

Темы практических занятий

Зан.1. Системы единиц. Формулы приближенных вычислений

Зан.2-3. Кинематика. Скорость, ускорение, тангенциальное и нормальное ускорения. Кинематика вращательного движения. - 1.4,.5,.8,.15,.17,.34,.35,.39, 1.44,.46,.48,.52,.45,.47,.50,.53

Зан.4-6. Основное уравнение динамики. Закон сохранения импульса. Закон сохранения энергии. Силы и потенциальная энергия. - 1.61, .66, .68, .74, .80, .100, .150, .151, .154, .155, .157, .158, .159, .122, .129, .134, .135, .136, .139, .163, .131, .132, .133, 4.24, .25,

Зан.7-8. Динамика твердого тела. Кинематика гармонических колебаний. Гармонический осциллятор. - 1.241, .243, .253, .246, .260, 4.2, .3, .8, .9, .17, .18, .22

Зан.9. Волновые процессы. Уравнение волны. Силы упругости и закон Гука. - 1.155, .156, 4.164, .159, 1.294, .296, .309, .310, .314

Зан. 10 Преобразования Лоренца. Релятивистская динамика.-1.341, .342, .343, .346, .347, 1.350, .351, .359, .361, .364, .371, .373, .374, .375

Зан.11. Распределения Максвелла и Больцмана - 2.83, .84, .86, .87, .88, .98, .17, .63, 2.102, .103, .104, .111

Зан.12. Явления переноса 2.223, .224, .236, .237, .241, .253

Зан.13. Уравнения состояния. ТД процессы - 2.1, .2, .5, .6, 7, .10, .11

Зан. 14. 1 и 2 начала ТД - 2.29, .30, 33, .37, .58, 60, .113, .118, .131, .137, .147

Зан.15. Напряженность эл. поля - 3.2, .5, .7, .8, .25, .28, .47

Рекомендованная литература:

- задачник – Иродов И.Е. «Задачи по общей физике» изд. 1979г.
- пособия, размещенные на сайте кафедры экспериментальной физики https://physics.spbstu.ru/uchebnye_posobiya_po_kursam_fiziki/

Задачи для решения на практических занятиях и в качестве домашнего задания:

Занятия 2 и 3. Кинематика.

Скорость, ускорение, тангенциальное и нормальное ускорения. Кинематика вращательного движения.

1.4 Точка движется по прямой в одну сторону. На рис.1.1 показан график зависимости пройденного пути s от времени t . С пом. этого графика найти:

- а) ср. скорость точки за время движения,
- б) макс. скорость,
- в) момент времени t_0 , в который мгновенная скорость равна средней за t_0 секунд,
- г) среднее ускорение за первые 10 и 16 с.

1.5 2 частицы 1 и 2 движутся с постоянными скоростями v_1 и v_2 . Их радиус-векторы в начальный момент равны r_1 и r_2 . При каком соотношении между этими 4 векторами частицы столкнутся?

1.8 От бакена, кот. находится на середине широкой реки, отошли 2 лодки А и В. Лодки двигаются по взаимно перпендикулярным прямым: А - вдоль реки, а В - поперек. Удалившись на одинаковое расстояние от бакена, лодки вернулись обратно. Найти отношение времен движения лодок А и В, если скорость каждой из них относительно воды в 1.2 раза больше скорости течения.

1.12 Три точки находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной a . Они начинают одновременно двигаться с постоянной по модулю скоростью v , причем первая точка все время держит курс на вторую, вторая — на третью, третья — на первую. Через сколько времени точки встретятся?

1.17 Из пункта А, кот. находится на шоссе, нужно за кратчайшее время попасть на машине в п.В, расположенный в поле на расстоянии L от шоссе. Известно, что скорость машины в поле в k раз меньше, чем на шоссе. На каком расстоянии от (.)D следует свернуть с шоссе?

1.34 Воздушный шар начинает подниматься с поверхности земли с постоянной вертикальной скоростью v_0 . Из-за ветра он получает горизонтальную скорость $v_x = a y$, где a - постоянная, y - высота подъема. Найти зависимости от высоты подъема: а) величины сноса шара $x(y)$; б) полного, тангенциального и нормального ускорений шара.

