



УДК 531

Составители: Н.М. Игнатенко, Л.П. Петрова, Г.В. Карпова

Рецензент

Кандидат физико-математических наук Кузько А.Е.

**Механика. Молекулярная физика. Электростатика. Постоянный ток:** методические указания к выполнению практических работ для студентов всех технических специальностей и направлений подготовки/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Игнатенко Н.М., Петрова Л.П., Карпова Г.В. - Курск, 2021. 69 с.: ил. 36, Библиогр.: с.67.

Содержит методические рекомендации по выполнению практических работ по физике.

Методические указания соответствуют требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС), учебным планам и рабочим программам дисциплины «Физика» для всех технических специальностей и направлений подготовки.

Предназначены для студентов всех технических специальностей и направлений подготовки с двухсеместровым курсом физики для всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

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

Усл. печ. л. 4,01. Уч.-изд. л. 3.63. Тираж 50 экз. Заказ *2114* 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
Механика. Молекулярная физика. Термодинамика.....	5
Электростатика. Постоянный ток.....	49
Список рекомендуемой литературы .....	67

## **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.

## МЕХАНИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

### 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 движения  $\langle v \rangle$  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.

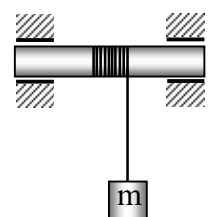


Рис. 1

Ответ: а)  $a_t=4 \text{ м/с}^2$ ; б)  $a_t=0,04 \text{ м/с}^2$ ; в)  $a_t=0,4 \text{ м/с}^2$ ; г)  $a_t=0,08 \text{ м/с}^2$ ; д)  $a_t=0,8 \text{ м/с}^2$ .

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).

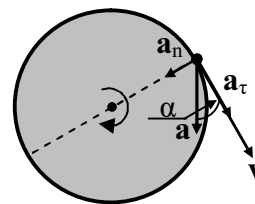


Рис. 2.

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).

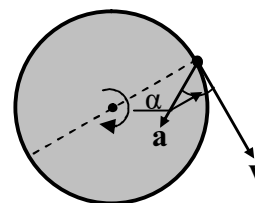


Рис. 3.

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

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  $j = A + 2t + t^3$ . Найти угловое ускорение  $\epsilon$  в момент времени  $t=0,5 \text{ с}$ .

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

14. Диск радиусом  $0,1 \text{ м}$  вращается согласно уравнению  $j = 10 + 20t - 2t^2$ . 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  $R=50 \text{ м}$ . Уравнение движения автомобиля  $j = 10 + 10t - 0,5t^2$ . Найти полное ускорение автомобиля в момент времени  $t=9 \text{ с}$ .

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  $R=20 \text{ м}$  согласно уравнению:  $S=8t+0,2t^3$ . Найти полное ускорение материальной точки в момент времени  $t=3 \text{ с}$ .

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  $t_1=1 \text{ с}$  до  $t_2=4 \text{ с}$ .

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  $m=0,5 \text{ кг}$  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.

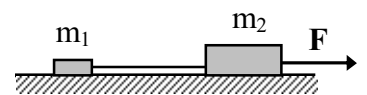


Рис. 4

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.



Рис. 5



Какова будет сила натяжения шнура, соединяющего бруски, если силу в  $F=10$  Н приложить к первому бруску (рис. 5)? Трением пренебречь.

Ответ: а)  $T=10$  Н; б)  $T=8$  Н; в)  $T=6$  Н; г)  $T=12$  Н; д)  $T=4$  Н.

26. Автомобиль весит  $9,8 \times 10^3$  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)  $F=98 \times 10^3$  Н; б)  $F=9,8 \times 10^3$  Н; в)  $F=0,98 \times 10^3$  Н; г)  $F=0,98$  Н; д)  $F=7,8 \times 10^3$  Н.

27. С каким ускорением поднимается лифт, если пружинные весы с гирей в 2 кг в момент начала подъема показали 24 Н? Принять  $g=10$  м/с<sup>2</sup>.

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

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

Ответ: а)  $a=3,27$  м/с<sup>2</sup>; б)  $a=0,3$  м/с<sup>2</sup>; в)  $a=9,8$  м/с<sup>2</sup>; г)  $a=0,98$  м/с<sup>2</sup>; д)  $a=0,4$  м/с<sup>2</sup>.

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  $g=9,8$  м/с<sup>2</sup>.

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

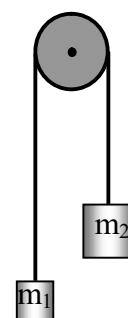


Рис. 6

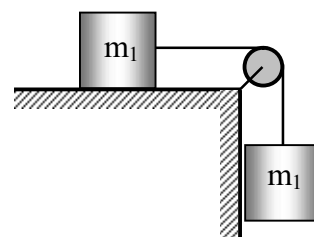


Рис. 7

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)  $a=4,4 \text{ м/с}^2$ .

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

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.

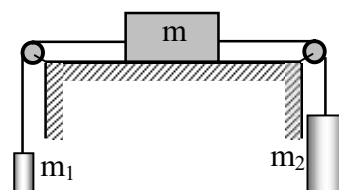


Рис. 8

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  $72 \text{ км/ч}$

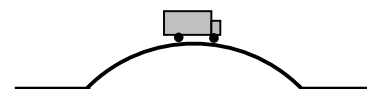


Рис. 9

автомобиль не оказывает давления на мост в верхней его точке (рис. 9), равен (принять ускорение свободного падения  $g=10 \text{ м/с}^2$ ):

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

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

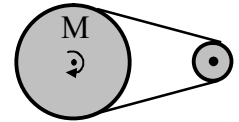


Рис. 10

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

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

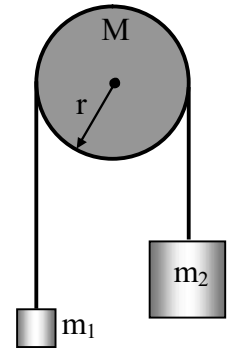


Рис. 11

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

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

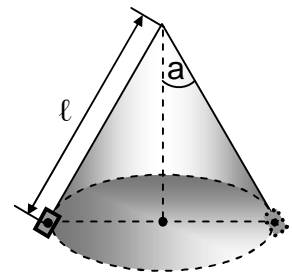


Рис. 12

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

39. Грузик массой  $120 \text{ г}$ , подвешенный на нити длиной  $1 \text{ м}$ , вращается в горизонтальной плоскости с частотой  $n=0,56 \text{ об/с}$ . 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)  $R=52,2 \times 10^3$  км; б)  $R=42,2 \times 10^3$  км; в)  $R=32,2 \times 10^3$  км; г)  $R=22,2 \times 10^3$  км; д)  $R=12,2 \times 10^3$  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)  $\epsilon = -0,23$  рад/с<sup>2</sup>; б)  $\epsilon = -0,33$  рад/с<sup>2</sup>; в)  $\epsilon = -0,43$  рад/с<sup>2</sup>; г)  $\epsilon = -0,13$  рад/с<sup>2</sup>; д)  $\epsilon = -0,53$  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.

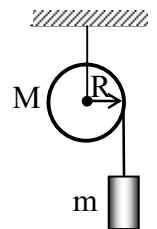


Рис. 13

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

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.

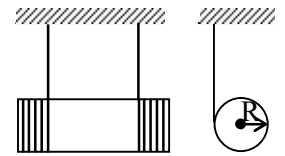


Рис. 14

Ответ: а)  $\epsilon = 1 \times 10^2$  рад/с<sup>2</sup>; б)  $\epsilon = 3 \times 10^2$  рад/с<sup>2</sup>; в)  $\epsilon = 5 \times 10^2$  рад/с<sup>2</sup>; г)  $\epsilon = 7 \times 10^2$  рад/с<sup>2</sup>; д)  $\epsilon = 9 \times 10^2$  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  $l=0,5R$  от центра масс диска перпендикулярно его плоскости (рис. 15). Определить величину вращающего момента.

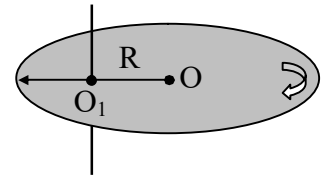


Рис. 15

*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  $l=R$  от центра масс диска перпендикулярно его плоскости (рис. 16). Определить величину вращающего момента.

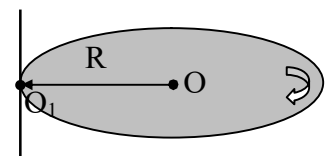


Рис. 16

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

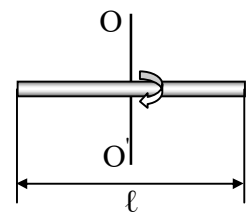


Рис. 17

*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  $l=0,25 \text{ м}$  от

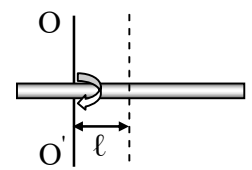


Рис. 18

середины стержня перпендикулярно к его длине (рис. 18). Определить угловое ускорение стержня.

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

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

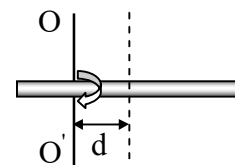


Рис. 19

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

52. Тонкий стержень длиной 0,5 м под действием вращающего момента  $M=1 \text{ Нм}$  вращается с угловым ускорением  $\epsilon=3 \text{ рад/с}^2$ , 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)  $m=2 \text{ кг}$ ; б)  $m=3 \text{ кг}$ ; в)  $m=4 \text{ кг}$ ; г)  $m=5 \text{ кг}$ ; д)  $m=6 \text{ кг}$ .

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

Ответ: а)  $M=3,64 \text{ Нм}$ ; б)  $M=-0,64 \text{ Нм}$ ; в)  $M=0,64 \text{ Нм}$ ; г)  $M=-2,64 \text{ Нм}$ ; д)  $M-3,64 \text{ Нм}$ .

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

Ответ: а)  $L=3,64 \text{ (кгм}^2\text{)/с}$ ; б)  $L=-0,64 \text{ (кгм}^2\text{)/с}$ ; в)  $L=0,64 \text{ (кгм}^2\text{)/с}$ ; г)  $L=-2,64 \text{ (кгм}^2\text{)/с}$ ; д)  $L=-3,64 \text{ (кгм}^2\text{)/с}$ .

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.

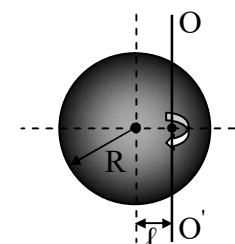


Рис. 20

Ответ: а)  $I=0,56 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; б)  $I=0,46 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; в)  $I=0,36 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; г)  $I=0,26 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; д)  $I=0,16 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

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

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

57. Определить момент инерции Земли относительно оси вращения.

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

58. Определить момент импульса Земли относительно оси вращения.

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

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

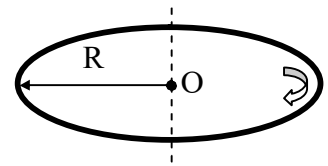


Рис. 21

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  $m=1$  кг и радиусом  $R=100$  см относительно оси, перпендикулярной его плоскости, расположенной на расстоянии  $l=0,5R$  от центра.

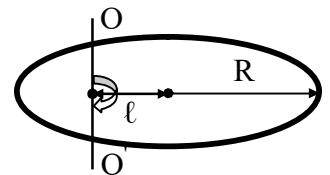


Рис. 22

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  $R=100$  см и высотой  $h=0,5$  м относительно оси,

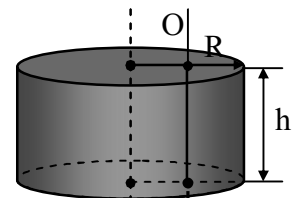


Рис. 23

перпендикулярной плоскости его оснований, расположенной на расстоянии  $l=0,5R$  от центра.

