода ( $O_2$ ) и азота ( $N_2$ ) в воздухе  $\eta_0=0,268$ . Полагая температуру атмосферы не зависящей от высоты и равной  $0$  °С, определить это отношение на высоте  $h=10$  км.

Ответ: а)  $\eta=0,325$ ; б)  $\eta=0,235$ ; в)  $\eta=0,225$ ; з)  $\eta=0,245$ ; д)  $\eta=0,255$ .

## Практическое занятие № 7

*Термодинамика изопроцессов и циклов.*

169. 60 г кислорода находится под давлением 300 кПа при температуре 10°C. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти количество тепла, полученного газом.

*Ответ:* а)  $Q=1,3$  кДж; б)  $Q=1,2$  кДж; в)  $Q=1,1$  кДж; г)  $Q=1,0$  кДж; д)  $Q=0,9$  кДж.

170. 60 г кислорода находится под давлением 300 кПа при температуре 10 °С. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти энергию теплового движения молекул до нагревания.

*Ответ:* а)  $W=9$  кДж; б)  $W=11$  кДж; в)  $W=13$  кДж; г)  $W=15$  кДж; д)  $W=17$  кДж.

171. 60 г кислорода находится под давлением 300 кПа при температуре 10 °С. После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти энергию теплового движения молекул после нагревания.

*Ответ:* а)  $W_2=2,6$  кДж; б)  $W_2=2,8$  кДж; в)  $W_2=3,0$  кДж; г)  $W_2=3,2$  кДж; д)  $W_2=3,4$  кДж.

172. Из баллона, содержащего водород под давлением 10 атм при температуре 18 °С, выступили половину находящегося в нем количества газа. Считая процесс адиабатическим определить конечное давление.

*Ответ:* а)  $p_2=3,9 \cdot 10^5$  Па; б)  $p_2=3,8 \cdot 10^5$  Па; в)  $p_2=3,7 \cdot 10^5$  Па; г)  $p_2=3,6 \cdot 10^5$  Па; д)  $p_2=3,5 \cdot 10^5$  Па.

173. При изотермическом расширении азота при температуре 280 К объем его увеличился в 2 раза. Определить совершенную при расширении газа работу. Масса азота 0,2 кг.

*Ответ:* а)  $A=11,5$  кДж; б)  $A=12,5$  кДж; в)  $A=13,5$  кДж; г)  $A=14,5$  кДж; д)  $A=15,5$  кДж.

174. При изотермическом расширении азота при температуре 280 К объем его увеличился в 2 раза. Определить количество теплоты, полученное газом. Масса азота 0,2 кг.

*Ответ:* а)  $Q=9,5$  кДж; б)  $Q=10,5$  кДж; в)  $Q=11,5$  кДж; г)  $Q=12,5$  кДж; д)  $Q=13,5$  кДж.

175. При адиабатическом сжатии давление воздуха было увеличено от 50 кПа до 0,5 МПа. Затем при неизменном объеме температура воздуха была понижена до первоначальной. Определить давление газа в конце процесса.

Ответ: а)  $p_3=2,3 \cdot 10^5$  Па; б)  $p_3=2,4 \cdot 10^5$  Па; в)  $p_3=2,5 \cdot 10^5$  Па; г)  $p_3=2,6 \cdot 10^5$  Па; д)  $p_3=2,7 \cdot 10^5$  Па.

176. 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, а затем его давление возросло до 500 кПа при неизменном объеме. Найти совершенную газом работу (рис. 35).

Ответ: а)  $A=290$  кДж; б)  $A=280$  кДж; в)  $A=270$  кДж; г)  $A=260$  кДж; д)  $A=250$  кДж.

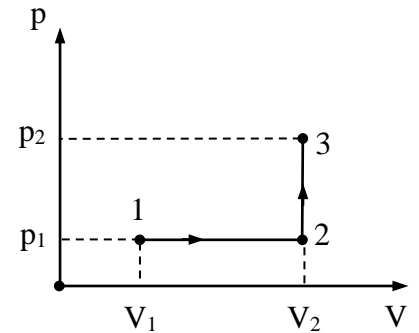


Рис. 35

177. 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, а затем его давление возросло до 500 кПа при неизменном объеме (рис. 35). Найти теплоту, переданную газу.

