1. Основная задача физического эксперимента – измерение физических величин для дальнейшего их анализа и установления взаимосвязей между ними – физических законов.

Измерения бывают прямые и косвенные.

В *прямых измерениях* физическая величина измеряется непосредственно (например, измерение длины предмета линейкой, штангенциркулем или микрометром, силы тока – амперметром и т.д.).

При *косвенных измерениях* искомая величина не измеряется, а вычисляется по результатам измерений других величин (например, измеряя силу тока и напряжение на зажимах электроплитки, можно вычислить ее тепловую мощность и сопротивление).

В физическом эксперименте любое измерение (прямое или косвенное) дает лишь приблизительное значение данной физической величины. Физика – наука естественная, а абсолютная точность присуща лишь математике.

Действительно, при измерении длины *полученный результат будет зависеть*, по крайней мере: 1) от точности выбранного нами прибора (штангенциркуль, например, позволяет измерять с точностью до 0,1 мм, а линейка до 1 мм); 2) от внешних условий: температуры, деформации, влажности и т.д.

Пределом измерения прибора называется значение измеряемой величины, при котором стрелка прибора отклоняется до конца шкалы.

Цена деления прибора равна значению измеряемой величины, соответствующему одному делению шкалы прибора.

Класс точности — основная метрологическая характеристика прибора, определяющая допустимые значения основных и дополнительных погрешностей, влияющих на точность измерения.

2. Абсолютная погрешность D - это разность между измеренным X и истинным Хи значениями измеряемой величины. Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины**: D = X - Хи .**

Поскольку истинное значение измеряемой величины определить невозможно, вместо него на практике используют действительное значение измеряемой величины Хд. Действительное значение находят экспериментально, путем применения достаточно точных методов и средств измерений. Оно мало отличается от истинного значения и для решения поставленной задачи может использоваться вместо него. При поверке за действительное значение обычно принимают показания образцовых средств измерений. Таким образом, на практике абсолютную погрешность находят по формуле D » X – Хд . Относительная погрешность d — это отношение абсолютной погрешности измерения к истинному (действительному) значению измеряемой величины (она обычно выражается в процентах)

Способы повышения точности измерений.

- увеличение числа измерений
- изоляция внешних воздействий
- использование более точных приборов
- использование лучших методов измерения
- измерение разными приборами и сверка показаний

Инструментальные / приборные погрешности — погрешности, которые определяются погрешностями применяемых средств измерений и вызываются несовершенством принципа действия, неточностью градуировки шкалы, ненаглядностью прибора.

Методические погрешности — погрешности, обусловленные несовершенством метода, а также упрощениями, положенными в основу методики.

Субъективные / операторные / личные погрешности — погрешности, обусловленные степенью внимательности, сосредоточенности, подготовленности и другими качествами оператора.

3. По способу измерения погрешность прямых измерений - вычисляются по формуле

$$\Delta x = \sqrt{(t)^2 + (A)^2}$$

где : t = Sxαs ; Sx — Средняя квадратическая погрешность среднего арифметического, а αs — коэффициент Стьюдента, а A — число, численно равное половине цены деления измерительного прибора.

Доверительный интервал — термин, используемый в математической статистике при интервальной (в отличие от точечной) оценке статистических параметров, что предпочтительнее при небольшом объёме выборки. Доверительным называют интервал, который покрывает неизвестный параметр с заданной надёжностью.

Надежностью результата серии измерений называют вероятность того, что истинное значение измеряемой величины попадает в данный доверительный интервал. Надежность результата измерения или доверительная вероятность выражается в долях единицы или процентах.

В 1908 году Стьюдент показал, что статистических подход справедлив и при малом числе измерений. Распределение Стьюдента при числе измерений $n \to \infty$ переходит в распределение Гаусса, а при малом числе отличается от него.

Для расчета абсолютной ошибки при малом количестве измерений вводится специальный коэффициент, зависящий от надежности P и числа измерений n, называемый *коэффициентом Стьюдента t.*

Опуская теоретические обоснования его введения, заметим, что

$\Delta x = S \cdot t$. (10)

где Δx – абсолютная ошибка для данной доверительной вероятности;

S – среднеквадратичная ошибка среднего арифметического.

Коэффициенты Стьюдента -- это квантили распределения случайной величины $\frac{X}{Y\sqrt{n}}$, где X распределена по стандартному нормальному закону, а Y - по хи-квадрат (независимо от X) с степенями свободы. В свою очередь, хи-квадрат -- это закон распределения суммы квадратов независимых случайных величин, каждая из которых, в свою очередь, тоже распределена по стандартному нормальному закону.

При обработке результатов косвенных измерений предлагается следующий порядок операций:

1) Все величины, находимые прямыми измерениями, обработайте в соответствии с правилами обработки результатов прямых измерений. При этом для всех измеряемых величин задайте одно и то же значение надежности P.

2) Оцените точность результата косвенных измерений по формулам (15) – (16), где производные вычислите при средних значениях величин.

3) Если ошибка отдельных измерений входит в результат дифференцирования несколько раз, то надо сгруппировать все члены, содержащие одинаковый дифференциал, и выражения в скобках, стоящие перед дифференциалом взять по модулю; знак d заменить на Δ (или δ).

4) Если случайная и систематическая ошибки по величине близки друг к другу, то сложите их по правилу сложения ошибок. Если одна из ошибок меньше другой в три или более раз, то меньшую отбросьте.

5) Результат измерения запишите в виде:

$N = f(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \ldots) \pm \Delta f$.

6) Определите относительную погрешность результата серии косвенных измерений

$\varepsilon = \frac{\Delta f}{\bar{f}} \cdot 100\%$.

4. Механи́ческим движе́нием тела называется изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени. При этом тела взаимодействуют по законам механики. Раздел механики, описывающий геометрические свойства движения без учёта причин, его вызывающих, называется кинематикой.

Мате́рия — фундаментальное физическое понятие, связанное с любыми объектами, существующими в природе, о которых можно судить благодаря ощущениям.