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

62. Свинцовый цилиндр (рис. 24) радиусом 10 см высотой  $h=0,2$  м вращается относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярной основанию цилиндра, с угловой скоростью 100 рад/с. Определить модуль момента импульса такого цилиндра.

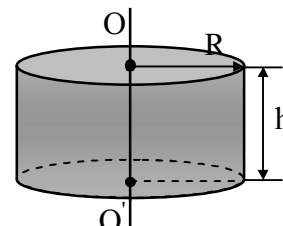


Рис. 24

Ответ: а)  $L=1,55 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ ; б)  $L=15,5 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ ; в)  $L=25,5 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ ; г)  $L=35,5 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ ; д)  $L=45,5 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ .

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  $l=2R$  от центра (рис. 25).

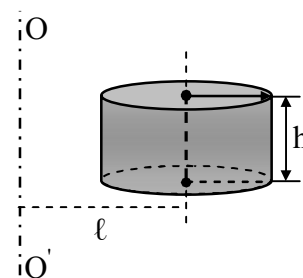


Рис. 25

Ответ: а)  $I=2,9 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; б)  $I=1,9 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; в)  $I=0,9 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; г)  $I=0,19 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; д)  $I=0,29 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

64. Маховое колесо начинает вращаться с угловым ускорением  $\epsilon=0,5 \text{ рад}/\text{с}^2$  и через время  $t=15$  с после начала движения приобретает момент импульса  $L=73,5 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ . Определить момент инерции махового колеса.

Ответ: а)  $I=9,8 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; б)  $I=7,2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; в)  $I=5,8 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; г)  $I=6,2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; д)  $I=2,2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

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)  $L=10,8 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ ; б)  $L=9,8 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ ; в)  $L=8,8 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ ; г)  $L=7,8 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ ; д)  $L=6,8 \text{ (кг}\cdot\text{м}^2)/\text{с}$ .

66. Для гироскопической стабилизации корабля используют в качестве гироскопа однородный круглый диск массой  $5 \times 10^4$  кг и



радиусом 2 м, который вращается с угловой скоростью 94,2 рад/с. Определить модуль момента импульса стабилизатора.

*Ответ:* а)  $L=9,42 \times 10^6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ ; б)  $L=94,2 \times 10^6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ ; в)  $L=0,942 \times 10^6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ ; г)  $L=1,942 \times 10^8 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ ; д)  $L=2,942 \times 10^8 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$ .

67. Диск радиусом 20 см и массой 7 кг вращается согласно уравнению  $j = 3 - t + 0,1t^3$ . 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  $m=5$  кг равномерно распределена по ободу радиусом  $r=20$  см, свободно вращается вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр, с частотой  $n=720$  об/мин. Найти проекцию тормозящего момента на ось, сонаправленную с угловой скоростью, если маховик останавливается за промежуток времени  $\Delta t=20$  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 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 Нм. Через 10 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  $m=1$  кг и радиусом  $R=5$  см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Закон вращения шара выражается уравнением:  $j = 4 + 2t + t^2$ . 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:  $j = 1+4t-5t^2$ . Определить тормозящий момент.

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

### Практическое занятие №5

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

73. Тело массой  $100 \text{ г}$ , брошенное вертикально вниз с высоты  $20 \text{ м}$  со скоростью  $10 \text{ м/с}$ , упало на Землю со скоростью  $20 \text{ м/с}$ . 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  $12 \text{ м}$ , равномерно возрастающей силой, если в начале пути сила равна  $10 \text{ Н}$ , в конце пути  $46 \text{ Н}$ .

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  $36 \text{ км/ч}$  до  $72 \text{ км/ч}$  больше работы двигателя того же автомобиля, совершаемой для разгона его с места до скорости  $36 \text{ км/ч}$ ? 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  $1 \text{ кг}$  и диаметром  $0,6 \text{ м}$  вращается вокруг оси, проходящей через центр, делая  $20 \text{ об/с}$ . Какую работу необходимо совершить, чтобы остановить обруч?

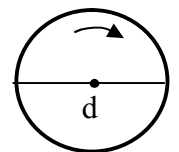


Рис. 26

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

77. Медный шар радиусом  $R=0,1$  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  $\rho=8,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

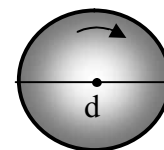


Рис. 27

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  $l=50$  см, находящийся на горизонтальной плоскости (рис. 28), перевернуть с одной грани на соседнюю?

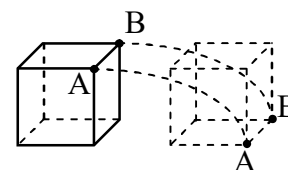


Рис. 28

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  $\mu=0,1$ .

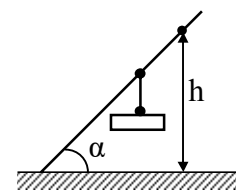


Рис. 29

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  $3,0 \text{ м/с}^2$ ?

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?

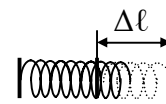


Рис. 30

*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?

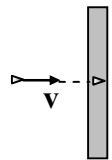


Рис. 31

*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  $\mu=0,025$ .

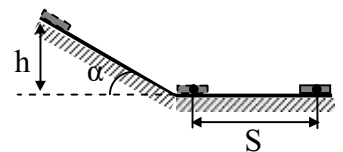


Рис. 32

*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)  $W=1,97 \times 10^{-2}$  кДж; в)  $W=1,97$  кДж; г)  $W=1,97 \times 10^{-2}$  Дж; д)  $W=0,97 \times 10^{-2}$  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  $1,0 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

*Ответ:* а)  $DW=264,0$  Дж; б)  $DW=260,0$  Дж; в)  $DW=258,0$  Дж; г)  $DW=256,0$  Дж; д)  $DW=254,0$  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 максимальное сжатие буферов, если известно, что при действии на каждый буфер силы 50,0 кН/м он сжимается на 1,0 см.

*Ответ:* а)  $DI=1,8 \times 10^{-2}$  м; б)  $DI=2,0 \times 10^{-2}$  м; в)  $DI=2,2 \times 10^{-2}$  м; г)  $DI=2,4 \times 10^{-2}$  м; д)  $DI=2,6 \times 10^{-2}$  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)  $DI=5,3 \times 10^{-2}$  м; б)  $DI=5,5 \times 10^{-2}$  м; в)  $DI=5,7 \times 10^{-2}$  м; г)  $DI=5,9 \times 10^{-2}$  м; д)  $DI=6,1 \times 10^{-2}$  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  $n=2$  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:  $j=2+16t-2t^2$  Момент инерции маховика  $50$  кг $\cdot$ м<sup>2</sup> Чему равна мощность маховика в момент времени  $t=3$  с?

Ответ: а)  $N=900$  Вт; б)  $N=700$  Вт; в)  $N=800$  Вт; г)  $N=600$  Вт; д)  $N=500$  Вт.

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

Ответ: а)  $F=30$  кН; б)  $F=28$  кН; в)  $F=26$  кН; г)  $F=24$  кН; д)  $F=22$  кН.

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

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

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

Ответ: а)  $F=30$  кН; б)  $F=32$  кН; в)  $F=34$  кН; г)  $F=36$  кН; д)  $F=38$  кН.

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



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

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

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

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)  $M = 3,58 \text{ Нж}$ ; б)  $M = 3,48 \text{ Нж}$ ; в)  $M = 3,38 \text{ Нж}$ ; г)  $M = 3,28 \text{ Нж}$ ; д)  $M = 3,18 \text{ Нж}$ .

123. Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением  $j = 2 + 32t - 4t^2$ . 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,

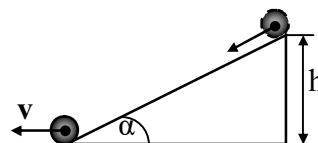


Рис. 33

когда шар скатится с наклонной плоскости? Принять  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

*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  $\Delta l=8 \text{ см}$ . Определить скорость пульки при вылете ее из пистолета.

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

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)  $h=0,64 \text{ м}$ ; б)  $h=0,54 \text{ м}$ ; в)  $h=0,44 \text{ м}$ ; г)  $h=0,74 \text{ м}$ ; д)  $h=0,84 \text{ м}$ .

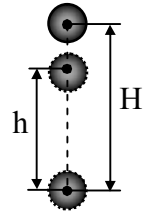


Рис. 34

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.

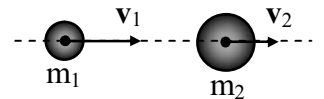


Рис. 35

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

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 шара отвели в сторону так, что его нить заняла горизонтальное положение, и затем отпустили. На какую высоту поднимутся шарики после соударения? Удар считать абсолютно неупругим (рис. 36).

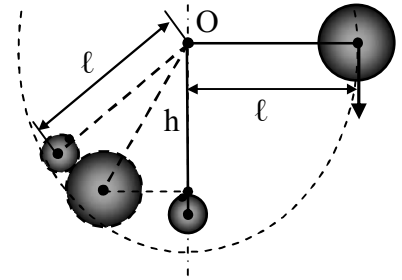


Рис. 36

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)  $M=3,10 \times 10^2$  кг; б)  $M=21$  кг; в)  $M=0,31 \times 10^3$  кг; г)  $M=1,91 \times 10^2$  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).

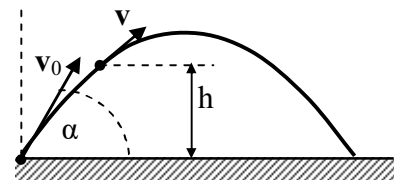


Рис. 26

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>.

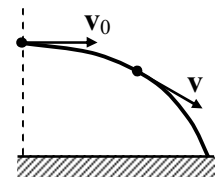


Рис. 27

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

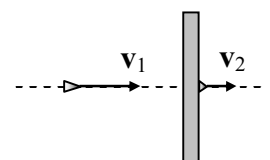


Рис. 28

из нее со скоростью 100 м/с (рис. 28). Определить силу сопротивления доски, считая эту силу постоянной.

*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  $|\Delta l|=20$  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)  $Dp=2,73$  кгж/с; б)  $Dp=2,63$  кгж/с; в)  $Dp=2,53$  кгж/с; г)  $Dp=2,43$  кгж/с; д)  $Dp=2,33$  кгж/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  $10^0$ ?

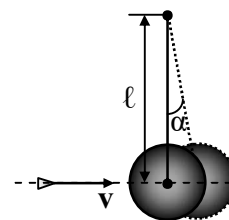


Рис. 29

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  $n=2$  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).

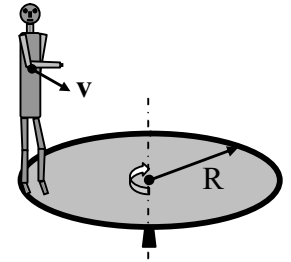


Рис. 30

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  $j$  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)  $j=-135^\circ$ ; б)  $j=-130^\circ$ ; в)  $j=-125^\circ$ ; г)  $j=-120^\circ$ ; д)  $j=-115^\circ$ .

121. Платформа в виде диска радиусом  $R=1$  м вращается по инерции с частотой  $n_1=6$  мин<sup>-1</sup>. На краю платформы стоит человек, масса которого  $m_2=80$  кг (рис. 31). С какой частотой  $n$  будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы  $I=120$  кгж<sup>2</sup>. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки.

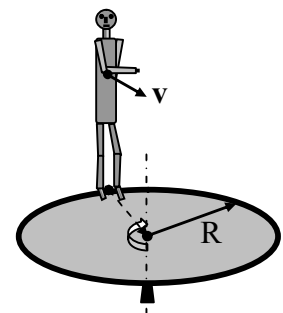


Рис. 31

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

122. В центре скамьи Жуковского стоит человек и держит в руках стержень длиной  $l=2,4$  м и массой  $m=8$  кг, расположенный вертикально по оси вращения скамьи (рис. 32). Скамья с человеком

вращается с частотой  $n_1=1 \text{ с}^{-1}$ . С какой частотой  $n_2$  будет вращаться скамья с человеком, если он повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи  $I=6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

Ответ: а)  $n_2=0,41 \text{ с}^{-1}$ ; б)  $n_2=0,51 \text{ с}^{-1}$ ; в)  $n_2=0,61 \text{ с}^{-1}$ ; г)  $n_2=0,71 \text{ с}^{-1}$ ; д)  $n_2=0,81 \text{ с}^{-1}$ .

