1. Тема: Динамика, задача
Вал массой 100 кг и радиусом 5 см вращался с частотой 8 с-1. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой 40 Н, под действием которой вал остановился через 10 с. Определить коэффициент трения.

***Решение:*** Уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси при постоянных значениях момента силы и момента инерции имеет следующий вид $M∆t=J∆w$. Угловая скорость $w=2πn$; момент инерции диска относительно его геометрической оси равен $J=\frac{1}{2}mR^{2}$. Исходя из этих двух формул уравнение динамики можно записать так, $M∆t=\frac{1}{2}mR^{2}\*2πn$.

Момент силы F, действующей на тело, относительно оси вращения $M=F\_{тр}R$. Учитывая, что сила трения скольжения $F\_{тр}=Ff,$ момент силы равен $М=FfR$. Подставим формулу момента силы в уравнение динамики вращательного движения $FfR∆t=mR^{2}πn$.

Отсюда коэффициент трения равен $f=\frac{πmR^{2}n}{FRt}=\frac{πmn}{Ft}=\frac{3.14\*100\*5\*10^{-2}8^{-1}}{40\*10}=0.31$

***Ответ:*** *f =0.31*

1. Тема: законы сохранения, качественная задача
К маховику с моментом инерции I, вращающемуся с угловой скоростью ω1, приложили тормозную колодку. Через некоторое время угловая скорость маховика уменьшилась до значения ω2. Какая энергия выделилась за это время в виде теплоты?

***Решение:*** Определим величины кинетической энергии маховика при двух заданных значениях угловой скорости $K\_{1}=\frac{1}{2}ω\_{1}^{2}J\_{z}$ , $K\_{21}=\frac{1}{2}ω\_{2}^{2}J\_{z}$

Поскольку уменьшение кинетической энергии маховика обусловлено возникновением сил трения, то выделившееся тепло будет, в первом приближении, равно разности энергий, т.е. $∆Q=∆K=K\_{1}-K\_{2}=J\_{z}(ω\_{1}^{2}-ω\_{2}^{2})/2$

1. Тема: законы сохранения, задача
Горизонтальная платформа массой 100 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой 10 об/мин. Человек массой 60 кг стоит при этом на краю платформы. С какой частотой начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу однородным диском, а человека – точечной массой.

***Решение:*** Закон сохранения момента импульса $L\_{1}=L\_{2}$, $I\_{1}ω\_{1}=I\_{2}ω\_{2}$

  *I1 –*момент инерции платформы с человеком, стоящим на её краю,

  *I2 –*момент инерции платформы с человеком, стоящим в центре,

платформы, ϖ1 и ϖ2 – соответствующие угловые скорости.

$I\_{1}=\frac{mR^{2}}{2}+m\_{0}R^{2} $, $I\_{2}= \frac{mR^{2}}{2}$

Учитывая, что $ω=2πn$, найдём

$$n\_{2}=n\_{1}\frac{mR^{2}+2m\_{0}R^{2}}{mR^{2}}=n\_{1}\frac{m+2m\_{0}}{m}=0.167\*\frac{100+2\*60}{100}=0.367\frac{об}{с}=22об/мин$$

***Ответ:*** $n\_{2}=0.367\frac{об}{с}=22\frac{об}{мин}$

1. Тема: электромагнетизм - качественная задача
Что представляют собой магнитные линии прямого проводника с током бесконечной длины?

***Ответ:*** Магнитные линии являются замкнутыми. Картина магнитных линий прямого проводника с током представляет собой концентрические окружности, лежащие в плоскости, перпендикулярной проводнику. Так же можно сказать что они имеют формы круга/кольца во круг провода. В какую сторону линии двигаются - это уже правила буравчика. То есть если от нас (+),то будет двигаться по часовой стрелке.

1. Тема: динамика, качественная задача
На дне лифта лежит тело массой m. Чему равна сила реакции R , приложенная к телу со стороны лифта: а) при его равномерно движении вниз со скоростью ; б) при свободном падении лифта; в) при его подъеме вверх с ускорением ***a***;?

***Ответ:*** а) $\vec{R}$= mg;

 б) $\vec{R}$= 0;

 в) = - m ($\vec{g}-\vec{a}$).

1. Тема: кинематика, задача
К маховику, вращающемуся с частотой 360 мин-1, прижали тормозную колодку. С этого момента он стал вращаться равнозамедленно с ускорением 20 с-2. Сколько потребуется времени для его остановки? Через сколько оборотов он остановится?