Ответ: а)  $Q=575$  кДж; б)  $Q=565$  кДж; в)  $Q=555$  кДж; г)  $Q=545$  кДж; д)  $Q=535$  кДж.

178. Какая доля количества теплоты, подводимого к идеальному двухатомному газу при изобарном процессе, расходуется на работу расширения?

Ответ: а)  $A/Q=0,49$ ; б)  $A/Q=0,39$ ; в)  $A/Q=0,29$ ; г)  $A/Q=0,59$ ; д)  $A/Q=0,69$ .

179. Определить работу изотермического сжатия газа, совершающего цикл Карно (рис. 36), КПД которого 0,4, если работа изотермического расширения равна 8 Дж.

Ответ: а)  $A_{изс}=4,8$  Дж; б)  $A_{изс}=4,7$  Дж; в)  $A_{изс}=4,6$  Дж; г)  $A_{изс}=4,4$  Дж; д)  $A_{изс}=4,2$  Дж.

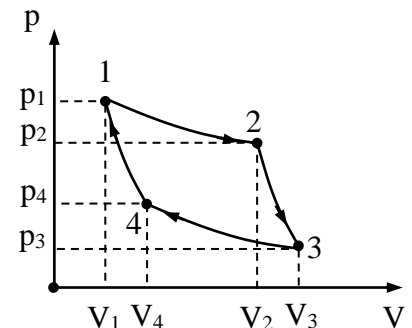


Рис. 36

180. Сосуд, содержащий некоторое количество азота при температуре  $t_1=15$  °С, движется со скоростью  $v=100$  м/с.

Определить температуру газа в сосуде, если он внезапно остановится и если передачей теплоты стенкам можно пренебречь?

Ответ: а)  $t_2=30\text{ }^\circ\text{C}$ ; б)  $t_2=28\text{ }^\circ\text{C}$ ; в)  $t_2=26\text{ }^\circ\text{C}$ ; г)  $t_2=24\text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 д)  $t_2=22\text{ }^\circ\text{C}$ .

181. Найти удельную теплоемкость  $c_v$  для смеси газов, содержащих кислород массой 10 г и азот 20 г.

Ответ: а)  $c_{v_{см}}=0,41 \cdot 10^3\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ; б)  $c_{v_{см}}=0,51 \cdot 10^3\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  
 в)  $c_{v_{см}}=0,61 \cdot 10^3\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ; г)  $c_{v_{см}}=0,71 \cdot 10^3\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  
 д)  $c_{v_{см}}=0,81 \cdot 10^3\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ .

182. Найти удельную теплоемкость  $c_p$  для смеси газов, содержащих кислород массой 10 г и азот 20 г.

Ответ: а)  $c_{p_{см}}=3,0\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ; б)  $c_{p_{см}}=2,0\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  
 в)  $c_{p_{см}}=1,0\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ; г)  $c_{p_{см}}=1,5\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ; д)  $c_{p_{см}}=2,5\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ .

183. Смесь газов состоит из двух молей одноатомного и трех молей двухатомного газов. Определить молярную теплоемкость  $C_p$  смеси.

Ответ: а)  $C_p=25,8\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ; б)  $C_p=26,8\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ;  
 в)  $C_p=27,8\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ; г)  $C_p=28,8\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ; д)  $C_p=29,8\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ .

184. Смесь газов состоит из двух молей одноатомного и трех молей двухатомного газов. Определить молярную теплоемкость  $C_v$  смеси.

Ответ: а)  $C_v=17,5\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ; б)  $C_v=16,5\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ;  
 в)  $C_v=15,5\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ; г)  $C_v=14,5\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ ; д)  $C_v=13,5\text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ .

185. 6,5 г водорода, находящегося при температуре  $27^\circ\text{C}$ , расширяется вдвое при  $p=\text{const}$  за счет притока тепла извне. Найти работу расширения.

Ответ: а)  $A=5,1\text{ кДж}$ ; б)  $A=6,1\text{ кДж}$ ; в)  $A=7,1\text{ кДж}$ ; г)  $A=8,1\text{ кДж}$ ; д)  $A=9,1\text{ кДж}$ .