Основные виды материи

- Адронное вещество — основную массу этого типа вещества составляют элементарные частицы адроны
- Барионное вещество (барионная материя) — основной (по массе) компонент — барионы
- Вещество в классическом понимании. Состоит из атомов в обычном смысле этого слова, то есть из атомов, содержащих протоны, нейтроны и электроны. Эта форма материи доминирует в Солнечной системе и в ближайших звёздных системах
- Антивещество — состоит из антиатомов, содержащих антипротоны, антинейтроны и позитроны
- Нейтронное вещество — состоит преимущественно из нейтронов и лишено атомного строения. Основной компонент нейтронных звёзд, существенно более плотный, чем обычное вещество, но менее плотный, чем кварк-глюонная плазма
- Другие виды веществ имеющих атомоподобное строение (например, вещество, образованное мезоатомами с мюонами)
- Кварк-глюонная плазма — сверхплотная форма вещества, существовавшая на ранней стадии эволюции Вселенной до объединения кварков в классические элементарные частицы (до конфайнмента)
- Докварковые сверхплотные материальные образования, составляющие которых — струны и другие объекты, с которыми оперируют теории великого объединения (см. теория струн,

теория суперструн). Основные формы материи, предположительно существовавшие на ранней стадии эволюции Вселенной. Струноподобные объекты в современной физической теории претендуют на роль наиболее фундаментальных материальных образований, к которым можно свести все элементарные частицы, т.е. в конечном счёте, все известные формы материи. Данный уровень анализа материи, возможно, позволит объяснить с единых позиций свойства различных элементарных частиц. Принадлежность к «веществу» здесь следует понимать условно, поскольку различие между вещественной и полевой формами материи на данном уровне стирается

- Поле (в классическом смысле)
- Электромагнитное поле
- Гравитационное поле
- Квантовые поля различной природы. Согласно современным представлениям квантовое поле является универсальной формой материи, к которой могут быть сведены как вещества, так и классические поля
- Материальные объекты неясной физической природы
- Тёмная материя
- Тёмная энергия

При поступательном движении тела все точки тела движутся одинаково, и, вместо того чтобы рассматривать движение каждой точки тела, можно рассматривать движение только одной его точки.

Основные характеристики движения материальной точки: траектория движения, перемещение точки, пройденный ею путь, координаты, скорость и ускорение.

Линию, по которой движется материальная точка в пространстве, называют траекторией.

Перемещением материальной точки за некоторый промежуток времени называется вектор перемещения Δr=r-r0, направленный от положения точки в начальный момент времени к ее положению в конечный момент.

Скорость материальной точки представляет собой вектор, характеризующий направление и быстроту перемещения материальной точки относительно тела отсчета. Вектор ускорения характеризует быстроту и направление изменения скорости материальной точки относительно тела отсчета.

Преобразова́ния Галиле́я — в классической механике (механике Ньютона) преобразования координат и времени при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

5. Перемещение s называют вектор, проведённый из начального положения движущейся точки в её положении в данный момент времени

Путь - длина участка траектории материальной точки, пройденного ею за определенное время.

Скорость - векторная величина, характеризующая быстроту перемещения и направление движения материальной точки в пространстве относительно выбранной системы отсчёта.

Ускорение - векторная величина, характеризующая быстроту изменения вектора скорости тела во времени. Ускорение изменяет не только скорость тела, но и направление движения.

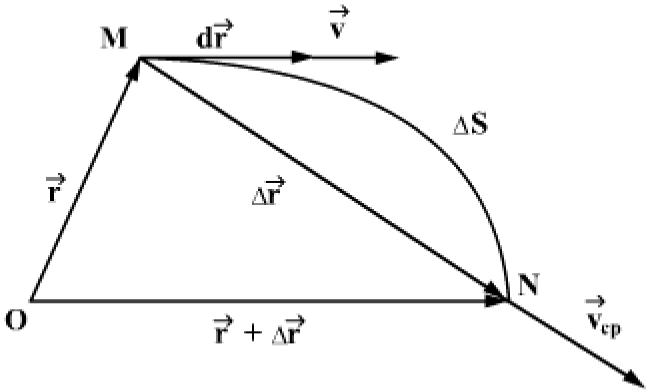
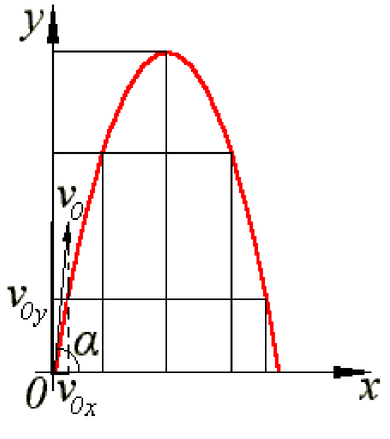
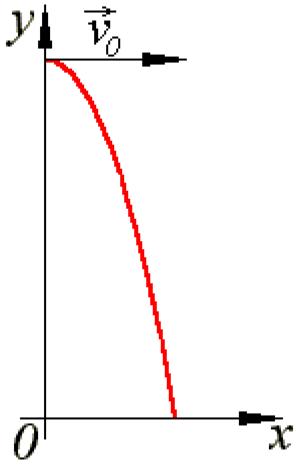


Рис 1.3.



Тело можно бросить и так, чтобы его начальная скорость v0 будет направлена горизонтально (α = 0). Так направлена, например, начальная скорость тела, оторвавшегося от горизонтально летящего самолета. Легко понять, по какой траектории будет двигаться тело. Обратимся к рисунку 15, на котором показана параболическая траектория движения тела, брошенного под углом α к горизонту. В высшей точке траектории параболы скорость тела как раз и направлена горизонтально. Как мы уже знаем, за этой точкой тело движется по правой ветви параболы. Очевидно, что и всякое тело, брошенное горизонтально, тоже будет двигаться по ветви параболы.

Траекторию движения тел, брошенных горизонтально или под углом к горизонту, можно наглядно изучить в простом опыте. Сосуд, наполненный водой, располагают на некоторой высоте над столом и соединяют резиновой трубкой с наконечником, снабженным краном. Выпускаемые струи воды непосредственно показывают траектории движения частиц воды. Таким образом можно наблюдать траектории при разных значениях угла падения α и скорости v0.



Время движения тела, брошенного горизонтально с некоторой начальной высоты, определяется только тем временем, которое необходимо для свободного падения тела с этой начальной высоты. Поэтому, например, пуля, выпущенная стрелком из ружья в горизонтальном направлении, упадет на землю одновременно с пулей, оброненной случайно в момент выстрела (при условии, что стрелок роняет пулю с той же высоты, на которой она находится в ружье в момент выстрела!..). Но оброненная пуля упадет у ног стрелка, а пуля, вылетевшая из ружейного ствола – во многих сотнях метров от него.

6. Криволинейное движение – это движение, траектория которого представляет собой кривую линию (например, окружность, эллипс, гиперболу, параболу). Примером криволинейного движения является движение планет, конца стрелки часов по циферблату и т.д. В общем случае скорость при криволинейном движении изменяется по величине и по направлению.

Криволинейное движение более сложный вид движения, чем *прямолинейное*, поскольку даже если движение происходит на плоскости, то изменяются две координаты, характеризующие положение тела. Скорость и ускорение тела также постоянно изменяются по направлению, а в общем случае и по модулю.

Мгновенная скорость тела при криволинейном движении направлена в любой точке траектории по касательной к траектории в этой точке.