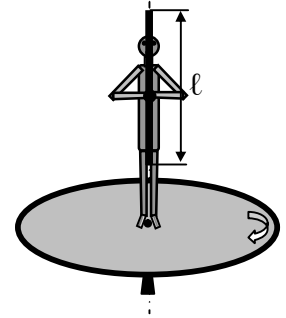


Рис. 32

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

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  $g=10 \text{ м/с}^2$ .

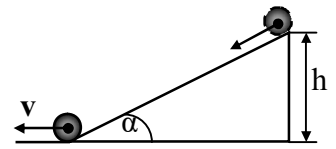


Рис. 33

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

Ответ: а)  $\omega=2 \text{ с}^{-1}$ ; б)  $\omega=3 \text{ с}^{-1}$ ; в)  $\omega=4 \text{ с}^{-1}$ ; г)  $\omega=5 \text{ с}^{-1}$ ; д)  $\omega=6 \text{ с}^{-1}$ .

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

Ответ: а)  $I=9,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; б)  $I=19,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; в)  $I=29,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; г)  $I=39,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ; д)  $I=49,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

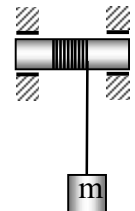


Рис. 34

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

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

### Практическое занятие № 6

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

128. Какое количество молекул находится в комнате объемом  $80 \text{ м}^3$  при температуре  $17^\circ\text{C}$  и давлении  $750 \text{ мм рт. ст.}$ ?

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

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

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

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

Ответ: а)  $T_2=1400 \text{ К}$ ; б)  $T_2=140 \text{ К}$ ; в)  $T_2=1500 \text{ К}$ ; г)  $1200 \text{ К}$ ; д)  $T_2=1600 \text{ К}$ .

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

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

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

Ответ: а)  $p=10^8 \text{ Па}$ ; б)  $p=10^7 \text{ Па}$ ; в)  $p=10^5 \text{ Па}$ ; г)  $p=2 \times 10^5 \text{ Па}$ ; д)  $p=3 \times 10^5 \text{ Па}$ .

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

Ответ: а)  $V=3,2 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ ; б)  $V=3 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ ; в)  $V=2 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ ; г)  $V=4,2 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ ; д)  $V=4 \times 10^{-3} \text{ м}^3$



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°C. Водород расширился адиабатически, увеличив свой объем в 5 раз. Найти температуру в конце адиабатического расширения.

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

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

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

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

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

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

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

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

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)  $\langle \lambda \rangle = 8,5 \times 10^6 \text{ м}$ ; б)  $\langle \lambda \rangle = 8,6 \times 10^6 \text{ м}$ ; в)  $\langle \lambda \rangle = 8,7 \times 10^6 \text{ м}$ ;  
 г)  $\langle \lambda \rangle = 8,8 \times 10^6 \text{ м}$ ; д)  $\langle \lambda \rangle = 8,9 \times 10^6 \text{ м}$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Ответ:* а)  $m=0,163$  кг; б)  $m=0,153$  кг; в)  $m=0,143$  кг; г)  $m=0,133$  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>; г)  $\rho=17$  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)  $m=5 \times 10^{-3}$  кг; б)  $m=6 \times 10^{-3}$  кг; в)  $m=7 \times 10^{-3}$  кг; г)  $m=8 \times 10^{-3}$  кг; д)  $m=9 \times 10^{-3}$  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)  $p'=15$  ат; б)  $p'=14$  ат; в)  $p'=13$  ат; г)  $p'=12$  ат;  
 д)  $p'=11$  ат.

155. Найти плотность газовой смеси, состоящей по массе из одной части водорода и восьми частей кислорода при давлении 720 мм рт. ст. и температуре  $15^{\circ}\text{C}$ .

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)  $\Delta m=8,5 \times 10^3$  кг; б)  $\Delta m=7,5 \times 10^3$  кг; в)  $\Delta m=6,5 \times 10^3$  кг;  
 г)  $\Delta m=5,5 \times 10^3$  кг; д)  $\Delta m=4,5 \times 10^3$  кг.

157. В сосуде находится 14 г азота и 9 г водорода при температуре  $10^{\circ}\text{C}$  и давлении 1 МПа. Найти объем сосуда.

Ответ: а)  $V=15,8 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; б)  $V=14,8 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; в)  $V=13,8 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>;  
 г)  $V=12,8 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>; д)  $V=11,8 \times 10^{-3}$  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  $1,3 \times 10^7$  Па до  $0,7 \times 10^7$  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  $7^{\circ}\text{C}$  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  $0^{\circ}\text{C}$ .

Ответ: а)  $h=2,7 \times 10^3$  м; б)  $h=2,6 \times 10^3$  м; в)  $h=2,5 \times 10^3$  м;  
 г)  $h=2,4 \times 10^3$  м; д)  $h=2,3 \times 10^3$  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)  $n_0/n_h=1,6 \times 10^{10}$ ; б)  $n_0/n_h=1,7 \times 10^{10}$ ; в)  $n_0/n_h=1,8 \times 10^{10}$ ;  
 г)  $n_0/n_h=1,9 \times 10^{10}$ ; д)  $n_0/n_h=2,0 \times 10^{10}$ .

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)  $h=0,89 \times 10^3$  м; б)  $h=0,87 \times 10^3$  м; в)  $h=0,88 \times 10^3$  м;  
 г)  $h=0,98 \times 10^3$  м; д)  $h=0,78 \times 10^3$  м.

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

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

165. При каком значении скорости 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)  $v=1,44v_B$ ; г)  $v=1,34v_B$ ;  
 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)  $N_A=5,92 \times 10^{23}$  моль $^{-1}$ ; б)  $N_A=6,02 \times 10^{23}$  моль $^{-1}$ ;  
 в)  $N_A=6,12 \times 10^{23}$  моль $^{-1}$ ; г)  $N_A=6,22 \times 10^{23}$  моль $^{-1}$ ; д)  $N_A=6,32 \times 10^{23}$  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  $0^\circ\text{C}$ .

Ответ: а)  $\Delta p=0,36 \times 10^5$  Па; б)  $\Delta p=0,46 \times 10^5$  Па; в)  $\Delta p=0,56 \times 10^5$  Па;

з)  $\Delta p = 0,66 \times 10^5 \text{ Па}$ ; д)  $\Delta p = 0,76 \times 10^5 \text{ Па}$ .

168. Вблизи поверхности Земли отношение концентраций кислорода ( $\text{O}_2$ ) и азота ( $\text{N}_2$ ) в воздухе  $\eta_0 = 0,268$ . Полагая температуру атмосферы не зависящей от высоты и равной  $0^\circ\text{C}$ , определить это отношение на высоте  $h = 10 \text{ км}$ .

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

## Практическое занятие № 7

### Термодинамика изопроцессов и циклов.

169. 60 г кислорода находится под давлением 300 кПа при температуре  $10^\circ\text{C}$ . После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти количество тепла, полученного газом.

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

170. 60 г кислорода находится под давлением 300 кПа при температуре  $10^\circ\text{C}$ . После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти энергию теплового движения молекул до нагревания.

Ответ: а)  $W = 9 \text{ кДж}$ ; б)  $W = 11 \text{ кДж}$ ; в)  $W = 13 \text{ кДж}$ ; г)  $W = 15 \text{ кДж}$ ; д)  $W = 17 \text{ кДж}$ .

171. 60 г кислорода находится под давлением 300 кПа при температуре  $10^\circ\text{C}$ . После нагревания при постоянном давлении газ занял объем 10 л. Найти энергию теплового движения молекул после нагревания.

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

172. Из баллона, содержащего водород под давлением 10 атм при температуре  $18^\circ\text{C}$ , выступили половину находящегося в нем количества газа. Считая процесс адиабатическим определить конечное давление.

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

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

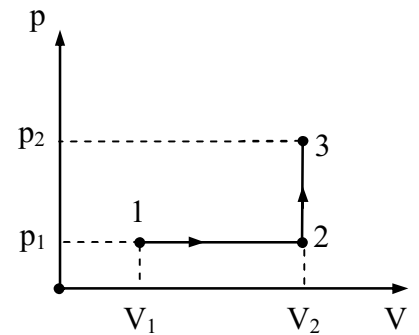


Рис. 35

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,

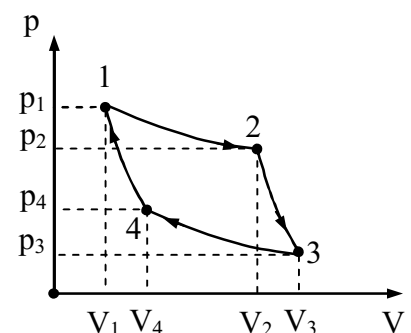


Рис. 36

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.

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)  $t_2=30$  °С; б)  $t_2=28$  °С; в)  $t_2=26$  °С; г)  $t_2=24$  °С; д)  $t_2=22$  °С.

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

Ответ: а)  $c_{V_{см}}=0,41 \times 10^3$  Дж/(кгЖ); б)  $c_{V_{см}}=0,51 \times 10^3$  Дж/(кгЖ); в)  $c_{V_{см}}=0,61 \times 10^3$  Дж/(кгЖ); г)  $c_{V_{см}}=0,71 \times 10^3$  Дж/(кгЖ); д)  $c_{V_{см}}=0,81 \times 10^3$  Дж/(кгЖ).

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

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

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

Ответ: а)  $C_p=25,8$  Дж/(мольЖ); б)  $C_p=26,8$  Дж/(мольЖ); в)  $C_p=27,8$  Дж/(мольЖ); г)  $C_p=28,8$  Дж/(мольЖ); д)  $C_p=29,8$  Дж/(мольЖ).

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

Ответ: а)  $C_V=17,5$  Дж/(мольЖ); б)  $C_V=16,5$  Дж/(мольЖ); в)  $C_V=15,5$  Дж/(мольЖ); г)  $C_V=14,5$  Дж/(мольЖ); д)  $C_V=13,5$  Дж/(мольЖ).

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

Ответ: а)  $A=5,1$  кДж; б)  $A=6,1$  кДж; в)  $A=7,1$  кДж; г)  $A=$



$=8,1$  кДж; д)  $A=9,1$  кДж.

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

Ответ: а)  $\Delta U=16,3$  кДж; б)  $\Delta U=17,3$  кДж; в)  $\Delta U=18,3$  кДж; г)  $\Delta U=19,3$  кДж; д)  $\Delta U=20,3$  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)  $\nu_a=1,68 \times 10^3$  молей; б)  $\nu_a=1,58 \times 10^3$  молей; в)  $\nu_a=1,48 \times 10^3$  молей; г)  $\nu_a=1,38 \times 10^3$  молей; д)  $\nu_a=1,28 \times 10^3$  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  $h$  цикла тепловой машины, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу  $A=350$  Дж.

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

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)  $T=257\text{ К}$ ; б)  $T=247\text{ К}$ ; в)  $T=237\text{ К}$ ; г)  $T=227\text{ К}$ ;  
 д)  $T=217\text{ К}$ .

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

*Ответ:* а)  $DS=77\text{ Дж/К}$ ; б)  $DS=66\text{ Дж/К}$ ; в)  $DS=55\text{ Дж/К}$ ;  
 г)  $DS=45\text{ Дж/К}$ ; д)  $DS=35\text{ Дж/К}$ .

214. Найти изменение энтропии при переходе 8 г кислорода от объёма 10 л при температуре  $80^\circ\text{C}$  к объёму 40 л при температуре  $300^\circ\text{C}$ .