186. 6,5 г водорода, находящегося при температуре  $27^\circ\text{C}$ , расширяется вдвое при  $p=\text{const}$  за счет притока тепла извне. Найти изменение внутренней энергии газа.

Ответ: а)  $\Delta U=16,3\text{ кДж}$ ; б)  $\Delta U=17,3\text{ кДж}$ ; в)  $\Delta U=18,3\text{ кДж}$ ;  
 г)  $\Delta U=19,3\text{ кДж}$ ; д)  $\Delta U=20,3\text{ кДж}$ .



187. 6,5 г водорода, находящегося при температуре 27 °С, расширяется вдвое при  $p = \text{const}$  за счет притока тепла извне. Найти количество тепла сообщенного газу.

*Ответ:* а)  $Q = 29,4$  кДж; б)  $Q = 28,4$  кДж; в)  $Q = 27,4$  кДж; г)  $Q = 26,4$  кДж; д)  $Q = 25,4$  кДж.

188. Удельная теплоемкость при постоянном объеме газовой смеси состоящей из одного киломоля кислорода и нескольких киломолей аргона, равна 430 Дж/(кг·град). Какое количество аргона находится в газовой смеси?

*Ответ:* а)  $\nu_a = 1,68 \cdot 10^3$  молей; б)  $\nu_a = 1,58 \cdot 10^3$  молей; в)  $\nu_a = 1,48 \cdot 10^3$  молей; г)  $\nu_a = 1,38 \cdot 10^3$  молей; д)  $\nu_a = 1,28 \cdot 10^3$  молей.

189. Удельная теплоемкость при постоянном объеме газовой смеси состоящей из одного киломоля кислорода и нескольких киломолей аргона, равна 430 Дж/(кг·град). Какова масса аргона газовой смеси?

*Ответ:* а)  $m_a = 53$  кг; б)  $m_a = 55$  кг; в)  $m_a = 57$  кг; г)  $m_a = 59$  кг; д)  $m_a = 61$  кг.

190. Найти соотношение  $C_p/C_v$  для газовой смеси, состоящей из 8 г гелия и 16 г кислорода.

*Ответ:* а)  $C_p/C_v = 1,19$ ; б)  $C_p/C_v = 1,29$ ; в)  $C_p/C_v = 1,39$ ; г)  $C_p/C_v = 1,49$ ; д)  $C_p/C_v = 1,59$ .

191. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = 2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1 = 400$  К, температура холодильника  $T_2 = 300$  К. Найти работу  $A$ , совершаемую машиной за один цикл.

*Ответ:* а)  $A = 630$  Дж; б)  $A = 640$  Дж; в)  $A = 650$  Дж; г)  $A = 660$  Дж; д)  $A = 670$  Дж.

192. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1 = 2,512$  кДж. Температура нагревателя  $T_1 = 400$  К, температура холодильника  $T_2 = 300$  К. Найти количество теплоты  $Q_2$ , отдаваемое холодильнику за один цикл.

*Ответ:* а)  $Q_2 = 0,88$  Дж; б)  $Q_2 = 1,88$  Дж; в)  $Q_2 = 2,88$  Дж; г)  $Q_2 = 3,88$  Дж; д)  $Q_2 = 4,88$  Дж.

193. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу  $A=2,94$  кДж и отдает за один цикл холодильнику количество теплоты  $Q_2=13,4$  кДж. Найти КПД цикла.

*Ответ:* а)  $\eta=18\%$ ; б)  $\eta=15\%$ ; в)  $\eta=13\%$ ; г)  $\eta=11\%$ ; д)  $\eta=9\%$ .

194. Кислород массой 10 г, находится температуре  $10^\circ\text{C}$  и под давлением 300 кПа и. После нагревания при  $p=\text{const}$  газ занял объем  $V=10$  л. Найти приращение внутренней энергии  $\Delta U$  газа.

*Ответ:* а)  $\Delta U=5,66$  кДж; б)  $\Delta U=5,76$  кДж; в)  $\Delta U=5,86$  кДж; г)  $\Delta U=5,96$  кДж; д)  $\Delta U=5,56$  кДж.

195. Кислород массой 10 г, находится температуре  $10^\circ\text{C}$  и под давлением 300 кПа и. После нагревания при  $p=\text{const}$  газ занял объем  $V=10$  л. Найти работу  $A$ , совершенную газом при расширении.