Этот вывод о направлении мгновенной скорости можно подтвердить, наблюдая, как движутся брызги из-под колес буксующего автомобиля или искры при заточке деталей на вращающемся точильном камне.

Рассматривая криволинейное движение тела, мы видим, что его скорость в разные моменты различна. Даже в том случае, когда величина скорости не меняется, все же имеет место изменение направления скорости. В общем случае меняются и величина, и направление скорости.

Таким образом, *в криволинейном движении всегда имеется изменение скорости, т. е. это движение происходит с ускорением.* Для определения этого ускорения (по величине и направлению) требуется найти изменение скорости как вектора, т. е. требуется найти изменение величины и изменение направления скорости.

При криволинейном движении направление скорости тела меняется, поэтому такое движение является неравномерным, даже если модуль скорости остается постоянным.

Криволинейное движение материальной точки считается равномерным движением, если модуль скорости постоянен (например, равномерное движение по окружности), и равноускоренным, если модуль и направление скорости изменяется (например, движение тела, брошенного под углом к горизонту).

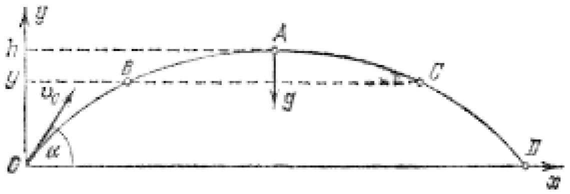
Тангенциальное ускорение в данной точке траектории по направлению совпадает с направлением скорости движения тела или противоположно ему.

$$a_\tau = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_\tau}{\Delta t}$$

Нормальное ускорение - это изменение скорости по направлению за единицу времени:

$$a_n = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_n}{\Delta t}$$

Если начальная скорость брошенного тела направлена вверх под некоторым углом к горизонту, то в начальный момент тело имеет составляющие начальной скорости как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях



7. Рассмотрим подробно движение точки по окружности, при котором ***v* = const**. Такое движение называется равномерным движением по окружности. Естественно, вектор скорости не может быть неизменным (***v*** не равно **const**), так как направление скорости постоянно меняется.

Время, за которое траектория точки опишет окружность, называется периодом обращения точки (**T**). Число оборотов точки в одну секунду называется частотой обращения (***v***). Естественно, перемещение точки за один оборот будет равно нулю. Однако пройденный путь будет равен 2ПиR, а при числе оборотов n путь будет равен 2ПиRn или 2ПиRt/T, где t - время движения.

Угловая скорость – производная от угла поворота по времени.

При равномерном движении по окружности вокруг закрепленной оси, при котором за любые равные промежутки времени радиус-вектор точки поворачивается на одинаковые углы, угловая скорость может рассматриваться как скаляр:

$$\omega_{мгн} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

Углово́е ускоре́ние — псевдовекторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения угловой скорости твёрдого тела. При вращении тела вокруг неподвижной оси, угловое ускорение по модулю равно

$$\alpha = \left|\frac{d\omega}{dt}\right| = \left|\frac{d^2\theta}{dt^2}\right|$$

Линейная скорость точки по определению.

$$v = \lim(\Delta t \to 0)\frac{\Delta S}{\Delta t} = \lim(\Delta t \to 0) R\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = R\lim(\Delta t \to 0)\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = R\frac{d\varphi}{dt} = \omega R$$

Найдем линейные ускорения точек вращающегося тела. Нормальное ускорение: $a_n = \frac{v^2}{R}$ подставляя значение скорости из (2.6), находим: $a_n = \omega^2 R$

Тангенциальное ускорение $a_\tau = \frac{dv}{dt}$ Воспользовавшись тем же отношением, получаем

$$a = \lim(\Delta t \to 0)\frac{\Delta v}{\Delta t} = \lim\frac{\Delta(\omega R)}{\Delta t} = R\varepsilon$$

Таким образом, как нормальное, так и, тангенциальное ускорения растут линейно с расстоянием точки от оси вращения.

8. Свободное падение - это движение тел только лишь под действием притяжения Земли (под действием силы тяжести).

$$g \approx G\frac{M_З}{R_З^2}$$

Реальное ускорение свободного падения на поверхности Земли *зависит от широты, времени суток и других факторов*. Зависимость ускорения свободного падения от радиуса Земли и высоты тела над Землей непосредственно вытекает из формулы закона всемирного тяготения. Независимость этого ускорения от массы падающего тела следует из второго закона Ньютона и закона всемирного тяготения.

9. Точка, движение которой ничем не ограничено, называется свободной. Свободная точка под действием приложенных сил может двигаться в каком угодно направлении. Задачи, в которых рассматривается свободная точка, решаются при помощи основного уравнения динамики (жирным выделены векторные величины) **P** = m**a**.

Первый закон Ньютона постулирует наличие такого явления, как инерция тел. Поэтому он также известен как *Закон инерции*.

Инерция — это явление сохранения телом скорости движения (и по величине, и по направлению), когда на тело не действуют никакие силы. Чтобы изменить скорость движения, на тело необходимо подействовать с некоторой силой. Естественно, результат действия одинаковых по величине сил на различные тела будет различным. Таким образом, говорят, что тела обладают инертностью.

Инертность — это свойство тел сопротивляться изменению их текущего состояния. Величина инертности характеризуется массой тела.

Инерциа́льная систе́ма отсчёта — система отсчёта, в которой справедлив закон инерции: все свободные тела (то есть такие, на которые не действуют внешние силы или действие этих сил компенсируется) движутся прямолинейно и равномерно или покоятся. Эквивалентной является следующая формулировка, удобная для использования в теоретической механике:

Инерциальной называется система отсчёта, по отношению к которой пространство является однородным и изотропным, а время — однородным.

10. Второй закон Ньютона — дифференциальный закон движения, описывающий взаимосвязь между приложенной к материальной точке силой и получающимся от этого ускорением этой точки. Фактически, второй закон Ньютона вводит массу как меру проявления инертности материальной точки в выбранной инерциальной системе отсчёта $F=ma$

Си́ла — векторная физическая величина, являющаяся мерой интенсивности воздействия на данное тело других тел, а также полей. Приложенная к массивному телу сила является причиной изменения его скорости или возникновения в нём деформаций.

Принцип независимости действия сил - принцип механики, согласно которому каждая из сил, действующих на тело, сообщает ему пропорциональное ей ускорение независимо от действия других сил. При этом ускорение тела равно векторной сумме ускорений, сообщаемых ему каждой из этих сил в отдельности.

Гравитационная масса показывает, с какой силой тело взаимодействует с внешними гравитационными полями — фактически эта масса положена в основу измерения массы взвешиванием в современной метрологии, и какое гравитационное поле создаёт само это тело (активная гравитационная масса) — эта масса фигурирует в законе всемирного тяготения.