*Ответ:* а)  $DS=5,42\text{ Дж/К}$ ; б)  $DS=6,42\text{ Дж/К}$ ; в)  $DS=7,42\text{ Дж/К}$ ;  
 г)  $DS=8,42\text{ Дж/К}$ ; д)  $DS=9,42\text{ Дж/К}$ .

### Практическое занятие № 8

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

215. В баллоне емкостью 20 л находится 80 молей некоторого газа. При  $14^\circ\text{C}$  давление газа равно 90 ат; при  $63^\circ\text{C}$  давление газа равно 109 ат. Вычислить постоянную Ван-дер-Ваальса "b" для этого газа.

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

216. Один киломоль углекислого газа находится при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Найти давление газа, считая его реальным. Задачу решить для объёма  $V_1=1\text{ м}^3$ .

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

217. Один киломоль углекислого газа находится при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Найти давление газа, считая его реальным. Задачу решить для объёма  $V_2=0,05\text{ м}^3$ .

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

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)  $p=2,4 \times 10^9$  Па; б)  $p=2,3 \times 10^9$  Па; в)  $p=2,2 \times 10^9$  Па;  
г)  $p=2,1 \times 10^9$  Па; д)  $p=2,0 \times 10^9$  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)  $\langle \lambda \rangle = 6 \times 10^{-10}$  м; б)  $\langle \lambda \rangle = 5 \times 10^{-10}$  м; в)  $\langle \lambda \rangle = 4 \times 10^{-10}$  м;  
г)  $\langle \lambda \rangle = 3 \times 10^{-10}$  м; д)  $\langle \lambda \rangle = 2 \times 10^{-10}$  м.

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

*Ответ:* а)  $V_k=5 \times 10^{-5}$  м<sup>3</sup>; б)  $V_k=6 \times 10^{-5}$  м<sup>3</sup>; в)  $V_k=7 \times 10^{-5}$  м<sup>3</sup>;  
г)  $V_k=8 \times 10^{-5}$  м<sup>3</sup>; д)  $V_k=9 \times 10^{-5}$  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>; г)  $V=0,221$  м<sup>3</sup>; д)  $V=0,211$  м<sup>3</sup>.

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

*Ответ:* а)  $V=0,89$  м<sup>3</sup>; б)  $V=0,79$  м<sup>3</sup>; в)  $V=0,69$  м<sup>3</sup>; г)  $V=0,59$  м<sup>3</sup>; д)  $V=0,49$  м<sup>3</sup>.

## Практическое занятие № 9

### *Физическая кинетика. Явления переноса.*

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

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

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

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

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

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

231. Оценить среднюю длину свободного пробега  $\langle \lambda \rangle$  ионов в водородной плазме. Температура плазмы  $10^7$  К, число ионов в 1 см<sup>3</sup> плазмы равно  $10^{15}$ . При указанной температуре эффективное

сечение иона водорода считать равным  $4 \times 10^{-20} \text{ см}^2$ .

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

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

*Ответ:* а)  $\eta = 20 \text{ мПаж}$ ; б)  $\eta = 30 \text{ мПаж}$ ; в)  $\eta = 40 \text{ мПаж}$ ; г)  $\eta = 50 \text{ мПаж}$ ; д)  $\eta = 60 \text{ мПаж}$ .

233. При нормальных условиях динамическая вязкость воздуха  $\eta = 17,2 \text{ мкПаж}$ . Найти для тех же условий коэффициент теплопроводности воздуха. Значение К вычислить по формуле

$$K = \frac{9\eta - 5}{4}, \text{ где } \gamma - \text{показатель адиабаты.}$$

*Ответ:* а)  $\chi = 26,4 \text{ мВт/(мЖ)}$ ; б)  $\chi = 25,4 \text{ мВт/(мЖ)}$ ; в)  $\chi = 24,4 \text{ мВт/(мЖ)}$ ; г)  $\chi = 23,4 \text{ мВт/(мЖ)}$ ; д)  $\chi = 22,4 \text{ мВт/(мЖ)}$ .

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

*Ответ:* а)  $\chi = 24,9 \text{ мВт/(мЖ)}$ ; б)  $\chi = 23,9 \text{ мВт/(мЖ)}$ ; в)  $\chi = 22,9 \text{ мВт/(мЖ)}$ ; г)  $\chi = 21,9 \text{ мВт/(мЖ)}$ ; д)  $\chi = 20,9 \text{ мВт/(мЖ)}$ .

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

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

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

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

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

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



## ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

### Практическое занятие №1

*Электрическое поле в вакууме и его характеристики. Закон Кулона. Принцип суперпозиции электрических полей.*

1. На двух одинаковых каплях воды находится по одному лишнему электрону, причём сила электрического отталкивания капелек уравнивает силу их взаимного тяготения. Каковы радиусы капелек?  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м;  $G=6,67 \times 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/(кг·с<sup>2</sup>);  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  К;  $\rho_v=10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k=9 \cdot 10^9$  м/Ф.

Ответ: а)  $R=0,19$  мм; б)  $R=0,03$  мм; в)  $R=0,05$  мм; г)  $R=0,07$  мм; д)  $R=0,09$  мм.

2. Расстояние  $d$  между двумя точечными зарядами  $Q_1=2$  нКл и  $Q_2=4$  нКл равно 60 см. На каком расстоянии от заряда  $Q_1$  находится точка, в которую нужно поместить третий заряд  $Q_3$  так, чтобы система зарядов находилась в равновесии.

Ответ: а)  $x=0,65$  м; б)  $x=0,55$  м; в)  $x=0,45$  м; г)  $x=0,35$  м; д)  $x=0,25$  м.

3. Рассчитать напряженность электрического поля бесконечно протяженной однородно заряженной плоскости, заряд на которой равномерно распределен с поверхностной плотностью  $\sigma=0,2$  мкКл/м<sup>2</sup>.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=41 \times 10^3$  В/м; б)  $E=31 \times 10^3$  В/м; в)  $E=21 \times 10^3$  В/м; г)  $E=11 \times 10^3$  В/м; д)  $E=1 \times 10^3$  В/м.

4. Рассчитать напряженность электрического поля двух бесконечно протяженных равномерно заряженных плоскостей, заряд на которых равномерно распределен с поверхностными плотностями  $\frac{1}{2}\sigma$  и  $-\frac{1}{2}\sigma$ ,  $\sigma=0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=74 \times 10^3$  В/м; б)  $E=64 \times 10^3$  В/м; в)  $E=54 \times 10^3$  В/м; г)  $E=44 \times 10^3$  В/м; д)  $E=34 \times 10^3$  В/м.

5. Найти поверхностную плотность  $s$  электрических зарядов уединенного металлического шара, если напряженность  $E$  поля, при которой происходит пробой воздуха, равна 3 МВ/м.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $s=56,6 \times 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>; б)  $s=46,6 \times 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>; в)  $s=36,6 \times 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>; г)  $s=26,6 \times 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>; д)  $s=16,6 \times 10^{-6}$  Кл/м<sup>2</sup>.

6. Рассчитать напряженность электрического поля равномерно заряженной сферической поверхности, радиус которой  $R=0,5$  м, в точке, находящейся на расстоянии  $r=0,25$  м от центра сферы.

Ответ: а)  $E=0$ ; б)  $E=10$  В/м; в)  $E=20$  В/м; г)  $E=30$  В/м; д)  $E=40$  В/м.

7. Рассчитать напряженность электрического поля равномерно заряженной сферической поверхности, заряд на которой равномерно распределен с поверхностной плотностью  $\sigma=0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>, в точке, находящейся на расстоянии  $r=R$  от центра сферы.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=24 \times 10^3$  В/м ; б)  $E=34 \times 10^3$  В/м; в)  $E=44 \times 10^3$  В/м; г)  $E=54 \times 10^3$  В/м; д)  $E=64 \times 10^3$  В/м.

8. Рассчитать напряженность электрического поля равномерно заряженной сферической поверхности, радиус которой  $R=0,5$  м, а поверхностная плотность заряда  $\sigma=0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>, в точке, находящейся на расстоянии  $r=1$  м от центра сферы.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=8,5 \times 10^3$  В/м; б)  $E=8,5 \times 10^5$  В/м; в)  $E=18,5 \times 10^3$  В/м; г)  $E=8,5 \times 10^5$  В/м; д)  $E=0,5 \times 10^3$  В/м.

9. Рассчитать напряженность электрического поля, созданного бесконечно длинным, равномерно заряженным стержнем в точке, находящейся на кратчайшем расстоянии  $r=10$  см от его оси. Линейная плотность заряда на стержне  $t=0,1$  мкКл.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=38 \times 10^4$  В/м; б)  $E=28 \times 10^4$  В/м; в)  $E=18 \times 10^4$  В/м; г)  $E=8 \times 10^4$  В/м; д)  $E=1,8 \times 10^4$  В/м.

10. На пластинах плоского конденсатора находится заряд  $Q=10$  нКл. Площадь  $S$  каждой пластины конденсатора равна  $100$  см<sup>2</sup>, диэлектрик - воздух. Определить силу  $F$ , с которой притягиваются пластины. Поле между пластинами считать однородным.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $F=8,65 \times 10^{-4}$  Н; б)  $F=7,65 \times 10^{-4}$  Н; в)  $F=6,65 \times 10^{-4}$  Н; г)  $F=5,65 \times 10^{-4}$  Н; д)  $F=4,65 \times 10^{-4}$  Н.

11. С какой силой  $F$  электрическое поле заряженной бесконечной плоскости действует на единицу длины заряженной бесконечно длинной нити, помещённой в это поле? Линейная плотность заряда на нити,  $t=3$  мкКл/м, а поверхностная плотность заряда на плоскости  $s=20$  мкКл/м<sup>2</sup>.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $F_1=6,4 \text{ Н/м}$ ; б)  $F_1=5,4 \text{ Н/м}$ ; в)  $F_1=4,4 \text{ Н/м}$ ; г)  $F_1=3,4 \text{ Н/м}$ ; д)  $F_1=2,4 \text{ Н/м}$ .

12. Тонкий длинный стержень равномерно заряжен. Линейная плотность заряда  $t=10 \text{ мкКл/м}$ . Какова сила, действующая на точечный заряд  $Q=10 \text{ нКл}$ , находящийся на расстоянии  $a=20 \text{ см}$  от стержня, вблизи его середины?  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12} \text{ Ф/м}$ .

Ответ: а)  $F=10 \times 10^{-3} \text{ Н}$ ; б)  $F=9 \times 10^{-3} \text{ Н}$ ; в)  $F=8 \times 10^{-3} \text{ Н}$ ; г)  $F=7 \times 10^{-3} \text{ Н}$ ; д)  $F=6 \times 10^{-3} \text{ Н}$ .

13. Точечный заряд  $q=25 \text{ нКл}$  находится в поле, созданном прямым бесконечным цилиндром радиуса  $R=1 \text{ см}$ , равномерно заряженным с поверхностной плотностью  $s=0,2 \text{ нКл/см}^2$ . Определить силу, действующую на заряд, если его расстояние от оси цилиндра  $r=10 \text{ см}$ .  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12} \text{ Ф/м}$ .

Ответ: а)  $F=865 \text{ мкН}$ ; б)  $F=765 \text{ мкН}$ ; в)  $F=665 \text{ мкН}$ ; г)  $F=565 \text{ мкН}$ ; д)  $F=465 \text{ мкН}$ .

14. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин. Какой должна быть плотность материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же?  $\epsilon_k=2$ ;  $\gamma_k=0,8 \times 10^3 \text{ кг/м}^2$ .

Ответ: а)  $\gamma=1,6 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; б)  $\gamma=1,5 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; в)  $\gamma=1,4 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; г)  $\gamma=1,3 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ; д)  $\gamma=1,2 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

15. Две одинаковые пластинки заряжены равными одноимёнными зарядами, причём расстояние между ними мало. Как изменится сила взаимодействия между пластинками, если пространство между ними заполнить жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon=7$ ?