*Ответ:* а)  $A=2,46$  кДж; б)  $A=2,36$  кДж; в)  $A=2,26$  кДж; г)  $A=2,16$  кДж; д)  $A=2,06$  кДж.

196. В закрытом сосуде находится масса  $m_1=20$  г азота и масса  $m_2=32$  г кислорода. Найти приращение внутренней энергии смеси газов при охлаждении ее на  $\Delta T=28$  К.

*Ответ:* а)  $\Delta U=1$  кДж; б)  $\Delta U=2$  кДж; в)  $\Delta U=3$  кДж; г)  $\Delta U=4$  кДж; д)  $\Delta U=5$  кДж.

197. При изобарическом расширении двухатомного газа была совершена работа  $A=156,8$  Дж. Какое количество теплоты было сообщено газу?

*Ответ:* а)  $\Delta U=580$  Дж; б)  $\Delta U=570$  Дж; в)  $\Delta U=560$  Дж; г)  $\Delta U=550$  Дж; д)  $\Delta U=540$  Дж.

198. Количество  $\nu=2$  кмоль углекислого газа нагревается при постоянном давлении на  $\Delta T=50$  К. Найти работу  $A$  расширения газа.

*Ответ:* а)  $A=0,43$  МДж; б)  $A=0,53$  МДж; в)  $A=0,63$  МДж; г)  $A=0,73$  МДж; д)  $A=0,83$  МДж.

199. Количество  $\nu=2$  кмоль углекислого газа нагревается при постоянном давлении на  $\Delta T=50$  К. Найти количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

*Ответ:* а)  $Q=3,33$  МДж; б)  $Q=3,43$  МДж; в)  $Q=3,53$  МДж; г)  $Q=3,63$  МДж; д)  $Q=3,73$  МДж.

200. Двухатомному газу сообщено количество теплоты равное  $Q=2,1$  кДж. Газ расширяется при  $p=\text{const}$ . Найти работу  $A$  расширения газа.

*Ответ:* а)  $A=700$  Дж; б)  $A=600$  Дж; в)  $A=500$  Дж; г)  $A=400$  Дж; д)  $A=300$  Дж.

201. В сосуде объемом  $V=5$  л находится газ при давлении  $p=200$  кПа и температуре  $t=17^\circ\text{C}$ . При изобарическом расширении газа была совершена работа  $A=196$  Дж. На сколько нагрелся газ?

*Ответ:* а)  $\Delta T=77$  К; б)  $\Delta T=67$  К; в)  $\Delta T=57$  К; г)  $\Delta T=47$  К; д)  $\Delta T=37$  К.

202. Азот, масса которого  $m=10,5$  г, изотермически расширяется при температуре  $t=-23^\circ\text{C}$ , причем его давление изменяется от  $p_1=250$  кПа до  $p_2=100$  кПа. Найти работу  $A$ , которую совершает газ при расширении.

*Ответ:* а)  $A=744$  Дж; б)  $A=734$  Дж; в)  $A=724$  Дж; г)  $A=714$  Дж; д)  $A=704$  Дж.

203. При изотермическом расширении азота массой  $m=10$  г, находящегося при температуре  $t=17^\circ\text{C}$ , была совершена работа  $A=860$  Дж. Во сколько раз изменилось давление азота при расширении?

*Ответ:* а)  $p_2/p_1=2,32$ ; б)  $p_2/p_1=2,42$ ; в)  $p_2/p_1=2,52$ ; г)  $p_2/p_1=2,62$ ; д)  $p_2/p_1=2,72$ .

204. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре  $t_1=0^\circ\text{C}$ , если он расширяется адиабатически от объема  $V_1$  до  $V_2=2V_1$ ?

*Ответ:* а)  $T_2=197$  К; б)  $T_2=207$  К; в)  $T_2=217$  К; г)  $T_2=227$  К; д)  $T_2=237$  К.

205. Газ расширяется адиабатически, причем объем его увеличивается в два раза, а термодинамическая температура падает в, но в 1,32 раза. Какое число степеней свободы имеют молекулы этого газа?

*Ответ:* а)  $i=5,5$ ; б)  $i=3$ ; в)  $i=6$ ; г)  $i=5$ ; д)  $i=6,5$ .

206. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Определить термический КПД  $\eta$  цикла тепловой машины, если за

счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу  $A=350$  Дж.

*Ответ:* а)  $\eta=0,65$ ; б)  $\eta=0,55$ ; в)  $\eta=0,45$ ; г)  $\eta=0,35$ ; д)  $\eta=0,25$ .

207. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя  $T_1=500$  К. Определить температуру  $T_2$  холодильника тепловой машины, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу  $A=350$  Дж.

*Ответ:* а)  $T_2=325$  К; б)  $T_2=225$  К; в)  $T_2=125$  К; г)  $T_2=525$  К; д)  $T_2=425$  К.

208. Воду массой  $m_1=5$  кг при температуре  $T_1=280$  К смешали с водой массой  $m_2=8$  кг при температуре  $T_2=350$  К. Найти изменение  $\Delta S$  энтропии, происходящее при смешивании.

*Ответ:* а)  $\Delta S=282$  Дж/К; б)  $\Delta S=284$  Дж/К; в)  $\Delta S=286$  Дж/К; г)  $\Delta S=288$  Дж/К; д)  $\Delta S=298$  Дж/К.

209. Кислород массой  $m=2$  кг увеличил свой объём в 5 раз изотермически. Найти изменения энтропии в указанном случае.

*Ответ:* а)  $\Delta S=836$  Дж/К; б)  $\Delta S=846$  Дж/К; в)  $\Delta S=856$  Дж/К; г)  $\Delta S=866$  Дж/К; д)  $\Delta S=876$  Дж/К.

210. Кислород массой  $m=2$  кг увеличил свой объём в 5 раз адиабатически. Найти изменения энтропии в указанном случае.

*Ответ:* а)  $\Delta S=0$ ; б)  $\Delta S=36$  Дж/К; в)  $\Delta S=46$  Дж/К; г)  $\Delta S=56$  Дж/К; д)  $\Delta S=66$  Дж/К.

211. Какое количество теплоты выделится, если азот массой  $m=1$  г, взятый при температуре  $T=280$  К под давлением  $p_1=0,1$  МПа, изотермически сжать до давления  $p_2=1$  МПа?

*Ответ:* а)  $Q=191$  Дж; б)  $Q=193$  Дж; в)  $Q=195$  Дж; г)  $Q=197$  Дж; д)  $Q=199$  Дж.

212. Из баллона, содержащего водород под давлением  $p_1=1$  МПа при температуре  $T_1=300$  К, выпустили половину находившегося в нём газа. Определить конечную температуру, считая процесс адиабатическим.

*Ответ:* а)  $T=257$  К; б)  $T=247$  К; в)  $T=237$  К; г)  $T=227$  К; д)  $T=217$  К.

213. Водород массой 6,6 г расширяется при постоянном давлении до удвоения объёма. Найти изменение энтропии при этом расширении.

Ответ: а)  $\Delta S=77$  Дж/К; б)  $\Delta S=66$  Дж/К; в)  $\Delta S=55$  Дж/К;  
 г)  $\Delta S=45$  Дж/К; д)  $\Delta S=35$  Дж/К.

214. Найти изменение энтропии при переходе 8 г кислорода от объёма 10 л при температуре 80°C к объёму 40 л при температуре 300°C.

Ответ: а)  $\Delta S=5,42$  Дж/К; б)  $\Delta S=6,42$  Дж/К; в)  $\Delta S=7,42$  Дж/К;  
 г)  $\Delta S=8,42$  Дж/К; д)  $\Delta S=9,42$  Дж/К.

### Практическое занятие № 8

*Реальные газы. Уравнение состояния реальных газов. Внутренняя энергия и теплоёмкости реального газа.*

215. В баллоне ёмкостью 20 л находится 80 молей некоторого газа. При 14°C давление газа равно 90 ат; при 63°C давление газа равно 109 ат. Вычислить постоянную Ван-дер-Ваальса "b" для этого газа.

Ответ: а)  $b=8 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/моль; б)  $b=7 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/моль;  
 в)  $b=6 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/моль; г)  $b=5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/моль; д)  $b=4 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/моль.

