|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***1.* Предмет механики. Механика классическая, релятивистская, квантовая: области**  **применимости. Разделы механики. Способы кинематического описания движения**  **материальной точки. Скорость и ускорение.**  **Механика** – это раздел физики, который изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение.  **Классическая механика** изучает законы движения макроскопических тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью света в вакууме. Основные законы классической механики установлены Галилео Галилеем и окончательно сформулированы Исааком Ньютоном.  **Релятивистская механика** изучает законы движения тел со скоростями, сравнимыми со скоростью света. механика основана на специальной теории относительности, сформулированной Альбертом Эйнштейном.  **Квантовая механика** описывает движение микроскопических тел (элементарных частиц, атомов и молекул), для которых законы классической механики неприменимы.  **Механика делится на три раздела:**  1) кинематику; 2) динамику; 3) статику. | | ***2*. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение. Период и частота вращения. Связь между векторами угловых и линейных кинематических величин.**  **Поступательное движение** – это движение, при котором любая прямая, жестко связанная с движущимся телом, остается параллельной своему первоначальному положению.  **Вращательное движение** – это движение, при котором все точки тела движутся по окружностям, центры которых лежат на одной и той же прямой, называемой осью вращения. При вращательном движении скорости и ускорения различных точек тела неодинаковы. Поэтому в качестве общих кинематических характеристик движения тела при вращении вводятся угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение тела.  **Угловой скоростью** тела называется вектор, численно равный первой производной по времени от угла поворота тела по времени и направленный вдоль оси вращения по правилу правого винта.  https://lh3.googleusercontent.com/BcMJByKyrntCFnJsgE4Vc3V_6ZojmH7glvEc_EbEjN8nHSVwkP-Y6bXfHi3dpdpwfgG91Xd6CNnf9wUk5KiOAsnlyJ_G1dT8ZjMB28eR4Z0tnlbGoYl670S9s-O1Z0jbXMTC-77f | | **3. Классификация видов движения материальной точки. Классификация**  **вращательных движении твердого тела.**  Различают: а) *Прямолинейное движение*. При прямолинейном движении центростремительная составляющая ускорения равна нуль (ац=0); б) *Криволинейное движение,* ац отлично от нуля! ац=v2/R, где R -радиус кривизны траектории. **ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ:** 1) *Равномерное вращение* – угловая скорость остается постоянной. W=const.Ускорение равно нулю. Епсилон=0; 2) Равнопеременное вращение  Епсилон= /t=const если угловые скорости w и ускорение епсилон одного знака, то тело вращается ускоренно, а если разного- замедленно. | | **4. Сила. Масса. Импульс. Законы движения Ньютона. Инерциальные системы**  **отсчета.**  **Масса –**  это физическая величина, являющаяся мерой инерционных и гравитационных свойств тела. Масса – величина аддитивная, т. е. масса тела равна сумме масс всех частей этого тела.  **Импульс тела (или количество движения) –** это векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость: p=m\*υ. Единица измерения импульса в СИ – кг \* м/с .  **Сила –** это векторная физическая величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел или полей,  в результате которого тело деформируется или приобретает ускорение.  **Первый закон Ньютона** (закон инерции): существуют системы отсчета, называемые инерциальными, относительно которых поступательно движущиеся тела сохраняют свою скорость постоянной (или покоятся), если на них не действуют другие тела или их действие скомпенсировано.  Система отсчета, в которой выполняется первый закон Ньютона, называется инерциальной. | | **5. Преобразование Галилея. Классический закон сложения скоростей. Принцип относительности в классической механике.**  При изложении механики предполагалось, что все скорости движения тел значительно меньше скорости света. Причина этого в том, что механика Ньютона (называемая также классической) неверна, при скоростях движения тел, близких к скорости света (v→c). Правильная теория для этого случая называется релятивистской механикой или специальной теорией относительности. Механика Ньютона оказалась замечательным приближением к релятивистской механике, справедливым в области  v << c.     Большинство встречающихся в повседневной жизни скоростей значительно меньше скорости света. Но существуют явления, где это не так (ядерная физика, электромагнетизм, фотоэффект, астрономия и т.