1.35 Частица движется в плоскости xu со скоростью $\mathbf{v} = a \mathbf{i} + bx \mathbf{j}$, где \mathbf{i} и \mathbf{j} - орты осей x и u , a и b - постоянные. В нач. момент частица находилась в точке $x=u=0$. Найти:
а) уравнение траектории $u(x)$;
б) радиус кривизны траектории в зависимости от x .

1.39 Точка движется по окружности радиуса R так, что ее скорость зависит от пройденного пути s по закону $v = a (s)^{1/2}$, где a - постоянная. Найти угол между векторами полного ускорения и скорости в зависимости от s .

1.44 Колесо вращается вокруг неподвижной оси так, что угол поворота зависит от времени как $\varphi = at^2$, где t в с, $a = 0.20$ рад/с. Найти полное ускорение w точки А на ободе колеса при $t = 2.5$ с, если ее линейная скорость при этом $v = 0.65$ м/с.

1.45 Снаряд вылетел со скоростью $v = 320$ м/с, сделав $n = 2$ оборота внутри ствола длиной $l = 2$ м. Движение снаряда в стволе равноускоренное. Найти его угловую скорость вращения вокруг оси в момент вылета.

1.48 Твердое тело вращается, замедляясь, вокруг неподвижной оси с угловым ускорением $\dot{\omega} \sim \omega^{1/2}$, где ω — его угловая скорость. Найти среднюю угловую скорость тела за время, в течение которого оно будет вращаться, если в начальный момент его угловая скорость была равна ω_0 .

1.46 Твердое тело вращается вокруг оси по закону $\varphi = at - bt^3$, где $a = 6$ рад/с и $b = 2$ рад/с³. Найти: а) среднее значение угловой скорости и углового ускорения за промежуток времени от $t=0$ до остановки; б) угловое ускорение в момент остановки тела.

Занятия 4-6. Основное уравнение динамики.

Закон сохранения импульса. Закон сохранения энергии. Силы и потенциальная энергия. Динамика твердого тела.

1.61

На наклонную плоскость, составляющую угол α с горизонтом, поместили 2 соприкасающихся бруска 1 и 2 (см. рис.). Массы брусков m_1 и m_2 , а коэффициенты трения между накл. плоскостью и брусками - соответственно k_1 и k_2 , причем $k_1 > k_2$. Найти:

- силу взаимодействия между брусками в процессе движения;
- минимальное значение угла α , при кот. начнется скольжение.

1.66

Небольшое тело А начинает скользить с вершины клина, основание кот. $l = 2.10$ м (см. рис.). Коэффициент трения между телом и поверхностью клина $k = 0.140$. При каком значении угла α время соскальзывания будет минимальным? Чему оно равно?

1.68

На небольшое тело массы m , лежащее на гладкой горизонтальной плоскости, в момент $t=0$ начала действовать сила, зависящая от времени по закону $F = at$, где a - постоянная. Направление этой силы все время составляет угол α с горизонтом (см. рис.). Найти:

- скорость тела в момент отрыва от плоскости;
- путь пройденный телом к этому моменту.

1.74

В установке (рис.) известны массы стержня M и шарика m , причем $M > m$. Шарик имеет отверстие и может скользить по нити с некот. трением. Масса блока и трение в его оси пренебрежимо малы. При $t=0$ шарик находился напротив нижнего конца стержня. После того, как систему предоставили самой себе, оба тела начали двигаться с постоянными ускорениями. Найти силу трения между шариком и нитью, если через t секунд шарик оказался напротив верхнего края стержня (его длина l).

1.80

Призме 1, на которой находится брусок 2 массы m , сообщили направленное влево горизонтальное ускорение w (рис.). При каком максимальном значении w брусок будет неподвижен относительно призмы, если коэффициент трения между ними $k < \text{ctg } \alpha$?

1.100

Катер массы m движется по озеру со скоростью V . В момент $t=0$ выключили его двигатель. Сила сопротивления воды пропорциональна скорости катера $F = -r v$. Найти:

- время движения катера с выключенным двигателем;
- скорость катера в зависимости от пути, пройденного после выключения двигателя, а также полный путь до остановки;
- среднюю скорость катера за время, в течение которого. его начальная скорость уменьшится в η раз.

1.131

ПЭ частицы в некотором поле имеет вид $U = a/r^2 - b/r$, где a и b - положительные постоянные, r - расстояние от центра поля. Найти: а) значение r_0 , соответствующее равновесному положению частицы; б) устойчиво ли это равновесие; в) макс значение силы притяжения, изобразить графики $U(r)$ и проекции силы на радиус-вектор $F_r(r)$.

