|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **1.** **Основные понятия (система отсчета, мат.точка, поступ. и вращ. движение тв.тела)**  Мех.движение – простейшая форма движения, кот.состоит в изменении пространств.положения тел и их частей относит.друг друга с течением времени.  Мех.система – совокупность тел, движение кот.исследуется.  Основная задача механики: зная состояние мех.системы в некот.начальный момент времени t0 определить состояние во все последующие моменты времени.  Из определения мех. движения (его относ-ти) следует, что для изучения движ. мех. сист. необходимо выбрать тело, отн.кот.мы будет рассматривать это движ.- тело отсчета(ТО). Необходимы также часы: ТО+Ч=СО  Для колич-го описания вводят сист.координат(СК), жестко связанную с ТО  Рассмотрим прямоугольную СК (Декартову). Направление ее осех Ох ОуОz задаётся единичными векторами i j k, ортогональными друг другу. Положение произвольной точки прост-ства задаётся её коорд.(x, y,z) или радиус-вект.  Материальная точка (МТ) – тело, размерами и формой кот.можно пренебречь в условиях задачи.  Положение МТ задается коорд-ми и рад.-вект. той точки прост-ства, где находится МТ (частица)  При движении частицы, она описывает относ. выбранных СО линию – траектория.  Длина участка траектории, последовательно пройденной за пром. времени от t1 до t2 – путь S.  Движение МТ опр. 3-мя ф-циями x(t), y(t), z(t)  Говорят, что МТ обладает 3-мя сост. свободы. Если размерами тела нельзя пренебречь, но можно пренебречь его деформациями, то оно абсолютно твёрдое (АТТ)  Тв. тело обладает 6-ю степенями свободы: +3+2+1=6  Произвольное движение тела:  1.Поступательное (любая прямая, жестко связанная с телом, перемещается параллельно себе. Все точки тела испытывают одинаковое перемещение. Движение одной любой точки тела определяет движение тела)  2.Вращательное вокруг неподвижной оси(все точки тела движутся по окружностям, лежащ.впаралл.плоскостях и перпендик.оси вращения. Центры окружностей лежат на оси вращения). | **2. Скорость и путь при произвольном движении материальной точки**  Рассм.произвольное движение частицы относ.выбранной СО. Она описывает нек.траекторию  Движение частицы опред-ется r(t)=x(t)i+y(t)j+z(t)k (!векторно!) за ∆t от t1=t до t2=t+∆t частица испытывает перемещение ∆r=r2-r1  Как быстро и в каком напр.частица двигалась хар-ет **средняя скорость**  Быстроту движения и его направление хар-ет в данный момент времени **мгновенная скорость**:  Скорость – вект.величина, поэтому . . С др.стороны v =  следовательно проекции скорости  Как и для любого друг.вектора модуль вект. скорости  |v|=  **Свойства скорости:**  1.Мгновенная путевая скорость равна модулю вект.скорости v=|v|  2.Мгновенная скорость направлена по касательной  3.Из следует что элементарное перемещение (беск.малое)  Путь частицы за ∆t S = | **3. Ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорения**  В процессе движения скорость м.т. меняется по величине и по времени, быстроту этого изменения в данный момент времени характеризует ускорение. Соответственно проекция ускорения на осн. Декартовой сист. Координат. : , , . Предположим, что частица движется в плоскости(Плоское движение)  . Ускорение является суммой двух слогаемых, 1-ое слогаемое направлено по касательной, характеризует скорость изменения величины скорости; если величина скорости возрастает, то >0, . Если скорость убывает, то <0, . Рассмотрим 2-ое слогаемое = , где – единичный вектор нормали  при 1) 2 -> 1 2) 2 перпендикуляра касательны , пересекаются в некоторой точке О’ которая стремится к некоторой точке О называемой центром кривизны. 3) О₁’ О₂’ -> R (радиус кривизны) 4) => 5) Угол . Таким образом . Нормальное ускорение показывает как быстро меняется скорость по направлению  Модуль полного ускорения = | **4. Кинематика вращательного движения. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь между угловыми и линейными величинами**  Сведения из математики: Двум векторам , можно сопоставить: 1) Сколярное произведение () =  2)векторное произведение  с правилами правого винта.  . Величина(модуль).    Удобно в ДСК векторное произведение записать в виде определителя  Поворот твёрдого тела на угол вокруг некоторой неподвижной оси можно задать с помощью направленного отрезка , его величина = , направление отрезка совпадает с направлением оси вращения и определяется правилом правого винта. Множество не образует векторного пространства, т.к. 2 поворота выполненные последовательно вокруг несовпадающих осей приводят к повороту  Модуль суммы = = не совпадает с величиной результ. Поворота  Элементарные повороты образуют векторное пространство. Как быстро происходит вращение показывает векторная величина – угловая скорость , Естественным образом обобщаются понятия период Если тело одновременно участвует в двух вращениях , то из = следует выражение для такого движения  . В процессе движения угловая скорость может меняться по величине и направлению, величина такого изменения характеризуется угловым ускорением  При вращении тела все его точки движутся с различными линейными скоростями и ускорениями  Линейная скорость произвольной точки = = . Величина линейной скорости    Линейное ускорение |