д.).     Согласно представлениям классической механики, механические явления происходят одинаково в двух системах отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга.     Рассмотрим две инерциальные системы отсчета k и k'. Система k' движется относительно k со скоростью  v = const вдоль оси x. Точка М движется в двух системах отсчета (р. 8.1).  https://lh3.googleusercontent.com/Ghz1WggRE2fBQ8sWRkw0lQaoSorkRqjXO16NVsBlIopzNpqy9RnILLIZdm8s5mtdB2p_x_zrOajhDKAj8rSZSLip2hjXYQzvGd6gqFKYsh1elz3Stpqh1Ds-695byfGBRHLNBDlL  Рис. 8.1 | | 5,2   Выражение (8.1.3) определяет закон сложения скоростей в классической механике. Из него следует, что скорость движения точки М (сигнала) https://lh4.googleusercontent.com/zu7sxjYXAmOLgefSKb6Ye68TLEcTgMVgqDlRPUy2EG9MhJ3Ld2R_f_WAken-IDwqKe3Wi3SLdakhHW10PDOtiaqhgk50tgKHh0CoBtXb3RXsLtq5gPTBXq6h6Vp6XDpTzb0NSKjx в системе k' и https://lh3.googleusercontent.com/Sy9TG96vmotuIwX2d_Hm465WXEyRRTUQBVDMpQWdTQVjxVFvnWQ04_fdzEa2_w9TI1Bo8LDu99YIYe5lpoyKoNnjjXvNl6Oo-bBwiGgSGDh6qGJxDqgmQ3qkwIel0Qghvmcjb9pr в системе k различна.         Законы природы, определяющие изменение состояния движения механических систем, не зависят от того, к какой из двух инерциальных систем отсчета они относятся. Это и есть принцип относительности Галилея.  Рассмотрим две произвольные инерциальные системы отсчета. Это означает, что системы либо покоятся относительно друг друга, либо движутся по отношению друг к другу равномерно и прямолинейно со скоростью V. Говорят, что время и координаты в этих системах отсчета связаны соотношением Галилея:  r1 = r – (r0 + v0t); t1 = t.  Здесь r1 и r – радиус-векторы материальной точки в первой и второй системах отсчета, r0 проведен из начала первой системы отсчета в начало второй системы в начальный момент движения. Второе условие означает, что время течет во всех инерциальных системах одинаково.  Преобразование Галилея является обобщением экспериментальных данных и хорошо выполняется при умеренных скоростях.  Если продифференцировать первое из соотношений по времени, то окажется, что V1 = V + V0.  Скорость V0 получила название переносной, она указывает, как изменяется скорость при переходе из первой инерциальной системы отсчета во вторую.  Повторное дифференцирование по времени дает соотношение  https://lh3.googleusercontent.com/aOUEhRuh6RPkRqPnXvzM0aNz2WgTftmYVtK1b4q2X4nAdA2QSEoY9_5XwdLg4BvKDfjvIBeEixzTAZn1GNcXc4-5a5r_N2vd1DB_q9VMs4G2WXYrUoUkFsL5mzKrIJHhLY4R09Dk. | |
| ***6. Механическая система. Закон изменения импульса механической системы. Закон***  ***сохранения импульса. Центр масс механической системы. Теорема о движении центра масс.***  Совокупность материальных точек, выделенная для решения некоторой задачи, называется **механической системой.** Силы взаимодействия между материальными точками механической системы называются **внутренними**. Силы, с которыми на материальные точки системы действуют внешние тела, называются **внешними**. Механическая система тел, на которую не действуют внешние силы, называется **замкнутой**.  https://lh5.googleusercontent.com/QH4pAAIJ7-KP0mooTcchWCIFManJnIwLXg-Fz9oe08jFoTcSNrExvxPkQp7EgKEIoL8nStTVMEcf1k8HA0WRU-eDKBZFWtxGufUaOu0e7IL24mq-44EYb_Eel3rLcDCFIfjXXc2b – **импульс механической системы**, который представляет собой векторную сумму импульсов всех материальных точек механической системы.  Это уравнение иногда называют **теоремой об изменении импульса механической системы** и формулируют следующим образом: скорость изменения импульса механической системы равна векторной сумме внешних сил, действующих на систему. | | 6,2 Центр масс – это геометрическая точка, для которой сумма произведений масс материальных точек, образующих механическую систему, на их радиус-векторы, проведенные из этой точки, равна нулю.  https://lh3.googleusercontent.com/ehVgQfHNA5w1LhyNQ84cAjIc3z_WA2XpoMObau9b-XkR7vI2p2Lxcnlq3b5V-sUj1__gpug3tTz5E2OFEdrlogHHCfFKR02mSb5AL54xbV28eqzlWkDmAjsc472jaMcmDRGukZ7b  Это выражение представляет собой **закон движения центра масс**: центр масс системы движется как материальная точка, в которой сосредоточена масса всей системы, и на которую действует сила, равная векторной сумме всех внешних сил, приложенных к системе  Из закона движения центра масс следует, что скорость центра масс замкнутой механической системы не изменяется с течением времени. Иными словами, центр масс замкнутой механической системы либо покоится, либо движется с постоянной скоростью относительно инерциальной системы отсчета.  **Импульс механической системы** равен произведению массы системы на скорость ее центра масс. | | ***7. Работа силы. Мощность силы. Работа силы при поступательном перемещении и вращении твердого тела. Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии. Кинетическая энергия твердого тела при его поступательном и вращательном движении.***  **Работой постоянной силы** на прямолинейном участке пути называется физическая величина, равная скалярному произведению вектора силы F  на вектор перемещения s :  ***https://lh5.googleusercontent.com/YEgMQG-HYcBISar9bE4gz-aw1jJweyo3n9nvNahxSqEyQTjBKJcyOq_Pyop105bbmQ-bua7eNyBMjbq9WD5pwBjaADz_WGMfXghYn5lV0P7hER2fUQWWu-sMrlbvMql9l0natphj***  В случае переменной силы, действующей на криволинейном участке траектории, введем понятие **элементарной работы** δA. Элементарной работой δA силы F  на элементарном участке пути ds называется скалярное произведение силы F  на вектор перемещения dr :  https://lh5.googleusercontent.com/s7apXXCbLRrj6DTqLWIrlal6v5CMkBe55cgl6IyGWHeTzPmk7JPLSPZKn3-pzTsASDYJSPI4aGbgjzITgMfQ--arF1WI-jG1XyY996YIt08P3cui8NZ-gRv2bc4LGdGnqcCh-eys  де Fτ = Fcosα – проекция вектора F  на касательн, к траектори.  Если угол α < 90°, то работа силы F положительна, тогда сила называется движущей. Если α > 90°, то работа силы F  отрицательна, сила препятствует движению. Если α = 90°, то работа силы F равна нулю.  Чтобы охарактеризовать скорость совершения работы, введем понятие мощности. **Мощностью** называется отношение элементарной работы δA, совершаемой силой F  за малый промежуток времени dt, к величине этого промежутка: | | **7,2**  ***https://lh5.googleusercontent.com/IDZCzINhcmyYCAFgqds9oIZvut-mEbDJ1H16Fqyp1RGp631-TXVYO0s3R7EvqegUtwiXZefuzEbWrrjG9CImKwcmeWHLHJC8Vin4uvenUnkoeBJECY-o_zkxX3NCZUMAIru9XUsr***  **Кинетическая энергия механической системы** – это энергия механического движения этой системы, зависящая от скоростей материальных точек системы и не зависящая от их расположения в пространстве.  Кинетическая энергия механической системы равна сумме кинетических энергий всех материальных точек этой системы  **Кинетическая энергия материальной точки**:  https://lh5.googleusercontent.com/CUrD8EKO62ap7YJdwB_aZ39RvRcilmNBbRjxulXqOjKXsl4kiPDR_0eJ9wCwqMGWD1al8vvtwJtOhsjlGEANlrftt_JBFX_8WVS9KG5x9fYsY_2srczIa0UFOP-1tzk5KJJzrnhz  Если материальная точка совершает перемещение вдоль конечного участка траектории из точки с дуговой координатой s1 в точку с дуговой координатой s2, то работа силы А12 на этом участке с учетом равенства (5.1) будет следующей:  https://lh3.googleusercontent.com/8UTOy_HMGz_Aswl-tAHn6yYPXClKOzzPW6mbDbAJFneJaild08QwyYJ0jpyaMgFdxkCiV3i_Nw9K1s_Sj1U2FjTeoe4D4Nc20MAb3kj81jjVtaW7obobAQYu41CFScSe0o0wXu_d | | ***8. Вида силовых взаимодействий. Потенциальная энергия. Консервативные и*** ***диссипативные силы. Полная механическая энергия. Закон сохранения механической*** ***энергии.***  Многообразие сил сводится к четырем фундаментальным взаимодействиям – сильному, слабому, электромагнитному и гравитационному. Они определяют характер взаимодействия между различными элементарными частицами, из которых построены все объекты окружающего нас материального мира.  **https://lh5.googleusercontent.com/SQN_byqe1TECq0qlLewxxJuTcEachqVifQi8V-pmJpcZizI22LcjyvCinnW0mT9b3zIqqqFlx8mrd8B9ccdKqW2s2uMUSTPwCnUeyDnSrAg-O-x7q9V40LmUin-bQxaUp_7tNGub**  Сила, действующая на материальную точку, называется **консервативной** (или потенциальной), если работа этой силы зависит лишь от начального и конечного положений точки и не зависит от вида траектории, по которой эта точка двигалась. Из независимости работы консервативных сил от вида траектории вытекает, что работа таких сил на замкнутом пути равна нулю: | | ***9. Момент силы. Момент импульса материальной точки и системы материальных*** ***точек. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса.***  **Моментом силы относительно неподвижной точки О** называется векторное произведение радиуса-вектора r , проведенного из точки О в точку приложения силы, на вектор силы F. Момент силы характеризует способность силы вызывать вращение тела относительно точки O. Единицей измерения момента силы в международной системе единиц СИ является ньютон на метр (обозначается Н ⋅ м).  https://lh6.googleusercontent.com/iu71pQYlAkeiMC5svuqDK4S-RgGbqXMHcYVVSP3rsREsLGhhMGon2KkeeuSGUtbuYEKqJgEhndMotqSF9898vq7mA0Z5tClBSwbLSkXSS_cjS4bXulTVXbCQmOXqUnFKH1g_9vRb  Вектор момента силы M  направлен перпендикулярно плоскости векторов r  и F по правилу правого винта.  Модуль момента силы определяется выражением  https://lh4.googleusercontent.com/f5pg6ybFR0IcxxxBqVkkt6XOf8wDksxcJBsuWN_RMl4q57jjKtpbdoo58HiG7weu7Qj-A3he0bMp4FpBwxiA_qzdyDPjJv4hFbrLuqpwEPQ6nm2xd8uPF15PXByyIztxr2eLbjFl rsina – плечо силы  Плечом силы называется длина перпендикуляра, опущенного из точки О на линию действия силы F.  **Моментом импульса материальной точки** относительно неподвижной точки О называется векторное произведение радиуса-вектора r  материальной точки, проведенного из точки О, на импульс этой материальной точки p :  Вектор момента импульса L  направлен перпендикулярно каждому из перемножаемых векторов r  и p в соответствии с правилом правого винта. Единицей измерения является кг · м2/с. | |