1-132

ПЭ частицы в некотором поле имеет вид $U = a x^2 + b y^2$, где a и b - положительные константы, не равные друг другу. Выяснить: а) является ли это поле центральным; б) какую форму имеют эквипотенциальные поверхности, а также поверхности, на которых модуль вектора силы постоянен.

1.133

Имеются 2 стационарных силовых поля $\mathbf{F}_1 = ay\mathbf{i}$ и $\mathbf{F}_2 = ax\mathbf{i} + by\mathbf{j}$, где a и b – постоянные. Выяснить, являются ли эти поля потенциальными.

1.150

Система состоит из 2 шариков массами m_1 и m_2 , которые соединены между собой невесомой пружиной. В момент $t = 0$ шарикам сообщили начальные скорости \mathbf{v}_1 и \mathbf{v}_2 , после чего система начала двигаться в однородном поле тяжести Земли. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти зависимость от времени полного импульса системы в процессе движения и радиус-вектора ее центра инерции относительно его начального положения.

1.151

На гладкой горизонтальной плоскости находятся 2 бруска с массами m_1 и m_2 , соединенные невесомой пружиной жесткости k (см. рис.). Брусок 2 переместили влево на небольшое расстояние x и отпустили. Найти скорость центра инерции системы после отрыва бруска 1 от стенки.

1.154

2 одинаковых тележки 1 и 2 массами M едут по инерции и без трения навстречу друг другу по параллельным рельсам. На тележках находятся по 1 пассажиру массой m . Когда тележки поравнялись друг с другом, пассажиры с одной тележки попрыгали на другую в направлении, перпендикулярном к рельсам. В результате тележка 1 остановилась, а тележка 2 стала двигаться со скоростью v в первоначальном направлении. Найти первоначальные скорости тележек v_1 и v_2 .

1.155

2 одинаковых тележки массой M движутся по инерции и без трения друг за другом с одной и той же скоростью v_0 . На задней тележке находится пассажир массой m . В некоторый момент он прыгает на переднюю тележку со скоростью u относительно своей тележки. Найти скорости тележек после перескока.

1.157

Цепочка массы $m = 1$ кг и длины $h = 1.4$ м висит на нити, касаясь поверхности стола своим нижним концом. После пережигания нити цепочка упала на стол. Найти полный импульс, который она передала столу.

1.158

Стальной шарик массой $m = 50$ г падает с высоты $h = 1$ м на горизонт. массивную плиту. Найти суммарный импульс, кот. шарик передаст плите в результате многократных столкновений, если при каждом ударе его скорость меняется в $\eta = 0.8$ раз.

1.162

Летевшая горизонтально пуля массы m попала в тело массы M , подвешенное на 2 одинаковых нитях длиной l (рис.). В результате нити отклонились на угол θ . Считая $m \ll M$, найти: а) скорость пули перед попаданием в тело; б) относительную долю первоначальной кинетической энергии пули, которая перешла в тепло.

1.122

Шайба массой $m = 50$ г соскальзывает без начальной скорости по наклонной плоскости с углом наклона 30° . Пройдя по горизонтальной плоскости расстояние $l = 0.5$ м, она останавливается. Найти работу сил трения на всем пути, считая всюду коэффициент трения $k = 0.15$.

1.129

Система состоит из 2 сцепленных последовательно друг с другом пружин с коэффициентами жесткости k_1 и k_2 . Найти минимальную работу, которую нужно совершить, чтобы растянуть эту систему на Δl .

1.134

Тело массы m пустили вверх по наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом. начальная скорость тела равна v_0 , коэффициент трения k . Какой путь пройдет тело до остановки и какую работу совершит при этом сила трения?

1.136

Небольшое тело A начинает скользить с высоты h по наклонному желобу, переходящему в полуокружность радиуса $h/2$ (рис.). Пренебрегая трением, найти скорость тела в наивысшей точке его траектории (после отрыва от желоба).

1.139

Гладкий резиновый шнур, длина которого l и коэффициент жесткости k , подвешен одним концом к (\circ) O . На другом конце имеется упор B . Из точки O начинает падать небольшая муфта массы m . Пренебрегая массами шнура и упора, найти макс. растяжение шнура.