Ответ: а)  $F_1/F_2=9$ ; б)  $F_1/F_2=8$ ; в)  $F_1/F_2=7$ ; г)  $F_1/F_2=6$ ; д)  $F_1/F_2=5$ .

16. Рассчитать напряженность электрического поля заряженного диэлектрического шара, радиус которого  $R=0,05 \text{ м}$ , а объёмная плотность заряда  $\gamma=10 \text{ нКл/м}^3$ , в точке, находящейся на расстоянии  $r=0,03 \text{ м}$  от центра шара. Шар изготовлен из эбонита ( $\epsilon=3$ ).  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12} \text{ Ф/м}$ .

Ответ: а)  $E=33,6 \text{ В/м}$ ; б)  $E=13,6 \text{ В/м}$ ; в)  $E=3,78 \text{ В/м}$ ; г)  $E=43,6 \text{ В/м}$ ; д)  $E=53,8 \text{ В/м}$ .

17. Рассчитать напряженность электрического поля заряженного диэлектрического шара, радиус которого  $R=0,05 \text{ м}$ , а объёмная плотность заряда  $\gamma=10 \text{ нКл/м}^3$ , в точке, находящейся на

поверхности шара. Шар изготовлен из эбонита ( $\epsilon=3$ ).  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=63$  В/м; б)  $E=0,5$  В/м; в)  $E=0,043$  В/м; г)  $E=6,3$  В/м; д)  $E=0,2$  В/м.

18. Металлический шарик диаметром  $d=2$  см заряжен отрицательно до потенциала  $j=150$  В. Сколько электронов находится на поверхности шарика?  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м;  $\epsilon=1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

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

19. Найти потенциал точки поля  $j$ , находящейся на расстоянии  $r=10$  см от центра заряженного шара радиусом  $R=1$  см. Поверхностная плотность заряда на шаре  $s=0,1$  мкКл/м<sup>2</sup>.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $j=11,3$  В; б)  $j=113$  В; в)  $j=200$  В; г)  $j=22,3$  В; д)  $j=26$  В.

20. Найти потенциал точки поля  $j$ , находящейся на расстоянии  $r=10$  см от центра заряженного шара радиусом  $R=1$  см. Потенциал шара  $j_0=300$  В.

Ответ: а)  $j=10$  В; б)  $j=20$  В; в)  $j=30$  В; г)  $j=40$  В; д)  $j=50$  В.

21. Шар, погруженный в керосин, имеет потенциал 4500 В и поверхностную плотность заряда  $s=1,1$  мкКл/м<sup>2</sup>. Найти радиус шара.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м;  $\epsilon_k=2$ .

Ответ: а)  $R=52 \times 10^{-3}$  м; б)  $R=62 \times 10^{-3}$  м; в)  $R=72 \times 10^{-3}$  м; г)  $R=82 \times 10^{-3}$  м; д)  $R=92 \times 10^{-3}$  м.

22. Два точечных электрических заряда  $q_1=10^{-9}$  Кл и  $q_2=-2 \times 10^{-9}$  Кл находятся в воздухе на некотором расстоянии друг от друга. Определить потенциал поля, создаваемого этими зарядами, если расстояния от первого и второго зарядов до рассматриваемой точки поля, соответственно равны:  $r_1=9$  см и  $r_2=7$  см.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\phi=-139$  В; б)  $\phi=-129$  В; в)  $\phi=-157,5$  В; г)  $\phi=-15,7$  В; д)  $\phi=15,7$  В.

23. Определить разность потенциалов между двумя металлическими шарами радиуса  $r_0=50$  см каждый, если заряд одного шара  $q_1=1,5$  нКл, а другого  $q_2=1,5$  нКл.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\phi_1-\phi_2=7,4$  В; б)  $\phi_1-\phi_2=6,4$  В; в)  $\phi_1-\phi_2=54$  В; г)  $\phi_1-\phi_2=44$  В; д)  $\phi_1-\phi_2=34$  В.

24. Напряжённость поля между металлическими пластинами

не должна превышать  $2,5 \times 10^4$  В/м. Определить допустимое расстояние между пластинами  $d$ , если с ним будет подано напряжение 5000 В.

Ответ: а)  $d \leq 0,6$  м; б)  $d \leq 0,5$  м; в)  $d \leq 0,4$  м; г)  $d \leq 0,3$  м; д)  $d \leq 0,2$  м.

25. Напряженность однородного электрического поля в некоторой точке  $E=120$  В/м. Найти численное значение разности потенциалов между точками, лежащими на одной силовой линии на расстоянии  $\Delta r=1$  мм.

Ответ: а)  $\varphi_1 - \varphi_2=0,12$  В; б)  $\varphi_1 - \varphi_2=0,22$  В; в)  $\varphi_1 - \varphi_2=0,32$  В; г)  $\varphi_1 - \varphi_2=0,42$  В; д)  $\varphi_1 - \varphi_2=0,52$  В.

26. Заряд распределен равномерно по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью  $\sigma=10$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить численное значение разности потенциалов  $\Delta \varphi$  двух точек поля, одна из которых находится на плоскости, а другая удалена от плоскости на расстояние  $d=10$  см.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\Delta \varphi =36,5$  В; б)  $\Delta \varphi =46,5$  В; в)  $\Delta \varphi =56,5$  В; г)  $\Delta \varphi =66,5$  В; д)  $\Delta \varphi =76,5$  В.

27. Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d=0,5$  см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1=0,2$  мКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2=-0,3$  мКл/м<sup>2</sup>. Определить численное значение разности потенциалов  $U$  между плоскостями.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $U=541$  В; б)  $U=441$  В; в)  $U=341$  В; г)  $U=241$  В; д)  $U=141$  В.

28. Электрическое поле создано длинным цилиндром радиусом  $R=1$  см, равномерно заряженным с линейной плотностью  $\tau=20$  нКл/м. Определить разность потенциалов двух точек этого поля, находящихся на расстоянии  $a_1=0,5$  см и  $a_2=2$  см от поверхности цилиндра, в средней его части.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\varphi_1 - \varphi_2=210$  В; б)  $\varphi_1 - \varphi_2=220$  В; в)  $\varphi_1 - \varphi_2=230$  В; г)  $\varphi_1 - \varphi_2=240$  В; д)  $\varphi_1 - \varphi_2=250$  В.

## Практическое занятие №2

*Электрическое поле в веществе. Проводники в электрическом поле. Конденсаторы и их емкость. Энергия электрического поля.*

29. Как изменится емкость плоского конденсатора, если между его обкладками поместить стеклянную пластину ( $\epsilon=6$ ), толщина

которой равна половине расстояния между обкладками.

Ответ: а)  $C'=4,7C_0$ ; б)  $C'=0,7C_0$ ; в)  $C'=3,7C_0$ ; г)  $C'=2,7C_0$ ; д)  $C'=1,7C_0$ .

30. Шар, погруженный в керосин: имеет потенциал 4500 В и поверхностную плотность заряда  $s=1,1$  мкКл/м<sup>2</sup>. Найти электроёмкость шара.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м;  $\epsilon_k=2$ .

Ответ: а)  $C=4,6 \times 10^{-12}$  Ф; б)  $C=3,6 \times 10^{-11}$  Ф; в)  $C=2,6 \times 10^{-12}$  Ф; г)  $C=1,6 \times 10^{-11}$  Ф; д)  $C=0,6 \times 10^{-11}$  Ф.

31. Шар, погруженный в керосин: имеет потенциал 4500 В и поверхностную плотность заряда  $s=1,1$  мкКл/м<sup>2</sup>. Найти заряд шара.  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м;  $\epsilon_k=2$ .

Ответ: а)  $q=32(10^{-9}$  Кл; б)  $q=42(10^{-9}$  Кл; в)  $q=52(10^{-9}$  Кл; г)  $q=62(10^{-9}$  Кл; д)  $q=72(10^{-9}$  Кл.

32. Найти электроёмкость  $C$  уединенного металлического шара радиусом  $R=1$  см.

33. Определить электроёмкость  $C$  металлической сферы радиусом  $R=2$  см, погруженной в воду.

34. Определить электроёмкость  $C$  Земли, принимая ее за шар радиусом  $R=6400$  км.

35. Два металлических шара радиусами  $R_1=2$  см и  $R_2=6$  см соединены проводником, емкостью которого можно пренебречь. Шарам сообщен заряд  $Q=1$  нКл. Найти поверхностную плотность  $\sigma$  зарядов на шарах.

36. Шар радиусом  $R_1=6$  см заряжен до потенциала  $\phi_1=300$  В, а шар радиусом  $R_2=4$  см - до потенциала  $\phi_2=500$  В. Определить потенциал  $\phi$  шаров после того, как их соединили металлическим проводником. Емкостью соединительного проводника пренебречь.

### *Электрическая емкость плоского конденсатора*

37. Определить электроёмкость  $C$  плоского слюдяного конденсатора, площадь  $S$  пластин которого равна 100 см<sup>2</sup>, а расстояние между ними равно 0,1 мм.

38. Между пластинами плоского конденсатора, заряженного до разности потенциалов  $U=600$  В, находятся два слоя диэлектриков: стекла толщиной  $d_1=7$  мм и эбонита толщиной  $d_2=3$  мм. Площадь  $S$  каждой пластины конденсатора равна 200 см<sup>2</sup>. Найти: 1) электроёмкость  $C$  конденсатора; 2) смещение  $D$ , напряженность  $E$  поля и падение потенциала  $\Delta\phi$  в каждом слое.

39. Расстояние  $d$  между пластинами плоского конденсатора равно 1,33 мм площадь  $S$  пластин равна 20 см<sup>2</sup>. В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной  $d_1=0,7$ мм и эбонита толщиной  $d_2=0,3$ мм. Определить емкость с конденсатора.

40. На пластинах плоского конденсатора равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью  $\sigma =0,2$  мкКл/м<sup>2</sup>. Расстояние  $d$  между пластинами равно 1 мм. На сколько изменится разность потенциалов на его обкладках при увеличении расстояния  $d$  между пластинами до 3 мм?

41. В плоский конденсатор вдвинули плитку парафина толщиной  $d=1$  см, которая вплотную прилегает к его пластинам. На сколько нужно увеличить расстояние между пластинами, чтобы получить прежнюю емкость?

42. Емкость с плоского конденсатора равна 1,5 мкФ . Расстояние  $d$  между пластинами равно 5 мм. Какова будет емкость  $C$  конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной  $d_1=3$ мм?

43. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U_1=100$  В. Какова будет разность потенциалов  $U_2$ , если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора?

#### *Электрическая емкость сферического конденсатора*

44. Две концентрические металлические сферы радиусами  $R_1=2$ см и  $R_2=2,1$ см образуют сферический конденсатор. Определить его емкость  $C$ , если пространство между сферами заполнено парафином.

45. Конденсатор состоит из двух концентрических сфер. Радиус  $R_1$  внутренней сферы равен 10 см, внешней  $R_2=10,2$ см, Промежуток между сферами заполнен парафином. Внутренней сфере сообщен заряд  $Q=5$ мкКл. Определить разность потенциалов  $U$  между сферами.

#### *Соединения конденсаторов*

46. К воздушному конденсатору, заряженному до разности потенциалов  $U=600$  в и отключенному от источника напряжения, присоединили параллельно второй незаряженный конденсатор таких же размеров и формы, но с диэлектриком (фарфор). Опреде-

лить диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon$  фарфора, если после присоединения второго конденсатора разность потенциалов уменьшилась до  $U_1=100\text{В}$ .

47. Два конденсатора емкостями  $C_1=3\text{мкФ}$  и  $C_2=6\text{ мкФ}$  соединены между собой и присоединены к батарее с ЭДС.  $\varepsilon=120\text{В}$ . Определить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$  конденсаторов и разности потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.

48. Конденсатор емкостью  $C_1=0,2\text{мкФ}$  был заряжен, до разности потенциалов  $U_1=320\text{В}$ . После того как его соединили параллельно со вторым конденсатором, заряженным до разности потенциалов  $U_2=450\text{В}$ , напряжение  $U$  на нем изменилось до  $400\text{ В}$ . Вычислить емкость  $C_2$  второго конденсатора.