| **5. Первый закон Ньютона. Преобразования Галилея**  В динамике рассматр.причины (взаимодействие между телами), кот.обуславливают тот или иной характер движения тела.  В основе динамики лежат 3 закона Ньютона(ЗН). Эти законы – обобщение большого кол-ва опытных данных и наблюдений.  Механика Ньютона справедлива при скоростях тел v<<cдля макротел.  **1 ЗН:**  Всякое тело (МТ) находится в состоянии покоя или равномерного прямолин.движения, пока и поскольку воздействие на это тело со стороны др.тел не изменит это состояние.  Св-во тел сохранять скорость движения – инерция (1 ЗН называют законом инерции).  Если закон выполняется в некот.СО, то в СО движения с ускорением он не выполняется. СО, в кот. выполняется закон, наз.**инерциальной** СО (ИСО)  **Современная формулировка 1 ЗН:**  Существуют такие СО,наз.инерциальными, в кот.не взаимодействует тело с другими телами движется прямолинейно и равномерно(покоится).  Лучшим приближением ИСО явл.СО, связанная с Солнцем, оси кот.направлены на опр.звёзды (ГСО) – **гелиоцентрическая СО**. Основная роль 1-го закона, он явл.критерием выбора ИСО. При этом возникает проблема учёта и компенсации всех сил, действующих на тело. Если относительно ИСО движется поступательно с постоянной v0 другая СО, то она тоже инерциальная. Действительно, в силу сложения **закона сложения скоростей Галилея**  - V0=const при v=const  Связь между координатами частицы двух ИСО дают преобразования Галилея в предположении, что при t=t'=0 начала координат 0 0' совпадают. Проекции на дек.координатные оси дают преобразования Галилея: x=v0xt+x’, y=v0yt+y’, z=v0zt+z’ | **6**.**Масса. Сила. Второй закон Ньютона.**  Из 1 Закона Ньютона следует, что изменение скорости тела есть следствие воздействия на него других тел. Различные тела на одно и то же воздействие отвечают различным образом.  Свойство тела определенным образом отвечать на внешние воздействия называют ИНЕРТНОСТЬЮ. Количественная мера инертности – масса. Из опыта следует ,что при взаимодействии двух тел всегда выполняется m1Δv1⃗=m2Δv⃗2 ,(Δ(p̅1+p̅2)=0) – частный случай закона сохранения импульса .  Количественной мерой воздействия на тело является векторная величина – сила 𝐅̅,силы складываются векторно вне зависимости от природы и дают результирующую силу.  2 Закон Ньютона гласит: скорость изменения импульса мат.т. (тела) равна силе, действующей на неё ⅆp̅ⅆt=F̅.  Уравнение движения мат.т. записывается в виде: 𝑚𝑎̅=𝐹̅. Легко понять, что 2 Закон Ньютона выполняется только в ИСО. Уравнение движения представляет собой систему трёх обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го порядка 𝐹̅х=𝑚𝑑2𝑥𝑑𝑡2,𝐹̅𝑦=𝑚𝑑2𝑦𝑑𝑡2,𝐹̅𝑧=𝑚𝑑2𝑧𝑑𝑡2 . | **7. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея**  3 закон Ньютона гласит: силы, с которыми взаимодействуют две мат.т. равны по величине, противоположны по направлению, лежат на одной прямой, проходящие через эти точки, имеют одну физическую природу.  3 закон Ньютона позволяет отыскать все силы в действующей мех.системе.3 закон Ньютона выполняется не для всех сил, в частности для магнитных.  Три закона Ньютона позволяют решить основную задачу динамики по известным силам, заданным координатам, скоростям частиц в некоторый момент времени 𝑡0, определить дальнейшее движение системы. 1 Закон Ньютона позволяет отыскать ИСО, 2 Закон Ньютона позволяет отыскать все сила действующие в системе, даёт уравнение движения.  В рамках релятивистской теории, при переходе от одной ИСО к другой ускорение и сила не меняются, следовательно во всех ИСО 𝑚𝑎̅=𝐹̅ - не меняется. Поэтому все ИСО эквивалентны.  Положение о том, что все механические явления протекают одинаковым образом, вследствие чего все ИСО эквивалентны нельзя сказать ,какая из них движется с постоянной скоростью, а какая покоится, называется принципом относительности Галилея. | **8. Законы сохранения. Закон сохранения импульса**  Законы сохр. – это аддитивные ф-ии координат и скоростей частиц, которые не меняются со временем  На тела, образующие механ. систему действуют силы со стороны других тел системы – *внутренние силы*, а также силы со стороны тел не принадлеж. системе – *внешние силы*.  