Занятия 7-8. Динамика твердого тела. Кинематика гармонических колебаний. Гармонический осциллятор.

1.241

Однородный диск радиуса $R = 20$ см имеет круглый вырез, как показано на рис. Масса оставшейся (заштрихованной) части диска $m = 7.3$ кг. Найти момент инерции такого диска относительно оси, проходящей через его центр инерции и перпендикулярной к плоскости диска.

1.243

На однородный сплошной цилиндр массы M и радиуса R намотана легкая нить, к которой привязан груз массой m . В момент $t = 0$ система пришла в движение. Пренебрегая трением в оси цилиндра, найти зависимость от времени: 1) угловой скорости цилиндра; 2) кинетической энергии всей системы.

1.246

В установке (см. рис.) известны масса однородного сплошного цилиндра m , его радиус R , массы грузов m_1 и m_2 . Скольжения нити и трения в оси цилиндра нет. Найти угловое ускорение цилиндра и отношение T_1/T_2 натяжений вертикальных участков нити при движении.

1.247

Кольцо радиуса $r = 25$ см, сделанное из свинцовой проволоки, вращают вокруг неподвижной вертикальной оси, проходящей через его центр и перпендикулярной к плоскости кольца. При какой частоте оборотов данное кольцо может разорваться?

1.253

Однородный цилиндр массы $M = 8$ кг и радиуса $R = 1.3$ см в момент $t = 0$ начинает спускаться под действием силы тяжести. Пренебрегая массой нити, найти: 1) натяжение каждой нити и угловое ускорение цилиндра; 2) зависимость от времени мгновенной мощности, которую развивает сила тяжести.

1.260

Однородный сплошной цилиндр A массы M_1 может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, которая укреплена на подставке B массой M_2 . На цилиндр плотно намотана легкая нить, к концу K которой приложена горизонтальная сила F . Трения между подставкой и опорной горизонтальной плоскостью нет. Найти: 1) ускорение точки K ; 2) кинетическую энергию системы через t секунд после начала движения.

4.2

Некоторая точка движется вдоль оси x по закону $x = a \sin^2(\omega t - \pi/4)$. Найти: а) амплитуду и период колебаний, изобразить график $x(t)$; б) проекцию скорости v_x как функцию координаты x , изобразить график $v_x(x)$.

4.3

Частица совершает гармонические колебания вдоль оси x около положения равновесия $x=0$. Частота колебаний $\omega = 4$ рад/с. В некоторый момент координата частицы $x_0 = 25$ см и ее скорость $v_{x0} = 100$ см/с. Найти x и v_x через $t = 2.4$ с после этого момента.

4.8

В момент $t = 0$ частица начинает двигаться вдоль оси x так, что ее проекция скорости меняется по закону $v_x = 35 \cos \pi t$ см/с, где t в секундах. Найти путь, который пройдет частица за первые 2.8 с после начала движения.

4.9

Частица совершает гармонические колебания вдоль оси x по закону $x = a \cos \omega t$. Считая вероятность P нахождения частицы в интервале от $-a$ до a равной 1, найти зависимость от x плотности вероятности dP/dx где dP вероятность найти частицу в промежутке от x до $x + dx$. Изобразить график dP/dx от x .

4.17 Частица массы m находится в потенциальном поле $U(x) = a/x^2 - b/x$, где a и b – положительные константы. Найти период малых колебаний частицы около положения равновесия.

4.18 Найти период малых вертикальных колебаний частицы массой $m = 40$ г, укрепленной на середине горизонтально натянутой струны длиной $l = 1$ м. Натяжение струны 10 Н.

4.22 Найти период малых колебаний ареометра, которому сообщили небольшой толчок в вертикальном направлении. Его масса 50 г, радиус его трубки 3.2 мм, плотность жидкости 1 г/см³.

Занятие 9. Волновые процессы. Уравнение волны. Силы упругости и закон Гука

4.155

Уравнение бегущей плоской звуковой волны имеет вид $\xi = 60 \cos(1800t - 5.3x)$, где ξ в микронах, t в секундах, x в метрах. Найти: 1) отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны; 2) амплитуду колебаний скорости частиц среды и ее отношение к скорости распространения волны; 3) амплитуду колебаний относительной деформации среды и ее связь с амплитудой колебаний скорости частиц среды.