Инертная масса, которая характеризует меру инертности тел и фигурирует в одной из формулировок второго закона Ньютона. Если произвольная сила в инерциальной системе отсчёта одинаково ускоряет разные исходно неподвижные тела, этим телам приписывают одинаковую инертную массу.

Сила упругости — сила, возникающая при деформации тела и противодействующая этой деформации. В случае упругих деформаций является потенциальной. Сила упругости имеет электромагнитную природу, являясь макроскопическим проявлением межмолекулярного взаимодействия. Сила упругости направлена противоположно смещению, перпендикулярно поверхности. Вектор силы противоположен направлению смещения молекул.

Сила трения — сила, возникающая при относительном движении твёрдых тел и противодействующая этому движению. Относится к диссипативным силам. Сила трения имеет электромагнитную природу, являясь макроскопическим проявлением межмолекулярного взаимодействия. Вектор силы трения направлен противоположно вектору скорости.

Сила сопротивления среды — сила, возникающая при движении твёрдого тела в жидкой или газообразной среде. Относится к диссипативным силам. Сила сопротивления имеет электромагнитную природу, являясь макроскопическим проявлением межмолекулярного взаимодействия. Вектор силы сопротивления направлен противоположно вектору скорости.

Сила нормальной реакции опоры — сила упругости, действующая со стороны опоры на тело. Направлена перпендикулярно к поверхности опоры.

Силы поверхностного натяжения — силы, возникающие на поверхности фазового раздела. Имеет электромагнитную природу, являясь макроскопическим проявлением межмолекулярного взаимодействия. Сила натяжения направлена по касательной к поверхности раздела фаз; возникает вследствие нескомпенсированного притяжения молекул, находящихся на границе раздела фаз, молекулами, находящимися не на границе раздела фаз.

Сила инерции — фиктивная сила, вводимая в неинерциальных системах отсчёта для того, чтобы в них выполнялся второй закон Ньютона. В частности, в системе отсчёта, связанной с равноускоренно движущимся телом сила инерции направлена противоположно ускорению. Из полной силы инерции могут быть для удобства выделены центробежная сила и сила Кориолиса.

11. Третий закон Ньютона - физический закон, в соответствии с которым:
Силы взаимодействия двух материальных точек в инерциальной системе отсчета:
- равны по модулю;
- противоположны по направлению; и
- действуют вдоль прямой, соединяющей точки.

При́нцип суперпози́ции — результат воздействия на частицу нескольких внешних сил есть векторная сумма воздействия этих сил.

В электростатике - напряженность электростатического поля, создаваемого в данной точке системой зарядов, есть сумма напряженностей полей отдельных зарядов.

Принцип суперпозиции может принимать и иные формулировки, которые полностью эквивалентны приведённой выше:

-Взаимодействие между двумя частицами не изменяется при внесении третьей частицы, также взаимодействующей с первыми двумя.

-Энергия взаимодействия всех частиц в многочастичной системе есть просто сумма энергий парных взаимодействий между всеми возможными парами частиц. В системе нет многочастичных взаимодействий.

-Уравнения, описывающие поведение многочастичной системы, являются линейными по количеству частиц.

Виды сил(см. вопрос 10).

12. И́мпульс (Количество движения) — векторная физическая величина, характеризующая меру механического движения тела. В классической механике импульс тела равен произведению массы *m* этой точки на её скорость *v*, направление импульса совпадает с направлением вектора скорости: p=m*v*

Зако́н сохране́ния и́мпульса утверждает, что сумма импульсов всех тел (или частиц) замкнутой системы есть величина постоянная.

В классической механике закон сохранения импульса обычно выводится как следствие законов Ньютона. Из законов Ньютона можно показать, что при движении в пустом пространстве импульс сохраняется во времени, а при наличии взаимодействия скорость его изменения определяется суммой приложенных сил.

15. Деформа́ция — изменение взаимного положения частиц тела, связанное с их перемещением относительно друг друга. Деформация представляет собой результат изменения межатомных расстояний и перегруппировки блоков атомов. Обычно деформация сопровождается изменением величин межатомных сил, мерой которого является упругое механическое напряжение.

Абсолютная деформация выражает абсолютное изменение какого-либо линейного или углового размера, площади сечения или участка граничной поверхности элемента, выделенного в деформируемом теле, или всего тела.

Относительная деформация характеризует относительное изменение тех же величин. Обычно относительную деформацию определяют как отношение абсолютного изменения какого-либо размера к его первоначальному значению.

Си́ла упру́гости — сила, возникающая при деформации тела и противодействующая этой деформации. В случае упругих деформаций является потенциальной. Сила упругости имеет электромагнитную природу, являясь макроскопическим проявлением межмолекулярного взаимодействия. В простейшем случае растяжения/сжатия тела сила упругости направлена противоположно смещению частиц тела, перпендикулярно поверхности.

Зако́н Гу́ка — уравнение теории упругости, связывающее напряжение и деформацию упругой среды. Сила упругости, возникающая в теле при его деформации, прямо пропорциональна величине этой деформации **F=kΔ*l***. Здесь ***F*** — сила натяжения стержня, **Δ*l*** — абсолютное удлинение (сжатие) стержня, а *k* называется *коэффициентом упругости* (или жёсткости).

Модуль Юнга (модуль упругости) — коэффициент, характеризующий сопротивление материала растяжению/сжатию при упругой деформации. Назван в честь английского физика XIX века Томаса Юнга. В динамических задачах механики модуль Юнга рассматривается в более общем смысле — как функционал среды и процесса.

Модуль Юнга рассчитывается следующим образом:

$$E = \frac{F/S}{x/l} = \frac{Fl}{Sx},$$ где:

- *E* — модуль упругости, измеряемый в паскалях
- *F* — сила в ньютонах,
- *S* — площадь поверхности, по которой распределено действие силы,
- *l* — длина деформируемого стержня,
- *x* — модуль изменения длины стержня в результате упругой деформации (измеренного в тех же единицах, что и длина *l*).

16. При наличии относительного движения двух контактирующих тел *силы трения*, возникающие при их взаимодействии, можно подразделить на:

- *Трение скольжения* — сила, возникающая при поступательном перемещении одного из контактирующих/взаимодействующих тел относительно другого и действующая на это тело в направлении, противоположном направлению скольжения.
- *Трение качения* — момент сил, возникающий при качении одного из двух контактирующих/взаимодействующих тел относительно другого.
- *Трение покоя* — сила, возникающая между двумя контактирующими телами и препятствующая возникновению относительного движения. Эту силу необходимо преодолеть для того, чтобы привести два контактирующих тела в движение друг относительно друга. Возникает при микроперемещениях (например, при деформации) контактирующих тел. Она действует в направлении, противоположном направлению возможного относительного движения.