216. Один киломоль углекислого газа находится при температуре 100 °С. Найти давление газа, считая его реальным. Задачу решить для объёма  $V_1=1$  м<sup>3</sup>.

Ответ: а)  $p_1=2,98$  МПа; б)  $p_1=2,88$  МПа; в)  $p_1=2,78$  МПа;  
 г)  $p_1=2,68$  МПа; д)  $p_1=2,58$  МПа.

217. Один киломоль углекислого газа находится при температуре 100°C. Найти давление газа, считая его реальным. Задачу решить для объёма  $V_2=0,05$  м<sup>3</sup>.

Ответ: а)  $p_1=6,23$  МПа; б)  $p_1=5,23$  МПа; в)  $p_1=4,23$  МПа;  
 г)  $p_1=3,23$  МПа; д)  $p_1=2,23$  МПа.

218. Внутреннюю полость толстостенного стального баллона заполнили водой при комнатной температуре. После чего баллон герметично закупорили и нагрели до температуры 650 К. Определить давление водяного пара в баллоне при этой температуре.

Ответ: а)  $p=2,4 \cdot 10^9$  Па; б)  $p=2,3 \cdot 10^9$  Па; в)  $p=2,2 \cdot 10^9$  Па;  
 г)  $p=2,1 \cdot 10^9$  Па; д)  $p=2,0 \cdot 10^9$  Па.

219. Найти эффективный диаметр молекулы кислорода, считая, что практические величины  $T_k$  и  $p_k$  для кислорода составляют соответственно 154 К и 5 МПа.

*Ответ:* а)  $d_{эф}=0,87$  нм; б)  $d_{эф}=0,77$  нм; в)  $d_{эф}=0,67$  нм;  
г)  $d_{эф}=0,57$  нм; д)  $d_{эф}=0,47$  нм.

220. Найти среднюю длину свободного пробега молекул углекислого газа при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы вычислить, считая для углекислого газа  $T_k=304$  К и давление  $p_k=7,3$  МПа.

*Ответ:* а)  $\langle \lambda \rangle = 6 \cdot 10^{-10}$  м; б)  $\langle \lambda \rangle = 5 \cdot 10^{-10}$  м; в)  $\langle \lambda \rangle = 4 \cdot 10^{-10}$  м;  
г)  $\langle \lambda \rangle = 3 \cdot 10^{-10}$  м; д)  $\langle \lambda \rangle = 2 \cdot 10^{-10}$  м.

221. Определить наибольший объем, который может занимать вода, содержащая количество вещества 1 моль.

*Ответ:* а)  $V_k=5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>; б)  $V_k=6 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>; в)  $V_k=7 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>;  
г)  $V_k=8 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>; д)  $V_k=9 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>.

222. Определить внутреннюю энергию азота, содержащего количество вещества 1 моль, при критической температуре  $T_k=126$  К. Вычисления выполнить для объема  $V=20$  л.

*Ответ:* а)  $U=2,6$  кДж; б)  $U=2,7$  кДж; в)  $U=2,8$  кДж;  
г)  $U=2,9$  кДж; д)  $U=3,0$  кДж.

223. Определить внутреннюю энергию азота, содержащего количество вещества 1 моль, при критической температуре  $T_k=126$  К. Вычисления выполнить для объема  $V=2$  л.

*Ответ:* а)  $U=2,65$  кДж; б)  $U=2,55$  кДж; в)  $U=2,45$  кДж;  
г)  $U=2,35$  кДж; д)  $U=2,25$  кДж.

224. Определить внутреннюю энергию азота, содержащего количество вещества 1 моль, при критической температуре  $T_k=126$  К. Вычисления выполнить для объема  $V=0,2$  л.

*Ответ:* а)  $U=1,7$  кДж; б)  $U=1,8$  кДж; в)  $U=1,9$  кДж;  
г)  $U=2,0$  кДж; д)  $U=2,1$  кДж.

225. Определить внутреннюю энергию азота, содержащего количество вещества 1 моль, при критической температуре  $T_k=126$  К. Вычисления выполнить для объема  $V=V_{кр}$ .

*Ответ:* а)  $U=1,66$  кДж; б)  $U=1,56$  кДж; в)  $U=1,46$  кДж;  
г)  $U=1,36$  кДж; д)  $U=1,26$  кДж.