| ***10. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела*** ***относительно неподвижной оси. Момент силы. Момент импульса твердого тела. Момент инерции мат точки, системы материальных точек и тела. Сопоставление закономерностей поступательного и вращательного движений.***  ***https://lh5.googleusercontent.com/4ZYh598H3mXnZqS9gkyyUyVBst5KXyC2rjEni4wMZrS6NFaTfAsQpR4MJzngfhIb-swd-7tRneK-0w3MHqkkvRYXPAguFzEX0QRhkOKG0fOn3RCtrLBMgjIOjRlfr0TvU2iWczpR*Уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси.**  По своему физическому смыслу это уравнение аналогично второму закону Ньютона для движения материальной точки. При этом можно заметить соответствие между линейным a  и угловым ε ускорениями, между силой F и проекцией момента силы Mz и между массой m и моментом инерции Iz. Отсюда следует важный вывод, что момент инерции тела относительно оси является мерой инертности тела при вращательном движении подобно тому, как масса является мерой инертности тела при поступательном движении.  **Момент силы F относительно оси z** равен моменту ее перпендикулярной к оси составляющей F⊥  относительно точки О, находящейся на оси z  https://lh5.googleusercontent.com/dW4E3nO8rEoQAtSPZf06BaMBW6oM1LY-KkWCx3Yg1PNNCkHnP1Qu3voKkb_11bGzPGdIQfLH3SvtZMCZWFGmok0SyEs0GW-9hCGAAUgy2SXTMaHL-N4JESjbJIYAWeQTUhKnssXI | | 10,2  https://lh5.googleusercontent.com/Wm0sT3WpFhUfZ1tI0Ax3VL2Mvmj2vXBlbQuKPHKjx5tKVfLEKf3dGAfHO0xKEQhtBQ0GLSFb-vCM1sjdRpV5XXlAlPATENgYBEal-KJ0BCIvYt-bUumAUr6tAyzX84iwguGSkt0y  Чем больший момент инерции относительно некоторой оси имеет тело, тем труднее раскрутить это тело относительно данной оси.  **Моментом инерции материальной точки** относительно оси называется величина, равная произведению массы точки на квадрат расстояния до рассматриваемой оси:  I = m\*r2 | | ***11. Моменты инерции твердых тел. Аддитивность момента инерции. Теорема*** ***Штейнера. Применение свойства аддитивности и теоремы Штейнера для расчета*** ***моментов инерции твердых тел.***  **Моментом инерции** твердого тела относительно данной оси называется физическая величина, являющаяся мерой инертности тела во вращательном движении вокруг этой оси и равная сумме произведений масс всех частиц тела на квадраты их расстояний от той же оси:  https://lh3.googleusercontent.com/x4193XO2axj9U_zEnIWG0BN_z7sTBIGhyvqeO_UzR4gnyqJwQGrUGlRWAhBJRWUxuhZW1Wo_vR6J7JdWFq8ntgCoGZ_WwH8wkz-Ls-HEvQg3pUih7QGSos5llszLBh8F23urIUMk  Момент инерции зависит только от формы тела и расположения масс относительно оси.  Единица измерения момента инерции в СИ – [I] = 1 кг · м2  **Теорема Штейнера:** момент инерции тела Iz относительно произвольной оси равен сумме момента инерции Icz относительно оси, параллельной данной и проходящей через центр масс тела, и произведения массы тела m на квадрат расстояния d между осями:  https://lh4.googleusercontent.com/jhtnHDGIScpmCgdo_h6ArS9yxCEOwE5LQy1nmY17cst6i1Husl364ozvbm_bmoeJb1Bd5EI6BddWgXyaIss9-pNLsbCbASsnpQCucVboxj7P796Y3oMhgQZg9Xuqqovr8OPREceK  **Правило аддитивности:** момент инерции системы относительно некоторой оси вращения равен сумме моментов инерции всех частей системы относительно этой оси:  https://lh4.googleusercontent.com/f4CFd-5x-ve251DmvjIx3gxQYxxvxA8oLjjxZFUN_JErnrw_FarZs1Q8IL3d-RU6By2FavirxslQbTYoe04fIeZXc8AY5-aesj1LP5V1epLnGbxdDuCDhZyu8hq-ysgz85fEXlzg | | ***12.* Механические колебания и их характеристики. Уравнение гармонических**  **колебаний. Скорость, ускорение и энергия точки при гармонических колебаниях.**  Колебательным движением (механическими колебаниями) называется движение тела, характеризующееся той или иной степенью повторяемости во времени. Примерами колебательного движения являются колебания маятников, струн, частей машин и механизмов, зданий, мостов и других сооружений, качка корабля, волнение моря, деформации тел при распространении звука.  Свободными (собственными) называются колебания, происходящие в отсутствие переменных внешних воздействий на колебательную систему и возникающие вследствие какого-либо начального отклонения этой системы от состояния устойчивого равновесия. Вынужденными называются колебания, которые возникают в какой-либо системе под влиянием переменного внешнего воздействия.  