***Решение:*** 360 мин = 6 ч Ускорение при равнозамедленном вращении $ε=\frac{ω-ω\_{1}}{t}$ , где где $ω\_{0}$ – начальная угловая скорость, ω – угловая скорость при остановке, ω = 0, t – время, и формула примет вид $ε=-\frac{ω\_{0}}{t}$ откуда $t=-\frac{ω\_{0}}{ε}$

Учитывая, что угловая скорость $ω\_{0}$ связана с частотой $n\_{0}$ вращения соотношением $ω\_{0 }=2πn\_{0}$, запишем $t=-\frac{2πn\_{0}}{ε}=\frac{2\*3.14\*6}{-20}=-\frac{471}{250}=1,88(c)$

Угол, на который повернется маховик до остановки, определим из уравнения для равнозамедленного вращательного движения: $φ=ω\_{0}t+\frac{εt^{2}}{2}$

При этом угол φ связан с количеством оборотов N соотношением $N=\frac{φ}{2π}$ и формула примет вид $N= \frac{ω\_{0}t+\frac{εt^{2}}{2}}{2π}$

Заменив $ω\_{0}$ выражением для $n\_{0}$, получим $N=\frac{2πn\_{0}t+\frac{εt^{2}}{2}}{2π}=n\_{0}t+\frac{εt^{2}}{4π}=6\*1,88+\frac{-20\*1,8^{2}}{4\*3.14}=$ 6,12

***Ответ:*** t = 1,88 с, N = 6.12об.

1. Тема: кинематика, качественная задача
Тело вращается вокруг неподвижной оси так, что угол его поворота меняется в зависимости от времени по закону ф=2, где a и b – положительные постоянные. Найти момент времени, в который тело останавливается, а также число оборотов до остановки.

***Решение:*** Производная от функции угла по времени даст нам угловую скорость:

$$ω=\frac{dФ}{dt}=2πА-2πBt$$

Согласно условию скорость обратится в ноль: $2πА-2πBt=0$

Откуда находим время , за которое скорость станет нулевой: $t=\frac{А}{B}$

Чтобы определить число оборотов подставим найденное время в заданную в условии формулу угла поворота, это даст нам общий угол поворота в радианах, а если мы поделим его на 2$π$(именно столько радиан в повороте), то найдем количество оборотов:

$$n= \frac{Ф}{2π}= \frac{2π(\frac{A^{2}}{B}- \frac{BA^{2}}{2B^{2}})}{2π}= \frac{A^{2}}{2B}$$

1. Тема: термодинамика, задача
В сосуде объемом V= 40 л находится кислород. Температура кислорода Т= 300 К. Когда часть кислорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на Δp=100 кПа. Определить массу m израсходованного кислорода, если температура газа в баллоне осталась прежней.

***Решение:*** Все единицы выражаем в СИ. V = 40л = 40 \* 1$0^{-3}м^{3}$, R =8.31 Дж/моль\*к

Уравнение Клапейрона-Менделеева: $PV=\frac{m}{μ}RT⇒m=\frac{PVμ}{RT}$;

отсюда $m\_{1}-m\_{2}=∆p\frac{Vμ}{RT}$ $∆m=\frac{40\*10^{-3}\*32\*10^{-3}\*10^{5}}{8.31\*300}=5.13\*10^{-2}≈0.051кг$

***Ответ:*** m=0.051кг.

1. Тема: электромагнетизм - задача
В однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл движется протон. Траектория его движения представляет собой винтовую линию с радиусом 10 см и шагом 60 см. Определить скорость и кинетическую энергию протона. Какую ускоряющую разность потенциалов прошел протон перед тем, как влететь в магнитное поле?

***Решение:*** Сила Лоренца сообщает электрону нормальное ускорение. По II закону Ньютона: $F=ma\_{ц}$; $F=qV\_{z}B$ ; $a\_{ц}=\frac{V\_{z}^{2}}{R}$; $qV\_{z}B=\frac{mV\_{z}^{2}}{R}$; $mV\_{z}=RqB$; $V\_{z}= \frac{RqB}{m}$

$V\_{z}=\frac{2πR}{T}$, где $T=\frac{h}{V\_{x}}=>V\_{z}=\frac{2πRV\_{x}}{h}$; $V\_{x}=\frac{V\_{z}h}{2πR}$; зная что $E\_{k}=\frac{mV^{2}}{2}$ и $V=\sqrt{V\_{z}^{2}+V\_{x}^{2}}$

$$E\_{k}=\frac{B^{2}q^{2}}{8mπ^{2}}(4π^{2}R^{2}+h^{2})$$

$$E=\frac{(2)^{2}\*(1,6\*10^{-19})^{2}}{8\*1,672\*10^{-27}\*3,14^{2}}(4\*3,14^{2}\*(0,1)^{2}+(0,6)^{2})$$

***Ответ:*** E = 580фДж

1. Тема: термодинамика, качественная задача
Какая средняя энергия приходится в состоянии термодинамического равновесия при температуре Т на одну: а)поступательную; б)вращательную; в)колебательную степень свободу в соответствии с классическим законом равнораспределения? Почему колебательная степень свободы энергетически в два раза «более емкая», чем поступательная и вращательная степени свободы?