4.156

В однородной упругой среде распространяется плоская волна вида $\xi = a \cos(\omega t - kx)$. Изобразить для момента времени $t=0$: 1) графики зависимостей от x величин ξ , $\partial \xi / \partial t$ и $\partial \xi / \partial x$; 2) направление скорости частиц среды в точках, где $\xi = 0$, для продольной и поперечной волн; 3) примерный график распределения плотности среды $\rho(x)$ для продольной волны.

4.164

В однородной упругой среде установилась стоячая плоская волна вида $\xi = a \cos \omega t \cos kx$. Изобразить: 1) графики зависимостей от x величин ξ и $\partial \xi / \partial x$ в моменты $t=0$ и $t = T/2$; 2) графики распределения плотности среды $\rho(x)$ для продольной волны в моменты $t = 0$ и $t = T/2$; 3) график распределения скоростей частиц среды в момент $t = T/4$, указать направления скоростей в этот момент в пучностях – для продольной и поперечной волн.

4.159

Точечный изотропный источник испускает звуковые волны с частотой $\nu = 1.45$ кГц. На расстоянии $r_0 = 5$ м от источника амплитуда смещения частиц среды $a_0 = 50$ мкм, а в точке А на расстоянии $r = 10$ м амплитуда смещения в 3 раза меньше. Найти: 1) коэффициент затухания волны γ ; 2) амплитуду колебаний скорости частиц среды в точке А.

4.161

В среде распространяется незатухающая плоская гармоническая волна. Найти среднюю объемную плотность полной энергии колебаний $\langle w \rangle$, если в любой точке среды объемная плотность энергии равна w_0 через одну шестую периода колебаний после прохождения максимума смещения.

1.294

Стальная проволока диаметра $d = 1$ мм натянута горизонтально между 2 зажимами, находящимися на расстоянии 2 м друг от друга. К середине проволоки подвесили груз массой $m = 0.25$ кг. На сколько сантиметров опустится груз?

1.296

Тонкий однородный медный стержень длиной l и массой m вращается равномерно с угловой скоростью ω в горизонтальной плоскости вокруг оси, проходящей через один из его концов. Найти силу натяжения стержня в зависимости от расстояния от оси вращения, а также удлинение стержня.

1.309

Найти энергию упругой деформации стального стержня массой 3.1 кг, который растянут так, что его относительное удлинение $\varepsilon = 10^{-3}$.

1.310

Стальной цилиндрический стержень длины l и радиуса r подвесили одним концом к потолку. а) найти энергию U упругой деформации стержня; б) выразить U через относительное удлинение стержня $\Delta l/l$.

1.314

Определить объемную плотность энергии упругой деформации в пресной воде на глубине $h = 1000$ м.

Занятие 10. Преобразования Лоренца. Релятивистская динамика.

1.341

Имеется треугольник, собственная длина каждой стороны которого равна a . Найти периметр этого треугольника в СО, движущейся относительно него с постоянной скоростью V вдоль одной из его: а) сторон; б) биссектрис.

1.342

Найти собственную длину стержня, если в лабораторной СО его скорость $v = c/2$, длина $l = 1$ м и угол между ним и направлением движения $\theta = 45^\circ$.

1.343

Покоящийся прямой конус имеет угол полураствора $\theta_0 = 45^\circ$ и площадь боковой поверхности $S = 4$ м². В СО, которая движется вдоль оси конуса со скоростью $v = 4/5 c$, найти: а) угол полураствора конуса; б) площадь боковой поверхности.

1.346

Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы $\tau_0 = 10$ нс. Найти путь, который пролетит эта частица до распада в лабораторной СО, где ее время жизни $\tau = 20$ нс.

1.347

В К-системе отсчета μ -мезон, движущийся со скоростью $v = 0.990 c$, пролетел от места своего рождения до точки распада расстояние $l = 3$ км. Найти: а) собственное время жизни мезона; б) расстояние, которое пролетел мезон в К-системе "с его точки зрения".

1.350

2 стержня одинаковой собственной длины l_0 движутся навстречу друг другу параллельно общей горизонтальной оси. В СО, связанной с одним из стержней, промежуток времени между моментами совпадения левых и правых концов стержней оказался равным Δt . Какова скорость одного стержня относительно другого?