Колебания называются периодическими, если значения всех физических величин, характеризующих колебательную систему, повторяются через равные промежутки времени. Наименьший промежуток времени T, через который повторяется значение колеблющейся величины, называется периодом колебаний.  За время равное периоду колебаний колебательная система совершает одно полное колебание. Частотой колебаний называется величина ν = 1 / T, равная числу полных колебаний, совершаемых за единицу времени.  Простейшим типом периодических колебаний, являются гармонические колебания – колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется по закону синуса или косинуса. | | 12,2 При этом сдвиг по фазе между колебаниями кинетической и потенциальной энергий составляет π, так что полная механическая энергия колеблющейся точки не изменяется с течением времени:    На рис. 8.1, г показаны графики зависимостей кинетической К, потенциальной П и полной механической энергии E от времени t для случая φ0 = 0. | | ***13. Пружинный, физический и математический маятники. Дифференциальное*** ***уравнение свободных гармонических колебаний.***  **Пружинный маятник** – это материальная точка массой m, подвешенная (или расположенная горизонтально) на абсолютно упругой пружине жесткостью k и совершающая гармонические колебания под действием упругой силы.  **Частота:**  https://lh4.googleusercontent.com/DTrroIK013BN_q6wU32ASfRkGjvBdXQfNXvVVSe7ezNlyi9fqAb-3Vedcbi8xystH8UI0YtG8yQ7vFxhjOUoLEuZe856klKrfK4uFeQsroDfdJme9mMjTWt3hWYtvVuiqnDLWSBx  **Период колебаний:**  https://lh3.googleusercontent.com/dXnookxCKwSlwciKBxzxUN3mEFdMRphzX7F7pyFieNATIv_xnvEjFmuZ_zm3XTwN1X1KNSoGPrGi8dZhR8ktXIFHpqGpVNjmrtzT4sXOWhXhRxsl9hg0IWKrNEceIFDtir7tW4zd**Математический маятник** – это идеализированная система, состоящая из невесомой и нерастяжимой нити, на которой подвешена материальная точка массой m. Отклонение маятника от положения равновесия будем характеризовать углом ϕ, образованным нитью  с вертикалью.  https://lh3.googleusercontent.com/EDdwH9K_BzMagqX3M-Ky4IhQYDxo1aHjWZG2397OUedj_YDVBs0XBpfKZ-WIG_LnuoxMEATbiNUy8Ue99IOX2aoT-1XkRpZub-jWGDimze-4vB19lnGKxY_ueSzPgCdvl4w4mNoFПри отклонении маятника от положения равновесия возникает вращательный момент M  силы тяжести, равный по величине *m\*g\*l\*sinϕ*. Он имеет такое направление, что стремится вернуть маятник в положение равновесия. Следовательно, выражение для вращательного момента имеет вид *M = –m\*g\*l\*sinϕ*. Применим основное уравнение динамики вращательного движения    https://lh4.googleusercontent.com/FqiEMqCquknybpX_WYVYFjxYlwBMnX9Ovodj7nPvND7ExSxp2GmSZQDymgnylAsTFHvT2Tilg5-X_ABA4JKhi0EbqONC54zU_oRtajRYTODFWAOpzskHtq1nDrpkdHf-iWXbgIh1 | |
| Это замечательное соотношение. Оно показывает (при учете Второго закона Ньютона и предположения о постоянстве массы), что силы, действующие в различных инерциальных системах одинаковы. Говорят, что уравнения движения систем материальных точек в инерциальных системах отсчета инвариантны по отношению к преобразованию Галилея.  В неинерциальных системах, движущихся по отношению друг к другу с ускорением (например, вращающихся) картина намного сложнее. Возникают дополнительные ускорения, вызванные, как говорят, силами инерции. С простейшими случаями проявления таких сил мы хорошо знакомы. Вспомните, как ведет себя ваше тело в автобусе, когда он начинает тормозить или разгоняться.  Обобщение механического принципа относительности было сделано А. Эйнштейном в рамках теории относительности. | https://lh4.googleusercontent.com/UOYAhELDQEclQ0O4Et6Ung3U_TDVrWw2AM1mYSMvRlCfODm5T0Jn5WeXCf8EefH1a21JewHGFCdI5a-Mv53zYbsfw0t-WXEEFsxojHk9lwbTIurC4VYkfFTV-5mHude1YbKBHco-   Найдем связь между координатами точки M в обеих системах отсчета. Отсчет начнем, когда начала координат систем совпадают, то есть t = t'. Тогда:  (8.1.1)  Совокупность уравнений(8.1.1) называется **преобразованиями Галилея**.     В уравнениях (8.1.1) время  t = t', т.