Ответ: Статистические закономерности приводят к закону равнораспределения кинетической энергии по степеням свободы, что открывает, в частности, возможность расчета теплоемкостей газов и твердых тел. Отступления от закона равнораспределения, безусловно справедливого в рамках классической физики, объясняются проявлением квантовомеханических закономерностей. Второй член по закону равнораспределения равен & БТ. Теплоемкость газа, подчиняющегося закону равнораспределения, постоянна в широкой области температур. Закон равнораспределения является следствием из распределения Больцмана для заселенности энергетических уровней при тепловом равновесии и предположения, что рассматриваемые виды движения являются классическими. Когда виды движения квантованы, закон равнораспределения теряет силу, поэтому он неприменим ни к колебаниям молекулы, ни к вращениям небольших молекул при низких температурах. Теорема Нернста получает естественное объяснение в квантовой теории. Во-первых, снимается противоречие с законом равнораспределения, который требовал постоянства теплоемкости, по крайней мере, теплоемкости при постоянном объеме. Чем же объяснить такие закономерности, относящиеся к величинам теплоемкости двух - и многоатомных газов. Ответ на этот вопрос дает так называемый закон равнораспределения. Согласно закону распределения каждая поступательная и вращательная степень свободы молекулы дает в молярную изохорную теплоемкость вклад, равный RI2, а каждая возбужденная колебательная - вклад, равный R. При учете поступательных и вращательных степеней свободы и пренебрежении колебательными закон равнораспределения дает для молярных изохорной с0 и изобарной Ср теплоемкостей, Дж / ( моль - К): с 1 5 R; ср2 5 R - для одноатомного газа; Со 2 5 R; cp 3 5 R - для двухатомного газа; св3 R; cp4 R - для многоатомного газа. Очень логичная и глубоко обоснованная классическая теория теплоемкости, базирующаяся на законе равнораспределения, в некоторых случаях не выдерживает экспериментальной проверки. Для гармонического осциллятора, как известно из механики, средние значения кинетической и потенциальной энергии равны между собой. Следовательно, если в молекуле возбуждены гармонические колебания атомов, то по закону равнораспределения на каждую колебательную степень свободы приходится kT / 2 в виде кинетической энергии и / г772 в виде потенциальной. Для ангармоничных ( не гармонических) колебаний это неверно. Для гармонического осциллятора, как известно из механики, средние значения кинетической и потенциальной энергии равны между собой. Следовательно, если в молекуле возбуждены гармонические колебания атомов, то по закону равнораспределения на каждую колебательную степень свободы преходится kT / 2 в виде кинетической энергии и kT / 2 в виде потенциальной. Для ангармоничных ( не гармонических) колебаний это неверно. Из предположения о том, что взвесь подчиняется закону Вант-Гоффа, и из закона равнораспределения следует, что средний квадрат мгновенной скорости i 2 равен 3RT / / mN, где га - масса частицы взвеси. Модели молекул. а - одноатомной. б-двухатомной. в - трех4. Хорошее согласие теоретических и экспериментальных значений теплоемкости многоатомных газов доказывает справедливость сделанного при выполнении расчетов предположения о равном распределении энергии по степеням свободы движения. Такое распределение энергии по степеням свободы строго доказывается в моле-кулярнс-кинетической теории и называется законом равнораспределения. Эти соотношения хорошо выполняются для одноатомных газов, хуже для двухатомных и плохо для многоатомных. Теплоемкость двух - и многоатомных газов при низкой температуре меньше, чем следует из закона равнораспределения, вследствие уменьшения вклада вращательных степеней свободы. При высокой же температуре теплоемкость этих газов больше, чем следует из закона равнораспределения, вследствие термического возбуждения колебательных степеней свободы и частичной диссоциации молекул. При термодинамическом равновесии имеет место статистическое равновесие между всеми компонентами системы и всеми процессами в ней. Значения термодинамических величин близки к средним, а энергия распределена по всем степеням свободы в соответствии с законом равнораспределения. Как видно, и в этом случае теория теплоемкости не может считаться удовлетворительной. Это объясняется тем, что наша теория не в состоянии должным образом учесть энергию, связанную с внутренними движениями в молекуле, к которым закон равнораспределения не всегда применим. Вычислите полную среднюю энергию двухатомной молекулы, линейной трехатомной молекулы, изогнутой трехатомной молекулы и метана, исходя из того, что поступательное и вращательное движение является классическим, а колебательное движение квантовано и не возбуждено. Основываясь на законе равнораспределения, обсудите вклад в полную энергию и теплоемкость молекулы от метильной группы, которая при высоких температурах может свободна вращаться вокруг одной оси, а при низких температурах совершает только классические крутильные колебания вокруг этой оси.