Из опыта известно, что всякое тело, движущееся по горизонтальной поверхности другого тела, при отсутствии действия на него других сил с течением времени замедляет свое движение и в конце концов останавливается. Это можно объяснить существованием силы трения, которая препятствует скольжению соприкасающихся тел друг относительно друга. Силы трения зависят от относительных скоростей тел. Силы трения могут быть разной природы, но в результате их действия механическая энергия всегда превращается во внутреннюю энергию соприкасающихся тел.

Найдем значение *коэффициента трения*. Если тело находится на наклонной плоскости с углом наклона ➔, то оно приходит в движение, только когда тангенциальная составляющая F силы тяжести P больше силы трения $F_{тр}$. Следовательно, в предельном случае (начало скольжения тела) $F=F_{тр}$. или $P\sin ➔_0 = f N = f P \cos ➔_0$, откуда $f = \mathrm{tg} ➔_0$. Таким образом, коэффициент трения равен тангенсу угла $➔_0$, при котором начинается скольжение тела по наклонной плоскости.

17. <u>Механическая работа</u> — это физическая величина, являющаяся скалярной количественной мерой действия силы или сил на тело или систему, зависящая от численной величины и направления силы (сил) и от перемещения точки (точек) тела или системы.

Если на тело действует постоянная сила **F**и это приводит к перемещению Δ **r** тела, то элементарной работой ΔA постоянной силы называется скалярное произведение вектора силы **F** и вектора перемещения Δ**r**: ΔA = (**F**·Δ**r**) = ½ **F**½½Δ **r**½ cos a , где a - угол между направлениями векторов силы **F** и перемещения Δ**r**, (**F**· Δ**r**) – скалярное произведение двух векторов

Работа переменной силы. Если сила или равнодействующая сил изменяет свою величину или направление (движение по криволинейной траектории, причем угол $\alpha \neq 90^0$), то работа ΔA, совершаемая переменной силой **F** (или **F**рез) на конечном участке траектории вычисляется следующим образом.

<u>Диссипативные силы</u> – силы, работа которых всегда отрицательна. Действие таких сил на механическую систему приводит к уменьшению ее полной механической энергии. К диссипативным силам относятся силы трения скольжения и сопротивления среды.

<u>Консервативные силы</u> – стационарные (т. е. не изменяющиеся с течением времени) потенциальные силы. К консервативным силам относятся описываемые законом всемирного тяготения гравитационные силы (в частности, сила тяжести), сила упругости, электростатические силы.

18. *Работа силы тяжести* не зависит от формы траектории движения тела и всегда равна произведению модуля силы тяжести на разность высот в исходном и конечном положениях. $A = mgh$.

Работа силы упругости не зависит от формы траектории. На замкнутой траектории работа силы упругости равна нулю**.** $A = \dfrac{kx_1^2 - kx_2^2}{2}$

<u>Мощность</u> - физическая величина, измеряемая отношением работы к промежутку времени, в течение которого она произведена.

Так как *работа определяется произведением силы на перемещение*, то за единицу работы следует принять работу, совершаемую силой, равной единице, при перемещении точки ее приложения в направлении действия силы на расстояние, равное единице. Из соотношения 1 кГ =9,8 н заключаем: 1 кГм = 9,8 дж. При грубых расчетах можно полагать 1 кГм = 10 дж.

Единица мощности – ватт (Вт): 1 Вт – мощность, при которой за время 1с совершается работа 1 Дж (1 Вт=1 Дж/с).

19. Эне́ргия — скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения материи и мерой перехода движения материи из одних форм в другие.

Кинети́ческая эне́ргия — энергия механической системы, зависящая от скоростей движения её точек. Часто выделяют кинетическую энергию поступательного и вращательного движения.

Потенциальная энергия $U(\vec{r})$ — скалярная физическая величина, характеризующая способность некоего тела (или материальной точки) совершать работу за счет его нахождения в поле действия сил.

Растянутая (или сжатая) пружина способна привести в движение прикрепленное к ней тело, т. е. сообщить этому телу кинетическую энергию. Следовательно, такая пружина обладает запасом энергии. Потенциальной энергией пружины (или любого упруго деформированного тела) называют величину $E_p = \frac{kx^2}{2}$.

Теорема о кинетической энергии - правило для нахождения равнодействующей внешних сил: работа равнодействующей внешних сил, приложенных к телу, равна изменению его полной механической энергии. Изменение кинетической энергии тела равно изменению его потенциальной энергии, взятой со знаком минус, и работе внешних сил.

20. Сила равна градиенту потенциальной энергии, взятого с обратным знаком $\vec{F} = -grad\ W_п$

Вторая космическая скорость (параболическая скорость, скорость освобождения, скорость убегания) — наименьшая скорость, которую необходимо придать объекту (например, космическому аппарату), масса которого пренебрежимо мала по сравнению с массой небесного тела (например, планеты), для преодоления гравитационного притяжения этого небесного тела. Предполагается, что после приобретения телом этой скорости оно не получает негравитационного ускорения (двигатель выключен, атмосфера отсутствует).

Запишем закон сохранения энергии $\frac{mv_2^2}{2} - G\frac{mM}{R} = 0,$ где слева стоят кинетическая и потенциальная энергии на поверхности планеты (потенциальная энергия отрицательна, так как точка отсчета взята на бесконечности), справа то же, но на бесконечности (покоящееся тело на границе гравитационного влияния — энергия равна нулю). Здесь *m* — масса пробного тела, *M* — масса планеты, *R* — радиус планеты, *G* — гравитационная постоянная, v_2 — вторая космическая скорость. Решая это уравнение относительно v_2, получим $v_2 = \sqrt{2G\frac{M}{R}}.$ Между первой и второй космическими скоростями существует простое соотношение: $v_2 = \sqrt{2}v_1$. Квадрат скорости убегания равен удвоенному ньютоновскому потенциалу в данной точке (например, на поверхности планеты): $v_2^2 = 2\Phi = 2\frac{GM}{R}.$

21. Закон сохранения энергии — фундаментальный закон природы, установленный эмпирически и заключающийся в том, что для изолированной физической системы может быть введена скалярная физическая величина, являющаяся функцией параметров системы и называемая энергией, которая сохраняется с течением времени. Поскольку закон сохранения энергии относится не к конкретным величинам и явлениям, а отражает общую, применимую везде и всегда, закономерность, то его можно именовать не законом, а принципом сохранения энергии.

В ньютоновской механике формулируется *частный случай закона сохранения энергии* — Закон сохранения механической энергии, звучащий следующим образом: полная механическая энергия замкнутой системы тел, между которыми действуют только консервативные силы, остаётся постоянной.

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left[\frac{mv^2}{2}+U(\vec{r})\right]=0$$

22. Удар — толчок, кратковременное взаимодействие тел, при котором происходит перераспределение кинетической энергии. Часто носит разрушительный для взаимодействующих тел характер.