226. Один киломоль кислорода находится при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении 10 МПа. Найти объем газа считая, что кислород при данных условиях ведет себя как реальный газ.

*Ответ:* а)  $V=0,251$  м<sup>3</sup>; б)  $V=0,241$  м<sup>3</sup>; в)  $V=0,231$  м<sup>3</sup>;

з)  $V=0,221 \text{ м}^3$ ; д)  $V=0,211 \text{ м}^3$ .

227. Один киломоль азота находится при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении  $5 \text{ МПа}$ . Найти объем газа считая, что азот при данных условиях ведет себя как реальный газ.

Ответ: а)  $V=0,89 \text{ м}^3$ ; б)  $V=0,79 \text{ м}^3$ ; в)  $V=0,69 \text{ м}^3$ ; г)  $V=0,59 \text{ м}^3$ ; д)  $V=0,49 \text{ м}^3$ .

### Практическое занятие № 9

#### Физическая кинетика. Явления переноса.

228. Динамическая вязкость кислорода при нормальных условиях  $\eta=19,8 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Определить среднюю длину свободного пробега молекул кислорода при этих условиях.

Ответ: а)  $\langle\lambda\rangle=69 \text{ нм}$ ; б)  $\langle\lambda\rangle=68 \text{ нм}$ ; в)  $\langle\lambda\rangle=67 \text{ нм}$ ; г)  $\langle\lambda\rangle=66 \text{ нм}$ ; д)  $\langle\lambda\rangle=65 \text{ нм}$ .

229. Динамическая вязкость углекислого газа при нормальных условиях  $\eta=14 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Определить среднюю длину свободного пробега молекул кислорода при этих условиях.

Ответ: а)  $\langle\lambda\rangle=69 \text{ нм}$ ; б)  $\langle\lambda\rangle=59 \text{ нм}$ ; в)  $\langle\lambda\rangle=49 \text{ нм}$ ; г)  $\langle\lambda\rangle=39 \text{ нм}$ ; д)  $\langle\lambda\rangle=29 \text{ нм}$ .

230. Вязкость некоторого газа определяется методом измерения силы трения между пластинами, отделенными друг от друга слоем этого газа толщиной  $0,9 \text{ мм}$ . При давлении  $p_1=2,8 \text{ Па}$  вязкость газа оказалась равной  $\eta_1=0,80 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . При давлении  $p_2=10,9 \text{ Па}$  и давлении  $p_3=16,0 \text{ Па}$  вязкость  $\eta_2=\eta_3=1,9 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ . Какова приблизительно длина свободного пробега молекул этого газа при нормальном давлении  $p_0$ ?

Ответ: а)  $\langle\lambda\rangle=58 \text{ нм}$ ; б)  $\langle\lambda\rangle=60 \text{ нм}$ ; в)  $\langle\lambda\rangle=62 \text{ нм}$ ; г)  $\langle\lambda\rangle=64 \text{ нм}$ ; д)  $\langle\lambda\rangle=66 \text{ нм}$ .

231. Оценить среднюю длину свободного пробега  $\langle\lambda\rangle$  ионов в водородной плазме. Температура плазмы  $10^7 \text{ К}$ , число ионов в  $1 \text{ см}^3$  плазмы равно  $10^{15}$ . При указанной температуре эффективное сечение иона водорода считать равным  $4 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$ .

Ответ: а)  $\langle\lambda\rangle\sim 0,8 \cdot 10^2 \text{ м}$ ; б)  $\langle\lambda\rangle\sim 1,0 \cdot 10^2 \text{ м}$ ; в)  $\langle\lambda\rangle\sim 1,2 \cdot 10^2 \text{ м}$ ; г)  $\langle\lambda\rangle\sim 1,4 \cdot 10^2 \text{ м}$ ; д)  $\langle\lambda\rangle\sim 1,6 \cdot 10^2 \text{ м}$ .

232. Коэффициент теплопроводности кислорода при температуре  $100^\circ\text{C}$   $\chi=3,25 \cdot 10^{-2} \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Вычислить коэффициент вязкости кислорода при этой температуре.

Ответ: а)  $\eta=20$  мПа·с; б)  $\eta=30$  мПа·с; в)  $\eta=40$  мПа·с;  
г)  $\eta=50$  мПа·с; д)  $\eta=60$  мПа·с.