49. Конденсатор емкостью  $C_1=0,6\text{ мкФ}$  был заряжен до разности потенциалов  $U_1=300\text{В}$  и соединен со вторым конденсатором емкостью  $C_2=0,4\text{ мкФ}$ , заряженным до разности потенциалов  $U_1=150\text{В}$ . Найти заряд  $\Delta Q$ , перетекший с пластин первого конденсатора на второй.

50. Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Емкость  $C$  такой батареи конденсаторов равна  $89\text{ пФ}$ . Площадь  $S$  каждой пластины равна  $100\text{ см}^2$ . Диэлектрик - стекло. Какова толщина  $d$  стекла?

/Ответы к задачам 32-50 в Чертов А. Г., Воробьев А. А. Задачник по физике /

51. Работа сил электрического поля по переносу заряда  $2 \times 10^{-7}\text{ Кл}$  из бесконечности в заданную точку поля равна  $8 \times 10^{-4}\text{ Дж}$ . Определить потенциал в этой точке поля.

Ответ: а)  $j = -5000\text{ В}$ ; б)  $j = -4000\text{ В}$ ; в)  $j = -3000\text{ В}$ ; г)  $j = -2000\text{ В}$ ; д)  $j = -1000\text{ В}$ .

52. Точечные заряды  $1\text{ мкКл}$  и  $0,1\text{ мкКл}$  находятся на расстоянии  $10\text{ см}$  друг от друга. Какую работу совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние  $10\text{ м}$ ?  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}\text{ Ф/м}$ .

Ответ: а)  $A=8,9\text{ мДж}$ ; б)  $A=99\text{ Дж}$ ; в)  $A=89\text{ мДж}$ ; г)  $A=59\text{ мДж}$ ; д)  $A=79\text{ мДж}$ .

53. Электрическое поле создано отрицательно заряженным



металлическим шаром, радиус которого  $R$ . Определить работу  $A_{12}$  внешних сил по перемещению заряда  $Q=40$  нКл из точки 1 с потенциалом  $\varphi_1 = -300$  В в точку 2. Расстояния точек от поверхности шара соответственно равны:  $r_1=R$ ;  $r_2=3R$ .

Ответ: а)  $A_{12}=6 \times 10^{-6}$  Дж; б)  $A_{12}=5 \times 10^{-6}$  Дж; в)  $A_{12}=4 \times 10^{-6}$  Дж; г)  $A_{12}=3 \times 10^{-6}$  Дж; д)  $A_{12}=2 \times 10^{-6}$  Дж.

54. Точечные заряды  $Q_1=1$  мкКл и  $Q_2=0,1$  мкКл находятся на расстоянии  $r_1=10$  см друг от друга. Какую работу  $A$  совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние  $r_2=10$  м?  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $A_{12}=5,9 \times 10^{-3}$  Дж; б)  $A_{12}=6,9 \times 10^{-3}$  Дж; в)  $A_{12}=7,9 \times 10^{-3}$  Дж; г)  $A_{12}=8,9 \times 10^{-3}$  Дж; д)  $A_{12}=9,9 \times 10^{-3}$  Дж.

55. Точечные заряды  $Q_1=1$  мкКл и  $Q_2=0,1$  мкКл находятся на расстоянии  $r_1=10$  см друг от друга. Какую работу  $A$  совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние  $r_2=?$ ?  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $A_{1?}=19 \times 10^{-3}$  Дж; б)  $A_{1?}=10 \times 10^{-3}$  Дж; в)  $A_{1?}=9 \times 10^{-3}$  Дж; г)  $A_{1?}=1 \times 10^{-3}$  Дж; д)  $A_{1?}=0,19 \times 10^{-3}$  Дж.

56. Два точечных заряда  $4 \times 10^{-6}$  Кл и  $8 \times 10^{-6}$  Кл находятся на расстоянии 0,8 м. На сколько уменьшится энергия взаимодействия этих зарядов, если расстояние между ними будет равно 1,6 м?  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\Delta W=0,18$  Дж; б)  $\Delta W=0,28$  Дж; в)  $\Delta W=0,38$  Дж; г)  $\Delta W=0,48$  Дж; д)  $\Delta W=0,58$  Дж.

57. Определить тормозящую разность потенциалов, под действием которой электрон, движущийся со скоростью 40000 км/с, остановился.  $m_e=9,1 \times 10^{-31}$  кг;  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $\varphi_1 - \varphi_2=2550$  В; б)  $\varphi_1 - \varphi_2=3550$  В; в)  $\varphi_1 - \varphi_2=4550$  В; г)  $\varphi_1 - \varphi_2=5550$  В; д)  $\varphi_1 - \varphi_2=6550$  В.

58. Определить численное значение ускоряющей разности потенциалов  $U$ , которую должен пройти в электрическом поле электрон, обладающий скоростью  $v_1=10^6$  м/с, чтобы скорость его возросла в  $n=2$  раза.  $m_e=9,1 \times 10^{-31}$  кг;  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $U=8,53$  В; б)  $U=7,53$  В; в)  $U=6,53$  В; г)  $U=5,53$  В; д)  $U=53$  В.

59. Определить численное значение разности потенциалов между точками электрического поля, если при движении электрона

от одной точки к другой его скорость возросла от  $10^6$  м/с до  $3 \times 10^6$  м/с.  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м;  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  кг;  $q_e = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $j_1 - j_2 = 12,75$  В; б)  $j_1 - j_2 = 22,75$  В; в)  $j_1 - j_2 = 32,75$  В; г)  $j_1 - j_2 = 42,75$  В; д)  $j_1 - j_2 = 52,75$  В.

60. Какой скоростью сближения должны обладать протоны, находясь на расстоянии 5 см, чтобы они могли сблизиться друг с другом до расстояния  $10^{-11}$  см?  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м;  $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  кг;  $q_p = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $v_1 = 5,7 \times 10^6$  м/с; б)  $v_1 = 4,7 \times 10^6$  м/с; в)  $v_1 = 3,7 \times 10^6$  м/с; г)  $v_1 = 2,7 \times 10^6$  м/с; д)  $v_1 = 1,7 \times 10^6$  м/с.

61. Определить начальную скорость  $v_0$  сближения протонов, находящихся на достаточно большом расстоянии друг от друга, если минимальное расстояние  $r_{\text{мин}}$ , на которое они могут сблизиться, равно  $10^{-11}$  см.  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м;  $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  кг;  $q_p = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $v_0 = 0,17 \times 10^6$  м/с; б)  $v_0 = 1,7 \times 10^6$  м/с; в)  $v_0 = 2,7 \times 10^6$  м/с; г)  $v_0 = 3,7 \times 10^6$  м/с; д)  $v_0 = 4,7 \times 10^6$  м/с.

62. Найти энергию электрического поля плоского конденсатора, заряженного до разности потенциалов  $U = 1$  кВ с площадью пластин  $S = 1$  м<sup>2</sup>. Пластины расположены на расстоянии  $d = 1$  мм друг от друга. Относительная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами  $\epsilon = 1$ .  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $W = 4,4 \times 10^{-3}$  Дж; б)  $W = 5,4 \times 10^{-3}$  Дж; в)  $W = 6,4 \times 10^{-3}$  Дж; г)  $W = 7,4 \times 10^{-3}$  Дж; д)  $W = 8,4 \times 10^{-3}$  Дж.

63. Напряжённость электрического поля конденсатора ёмкостью 0,8 мкФ равна 1000 В/м. Определить энергию конденсатора, если расстояние между его обкладками равно 1 мм.

Ответ: а)  $W = 1 \times 10^{-7}$  Дж; б)  $W = 2 \times 10^{-7}$  Дж; в)  $W = 3 \times 10^{-7}$  Дж; г)  $W = 4 \times 10^{-7}$  Дж; д)  $W = 5 \times 10^{-7}$  Дж.

64. Найти энергию электрического поля сферического конденсатора с радиусами сфер  $r_1 = 5$  см и  $r_2 = 10$  см, заряженного до разности потенциалов  $U = 1$  кВ. Относительная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами  $\epsilon = 1$ .  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $W = 6,6 \times 10^{-6}$  Дж; б)  $W = 5,6 \times 10^{-6}$  Дж; в)  $W = 4,6 \times 10^{-6}$  Дж; г)  $W = 3,6 \times 10^{-6}$  Дж; д)  $W = 2,6 \times 10^{-6}$  Дж.

65. Найти энергию электрического поля цилиндрического конденсатора длиной  $l=20$  см с радиусами обкладок  $r_1=5$  см и  $r_2=10$  см, заряженного до разности потенциалов  $U=1$  кВ. Относительная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами  $\epsilon=1$ .  $\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $W=9 \times 10^{-6}$  Дж; б)  $W=8 \times 10^{-6}$  Дж; в)  $W=7 \times 10^{-6}$  Дж; г)  $W=6 \times 10^{-6}$  Дж; д)  $W=5 \times 10^{-6}$  Дж.

66. Конденсатор емкостью  $3 \times 10^{-6}$  Ф был заряжен до разности потенциалов 40 В. После отключения от источника тока конденсатор был соединен параллельно с другим конденсатором емкостью  $5 \times 10^{-6}$  Ф. Какое количество энергии первого конденсатора израсходуется на образование искры в момент присоединения второго конденсатора?

Ответ: а)  $\Delta W=3,5$  мДж ; б)  $\Delta W=2,5$  мДж; в)  $\Delta W=1,5$  мДж; г)  $\Delta W=0,5$  мДж; д)  $\Delta W=0,05$  мДж.

67. Объемная плотность энергии электрического поля внутри заряженного плоского конденсатора с твердым диэлектриком равна  $2,5$  Дж/м<sup>3</sup>. Найти численное значение давления, производимого пластинами конденсатора на диэлектрик, помещенный между ними.

Ответ: а)  $p=1,5$  Па; б)  $p=2,5$  Па; в)  $p=3,5$  Па; г)  $p=4,5$  Па; д)  $p=5,5$  Па.

68. Объемная плотность энергии электрического поля внутри заряженного плоского конденсатора с твердым диэлектриком равна  $2,5$  Дж/м<sup>3</sup>. Площадь пластин конденсатора  $S=20$  см<sup>2</sup>. Найти силу  $F'$ , которую необходимо приложить к пластинам для их отрыва от диэлектрика.

Ответ: а)  $F'=1 \times 10^{-3}$  Н; б)  $F'=2 \times 10^{-3}$  Н; в)  $F'=3 \times 10^{-3}$  Н; г)  $F'=4 \times 10^{-3}$  Н; д)  $F'=5 \times 10^{-3}$  Н.

### Практическое занятие № 3, 4

#### *Постоянный электрический ток*

69. Через лампу накаливания проходит ток  $0,8$  А. Сколько электронов пройдет через поперечное сечение нити накала лампы за 1с.  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $N=1 \times 10^{18}$ ; б)  $N=3 \times 10^{18}$ ; в)  $N=5 \times 10^{18}$ ; г)  $N=6 \times 10^{18}$ ; д)  $N=7 \times 10^{18}$ .

70. По медному проводу сечением  $S=0,17 \text{ мм}^2$  течёт ток  $I=0,2 \text{ А}$ . Определить, какая сила действует на отдельные свободные электроны со стороны электрического поля.  $q_e=1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$ ;  $r=1,7 \times 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Ответ: а)  $F=7,2 \times 10^{-21} \text{ Н}$ ; б)  $F=6,2 \times 10^{-21} \text{ Н}$ ; в)  $F=5,2 \times 10^{-21} \text{ Н}$ ; г)  $F=4,2 \times 10^{-21} \text{ Н}$ ; д)  $F=3,2 \times 10^{-21} \text{ Н}$ .

71. В сеть с напряжением  $220 \text{ В}$  включены последовательно две электрические лампы, сопротивление которых в нагретом состоянии  $R=200 \text{ Ом}$  каждой. Определить силу тока, проходящего через каждую лампу.