Система, на которую не действуют внеш. силы называется *замкнутой* или *изолированной*. Для замкнутой системы выполняются 3 фундаментальных закона сохр.: энергии, импульса, момента импульса, которые след. из свойств пространства и времени. Это однородность времени, однородность прост-ва, изотропность прост-ва. Эти законы сохр. в механике выводятся из законов Ньютона.  Воспользуемся 3-им законом Ньютона ( = -). – импульс системы. Тогда . Получим *закон изменения импульса*: скорость изменения импульса равна результирующей внешних сил, действующих на систему.  Для конечных пром-ов времени . Приращение импульса сист-ы равно импульсу силы за соотв-ий пром-ок времени.  В отсутствие вн.сил(сист-а замкнута) *Закон сохранения импульса:* импульс замкнутой системы сохраняется со временем.  Замечания 1) Импульс системы сохр-ся и для незамкнутых систем в случае, если ;  2) Если рассм-й пром-ок вр-ни мал(взрыв, удар), то можно пренебречь импульсом силы ;  3) Если , то  *Центром масс(инерции)* называют точку С, радиус вектор которой . Скорость движения центра масс . Импульс системы . |
| **9. Кинетическая энергия и работа. Теорема о кинетической энергии.**  Пусть частица массой m движется под действией силы F->. уровнение её движения (m) скалярно умножим на слева и на . mПреобразуем левую сторону уравнения. – кинетическая энергия МТ.  Выражение называют работой совершённой силой на перемещении . Итак получаем При конечном перемещении из положения 1 в положение 2 ()  ⇒ Приращение кинетической энергии частицы равно работе результирующией силы на данном перемещении. Количественная мера движения частицы изменяется за счёт работы сил действующих на частицу. Работа совершаемая в единицу времени называется мощностью . | **10. Консервативные силы**  Взаимодействие между телами, наход-ся на расст-ии друг от друга, осуществляется посредством физ. полей– одной из форм материи. Каждое тело создаёт в окружающем пространстве сил. поле, которое обнаруживается по его действию на другие тела.  Силовое поле называется *центральным*, если в любой точке пространства направление силы, действующей на частицу, помещенную в эту точку, проходит через один и тот же неподв. центр О, а модуль этой силы зависит только от расст-я частицы до этого центра(Fкл,Fгр).  , где – единичный вектор.  Если при движении частицы в поле, неменяющемся со временем(*стационарное поле*), работа, совершаемая силами поля не зависит от траект-иидвиж-я частицы, а опр-ся только начальным и конечным положением частицы, то такое поле наз-ся*консервативным*, а возникающие *силы – консервативными*.  Работа консервативных сил на произвольной замкнутой территории равна 0.  А0 = (А12 )I+ (А21 )II= (А12)I -(А12)II=0  Верно и обратное: если работа по произольномузамкн. контуру равна 0, таковое сил.полеявл-ся консерв-м. Любое центральное поле явл-ся консервативным.  Док-во: =  Любая функция имеет первообразную. Тогда центральное поле консервативно.  Сила тяжести и сила упругости являются консервативными силами. | **11**. **Потенциальная энергия во внешнем поле сил. Связь между потенц-ой энергией и силой.**  Работу консервативных сил всегда можно выразить с помощью некот-ой функции.  Для произвольной точки  При элементарном перемещении  Приращение кинет. энергии частицы в поле внешних консервативных сил:  *U –* потенциальная энергия частицы в поле внешних консерв.сил  *E=T+U* – полная механическая энергия частицы.  При движении частицы в поле только консерв.сил её *полная механическая энергия сохраняется* .  Если же на частицу действуют неконсервативные силы , тогда  *Закон изменения полной механической энергии для частицы*: *приращение полной механической энергии частицы равно работе неконсервативных сил*.  Рассмотрим элементарное перемещение частицы вдоль ОХ:  Силы поля совершают работу, которая с одной стороны равна в соответствии с определением, с другой стороны в силу консерв-ти поля  Сравнивая два выражения для работы, находим:  По известной потенциальной энергии: Векторная функция, компоненты которой выражаются через скалярную функцию , называется *градиентом скалярной функции U*.  – *векторный дифференциальный оператор Набла*. Тогда, .  Координатные оси в пространстве могут быть произвольно ориентированы(направлены), поэтому направим ось ОХ вдоль некоторого заданного направления ; тогда, проекция силы на это направление | **12.