1.351

2 нестабильные частицы движутся в К-системе отсчета по некоторой прямой друг за другом со скоростью $v = 0.990 c$. Расстояние между ними в этой СО $l = 120$ м. В некоторый момент обе частицы распались одновременно в СО, связанной с ними. Каков промежуток времени между моментами распада частиц наблюдался в К-системе? Какая частица распалась в К-системе позже?

1.359

2 частицы движутся навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 0.5 c$ и $v_2 = 0.75 c$ по отношению к лабораторной СО. Найти: а) скорость сближения частиц в лабораторной СО; б) их относительную скорость.

1.361

2 релятивистские частицы движутся под прямым углом друг к другу в лабораторной СО со скоростями v_1 и v_2 . Найти: а) скорость сближения частиц в лабораторной СО; б) их относительную скорость.

1.371

Найти скорость, при которой релятивистский импульс частицы в $\eta = 2$ раза превышает ее ньютоновский импульс.

1.373

Найти скорость, при которой КЭ частицы равна ее энергии покоя.

1.374

При каких значениях отношения КЭ частицы к ее энергии покоя относительная ошибка при расчете скорости частицы по классической формуле не превышает $\varepsilon = 0.01$?

1.375

Найти зависимость импульса от КЭ частицы с массой покоя m_0 . Вычислить импульс протона с КЭ 500 МэВ.

Занятие 11. Распределения Максвелла и Больцмана

2.83

Вычислить наиболее вероятную, среднюю и среднюю квадратичную скорости молекул газа, у которого при нормальном давлении плотность $d = 1$ г/л.

2.84

Найти относительное число молекул газа, скорости которых отличаются не более, чем на 1% от а) наиболее вероятной скорости; б) средней квадратичной скорости.

2.86

Для газообразного азота найти: а) температуру, при которой скоростям молекул $v_1 = 300$ м/с и $v_2 = 600$ м/с соответствуют равные значения функции распределения Максвелла $F(v)$; б) скорость v мол-л, при которой значения функции распределения Максвелла $F(v)$ равны для температуры T_0 и температуры, в n раз большей.

2.87

При какой температуре в газообразной смеси азота и кислорода наиболее вероятные скорости их молекул отличаются на 30 м/с?

2.88

Смесь водорода и гелия находится при $T = 300 \text{ К}$. Для какой скорости молекул v значения функции распределения Максвелла $F(v)$ равны для обоих газов?

2.17

ИГ с молярной массой M находится в высоком вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью основания S и высотой h . Температура газа T , его давление у нижнего основания p_0 . Найти массу газа в сосуде, если ускорение свободного падения g и температура не зависят от высоты.

2.63

В сосуде объемом $V = 5 \text{ л}$ находится азот массой $m = 1.4 \text{ г}$ при температуре $T = 1800 \text{ К}$. Найти давление газа, учитывая, что 30% молекул диссоциировано на атомы.

2.102

Найти силу, действующую на частицу в однородном поле, если концентрации этих частиц на 2 уровнях отстоящих друг от друга на расстояние $h = 3 \text{ см}$ (вдоль поля) отличаются в 2 раза при температуре $T = 280 \text{ К}$.

2.104

Пусть n_0 - отношение концентраций молекул водорода и азота около поверхности Земли, а n - это же отношение на высоте $h = 3000 \text{ м}$. Найти n/n_0 при $T = 280 \text{ К}$, если температура и ускорение свободного падения не зависят от высоты.

2.111

Потенциальная энергия молекул газа в некотором центральном поле зависит от расстояния r до центра поля как $U = ar^2$. Температура газа T , концентрация молекул в центре поля n_0 . Найти:

- число молекул, удаленных от центра поля на расстояния от r до $r + dr$;
- наиболее вероятное расстояние молекул от центра поля;
- относительное число всех молекул в слое от r до $r + dr$;
- во сколько раз изменится n_0 при уменьшении температуры в m раз.

Занятие 12. Явления переноса

2.223

Найти среднюю длину свободного пробега и среднее время столкновения между молекулами азота:

- при нормальном давлении и 295 К ;
- при 0°С и давлении 1 нПа .

2.224

Во сколько раз средняя длина свободного пробега молекул азота при нормальных условиях больше среднего расстояния между молекулами?

2.227

Кислород находится при температуре 0°С в сосуде с характерным размером $L = 10 \text{ мм}$. Найти: а) давление, ниже которого средняя длина свободного пробега $\lambda > L$; б) соответствующую концентрацию молекул и среднее расстояние между ними.