Ответ: а)  $I_1=I_2=0,45 \text{ А}$ ; б)  $I_1=I_2=0,55 \text{ А}$ ; в)  $I_1=I_2=0,65 \text{ А}$ ; г)  $I_1=I_2=0,75 \text{ А}$ ; д)  $I_1=I_2=0,85 \text{ А}$ .

72. Если к концам проводника подать напряжение  $100 \text{ В}$ , то по нему пойдёт ток  $2 \text{ А}$ . Какое напряжение надо приложить к концам этого проводника, чтобы сила тока в нём стала  $1,2 \text{ А}$ .

Ответ: а)  $U=60 \text{ В}$ ; б)  $U=50 \text{ В}$ ; в)  $U=40 \text{ В}$ ; г)  $U=30 \text{ В}$ ; д)  $U=20 \text{ В}$ .

73. Найти падение напряжения на медном проводе длиной  $500 \text{ м}$  и диаметром  $2 \text{ мм}$ , если ток в нём  $2 \text{ А}$ .  $r=1,7 \times 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Ответ: а)  $U=1,4 \text{ В}$ ; б)  $U=5,4 \text{ В}$ ; в)  $U=2,4 \text{ В}$ ; г)  $U=4 \text{ В}$  д)  $U=8,4 \text{ В}$ .

74. Определить плотность тока в медной проволоке длиной  $l=1 \text{ м}$ , если разность потенциалов на ее концах  $j_1 - j_2=12 \text{ В}$ .  $r=1,7 \times 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Ответ: а)  $j=3,1 \times 10^8 \text{ (А/м}^2\text{)}$ ; б)  $j=4,1 \times 10^8 \text{ (А/м}^2\text{)}$ ; в)  $j=5,1 \times 10^8 \text{ (А/м}^2\text{)}$ ; г)  $j=6,1 \times 10^8 \text{ (А/м}^2\text{)}$ ; д)  $j=7,1 \times 10^8 \text{ (А/м}^2\text{)}$ .

75. Определить плотность тока в железном проводнике длиной  $l=10 \text{ м}$ , если провод находится под напряжением  $U=6 \text{ В}$ .  $r=9,8 \times 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

Ответ: а)  $j=6,1 \times 10^6 \text{ (А/м}^2\text{)}$ ; б)  $j=4,1 \times 10^7 \text{ (А/м}^2\text{)}$ ; в)  $j=5,1 \times 10^6 \text{ (А/м}^2\text{)}$ ; г)  $j=36 \times 10^7 \text{ (А/м}^2\text{)}$ ; д)  $j=7 \times 10^6 \text{ (А/м}^2\text{)}$ .

76. Три сопротивления  $R_1$ ,  $R_2=20 \text{ Ом}$  и  $R_3=15 \text{ Ом}$  соединены параллельно. Последовательно к такому соединению подключен амперметр, который показывает ток  $I=1 \text{ А}$ . Через сопротивление  $R_2$  течет ток  $I_2=0,3 \text{ А}$ . Найти сопротивление  $R_1$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Ответ: а)  $R_1=50 \text{ Ом}$ ; б)  $R_1=40 \text{ Ом}$ ; в)  $R_1=30 \text{ Ом}$ ; г)  $R_1=20 \text{ Ом}$ ; д)  $R_1=10 \text{ Ом}$ .

77. Какую работу должны совершить сторонние силы при разделении зарядов  $+10$  и  $-10 \text{ Кл}$ , чтобы ЭДС источника была  $3,5 \text{ В}$ ?

Ответ: а)  $A_{ст}=65$  Дж; б)  $A_{ст}=55$  Дж; в)  $A_{ст}=45$  Дж; г)  $A_{ст}=35$  Дж; д)  $A_{ст}=25$  Дж.

78. Определить ЭДС источника тока, если при перемещении по замкнутой цепи заряда 10 Кл сторонняя сила совершает работу 120 Дж.

Ответ: а)  $E=21$  В; б)  $E=19$  В; в)  $E=17$  В; г)  $E=15$  В; д)  $E=12$  В.

79. Источник тока с Э.Д.С. 220В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут проводником сопротивлением 108 Ом. Определить падение напряжения внутри источника.

Ответ: а)  $U=5$  В; б)  $U=1$  В; в)  $U=2$  В; г)  $U=3$  В; д)  $U=4$  В.

80. Э.Д.С. источника тока 100В. При внешнем сопротивлении 49 Ом сила тока в цепи 2А. Найти внутреннее сопротивление источника.

Ответ: а)  $r=2$  Ом; б)  $r=1$  Ом; в)  $r=3$  Ом; г)  $r=4$  Ом; д)  $r=5$  Ом.

81. Э.Д.С. источника тока 220В, внутреннее сопротивление 1,5 Ом. Какое надо взять сопротивление внешнего участка цепи, чтобы сила тока была 4А.

Ответ: а)  $R=53,5$  Ом; б)  $R=43,5$  Ом; в)  $R=33,5$  Ом; г)  $R=23,5$  Ом; д)  $R=13,5$  Ом.

82. Напряжение на зажимах генератора 120В, сопротивление внешнего участка в 20 раз больше внутреннего сопротивления генератора. Определить ЭДС генератора.

Ответ: а)  $E=166$  В; б)  $E=156$  В; в)  $E=146$  В; г)  $E=136$  В; д)  $E=126$  В.

83. Три сопротивления  $R_1=R_3=40$  Ом и  $R_2=80$  Ом соединены параллельно. Последовательно к такому соединению присоединены сопротивление  $R_4=34$  Ом и батарея с ЭДС  $E=100$  В. Найти ток  $I_2$ , текущий через сопротивление  $R_2$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Ответ: а)  $I_2=0,2$  А; б)  $I_2=0,3$  А; в)  $I_2=0,4$  А; г)  $I_2=0,5$  А; д)  $I_2=0,6$  А.

84. Три сопротивления  $R_1=R_3=40$  Ом и  $R_2=80$  Ом соединены параллельно. Последовательно к такому соединению подключены сопротивление  $R_4=34$  Ом и батарея с ЭДС  $E=100$  В. Найти падение напряжения  $U_2$  на сопротивлении  $R_2$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Ответ: а)  $U_2=72$  В; б)  $U_2=62$  В; в)  $U_2=52$  В; г)  $U_2=42$  В; д)

$$U_2=32 \text{ В.}$$

85. Батарея с  $E=100 \text{ В}$ , сопротивления  $R_1=100 \text{ Ом}$ ,  $R_2=200 \text{ Ом}$  и амперметр соединены последовательно. Параллельно сопротивлению  $R_2$  подключен вольтметр, сопротивление которого  $R_v=2 \text{ кОм}$ . Какое падение напряжения  $U_v$  показывает вольтметр? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Ответ: а)  $U_v=24,5 \text{ В}$ ; б)  $U_v=34,5 \text{ В}$ ; в)  $U_v=44,5 \text{ В}$ ; г)  $U_v=54,5 \text{ В}$ ; д)  $U_v=64,5 \text{ В}$ .

86. Два последовательно соединенных элемента с одинаковым ЭДС  $E_1=E_2=2 \text{ В}$  и внутренними сопротивлениями  $r_1=1 \text{ Ом}$  и  $r_2=1,5 \text{ Ом}$  замкнуты на внешнее сопротивление  $R=0,5 \text{ Ом}$ . Найти разность потенциалов  $U_1$  на зажимах первого элемента.

Ответ: а)  $U_1=2,67 \text{ В}$ ; б)  $U_1=1,67 \text{ В}$ ; в)  $U_1=0,167 \text{ В}$ ; г)  $U_1=0,67 \text{ В}$ ; д)  $U_1=0,267 \text{ В}$ .

87. Батарея аккумуляторов имеет Э.Д.С.  $12 \text{ В}$ . Сила тока в цепи равна  $4 \text{ А}$ , а напряжение на клеммах  $11 \text{ В}$ . Определить ток короткого замыкания.

Ответ: а)  $I_{кз}=78 \text{ А}$ ; б)  $I_{кз}=68 \text{ А}$ ; в)  $I_{кз}=58 \text{ А}$ ; г)  $I_{кз}=48 \text{ А}$ ; д)  $I_{кз}=38 \text{ А}$ .

88. При внешнем сопротивлении  $R_1=3 \text{ Ом}$  ток в цепи  $I_1=0,3 \text{ А}$ , при  $R_2=5 \text{ Ом}$ ,  $I_2=0,2 \text{ А}$ . Определить ток короткого замыкания источника.

Ответ: а)  $I_{кз}=3,2 \text{ А}$ ; б)  $I_{кз}=2,2 \text{ А}$ ; в)  $I_{кз}=1,2 \text{ А}$ ; г)  $I_{кз}=0,2 \text{ А}$ ; д)  $I_{кз}=22 \text{ А}$ .

89. Сопротивление  $R=1,6 \text{ Ом}$  и два элемента, ЭДС которых одинаковы и равны  $3,5 \text{ В}$ , с внутренними сопротивлениями соответственно равными  $r_1=0,7 \text{ Ом}$  и  $r_2=1,2 \text{ Ом}$ , соединены параллельно. Определить силу тока в каждом из элементов и во всей цепи.

Ответ: а)  $I=1,74 \text{ А}$ ;  $I_1=1,1 \text{ А}$ ;  $I_2=0,64 \text{ А}$ ; б)  $I=2,74 \text{ А}$ ;  $I_1=2,1 \text{ А}$ ;  $I_2=0,4 \text{ А}$ ; в)  $I=1,1 \text{ А}$ ;  $I_1=1,0 \text{ А}$ ;  $I_2=0,1 \text{ А}$ ; г)  $I=3,7 \text{ А}$ ;  $I_1=3,1 \text{ А}$ ;  $I_2=0,6 \text{ А}$ ; д)  $I=3,7 \text{ А}$ ;  $I_1=1,1 \text{ А}$ ;  $I_2=2,6 \text{ А}$ .

90. Батарея с внутренним сопротивлением  $1 \text{ Ом}$  замкнута на внешнее сопротивление  $23 \text{ Ом}$ . Найти КПД батареи.

Ответ: а)  $\eta=0,6$ ; б)  $\eta=0,9$ ; в)  $\eta=0,66$ ; г)  $\eta=0,76$ ; д)  $\eta=0,96$ .

91. КПД источника тока  $95\%$ . Определить внутреннее сопротивление источника, если внешнее сопротивление равно  $19 \text{ Ом}$ .

Ответ: а)  $r=1$  Ом; б)  $r=2$  Ом; в)  $r=3$  Ом; г)  $r=4$  Ом; д)  $r=5$  Ом.

92. Через поперечное сечение спирали нагревательного элемента паяльника в каждую секунду проходит  $0,5 \times 10^{19}$  электронов. Определить мощность паяльника, если он подключен в сеть с напряжением 220В.  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $P=376$  Вт; б)  $P=276$  Вт; в)  $P=176$  Вт; г)  $P=76$  Вт; д)  $P=27,6$  Вт.

93. По проводнику сопротивлением 20 Ом за 5 мин прошёл заряд 300 Кл. Вычислить работу тока за это время.

Ответ: а)  $A=4$  кДж; б)  $A=5$  кДж; в)  $A=6$  кДж; г)  $A=7$  кДж; д)  $A=8$  кДж.

94. Какое сопротивление нужно включить в сеть с напряжением 220 В, чтобы в нём за 10 мин выделилось 66 кДж теплоты?

Ответ: а)  $R=40$  Ом; б)  $R=140$  Ом; в)  $R=240$  Ом; г)  $R=340$  Ом; д)  $R=440$  Ом.

95. Сила тока в проводнике сопротивлением  $r=20$  Ом нарастает по линейному закону от  $I_0=0$  до  $I=6$  А за 5 с. Определить теплоту  $Q_1$ , выделившуюся в этом проводнике за первую секунду.