233. При нормальных условиях динамическая вязкость воздуха  $\eta=17,2$  мкПа·с. Найти для тех же условий коэффициент теплопроводности воздуха. Значение  $K$  вычислить по формуле  $K = \frac{9\gamma - 5}{4}$ , где  $\gamma$  – показатель адиабаты.

Ответ: а)  $\chi=26,4$  мВт/(м·К); б)  $\chi=25,4$  мВт/(м·К);  
в)  $\chi=24,4$  мВт/(м·К); г)  $\chi=23,4$  мВт/(м·К); д)  $\chi=22,4$  мВт/(м·К).

234. Определить коэффициент теплопроводности насыщенного пара, находящегося при температуре  $T=373$  К. Эффективный диаметр молекул водяного пара  $d=0,30$  нм.

Ответ: а)  $\chi=24,9$  мВт/(м·К); б)  $\chi=23,9$  мВт/(м·К);  
в)  $\chi=22,9$  мВт/(м·К); г)  $\chi=21,9$  мВт/(м·К); д)  $\chi=20,9$  мВт/(м·К).

235. Найти среднее время между соударениями молекул азота, если азот находится под давлением  $p=10^{-5}$  Па при температуре  $T=300$  К.

Ответ: а)  $\tau=1,8$  с; б)  $\tau=1,7$  с; в)  $\tau=1,6$  с; г)  $\tau=1,5$  с; д)  $\tau=1,4$  с.

236. Средняя длина свободного пробега атомов гелия при нормальных условиях  $\langle\lambda\rangle=180$  нм. Определить коэффициент диффузии гелия.

Ответ: а)  $D=7,13 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с; б)  $D=7,23 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с; в)  $D=7,33 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с;  
г)  $D=7,43 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с; д)  $D=7,53 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с.

237. Коэффициент диффузии кислорода при температуре  $t=0^\circ\text{C}$  –  $D=0,19$  см<sup>2</sup>/с. Определить среднюю длину свободного пробега молекул кислорода.

Ответ: а)  $\langle\lambda\rangle=135$  нм; б)  $\langle\lambda\rangle=145$  нм; в)  $\langle\lambda\rangle=155$  нм;  
г)  $\langle\lambda\rangle=165$  нм; д)  $\langle\lambda\rangle=175$  нм.



## Список рекомендуемой литературы

1. Савельев, И. В. Курс физики : учебное пособие. // И. В. Савельев. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2007. - Т. 1: Механика. Молекулярная физика. – 352 с. – Текст: непосредственный.

2. Трофимова, Т. И. Курс физики : учебное пособие / Т. И. Трофимова. - 21-е изд., стер. - Москва: Академия, 2015. - 560 с. – Текст: непосредственный.

3. Курбачев, Ю. Ф. Физика: [ Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. Ф. Курбачев. - Москва: Евразийский открытый институт, 2011. - 216 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=90773>. – Текст: электронный.

4. Барсуков, В. И. Физика. Механика : учебное пособие / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2015. – 248 с. - Режим доступа: по подписке. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444574>. – Текст: электронный.

5. Полунин, В. М. Физика. Физические основы механики : конспект лекций / В. М. Полунин, Г. Т. Сычев ; Курский государственный технический университет. - Курск : КурскГТУ, 2002. - 180 с.

6. Полунин, В. М., Молекулярная физика и термодинамика : конспект лекций / В. М. Полунин, Г. Т. Сычев. - Курск : КГТУ, 2002. - 166 с.

7. Музыка, А. Ю. Механика и электромагнетизм: тексты лекций по общей физике [Электронный ресурс]: лекции / А. Ю. Музыка. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 280 с. : ил. - (Высшая школа). - ISBN 978-5-4458-9569-5. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256579> – Текст: электронный.

8. Прокудин, Д. А. Уравнения математической физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д. А. Прокудин, Т. В. Глухарева, И. В. Казаченко; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего профессионального образования  
«Кемеровский государственный университет». - Кемерово :  
Кемеровский государственный университет, 2014. - 163 с. -  
Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8353-1631-1. - Режим доступа:  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278923> – Текст:  
электронный.