2.228

Азот находится при нормальных условиях. Найти: а) число столкновений, испытываемых в среднем каждой молекулой за 1 с ; б) число всех столкновений молекул в 1 см^3 за 1 с .

2.230

ИГ совершил процесс, в результате которого его давление возросло в n раз. Как и во сколько раз изменились длина свободного пробега λ и число столкновений каждой молекулы в единицу времени ν , если процесс: а) изохорический; б) изотермический?

2.236

В результате некоторого процесса коэффициент вязкости ИГ увеличился в $\alpha = 2$ раза, а коэффициент диффузии в $\beta = 4$ раза. Как и во сколько раз изменилось давление газа?

2.237

Как изменятся коэффициенты диффузии и вязкости ИГ, если объем газа увеличить в m раз а) изотермически; б) изобарически ?

2.241

Коэффициент теплопроводности He в 8.7 раза больше, чем у Ag (при нормальных условиях). Найти отношение эффективных диаметров атомов He и Ag.

2.253

Гелий при давлении 1 Па находится между 2 большими параллельными пластинами, отстоящими друг от друга на 5 мм. Температуры пластин 17°C и 37°C . Найти среднюю длину свободного пробега атомов He и плотность потока тепла.

Занятие 13. Уравнения состояния. ТД процессы

2.1 В сосуде объемом 30 л содержится ИГ при 0°C . Часть газа была выпущена наружу, и давление в сосуде понизилось на 0.78 атм. без изменения температуры. Найти массу выпущенного газа. Плотность этого газа при норм. условиях 1.3 г/л.

2.2 Два одинаковых баллона соединены трубкой с клапаном, который открывается при разности давлений $\Delta p \geq 1.1$ атм. Сначала в первом баллоне был вакуум, а в другом ИГ при температуре $t_1 = 27^\circ\text{C}$ и давлении $p_1 = 1$ атм. Затем оба баллона нагрели до температуры $t_2 = 27^\circ\text{C}$. Каким стало давление газа в первом баллоне?

2.5

В баллоне объемом $V=7.5$ л при температуре $T = 300$ К находится смесь ИГ: $\nu_1 = 0.1$ моля кислорода, $\nu_2 = 0.2$ моля азота и $\nu_3 = 0.3$ моля углекислого газа. Найти: а) давление смеси; б) среднюю молярную массу M , которая входит в уравнение состояния $pV = (m/M)RT$, где m – масса смеси.

2.6

В вертикальном закрытом с обоих торцов цилиндре находится легкоподвижный поршень, по обе стороны которого по 1 молю воздуха. В равновесном состоянии при температуре 300 К объем верхней части цилиндра в 4 раза больше объема нижней части. При какой температуре отношение этих объемов станет равным 3?

2.7

Поршневым воздушным насосом откачивают сосуд объемом V . За один цикл (ход поршня) насос захватывает объем w . Сколько циклов следует совершить, чтобы давление в сосуде уменьшилось в m раз? Процесс считать изотермическим, а газ идеальным.

2.10

В гладкой открытой с обоих концов вертикальной трубе, имеющей 2 разных сечения, находятся 2 поршня, соединенных нерастяжимой нитью, а между поршнями - 1 моль ИГ. Площадь сечения верхнего поршня на 10 см^2 больше, чем нижнего. Общая масса поршней 5 кг. Давление наружного воздуха 1 атм. На сколько кельвинов надо нагреть газ между поршнями, чтобы они переместились на 5 см?

2.12

Найти максимальную возможную температуру ИГ в следующих процессах:

а) $p = p_0 - aV^2$;

б) $p = p_0 \exp(-bV)$.

p_0 , a и b - положит. константы, V - объем 1 моля газа.

Занятия 14-15 1 и 2 начала ТД - 2.29, .30, 33, .37, .58, 60, .113, .118, .131, .137, .147

2.29 Газообразный водород, находившийся при нормальных условиях в закрытом сосуде объемом $V = 5$ л, охладили на 55 К. Найти приращение внутренней энергии газа и количество отданного им тепла.

2.30 Какое количество тепла необходимо сообщить азоту при его изобарическом нагреве, чтобы газ совершил работу 2 Дж ?