Коэффициент восстановления **-** в теории удара, величина, зависящая от упругих свойств соударяющихся тел и определяющая, какая доля начальной относительной скорости этих тел восстанавливается к концу удара

ε, $$\varepsilon=\left(1+\frac{m_2}{m_1}\right)\sqrt{\frac{S_2}{S_0}}-1$$

Абсолютно неупругим ударом называют такое ударное взаимодействие, при котором тела соединяются (слипаются) друг с другом и движутся дальше как одно тело. При абсолютно неупругом ударе механическая энергия не сохраняется. Она частично или полностью переходит во внутреннюю энергию тел (нагревание). Примером абсолютно неупругого удара может служить попадание пули (или снаряда) в баллистический маятник. Маятник представляет собой ящик с песком массой M, подвешенный на веревках. Пуля массой m, летящая горизонтально со скоростью $\vec{\upsilon}$, попадает в ящик и застревает в нем. По отклонению маятника можно определить скорость пули. Обозначим скорость ящика с застрявшей в нем пулей через $\vec{u}$. Тогда по закону сохранения импульса

$$m\upsilon=(M+m)u;\ \ u=\frac{m}{M+m}\upsilon.$$

При застревании пули в песке произошла потеря механической энергии:

$$\Delta E=\frac{m\upsilon^2}{2}-\frac{(M+m)u^2}{2}=\frac{M}{M+m}\frac{m\upsilon^2}{2}.$$

Отношение M / (M + m) – доля кинетической энергии пули, перешедшая во внутреннюю энергию

$$\frac{\Delta E}{E_0}=\frac{M}{M+m}=\frac{1}{1+\frac{m}{M}}.$$

системы:

Эта формула применима не только к баллистическому маятнику, но и к любому неупругому соударению двух тел с разными массами.

$m_1\mathrm{v}_1+m_2\mathrm{v}_2=(m_1+m_2)\,\mathrm{v}$, где **v** - скорость движения шаров после удара.

Тогда $\mathrm{v}=\frac{m_1\mathrm{v}_1+m_2\mathrm{v}_2}{m_1+m_2}$

23. Удар — толчок, кратковременное взаимодействие тел, при котором происходит перераспределение кинетической энергии. Часто носит разрушительный для взаимодействующих тел характер.

Абсолютно упругий удар — модель соударения, при которой полная кинетическая энергия системы сохраняется. В классической механике при этом пренебрегают деформациями тел. Соответственно, считается, что энергия на деформации не теряется, а взаимодействие распространяется по всему телу мгновенно. Хорошей моделью абсолютно упругого удара является столкновение бильярдных шаров или упругих мячиков. Абсолютно упругий удар может выполняться совершенно точно при столкновениях элементарных частиц низких энергий.

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

24. Твёрдое тело — это агрегатное состояние вещества, характеризующееся стабильностью формы и характером теплового движения атомов, которые совершают малые колебания около положений равновесия.

Основной закон динамики вращательного движения. Для тела, вращающегося вокруг оси z, $J_z \cdot \varepsilon = \sum M_{z_i}$, где J_z - момент инерции тела относительно оси вращения z, ε - угловое ускорение тела, $\sum M_{z_i}$ - сумма моментов сил, приложенных к телу, и рассчитанных относительно оси вращения, i - индекс суммирования.

Момент M силы. Вращающее действие силы определяется ее моментом. Моментом $\vec{M}_o$ силы $\vec{F}$ относительно какой-либо точки O называется векторное произведение $\vec{M}_o = [\vec{r} \cdot \vec{F}]$, где $\vec{r}$ - радиус-вектор, проведенный из точки O в точку приложения силы (рис.5). Единица измерения момента силы $[M] = \text{Н} \cdot \text{м}$.

Величина момента силы $M_o = r \cdot F \cdot \sin\left(\widehat{\vec{r}, \vec{F}}\right)$, или можно записать $M_o = F \cdot \ell$, где ℓ - плечо силы (кратчайшее расстояние от точки O до линии действия силы).

Моментом инерции J_z тела относительно какой-либо оси **z** называется сумма произведений масс точек этого тела на квадраты расстояний от этих точек до оси.

$J_z = \sum m_i \cdot r_i^2$, где m_i - масса i -той точки , r_i - кратчайшее расстояние от i -той точки до оси z.

Для сплошных тел момент инерции определяется через интеграл

$J_z = \int r^2 \cdot dm$, где r - расстояние от элемента dm массы тела до оси z.

25. *Сплошной цилиндр* или диск радиуса *r* и массы *m* Ось цилиндра $\frac{1}{2}mr^2$

Сплошной цилиндр длины *l*, радиуса *r* и массы *m* Ось перпендикулярна к цилиндру и проходит через его центр масс $\frac{1}{4}m \cdot r^2 + \frac{1}{12}m \cdot l^2$

Прямой тонкий *стержень* длины *l* и массы *m* Ось перпендикулярна к стержню и проходит через его центр масс $\frac{1}{12}ml^2$

Прямой тонкий *стержень* длины *l* и массы *m* Ось перпендикулярна к стержню и проходит через его конец $\frac{1}{3}ml^2$

26. Момент инерции — скалярная физическая величина, мера инертности тела во вращательном движении вокруг оси, подобно тому, как масса тела является мерой его инертности в поступательном движении. Характеризуется распределением масс в теле: момент инерции равен сумме произведений элементарных масс на квадрат их расстояний до базового множества (точки, прямой или плоскости).

Теорема Штейнера: момент инерции тела *J* относительно произвольной оси равен сумме момента инерции этого тела J_C относительно параллельной ей оси, проходящей через центр масс тела, и произведения массы тела *m* на квадрат расстояния *d* между осями: $J = J_C + md^2$

Где J_C — известный момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела, *J* — искомый момент инерции относительно параллельной оси, *m* — масса тела, *d* — расстояние между указанными осями.

Если алгебраическая сумма моментов всех пар сил, приложенных к телу, имеющему ось вращения, не равна нулю, то тело приобретает угловое ускорение, числовое значение которого прямо пропорционально вращающему моменту $М_{вр}$:
$М_{вр}$ = Jε.

В этом уравнении, выражающем основной закон динамики для вращательного движения тела, множителем пропорциональности является момент инерции тела. Тело с большим моментом инерции труднее привести во вращение.

Единица измерения СИ: кг·м^2.