Потенциальная энергия взаимодействия, законы сохранения и изменения механической энергии.**  рассмотрим замкнутую систему 2 частиц, взаимодействующих друг с другом в соотв. с 3 Законом Ньютона:    , где F12 это проекция силы на направление  Уравнение движения частиц: скалярно умножим слева на и  соотв., а слева на и соотв., и сложим после преобразований левой стороны аналогично параграфу 10 и учета 3 зак. Ньютона в правой стороне. Получим, что:  след-тельно  элементарная работа А = () . Выражение аналогично выражению для работы сил центрального поля, с заменой . Поэтому мы получаем выражение для работы консервативной силы . Любая ф-ция имеет первообразную, для нашего случая обозначим ее как .Это значит, что и элементарная работа .Следовательно, выполняется  *, .*Результат непосредственно обощается на изолированную систему N взаимодействующих друг с другом частиц в соотв. с 3 Зак.Ньютона:  Полная механ. энергия системы сохраняется, . Если на систему действуют внешние консервативные силы, то их работа представима в виде , где  - потенциальная энергия системы в поле внешн.консерв.сил  В присутствии неконсервативных сил как внеш., так и внутренних, превращение полной механической энергии равно работе неконсерв. сил . Если неконсерв. силы отсутствуют, то выполняется закон сохранения полной механ.энергии |
| **13. Момент импульса. Момент силы**  **= [ , ]**  В которой положение частицы с импульсом равен mзадается относительно некоторой точки О вектором называется моментом импульса частицы относительно этой точки.  Момент импульса зависит от выбора точки О.  В процессе движения импульс меняется.  Найдем скорость его изменения:  dL =  = [, ] – векторное произведение, в котором –радиус-вектор точки приложения силы, задающейся относительно выбранной точки О, называется моментом силы. Он, как и момент импульса, зависит от выбранной точки О.  Уравнение моментов - = , аналогично уравнению =  Момент силы отн. некоторой точки О хар-тся способностью силы вращать тело вокруг этой точки, если тело закреплено в ней.  - ось проходящая через точку О, относительно которой вычисляются моменты силы и импульса.  Моментом силы(импульса) относительно этой оси называют проекцию () момента на эту ось.  Момент импульса отн. некоторой неподвижной оси :  Момент силы отн. некоторой точки О хар-тся способностью силы вращать тело вокруг этой точки, если тело закреплено в ней    Момент силы относительно оси зависит от выбора точки О на оси.  Вектор ⊥ , ⊥ . Поэтому его проекция на | **14**. **Закон сохранения момента импульса. Уравнение моментов.**  Рассмотрим мех. систему, состоящую из 2-х материальных точек, взаимодействующих друг с другом согласно 3-му закону Ньютона и находящиеся во внешнем силовом поле.  *Момент импульса системы мат. точек* относительно некоторой точки О опред. как векторная сумма моментов импульса материальных точек, составляющих систему, относительно точки О.  В нашем случае:  Скорость изменения момента импульса системы:   Результат непосредственно обобщения на систему N материальных точек Введя суммарный момент внешних сил , *Уравнение моментов* коротко записывается: Скорость изменения момента импульса со временем равна суммарному моменту внешних сил. Все моменты импульсов частиц и сил взяты относительно одной и той же неподвижной т.О.  Если система изолирована, то  *Закон изменения момента импульса:* момент импульса изолированной системы сохраняется, т.е. не меняется со временем. Взяв проекцию уравнения моментов импульса на ось Оz, получаем уравнение: Если проекция , то момент импульса системы относительно этой оси Oz сохраняется. Из уравнения моментов:  *Приращение момента импульса* равно импульсу суммарного момента внешних сил. | **15**.**Движение в центральном поле сил**  Пусть частица массой м движется в центральном силовом поле. Точку О,относительно которой будем вычислять моменты, совместим с силовым центром.  Из этого следует, что и т.к. Lпостоянно, то при движении частицы ее радиус-вектор будет лежать в одной плоскости, перпендикулярной и содержащей О.  Движение частицы совершается в одной плоскости, поэтому удобно перейти в полярную систему координат:  Радиус-вектор частицы .Скорость == .Где .  Следовательно, скорость частицы в полярной системе координат  .  В силу равенства нулю момента центральной силы, будет сохраняться момент импульса частицы, который в полярной СК равен:  .  Центральная сила является консервативной, поэтому ее работу можно выразить через разность потенциальных энергий . .  