2.33 Вычислить показатель адиабаты (C_p/C_v) для газовой смеси из 2 молей кислорода и 3 молей углекислого газа. Газы считать идеальными.

2.37

3 моля ИГ изотермически расширили в $n = 5$ раз при температуре 273 К, а затем изохорически нагрели так, что его давление вернулось к первоначальному. За весь процесс газу передали 80 кДж тепла. Найти показатель адиабаты (C_p/C_v) этого газа.

2.58

1 моль кислорода расширили от объема 1 л до 5 л при постоянной температуре 280 К. Вычислить: а) приращение внутренней энергии газа; б) количество поглощенного тепла.

2.60

2 теплоизолированных баллона соединены между собой трубкой с краном. В одном баллоне объемом 10 л находится 2.5 моля углекислого газа, а второй объемом 100 л откачан до высокого вакуума. Кран открыли, и газ адиабатически расширился. Считая, что газ подчиняется уравнению ВДВ, найти изменение его температуры.

2.113

В каком случае КПД цикла Карно повысится больше: при увел. температуры нагревателя на некоторую величину или при уменьш. температуры холодильника на ту же величину?

2.118

Найти КПД цикла, состоящего из 2 изобар и 2 адиабат, если в пределах цикла давление изменяется в n раз. Рабочим веществом является идеальный газ с заданным показателем адиабаты γ .

2.131

Во сколько раз нужно увеличить изотермически объем 4 молей ИГ, чтобы его энтропия испытала приращение 23 Дж/К?

2.137

Процесс расширения 2 молей Ar происходит так, что давление увеличивается прямо пропорционально его объему. Найти приращение энтропии газа при увеличении его объема в 2 раза.

2.147

Рабочее вещество совершает цикл, в пределах которого абсолютная температура меняется в n раз, а сам цикл имеет вид, показанный на T-S диаграммах. Найти КПД циклов.

Занятие 16. Напряженность эл. поля

3.2

С какой силой взаимодействовали бы 2 медных шарика массой по 1 г, находясь на расстоянии 1 м, если суммарный заряд всех электронов в них отличался бы на 1 % от суммарного заряда ядер?

3.5

Тонкое проволочное кольцо радиусом r имеет эл. заряд q . В центр кольца поместили точечный заряд Q . В какую сторону и насколько изменится сила натяжения проволоки?

3.7

В вершинах квадрата диагональю $2l$ расположены точечные заряды $+q$ и $-q$, как показано на рис. Найти модуль вектора напряженности эл. поля в точке, отстоящей на расстояние x от центра квадрата и расположенной симметрично относительно вершин квадрата.

3.8

Тонкое полукольцо радиуса $R = 20$ см заряжено равномерно зарядом $q = 0.7$ нКл. Найти напряженность эл. поля в центре кривизны полукольца.

3.9

Кольцо радиуса R из тонкой проволоки имеет заряд q . Найти модуль напряженности эл. поля на оси кольца как функцию расстояния l от центра кольца. Исследовать полученную зависимость при $l \gg R$. Найти макс. значение напряженности эл. поля и соответствующее значение l . Изобразить график.

3.25

Шар радиуса R имеет положительный объемный заряд, плотность ρ которого зависит только от расстояния r до центра шара по закону $\rho = \rho_0(1 - r/R)$, где ρ_0 - постоянная. Диэлектрическая проницаемость шара и окружающей среды равна 1. Найти:

- модуль вектора напряженности эл. поля внутри и вне шара как функцию расстояния r ;
- тах значение напряженности эл. поля и соответствующее ему значение r .

3.28

Внутри шара, равномерно заряженного с объемной плотностью ρ , имеется сферическая полость. Центр полости смещен на расстояние a относительно центра шара. Найти напряженность электр. поля внутри полости, полагая диэлектрическую проницаемость равной 1.

3.29

Внутри бесконечного круглого цилиндра, равномерно заряженного с плотностью ρ , имеется тонкая цилиндрическая полость с осью, параллельной оси цилиндра. Расстояние между осями a . Диэлектрическая проницаемость равна 1. Найти напряженность эл. поля в полости.

3.47

Найти силу взаимодействия 2 мол-л воды, отстоящих друг от друга на расстояние $l = 10$ нм, если их эл. моменты ориентированы вдоль одной прямой. Момент каждой молекулы $p = 0.62 \cdot 10^{-29}$ Кл м.