Сплошной цилиндр или диск радиуса r и массы m	Ось цилиндра	$\frac{1}{2}mr^2$
Прямой тонкий стержень длины l и массы m	Ось перпендикулярна к стержню и проходит через его центр масс	$\frac{1}{12}ml^2$

Теорема Штейнера: Момент инерции твёрдого тела относительно какой-либо оси зависит не только от массы, формы и размеров тела, но также от положения тела по отношению к этой оси.
Согласно теореме Штейнера момент инерции тела J относительно произвольной оси равен сумме момента инерции этого тела J_c относительно оси, проходящей через центр масс тела параллельно рассматриваемой оси, и произведения массы тела m на квадрат расстояния d между осями:
$J = J_c + md^2$ где

J_C — известный момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела,

J — искомый момент инерции относительно параллельной оси,

m — масса тела,

d — расстояние между указанными осями.

Если J_0 — момент инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс тела, то момент инерции относительно параллельной оси, расположенной на расстоянии d от неё, равен

$$J = J_0 + md^2,$$

Основной закон динамики вращения (II закон Ньютона для вращательного движения):
Момент вращающей силы, приложенной к телу, равен произведению момента инерции тела на угловое ускорение.

$$\boxed{\vec{M} = J\,\vec{\varepsilon}}$$

Момент инерции тела характеризует инерционные свойства тела при вращательном движении подобно массе, характеризующей инерционные свойства тела при поступательном движении. Момент инерции тела имеет множество значений, в зависимости от оси вращения.

Если вращающий момент M = const постоянен и момент инерции J = const, то основной закон вращения можно представить в виде

$$\vec{M} = J\frac{\vec{\omega} - \vec{\omega}_0}{\Delta t};$$

$$\boxed{\vec{M}\Delta t = J\vec{\omega} - J\vec{\omega}_0},$$

M Δt - импульс момента силы, Jω-момент импульса тела .

27. Момент импульса твердого тела относительно оси есть сумма моментов импульса отдельных частиц, из которых состоит тело относительно оси. Учитывая, что $\upsilon_i = \omega r_i$, получим

$$L = \sum_{i=1}^{n} m_i \upsilon_i r_i = \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 \omega = \omega \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 = J\omega.$$

Если сумма моментов сил, действующих на тело, вращающееся вокруг неподвижной оси, равна нулю, то момент импульса сохраняется (закон сохранения момента импульса):

$$L = J\omega = const.$$

Производная момента импульса твердого тела по времени равна сумме моментов всех сил, действующих на тело:

$$\frac{dL}{dt} = \sum M.$$

Зако́н сохране́ния моме́нта и́мпульса — векторная сумма всех моментов импульса относительно любой оси для замкнутой системы остается постоянной в случае равновесия системы. В соответствии с этим, момент импульса замкнутой системы относительно любой неподвижной точки не изменяется со временем.

L=const

Кинетическая энергия тела, движущегося произвольным образом, равна сумме кинетических энергий всех n материальных точек па которые это тело можно разбить:

$$W_k = \sum_{i=1}^{n} \frac{m_i v_i^2}{2}$$

Если тело вращается вокруг неподвижной оси с угловой скоростью ω, то линейная скорость i-ой точки равна $v_i = \omega r_i$, где r_i, - расстояние от этой точки до оси вращения. Следовательно.

$$W_{k\,ep} = \frac{\omega^2}{2}\sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2 = \frac{J\omega^2}{2}$$

где J - момент инерции тела относительно оси вращения.

В общем случае движение твердого тела можно представить в виде суммы двух движений - поступательного со скоростью, равной скорости $\vec{v}_C$ центра инерции тела, и вращения с угловой скоростью ω вокруг мгновенной оси, проходящей через центр инерции. При этом выражение для кинетической энергии тела преобразуется к виду

$$W_{kep} = \frac{mv\omega^2}{2} + \frac{J_C\omega^2}{2}$$

где J_C - момент инерции тела относительно мгновенной оси вращения, проходящей через центр инерции.

Работа при вращательном движении твердого тела. Рассчитаем работу силы, вызывающей вращательное движение тела вокруг некоторой оси и приложенной к произвольной точке этого тела. Согласно определению работы имеем:

↱A = F·ds = F⤨·ds.

Поскольку **ds = r·d➔,** то получим следующее выражение для работы:

↱A = F⤨·r·d➔ = M·d➔.

При вращательном движении твердого тела под действием силы Fработа равняется произведению момента этой силы на угол поворота.

Работа переменной силы при повороте тела на конечный угол равняется определенному интегралу от момента сил:

$$A_{1-2} = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} M d\alpha$$.

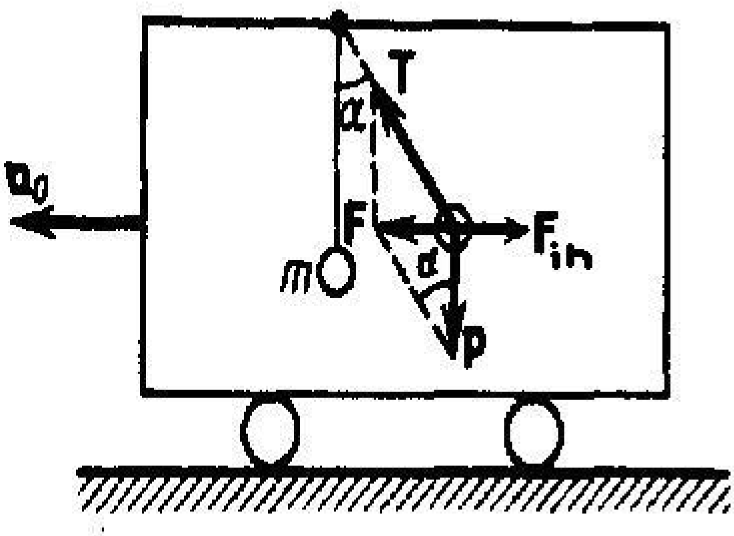
Покажем, работа, совершаемая под действием равнодействующего момента сил, равна изменению кинетической энергии тела. Действительно,

↱A = M·d➔🖮= I·⤢·d➔ = I·(dw/dt)·w·dt = I·d(w^2/2),
где M - суммарный момент всех сил, действующих на тело.

Произведя интегрирование по углу, получим:

A_{12} = I·w_2^2/2 - I·w_1^2/2 = ✐$E_к$.

28(29). Законы Ньютона выполняются только в инерциальных системах отсчета. Системы отсчета, которые движутся относительно инерциальной системы с ускорением, называются неинерциальными. В неинерциальных системах законы Ньютона применять нельзя. Однако законы динамики можно применять и для них, если кроме сил, которые обусловлены воздействием тел друг на друга, ввести в рассмотрение понятие силы особого рода - так называемую силу инерции.



На тележке к штативу на нити подвешен шарик массой m (рис. 1). Пока тележка покоится или движется прямолинейно и равномерно, нить, которая удерживает шарик, занимает вертикальное положение и сила тяжести P уравновешивается силой реакции (натяжения) нити T.