При движении частицы будет сохраняться полная механическая энергия.  Движение частицы в центральном поле сил определяется двумя законами сохранения: *энергии* и *импульса*. В полярной СК они имеют вид:  Решение этой системы достаточно простое, записывается в виде интегралов, конкретны вид которых зависит от U(r), проинтегрировав, находятся r(t), , r().  Вместо 3-ех уравнений движения второго порядка, воспользовавшись законами сохранения, приходим к двум уравнениям первого порядка, которые можно проинтегрировать. | **16.Задача 2 тел.**  Задачей 2 тел называется задача о движении взаимодействующих друг с другом частиц. Система предполагается изолированной, силы взаимодействия подчиняются 3 зак.Ньютона: .  Т.к. система изолирована, то ее центр масс движется с постоянной скоростью (относ. инерциальной системы отсчета). Задачу будем решать в системе центра инерции(т.е. масс), СЦИ, к-рая движется относ. первоначальной ИСО поступательно со скоростью . Начало СЦИ совмещаем с центром масс (инерции).    Введем , задающий положение m1 относ. m2. Решая систему:  получим: и . Силы взаимодействия равняются: , где f(r) - функция расстояния между частицами. Напишем уравнения движения частиц: ,  Уравнения движения частиц умножим:  получим  Введя эффективную массу получаем уравнение:  Формально оно определяет движение частицы массы µ в центральном силовом поле. Следуя пар.16, эта задача сводится к интегрированию 2 законов сохранения 2 моментов импульса. Реально частицы движутся по геометрически подобным траеториям.  Прямая, соединяющая частицы, проходит через точку С. |
| **17**. **Уравнение моментов относительно движущегося начала и движ.оси**  Уравнение было получено относ. неподвижной точки О. При решении задач удобно моменты вычислять относ. движущейся точки А с некоторой произвольной переменной скоростью . Найдем уравнение моментов:  . Момент импульса относительно А:  . Скорость его изменения: Для одной частицы:  Рассмотрим систему, состоящую из N материальных точек:  скорость изменения ее момента импульса относительно точки А:  Моменты импульса внутренних сил, взятые попарно, дают 0. Импульс , так что приходим к уравнению моментов относ. движущегося начала:  . В случае, если приходим к обычному ур. моментов  . Если точка А совпадает с центром масс, то момент импульса можно считать относ. первоначальной ИСО, где скорости частиц системы , так и относ. системы, движущейся поступательно и совмещенной с центром масс, где скорости частиц . | **18. Движение твердого тела. Движение центра инерции твердого тела**  Абсолютно твердое тело (ТТ) – тело, деформациями которого в условиях данной задачи можно пренебречь. = >расстояние между двумя его произвольными его произвольными точками не меняется  Основные виды движения ТТ:  -поступательное  -вращательное  -произвольное  Произвольное движение ТТ можно представить как последовательность бесконечно малых поступательных и вращательных движений.  Твердое тело можно представить как совокупность матер. точек массы m, находящихся на неизменном расстоянии друг от друга, на каждую точку действуют внутренние силы fiи внешние Fi  Движение м.т. определяется уравнениями mi= fi+ Fi  Предположим, что выполняется для внутренних сил 3-й закон Ньютона. Сложим все ур-я движения  ∑mi= ∑fi+∑Fi  Воспользуемся тем, что ускорение центра масс:  c=() =  Следовательно можем записать ур-е движения центра масс  mc=∑i  mc=внешних  Центр масс абсолютно твердого тела движется так, как двигались бы м.т. с массой, равной массе тела под действием всех приложенных к телу сил | **19. Вращение ТТ вокруг неподвижной оси**  Пусть ТТ способно вращаться вокруг некоторой оси  Проекция на ***ООʹ***(***OZ***):  Из рисунка видно, что проекциина***ОZ***совпадают по знаку.  Момент импульса тв.т. отн-но ***ОZ***: . Здесь***I***(зависит от выбранной оси) равен сумме произведений элементарных на ***r²***(расстояние до оси).  Если распределение масс по телу не меняется, то ***I=const***. Воспользуемся проекцией уравнения моментов на ***OZ***: – основное уравнение динамики вращательного движения.  Предположим, что. Если момент инерции тела изменяется вследствие перемещения масс в теле, то. Вследствие изменения инерции тела должна изменяться угловая скорость вращения. | **20. Момент инерции. Теорема Штейнера**  В случае представления тела как совокупность м.