е. в классической механике предполагалось, что время  течет одинаково в обеих системах отсчета независимо от скорости. («Существует абсолютное время, которое течет всегда одинаково и равномерно», – говорил Ньютон). В векторной форме преобразования Галилея можно записать так: https://lh3.googleusercontent.com/95c4ZkB7-tj4Fp-ab5ifAPRRCqPjsLV62A3ojB0HSDl6tzVMHJm4dJIbFgw4gueHHqwXkhXmu6hyYRu7Fsp2-t2_NpvZiP-2teU4Pm1pT5T1FdofXC7ZL1BMkzgDdCRmbJZmZyKz    Продифференцируем это выражение по времени, получим (рис. 8.2):   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  | https://lh5.googleusercontent.com/dU0IXlTzLMk9EZURuyFhdEAIVZ-aZFA_pYsQJDJuB3WiuknaYajQXiG9h2pbur5vHxrk9ZgphAS4UHvGAorJ1J_PD0FLzw-vmixrBNp23VClD6clipXNBGWl9ts4Z5gM9pWkP4v4https://lh6.googleusercontent.com/2HT4txAaMA56mIWesXkibAsD172U7jj7O5mW232JyhwkuQRVqYErbW7o9i018eTP7DRUM5MgZ6bLP3ruDJVt1O7LpRXs7Fxgi-d6z21Kh9RV0pnFARKWnOWQkeQdXDMiBwrgQstC     или        . https://lh3.googleusercontent.com/2WwRVVy_uDCJ3FZA966FFSHEQP3ulmEaU5KkaIAC-w3YsQlVhdiDO3WxZ__KhMoOz24f2fzCRo4sszISxRZoiuLsQhgBRs26i6kjS-2iw5BfXrDyXmvcd-7Dkzdx7mj4ZMjuin-1 |  |  |   Рис. 8.2 | | **Второй закон Ньютона:** ускорение тела прямо пропорционально результирующей сил, приложенных к нему, и обратно пропорционально его массе (m = const):  https://lh4.googleusercontent.com/5DAZ_Y3wZJA-EVjidh9fmrvnBUhf-8Cd_FA2zvFMBs2hdLe7BZdiPfWsw10F-UK11touvzhW3v4EePb_S0Ce_lh7sJ7oS092VCc_-Hq9hG-suLFVGuiqN9N-YqkvTsUWKujvAO5-**Третий закон Ньютона:** силы, с которыми два тела действуют друг на друга, имеют одну и ту же природу, равны по модулю, противоположны по направлению и направлены вдоль одной прямой:  https://lh4.googleusercontent.com/wbfcswHm2nfrOy5p5oWAdVR-hyWtTCsnpCMb69phwLVv62cPg8ePZSB6CBxD_xTUJqJZVcALB4zdv-9WQUXqbzysxs4yPW7-3NSGls5C5qDoUhoLXXj9p4nc1TXkF54DeBFU-rNJ  **Инерциальные системы отсчета.** | |  | | https://lh4.googleusercontent.com/u_GR_0EYZB0S05kPDH_muenZcaACBzXvzpWinZFpe47O6GNtHHUZ6jL05YISMmEekrLfWMhSmmCXE4FB0KBEc00KcgTiFs6BKhSNueSaDheUn5V5qp5FyOky5e4Ndw0LYvGicStP**Угловым ускорением** называется вектор, численно равный первой производной угловой скорости по времени  **Период вращения** – это время, за которое тело совершает один полный оборот, т. е. поворачивается на угол ϕ = 2π и на основании выражения  **Частота вращения** – это число полных оборотов, которое делает тело при равномерном вращении, за единицу времени:  https://lh5.googleusercontent.com/WOn-0kd_KhljngEq8KadcG2Ly1Rd80eTsDb6KPYwZQGueNa4vuYDFZEYdhfcyyUvFKtVrhNr1r0PeO3yODJ1P8SRRfm4XaMn3xTUUhx0ZJhvdhTR8kDet2nXN9xukHo2Ix3rIYQcсвязь между линейными (длина пути s, пройденного точкой по дуге окружности радиусом R, линейная скорость v, тангенциальное ускорение ат , нормальное ускорение ап ) и угловыми величинами (угол поворота ф, угловая скорость ы, угловое ускорение Е) выражается следующими формулами:  Новый точечный рисунок | | Кинематика изучает движение тел, не рассматривая причины, вызывающие и изменяющее это движение. Динамика изучает законы движения тел во взаимосвязи с причинами, которые вызывают и изменяют это движение. Статика изучает законы равновесия системы тел.  **Материальная точка** – это материальное тело, размерами которого в данной задаче можно пренебречь.  Наиболее распространенными способами кинематического описания движения материальной точки являются: 1) векторный; 2) координатный; 3) естественный.  **Ско́рость** — векторная физическая величина, характеризующая быстроту перемещения и направление движения материальной точки относительно выбранной системы отсчёта;  Быстрота изменения скорости со временем характеризуется **ускорением.** | |
| **Моментом импульса механической системы** относительно неподвижной точки О называется вектор, равный векторной сумме моментов импульса всех материальных точек системы относительно той же точки О  **Уравнение моментов для материальной точки** или теорема об изменении момента импульса материальной точки.  https://lh6.googleusercontent.com/u3WQmIoY8KUdn1rn9hlPDSGDoSROQxlQ55gXbsfJkuqLIhXLLEmHycLeN8W75zOogd2yFysmOK8lAZUSUlstH2zhhxmTL_BjDRtqoE7iGg0oN-4bxLQGq6tlbfG-47-XMCiBkZFP  **Теорема об изменении момента импульса механической системы:** производная по времени от момента импульса механической системы равна векторной сумме моментов внешних сил, действующих на систему (то же, что и  уравнение моментов для механической системы).  **Закон сохранения момента импульса:** момент импульса механической системы не изменяется с течением времени, если суммарный момент внешних сил, действующих на систему, равен нулю.  Этот закон выполняется в том числе и для замкнутых механических систем, тогда он формулируется следующим образом: момент импульса замкнутой механической системы не изменяется с течением времени. | https://lh4.googleusercontent.com/E7YTHqS9VnSMA0O23TUo5AibAwoBLtDlYBaD_o6lxiH1x7shTLV-YywS3gIcJUfMtwM5HRK9fgCCHLG3Gr-v3bsn5ENhmehCa6z6GEqqoCJLqyTJUrheG22Q3UbAAZ7EPi1Z2Ftv  В этой формуле кружок на знаке интеграла показывает, что интегрирование производится по замкнутому контуру L. Такой интеграл называется циркуляцией.  