Ответ: а)  $Q_1=9,6$  Дж; б)  $Q_1=56$  Дж; в)  $Q_1=96$  Дж; г)  $Q_1=36$  Дж; д)  $Q_1=26$  Дж.

96. Сила тока в проводнике сопротивлением  $r=20$  Ом нарастает по линейному закону от  $I_0=0$  до  $I=6$  А за 5 с. Определить теплоту  $Q_2$ , выделившуюся в этом проводнике за вторую секунду.

Ответ: а)  $Q_2=52,0$  Дж; б)  $Q_2=620$  Дж; в)  $Q_2=67,2$  Дж; г)  $Q_2=22,0$  Дж; д)  $Q_2=72,6$  Дж.

97. Источник тока с ЭДС 120 В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут на внешнее сопротивление 58 Ом. Определить полную  $P$  и  $P_{\Pi}$  полезную мощности источника тока.

Ответ: а)  $P=340$  Вт;  $P_{\Pi}=332$  Вт; б)  $P=240$  Вт;  $P_{\Pi}=232$  Вт; в)  $P=140$  Вт;  $P_{\Pi}=132$  Вт; г)  $P=200$  Вт;  $P_{\Pi}=100$  Вт; д)  $P=352$  Вт;  $P_{\Pi}=252$  Вт.

98. ЭДС батареи аккумуляторов  $E=12$  В, сила тока короткого замыкания  $I_0=5$  А. Какую наибольшую мощность  $P_{\max}$  можно получить во внешней цепи, соединённой с такой батареей.

Ответ: а)  $P_{\max}=45$  Вт; б)  $P_{\max}=35$  Вт; в)  $P_{\max}=25$  Вт; г)  $P_{\max}=15$  Вт.

Вт; д)  $P_{\max}=5$  Вт.

99. Сила тока  $I$  в цепи, состоящей из термопары с сопротивлением  $R_1=4$  Ом и гальванометра с сопротивлением  $R_2=80$  Ом, равна 26 мкА при разности температур  $\Delta t$  спаев, равной  $50$  °С. Определить постоянную термопары.

Ответ: а)  $a=6,4 \times 10^{-5}$  В/К; б)  $a=5,4 \times 10^{-5}$  В/К; в)  $a=4,4 \times 10^{-5}$  В/К; г)  $a=3,4 \times 10^{-5}$  В/К; д)  $a=2,4 \times 10^{-5}$  В/К.

100. Термопара медь-константан с сопротивлением  $R_1=5$  Ом присоединена к гальванометру, сопротивление  $R_g$  которого равно 100 Ом. Один спай термопары погружен в тающий лёд, другой - в горячую жидкость. Сила тока  $I$  в цепи равна 37 мкА. Постоянная термопары  $k=43$  мкВ/К. Определить температуру  $t$  жидкости.

Ответ: а)  $t_1=100$  °С; б)  $t_1=90$  °С; в)  $t_1=80$  °С; г)  $t_1=70$  °С; д)  $t_1=60$  °С.

101. Какой наименьшей скоростью  $v_{\min}$  должны обладать свободные электроны в платине для того, чтобы они смогли покинуть металл? Работа выхода электронов из платины равна  $A=6,3$  эВ.  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл;  $m_e=9,1 \times 10^{-31}$  кг.

Ответ: а)  $v_{\min}=15 \times 10^5$  м/с; б)  $v_{\min}=14 \times 10^5$  м/с; в)  $v_{\min}=12 \times 10^5$  м/с; г)  $v_{\min}=10 \times 10^5$  м/с; д)  $v_{\min}=8 \times 10^5$  м/с.

102. Какой наименьшей скоростью  $v_{\min}$  должны обладать свободные электроны в цезии для того, чтобы они смогли покинуть металл? Работа выхода электронов из цезия равна  $A=1,9$  эВ.  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл;  $m_e=9,1 \times 10^{-31}$  кг.

Ответ: а)  $v_{\min}=9,3 \times 10^5$  м/с; б)  $v_{\min}=8,2 \times 10^5$  м/с; в)  $v_{\min}=7,3 \times 10^5$  м/с; г)  $v_{\min}=6,3 \times 10^5$  м/с; д)  $v_{\min}=5,3 \times 10^5$  м/с.

103. Какую ускоряющую разность потенциалов должны пройти ионы водорода, чтобы вызвать ионизацию азота? Потенциал ионизации азота  $j_i=14,5$  В.

Ответ: а)  $U=14,5$  В; б)  $U=29$  В; в)  $U=43,5$  В; г)  $U=58$  В; д)  $U=72,5$  В.

104. Потенциал ионизации атома гелия  $U=24,5$  В. Найти работу ионизации  $A$ .  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $A=49,2 \times 10^{-19}$  Дж; б)  $A=39,2 \times 10^{-19}$  Дж; в)  $A=29,2 \times 10^{-19}$  Дж; г)  $A=19,2 \times 10^{-19}$  Дж; д)  $A=9,2 \times 10^{-19}$  Дж.

105. Какой наименьшей скоростью  $v_{\min}$  должен обладать электрон, чтобы ионизировать атом водорода, если потенциал ионизации  $U_i$  водорода равен 13,5 В?  $q_e=1,6 \times 10^{-19}$  Кл;  $m_e=9,1 \times 10^{-31}$  кг.



Ответ: а)  $4,2 \times 10^6$  м/с; б)  $0,2 \times 10^6$  м/с; в)  $1,2 \times 10^6$  м/с; г)  $3,2 \times 10^6$  м/с; д)  $2,2 \times 10^6$  м/с.

106. Какой наименьшей скоростью  $v_{\min}$  должен обладать электрон, чтобы ионизировать атом азота, если потенциал ионизации  $U_i$  азота равен 14,5 В.  $q_e = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл;  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  кг.

Ответ: а)  $v_{\min} = 1,3 \times 10^6$  м/с; б)  $v_{\min} = 2,3 \times 10^6$  м/с; в)  $v_{\min} = 3,3 \times 10^6$  м/с; г)  $v_{\min} = 4,3 \times 10^6$  м/с; д)  $v_{\min} = 5,3 \times 10^6$  м/с.

107. Электрон со скоростью  $1,83 \times 10^6$  м/с влетел в однородное электрическое поле в направлении, противоположном направлению вектора напряженности  $E$ . Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы обладать энергией, достаточной для ионизации атома водорода?  $j_i = 13,6$  В;  $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$  кг;  $q_e = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $U = 4,1$  В; б)  $U = 5,1$  В; в)  $U = 6,1$  В; г)  $U = 7,1$  В; д)  $U = 8,1$  В.

108. Сколько атомов двухвалентного металла выделится на  $1 \text{ см}^2$  поверхности электрода за время  $t = 5$  мин при плотности тока  $j = 10 \text{ А/м}^2$ .  $q_e = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $N = 3,4 \times 10^{17}$ ; б)  $N = 5,4 \times 10^{17}$ ; в)  $N = 7,4 \times 10^{17}$ ; г)  $N = 9,4 \times 10^{17}$ ; д)  $N = 11,4 \times 10^{17}$ .

109. Найти электрохимический эквивалент  $k$  водорода.  $F = 96,5$  кКл/моль;  $Z = 1$ ;  $m = 1 \times 10^{-3}$  кг/моль.

Ответ: а)  $k = 1,04 \times 10^{-8}$  кг/Кл; б)  $k = 2,04 \times 10^{-8}$  кг/Кл; в)  $k = 3,04 \times 10^{-8}$  кг/Кл; г)  $k = 4,04 \times 10^{-8}$  кг/Кл; д)  $k = 5,04 \times 10^{-8}$  кг/Кл.

110. Электрод в виде медной пластины площадью  $25 \text{ см}^2$  погружен в электролитическую ванну с раствором медного купороса. При прохождении тока, плотность, которого  $0,02 \text{ А/см}^2$ , на пластине выделилось 100 мг меди. Определить время пропускания тока.  $F = 96,5$  кКл/моль;  $Z = 1$ ;  $m = 64 \times 10^{-3}$  кг/моль.

Ответ: а)  $t = 602$  с; б)  $t = 502$  с; в)  $t = 403$  с; г)  $t = 302$  с; д)  $t = 202$  с.

111. За какое время  $t$  при электролизе водного раствора хлорной меди ( $\text{CuCl}_2$ ) на катоде выделится масса  $m = 4,74$  г меди, если ток  $I = 2$  А?  $F = 96,5$  кКл/моль;  $Z = 1$ ;  $m = 64 \times 10^{-3}$  кг/моль.

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

112. За какое время  $t$  при электролизе медного купороса масса медной пластинки (катада) увеличится на  $\Delta m = 99$  мг? Площадь пластинки  $S = 25 \text{ см}^2$ , плотность тока  $j = 200 \text{ А/м}^2$ .  $F = 96,5$  кКл/моль;

$Z=1$ ;  $m=64 \times 10^{-3}$  кг/моль.

Ответ: а)  $t=20$  мин; б)  $t=15$  мин; в)  $t=10$  мин; г)  $t=5$  мин; д)  $t=30$  мин.

113. Никелирование металлического изделия с поверхностью площадью  $120 \text{ см}^2$  продолжалось 5 ч током 0,3 А. Валентность никеля равна 2. Определить толщину слоя никеля.  $m=59 \times 10^{-3}$  кг/моль;  $\gamma=8,8 \text{ кг/м}^3$ ;  $F=96,5 \times 10^3$  Кл/моль.

Ответ: а)  $d=12$  мкм; б)  $d=14$  мкм; в)  $d=16$  мкм; г)  $d=7$  мкм; д)  $d=20$  мкм.

114. Найти толщину слоя меди на катоде (медной пластинке) при электролизе медного купороса. Плотность тока  $j=200 \text{ А/м}^2$ . Время электролиза 10 мин.  $F=96,5 \text{ кКл/моль}$ ;  $Z=1$ ;  $m=64 \times 10^{-3}$  кг/моль;  $\gamma=8,9 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ: а)  $d=46,9$  мкм; б)  $d=76,9$  мкм; в)  $d=56,9$  мкм; г)  $d=18,9$  мкм; д)  $d=8,9$  мкм.

## 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.

9. Савельев, И. В. Курс общей физики [Текст]: учебник: в 3 т. / И. В. Савельев. - Изд. 11-е, стер. - СПб.: Лань, 2011. - Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - 496 с.

10. Трофимова Т.И. Курс физики [Текст]: учеб. пособие для вузов./ Т.И. Трофимова. –7-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2002. - 542 с.

11. Физика: постоянный ток, электромагнетизм, волновая оптика [Электронный ресурс]: практикум: учебное пособие / В.И. Барсуков, О.С. Дмитриев, В.Е. Иванов, Ю.П. Ляшенко.- Тамбов: ТГТУ, 2014. – 104 с. - Режим доступа:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277918>

12. Барсуков, В. И. Физика: постоянный ток, электромагнетизм, волновая оптика [Электронный ресурс]: практикум / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев, В. Е. Иванов, Ю. П. Ляшенко - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. - 104 с.- Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277918>

13. Яковенко, А., Соболев В. Р. , Бондарь В. А. Общая физика: сборник задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Яковенко, В. Р. Соболев, В. А. Бондарь и др. ; под общ. ред. В. Р. Соболева. - Минск : Вышэйшая школа, 2015. - 456 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=448270>

14. Алтунин, К. К. Методы математической физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. К. Алтунин. - 3-е изд. - М. : Директ-Медиа, 2014. - 123 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240552>

15. Перунова, М. Трудные вопросы курса физики: электромагнитная индукция [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. Перунова; ОГУ. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 120 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259218>

16. Малышев, Л. Г. Избранные главы курса физики: электромагнетизм [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. Г. Малышев, А. А. Повзнер; Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург :  
Издательство Уральского университета, 2014. - 157 с. – Режим  
доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275795>

17. Чертов А. Г., Воробьев А. А. Задачник по физике: учеб.  
пособие для вузов.-7-е изд., перераб. и доп. -М.: Издательство  
Физико-математической литературы, 2003.-640 с.