т, его момент инерции  Твёрдое тело может также представляться как объём V сплошным образом заполненный в-вом с плотностью отсюда  пример момента инерции.jpgПримеры вычисления момента инерции 1)Момент инерции тонкого однородного стержня массы m, длинны l, относительно оси, перпендикулярно стержню через центр масс  Распределение массы линейного объекта характеризуется линейной плоскостью *.*  2) Момент инерции однородного диска относительно оси перпендикулярной основанию, проходящей через центр масс. Разбиваем диск на кольца радиуса r, толщина dr.  ***пример 2.jpgТеорема Штейнера***: Момент инерции I относительно некоторой оси равен сумме момента инерции относительно оси, проходящей через центр масс и параллельной исходной оси, сумме I и произведению массы тела на квадрат расстояния между осями  штейнер.jpgВектора  **,** лежат в плоскости**,** перпендикулярной осям ***ООʹ*** и содержат точку массой m  .  Момент инерции относительно ***ООʹ***: .  Т.к =0 , |
| **21. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела**  Кинетическая энергия вращающегося твердого тела равна сумме кинетических энергий МТ, образующих это тело.  Т=T**i**====  На i-тую МТ действуют внутренние силы **fi**и внешние **Fi** . При элементарном перемещении  ==[]dt эти силы совершают работу  =([ri,],fi)dt+(ri])dt=()dt+(, Miвнеш)dt  Сложив все работы, выполняемые над частицей  (внеш, )=(внеш,)  Воспользовались тем, что суммарный момент внутр сил равен **0** и dt=  внеш=внеш= суммарный момент внешних сил  Пусть ось вращения неподвижна, тогда dT=d2dt=midt=Mid=()=  Пусть твердое тело совершает плоское движение. Выберем произвольно т.О тела, скорость vi= v0+[ Кинетическая энергия тела T==(2+2(vi)=  ++mi(v0,])=++m(v0,])=T  Если т.О совпадает с центром масс С, то T= | **22.Гироскопы**  Гироскоп-массивное твердое тело, симметричное относительно некоторой оси вращающееся с большой угловой скоростью Ось гироскопа - ось симметрии вокруг к-рой вращается гироскоп  гироскоп.jpg Наблюдается гироскопический эффект при попытке повернуть ось гироскопа вокруг некоторой оси Oy. Гироскоп поворачивается вокруг перпендикулярной ей оси Ox. Такой результат - следствие законов вращательного движения.  Поместим центр масс в начало отсчёта. При действии пары сил центр масс е сместиться. В соответствии с уравнением моментов приращение момента импульса  –момент импульса поворачивается вокруг Ox на угол . Вместе с поворотом момента импульса такой е поворот испытывает вектор угловой скорости и ось гироскопа. Угловая скорость вращения оси гироскопа ,  гироскоп рисунок 2.jpgРассмотрим движение гироскопа с одной неподвижной точкой О в поле силы тяжести:  Относительно О момент реакции опоры равен нулю. Модуль момента силы тяжести  лежит в плоскости перпендикулярной вертикали  вписан в окружность радиусом лежащий в плоскости перпендикулярной вертикали. Вектор будет вращаться вокруг вертикали, образуя конус радиус основания которого . За поворачивается вокруг вертикали на ось гироскопа вращается вокруг вертикали с угловой скоростью Такое движение называется прецессией. | **23. Гармонические колебания**  **Колебания** – процесс, отличающийся той или иной степенью повторимостью.  Колебания происходят в различных физических процессах. Существуют механические, электромагнитные, электрические, электромеханические и тд колебания. Имеют разную природу, но описываются одним ур-ем.  Рассмотрим систему, сост. из груза массой *m***,** подвешенного на лёгкой пружине жёсткости *k*, длины **.** Под действием силы тяжести пружина растянется на  Начало отсчёта совместим с положением равновесия. При отклонении тела из положения равновесия, его движение будет определяться ур-ем    Введя приходим к , кот. наз. **динамическим ур-ем гармонических колебаний**. Его решение имеет вид  Смещение тела из положения равновесия *x* в момент времени *t* определяется фазой . График x(t) задаётся косинусоидой (синусоидой)  *,*  Квазиупругая сила явл. консервативной силой -> полная механическая энергия сохраняется  Кинематическая энергия  Потенциальная энергия  Полная энергия - сохраняется  Средняя за период кинематическая | **24. Математический маятник. Физический маятник**  https://sun9-54.userapi.com/impf/LeNxRwWlVndI21Bdgu6yv6FoeSyf45n1uU1fIQ/6stBEI7ieZo.jpg?size=490x418&quality=96&proxy=1&sign=82fcb54a9c457d9ea7162c06dfad636b&type=albumТвердое т., способное вращаться вокруг горизонтальной оси, не проходящей через центр масс, и находящееся в поле силы тяжести называют физическим маятником.Рассмотрим малые колебания, когда угол таков, что . При отклонении на и освобождении тела, оно будет совершать колебательное движение, которое есть вращательное движение вокруг ***OO’***. Следовательно, оно подчиняется основному уравнению динамики вращательного тела . Далее .