Типичными примерами консервативных сил являются силы тяготения, силы упругости и силы электростатического взаимодействия.  Работа, совершаемая консервативными силами при перемещении материальных точек системы, определяется только их начальным и конечным расположением в пространстве.  Типичным примером неконсервативных сил являются **диссипативные силы**, к которым относятся сила трения скольжения, качения и сила сопротивления движению тел в жидкостях и газах. Работа этих сил всегда отрицательна, что приводит к уменьшению механической энергии замкнутой системы.  **Потенциальная энергия** – это часть общей механической энергии системы, зависящая от расположения материальных точек системы в пространстве и определяемая взаимодействием материальных точек системы между собой и с внешними силовыми полями. Понятие потенциальной энергии имеет смысл лишь только в том случае, когда на материальные точки системы действуют консервативные силы. Потенциальная энергия материальной точки изменяется в результате перемещения этой точки в пространстве.  Величина равная сумме кинетической и потенциальной энергий механической системы называется **полной механической энергией.**  **Закон сохранения механической энергии:** механическая энергия консервативной системы не изменяется с течением времени. | | где К1 и К2 – начальная и конечная кинетическая энергия материальной точки. Равенство (5.4) выражает теорему об изменении кинетической энергии материальной точки.  Если твердое тело движется поступательно, то скорости всех его материальных точек одинаковы и равны скорости движения центра масс тела. Тогда выражение для **кинетической энергии поступательного движения твердого тела** будет иметь следующий вид:  https://lh6.googleusercontent.com/CfDqQa8lEY3UInPIStLdVi6PNAnDMg4LbQLwDVVJFbmVA_njfQq_0cMibMwWF3eOraXdzKR4xsLrRNUKSBXTrHkya6I6v_du80OFxxr78aLLDhc2yLcTaHR8j4eBO3hxH4UPkS6u  https://lh4.googleusercontent.com/HyMbayjTkbmHaCQu3zd2f40bHstzxo1RJyjkKbq82cXlaHK5IrwYzvgaRodyGahMAE_LLTGd5F98lWdbULYSXPjG8BfskW1P_JNZWrv_R7UKN8r4sRd4ka_RmnEllBddfjgohha1  w - угловая скорость, Iz - момент инерции твердого тела относительно оси z | | ***https://lh3.googleusercontent.com/g2vLprsokCQeqaFh-bgMpnrRLxwt1txr3MiJVaJuFixSpMPIl0HvQaTwNRZKgTS8RujAa65ms_62HXWxTZo3sQsHHYvkGVmo-WAVOev_9B-KGauH5pNBqFo5-rI6JaWYcvVCmBj6***  За время dt сила F  , действующая на материальную точку, совершает работу Fdr. Тогда мощность, развиваемая этой силой, определяется следующим выражением:  ***https://lh3.googleusercontent.com/iajSeqIIQUGOlolFcQvC0w9Mj1j4GecQiVfPbFd7_4Pjv0ahasVKQ8RfKyaSiqFRWWExZoyDQFqlSETvhq9ZaqJxuAf6wi9m5fDnOij73BckjUuCQtidu1xqr27GKd0IIbv36FQi***  ***https://lh6.googleusercontent.com/s2htmXftfJWcFcOQORREWfP5nYXC-auRASZoAUu3w99ua34tpspPVkLp-jwlOkDzInKhLI5M9Gw8T4OOs3nPw7iU_zNdwmWnEPUWrRTzR56b455NXt139HOKpubPjieMLjdganok*** | |  | | **Закон сохранения импульса**: импульс механической системы не изменяется с течением времени, если векторная сумма внешних сил, действующих на систему, равна нулю:  Этот закон выполняется в том числе и для замкнутых механических систем, тогда он формулируется следующим образом: импульс замкнутой механической системы не изменяется с течением времени.  Закон сохранения импульса справедлив не только в рамках классической механики, он носит универсальный характер и выполняется в релятивистской и квантовой механике.  **Центром масс** системы материальных точек называется воображаемая точка С, положение которой характеризует распределение массы этой системы, и радиус-вектор которой определяется выражением  https://lh6.googleusercontent.com/7LgY8H9PA67Cs15dqUxS_GiJiilFo0l12cgGIFJyvSXBUJC7PsAWr69u4GhifsVx-RX7o8boGVxq6dVdWIrVYOIhDRr87rW2n6go2cpYGfl2BAsv-AbzEpvROK93iHYyvwwHgPsM, где mi и ri  – соответственно масса и радиус-вектор i-й материальной точки; n – число материальных точек в системе; m – суммарная масса системы. | |
| **Физический маятник** – это твердое тело, совершающее под действием силы тяжести колебания вокруг неподвижной оси, проходящей через точку, не совпадающую с центром масс тела (рис. 5.4). При отклонении маятника  от положения равновесия на угол ϕ возникает вращательный момент, стремящийся вернуть маятник в положение равновесия. Этот момент равен *M = –mglsinϕ*.  Согласно основному уравнению динамики вращательного движения получаем  https://lh5.googleusercontent.com/yJojNKafNSSscGJ2k9Qg8wnDNfd9bkfNe1UoLOSUlNzGfi0tjlJ79JNJri5UKtEFVZ5xxFv7nMOwOsBbl_S3Fgp-gs9Yo6EB66105s8q0B-OnEHGbApY_xYp2RfKDB17YLP-NDLq  ***https://lh6.googleusercontent.com/QnPYr-tXQz5GpX8hXR67fwUaOSjjiRDqG--Gt2ggBC3eQA-OCgtL4yv26AgUbmZEAsFeEVBCB_1uV0Yb0S2e3LYaqUfIbTnvJNHte-Qrx9Q-paTR7N7U2cvGZ6JkNB6Bn2qeYHM_***  Величина *Iпр*называется приведенной длиной физического маятника – это длина такого математического маятника, период колебаний которого совпадает с периодом данного физического маятника.  