Воспользовавшись нашим приближением, имеем:  **–**динамическое уравнение гармонических колебаний. Его решение имеет вид:, где частота колебаний,- расстояние от центра масс до оси вращения ***OO’***, - момент инерции тела относительно этой оси, – приведённая длина – расстояние от центра масс до центра качания.  *Математическим маятником* называется небольшое тело, подвешенное на легкой нерастяжимой нити. При колебаниях движение тела подчиняется ур-ю динамики вращ-го движения.  Момент инерции маятника равен длина нити  Уравнение движения сводится к:    Периода колебаний математического маятника: . |
| **25. Затухающие колебания**  Ур-ие движ. при одномерном движении тела под действием квазиупругой силы и силы сопротивления  Ур-ие затухающий колебаний (β- коэф. затухания, r-коэф. сопротивления)  Решение +BЕсли β>, то получаем экспоненциально убывающее движение  Если , получаем квадратный корень из отрицательного числа –( : =iω (мнимая единица  Формула Эллера (для перехода к тригонометрическим ф-ям)  Общее ур-ие затухающих колебаний  График затухающих колебаний  25.jpgДля характеристики скорости убывания используются: 1) характерное время τ, в течение кот. амплитуда убывает в е-раз. 2) декремент затухания. 3) логарифмический декремент затухания. 4) число колебаний, совершаемых за τ. 5) добротность колебательного контура | **26.Векторная диаграмма. Вынужденные колебания**  Задача о сложении гарм. колебаний сводится к сложению тригонометрических ф-ий. Сложение выполняется методом векторных диаграмм. Каждому гарм. колебанию сопоставляется вектор, лежащий в плоскости, длина кот. =a. Направление задаётся углом φ между Ox и Со временем вращается вокруг О с угловой скоростью, а его проекция на Ох меняется по гармоническому закону. При сложении 2 колебаний х1 и х2 используется проекция сумм векторов равная сумме проекций векторов . Амплитуда результирующего колебания *.* Начальная фаза результирующего колебания находится из 𝑡𝑔𝛼=; Чтобы поддерживать затухающие колебания необходимо приложить к системе некоторую периодически меняющуюся силу. Рассмотрим случай, когда сила меняется по закону: . Частота изменения силы ω – произвольна.Динамическое ур-е вынужденных колебаний: ; Из этого уравнения сделаем: ; Частное решение ур-я ищем в виде . Приходим к следующему ур-ю: *;* Сложение выполняют с помощью метода векторных диаграмм (справа). Отсюда следует:  ; ; (определили амплитуду и нач. фазу вынужденного колебания). Общее решение: , где ; Затухающие колебания экспоненциально убывают со временем и перестают влиять на решение. А зависит от частоты ω; при некотором значении ω она достигает max (явление - резонанс, а соотв. ωрез. – резонансная частота). Ее находят при  ; ; Если силы сопротивления отсутствуют Aрез ----->∞ | **27. Биения**  Рассмотрим положение 2-ух гармонических колебаний происходящих в 1-ом направлении, частота которых ():.Результирующая колебания: **.**Результирующее колебание можно рассматривать как гармон. колебания частоты , амплитуда которого медленно меняется от 0 до 2а. Такое движение называют биениями. Период изменения амплитуды . | **28. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.**  Пусть частица может совершать одновременно колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях *Ox* и *Oy*  ,  .  Траектория движения частицы определяется уравнением:  ***–*** уравнение эллипса, ориентация которого и полуоси определяются*a, bи .*    1),    2)  Если частоты колебаний вдоль осей незначительно отличаются , то можно записать: .  Можно считать, что фаза медленно меняется со временем, в резултате траекторией частицы будет эллипс ориентация которого будет медленно меняться со временем. |
| **29. Распространение волн в упругой в упругой среде. Уравнение плоской и сферической волны.**  Если в каком-либо месте среды (твёрдом, жидком, газообразном) возбудить колебания частиц, то колебания будут распространяться в среде с некоторой скоростью v. Процесс распространения колебаний в пространстве называется волной. Колебания различают: продольные и поперечные. В продольных колебаниях частицы колеблются в направлении распространения волны.  Геометрическое место точек, до которого доходят колебания в некоторый момент времени называется фронтом волны. Геометрическое место точек, колеблющихся в одной фазе называют волновой поверхностью(покоится).  В зависимости от формы волновой поверх-ти различают плоские, сферические, цилиндрические и т.