Точка на прямой, соединяющей точку подвеса с центром масс и лежащая на расстоянии приведенной длины от оси вращения, называется центром качания физического маятника. Точка подвеса и центр качания обладают свойством взаимности: при переносе точки подвеса в центр качания прежняя точка подвеса становится новым центром качания.  ***https://lh4.googleusercontent.com/7T73IEQK-edMEy1UgkbhNkDjivuQ9xHaTvqXinXtiqQyxDZBvoQiA7i8hPUAEieaOypoUa2wn9umvOSszZuyggzvv83gxSiETmOZuoSgYNnurSalOZnxYZm6ZQx0lZE5Q_mfOVQwДифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний:*** |  | | Гармонические колебания величины s описываются следующим уравнением: s = Acos(ω0t + φ0), (8.1), где А – максимальное значение колеблющейся величины, называемое амплитудой колебаний, (ω0t + φ0) – фаза колебаний, ω0 – циклическая частота, φ0 – начальная фаза колебаний, т. е. фаза колебаний в начальный момент времени t = 0.  Получим выражение для скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания:  Полученные выражения показывают, что кинетическая и потенциальная энергия изменяются гармонически от 0 до с циклической частотой 2ω0. | | где Ii – моменты инерции частей, входящих в систему; dI – момент инерции малого элемента объема dV тела.  1. Момент инерции однородного полого цилиндра.  https://lh5.googleusercontent.com/jKHtf94p9N0vnmOhn-COE9ENaPKkppckr2S9rTUtvo3f3p5z-C35zPZeZ16XywhJ8Dpo0-V-CalAMQRhWc-2N5yTjPUVnREDM0oQPAeAgdsCceuzulj_PclfY-uFE8NoXi4I54Nn  https://lh5.googleusercontent.com/ZFOGSHbkp7eRwPLa6cTLcJZHZ-QGEqqU9pmCWicwthHWyxQTeWx3lvIAQXtsA1v7vtzjuqTl6KhUydhw_RQR7znaM3OvAauIBe8YQz21tDjHznVjMCDlJ4ci1FN2JFo1b0r2WWOL2. Момент инерции тонкостенного цилиндра (обода).    https://lh5.googleusercontent.com/_ZIXSizZoCtYm7wiuk6638DJzaAaT00XBXmwKWt7099KGp4HeysFc5VdmmLw2T3ICtRgAN-bz5pDLwEJnG-HafvAdDbjaXhHSFaNDOrDuYlhBN7xLOOlxWRY1a23eW4YlVX9F02D3. Момент инерции однородного сплошного цилиндра (диска).  4. Момент инерции однородного шара.  https://lh3.googleusercontent.com/TsdvsjgjPP82FuqWlEqzOJJHSyk732RpFFIyPgQnqIkKMgm-7PGLchTTjU_v6VwUaAk5IvvoFpHfdXzQrJ_ru1T9SsLdxEhybskamFNi5NelZMi40KfCQuoXxD9sWokvZNsK2Vk7  5. Момент инерции однородного стержня.  https://lh4.googleusercontent.com/BX1jlawD_kcT9y3os6VfIix1NV8-25aIeIFablUZ7dwvjAawpJhBO-jC9kYW5TzExaZf7HafwPtWm7lTz2R7aUuxo0qzq_R_mHCxYDlBLVZhMYvylP8srYUS2BjcwWWc2FeTE1r_  https://lh3.googleusercontent.com/L6dUSuv65Osdy8INQ53BKGafT7WZchNUAIGP0gelRHU7urmePErz5Y65ow6c2dfiAHt5An4FdvckC0DHKRpDI7BYlRD0wXp9XSznESc2epdFXggU_kfbrWDXIRvt_rk7keLISD6s | | https://lh3.googleusercontent.com/Wgk-f4BHv6UcUh4aisJutwmSLSgQq-IZCSaWwsKVrl4Y8Jth_1Pv4WtxQOwKFkSaHVCvntGWwU90q2cULDkx2KM9J-kNvMJpLLgwJFjiWb5h0pQgpi9uk-6JWo0fFilPdcPxIwc- | | https://lh3.googleusercontent.com/eoFoqkQi6A6lKW3BAmK2UuaD5ahE6wpT0J_l232EP893zhHL4-Uf89g9M1X63HXe8zLZDZHecmUmWPNfoM0uMqfnIMfjOZ-9GvEzxpDdPUleE0SlaJR2qBxgUDKFGvoJMhVUAB8m  **Момент импульса твёрдого тела относительно оси вращения** равен произведению момента инерции тела относительно той же оси на его угловую скорость. Направление https://lh4.googleusercontent.com/5yfG4WoC-TDGG4SHs4sQ1hnFBQAveiCbd0tHapiTLvAUw7jYVTcIOIp9RskWLAoQk0tVYjMca3P5KOB_QuahtRvBSIg58mkiRJGVvgrwWLzEDjyRAqkcIVaEiMH5e7_ahuViDKsj, как и направлениеhttps://lh6.googleusercontent.com/K-wBnziBiYZVgwwnyKFdvG_xAD-tmpldIFjvK7A4Q0lA_4fDWVBtKMpXXs5PKec5eas-_SmBFLhilgd2XtTiQt14fhx9oYSB2HYNZZ2vpHGAFU4golqZccS9rfiFd1CZ6KT6e5PF, находят по правилу правого винта.  https://lh4.googleusercontent.com/xdsIAWcwBJp1HNhV1tWY-nA5MuXe5mWjaTy3YQaoEr0Yg2im2_XezdmG0duGdq9xGUR0inJR5nd0_BIRWTT1bmNtZUkTiSYh1C7MSBy_o_jr9ZoRlFq2RUNtkm7RCy83nQD-Lzf4  **Момент инерции системы** относительно некоторой оси равен сумме моментов инерции тел или всех частей системы относительно этой оси.  По теореме Штейнера **момент инерции Iz тела** относительно произвольной оси z равен сумме момента инерции IСz' относительно оси z', параллельной данной и проходящей через центр масс C тела, и произведения массы тела m на квадрат расстояния d между осями  https://lh6.googleusercontent.com/K05yQXAs6PHEhNndRtLVHRpLe2YMR-tS52VMK8S2x328lHxN5eYNo6YS4LvD89ciw2Bw8YpqlucBo4r1Fzmf75nQfjOOzlCTBDM4nogQ8DEVpww5IAm00HBjXmr4Nb7fA0r8fPq2  Эта теорема сводит вычисление момента инерции относительно произвольной оси к вычислению момента инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела. | |