д. волны. Расстояние, проходимое волной за период колебаний частиц, называется длиной волны. , ⇒  Длина волны есть наименьшее расстояние между точками в которых происходят колебания с разностью фаз 2.  Уравнение волны - функция *E(x,y,z)*, дающая смещение частиц среды в момент времени *t*, *(x,y,z)* - координаты частиц в положении равновесия.  Предположим, что в начале координат возбуждаются гармонические колебания, тогда они доходят до волновой поверхности, заданной через запаздывание , тогда уравнением волны будет - волновое число ⇒ Если волна распространяется в среде затухания – амплитуда убывает . Для сферической волны без затухания и тогда уравнение сферической волны , предполагая, что источник находится в начале координат. Найдем уравнение плоской волны, распространяющейся в некотором произвольном направлении, задаваемом единичным вектором , волновые пов-сти перпендикулярны , – расстояние до волновой пов-сти. Получим уравнение плоской волны . Удобно ввести волновой вектор , тогда волновое уравнение запишем в симметрическом виде . | **30.Волновое уравнение**  Уравнение волны:  удовлетворяет некоторому дифференциальному ур-нению – волновому ур-нению.  (  ;  (2);  (3);  (4);  (2)+(3)+(4)= =  Сравнивая (1) и (5) приходим к волновому уравнению  :.  Кратко оно записывается в виде  :  где оператор Лапласа | **31.Скорость упругих волн в твердой среде**  Будем рассматривать продольные колебания в однородной изотропной среде. Волна распространяется вследствие действия сил упругости, выполняется закон Гука Fx=-kΔx. При прохождении волны смещение частиц среды различны в разных точках, сл-но, в разных местах среды действуют разные силы упругости, поэтому необходимо перейти к локальному закону Гука  ; ; = .  В результате приходим к закону Гука в дифференциальной форме(локальному):  . -нормальное напряжение; = – относительная деформация; модуль Юнга E=(таблица). Рассмотрим распространение продольной волны в твердой упругой среде, волна плоская, распространяется вдоль оХ. Выделим в среде прямой цилиндр, основание которого площади S, перпендикулярны оХ, высота Δx в отсутствии волны. При прохождении волны цилиндр смещается так, что координаты оснований станут x+и х+Δx+ +Δ. Относительная деформация цилиндра: . Деформации в сечении цилиндра не однородны, меняются от точки к точке, поэтому для определения относительной деформации в сечении х необходимо перейти к Δx, тогда . В соответствии с законом Гука в сечении х возникает нормальное напряжение .Для нахождения волнового уравнения высоту Δxцилиндра выбираем такой, чтобы можно было считать ускорение всех частиц среды входящих в него одинаковым  Движение цилиндра определяется силами упругости, действующих на его основание, они выражаются через напряжение . SиS.Уравнение движения цилиндра = Е . Таким образом мы получаем волновое уравнение = , в котором скорость распространения волны . Тогда скорость волны определяется механическими свойствами среды | **32. Энергия упругой волны**  При прохождении волны частицы среды обладают кинетической и потенциальной энергией. Суммарная энергия даёт энергию волны. Пусть в некоторой изотропной среде, в направлении Ох распространяется плоская продольная волна. Выделим небольшой цилиндр ΔV=S\*Δx,высота настолько мала, что: для всех частиц цилиндра можно считать одинаковыми. Тогда, кинетическая энергия ==, так как ->Сложив и и поделив на :ω=W/=  =() Подставив сюда уравнение волны ωt-kx+α) получим, с учётом k= ω/:ω=(t-kx+ α) Плотность потока энергии точки пространства меняется со временем. Средняя плотность энергии по времени взятая за период равна: |
| **33.Плотность потока энергии волны**  При прохождении волны среда обладает энергией, которая добавляется от источника волны самой волной, волна переносит энергию. Кол-во энергии, переносимой волной через некоторую поверхность Sв единицу времени через эту поверхность Ф=dW/dt. Вразных местах среды поток различен, поэтому вводится векторная величина, плотность потока энергии Модуль числено равен потоку энергии переносимому через единичную площадку перпендикулярную направлению распространению волны j=Выберем прямой цилиндр Ясно, что вся энергия ΔW=,содержащаяся в цилиндре за пройдёт через правое основание ->j=W/=Учитывая сонаправленность– вектор Умова. Выражение для среднего значения:<j>=интенсивность волны. Зная можно вычислить Ф через произвольную S для этого разбиваем Sна элементарные участки dS.  Ориентацию участка удобно задавать Вводится dВыделяем полый цилиндр объёма dV=dS.Поток через dSравен dФ=dW/dt=dSdПоток через всю S : Ф=. |  |  |  |