Рис.1

Если тележку привести в поступательное движение с ускорением a_0, то нить будет отклоняться от вертикали в сторону, обратную движению, до такого угла α, пока результирующая сила **F=P+T** не даст ускорение шарика, равное $\mathbf{a_0}$. Значит, результирующая сила F направлена в сторону ускорения тележки $\mathbf{a_0}$ и для установившегося движения шарика (теперь шарик движется вместе с тележкой с ускорением a_0) равна **F=mg tgα=ma**$_\mathbf{0}$, откуда

$$tg\alpha = \frac{a_0}{g}$$

т. е. угол отклонения нити от вертикали тем больше, чем больше ускорение тележки.

В системе отсчета, которая связана с ускоренно движущейся тележкой, шарик покоится, что возможно, если сила **F** уравновешивается равной и противоположно направленной ей силой $\mathbf{F_{in}}$, которая является ничем иным, как силой инерции, так как на шарик никакие другие силы не действуют. Таким образом,

$$F_{in} = -ma_0 \quad (2)$$

30. *Силы инерции*, действующие на тело, покоящееся во вращающейся системе отсчета. Пусть диск равномерно вращается с угловой скоростью **ω (ω=const)** вокруг перпендикулярной ему оси, которая проходит через его центр. На диске установлены маятники, на разных расстояниях от оси вращения и на нитях висят шарики массой **m.** Когда диск начнет вращаться, шарики отклоняются от вертикали на некоторый угол (рис. 2).

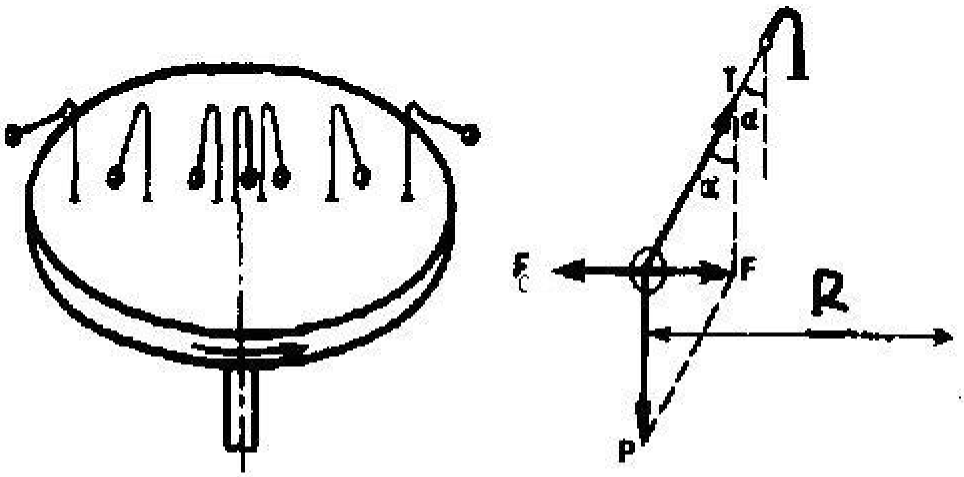


Рис.2

В инерциальной системе отсчета, которая связана, например, с помещением, где установлен диск, происходит равномерное вращение шарика по окружности радиусом R (расстояние от центра вращающегося шарика до оси вращения). Значит, на него действует сила, равная $F=m\omega^2 R$ и которая направлена перпендикулярно оси вращения диска. Она является равнодействующей силы тяжести P и силы реакции (натяжения) нити T: **F=P+T.** Когда движение шарика установится, то **$F=mg\,tg\alpha=m\omega^2 R$,** откуда

$$tg\alpha = \frac{\omega^2 R}{g}$$

т. е. углы отклонения нитей маятников будут тем больше, чем больше угловая скорость вращения &omega и чем больше расстояние R от центра шарика до оси вращения диска;.

Относительно системы отсчета, которая связана с вращающимся диском, шарик покоится, что возможно, если сила F уравновешивается равной и противоположно направленной ей силой F_c, являющаяся ничем иным, как силой инерции, так как никакие другие силы на шарик не действуют. Сила F_c, называемая <u>центробежной силой инерции</u>, направлена по горизонтали от оси вращения диска и равна

$$F_C = -ma_0\omega^2 R \quad (3).$$

Из формулы (3) следует, что центробежная сила инерции, которая действует на тела во вращающихся системах отсчета и которая направлена в сторону радиуса от оси вращения, зависит от угловой скорости вращения ω системы отсчета и радиуса R, но при этом не зависит от скорости тела относительно вращающихся систем отсчета. Значит, *центробежная сила инерции действует во вращающихся системах отсчета на все тела, которые удалены от оси вращения на конечное расстояние*, при этом не имеет значения, покоятся ли они в этой системе отсчета (как мы предполагали до сих пор) или движутся относительно нее с некоторой скоростью

33. <u>Колебания</u> являются процессами, повторяющимися через одинаковые промежутки времени. В зависимости от физической природы повторяющегося процесса различают колебания механические, электромагнитные, электромеханические и т.п. При механических колебаниях периодически изменяются положения и координаты тел. При электрических – напряжение и сила тока. В зависимости от характера воздействия на колеблющуюся систему различают свободные колебания, вынужденные, автоколебания и параметрические колебания.

Гармоническое колебание описывается периодическим законом

$$x(t) = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$.

<u>Биение</u> – периодическое изменения амплитуды колебания, возникающие при сложении двух гармонических колебаний с близкими частотами.
<u>Результирующее колебание</u> – колебание векторной суммы других колебаний
Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биения
Пусть совершаются два гармонических колебания одного направления и одинаковой частоты

$$\begin{cases} x_1 = A_1\cos(\omega_0 t + \varphi_1) \\ x_2 = A_2\cos(\omega_0 t + \varphi_2) \end{cases} \quad (4.1)$$

Уравнение результирующего колебания будет иметь вид

$$x = x_1 + x_2 = A\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

Убедимся в этом, сложив уравнения системы (4.1)

$$x = A_1\cos(\omega t + \varphi_1) + A_2\cos(\omega t + \varphi_2)$$

Применив теорему косинусов суммы и сделав алгебраические преобразования:

$$x = (A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2)\cos\omega t - (A_1\sin\varphi_1 - A_2\sin\varphi_2)\sin\omega t \quad (4.2)$$

Можно найти такие величины A и ф0 , чтобы удовлетворялись уравнения

$$\begin{cases} A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2 = A\cos\varphi_0 \\ A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2 = A\sin\varphi_0 \end{cases} \quad (4.3)$$

Рассматривая (4.3) как два уравнения с двумя неизвестными A и ф0, найдем, возведя их в квадрат и сложив, а затем разделив второе на первое:

$$\begin{cases} A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1) \\ tg\varphi_0 = \dfrac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2} \end{cases}$$

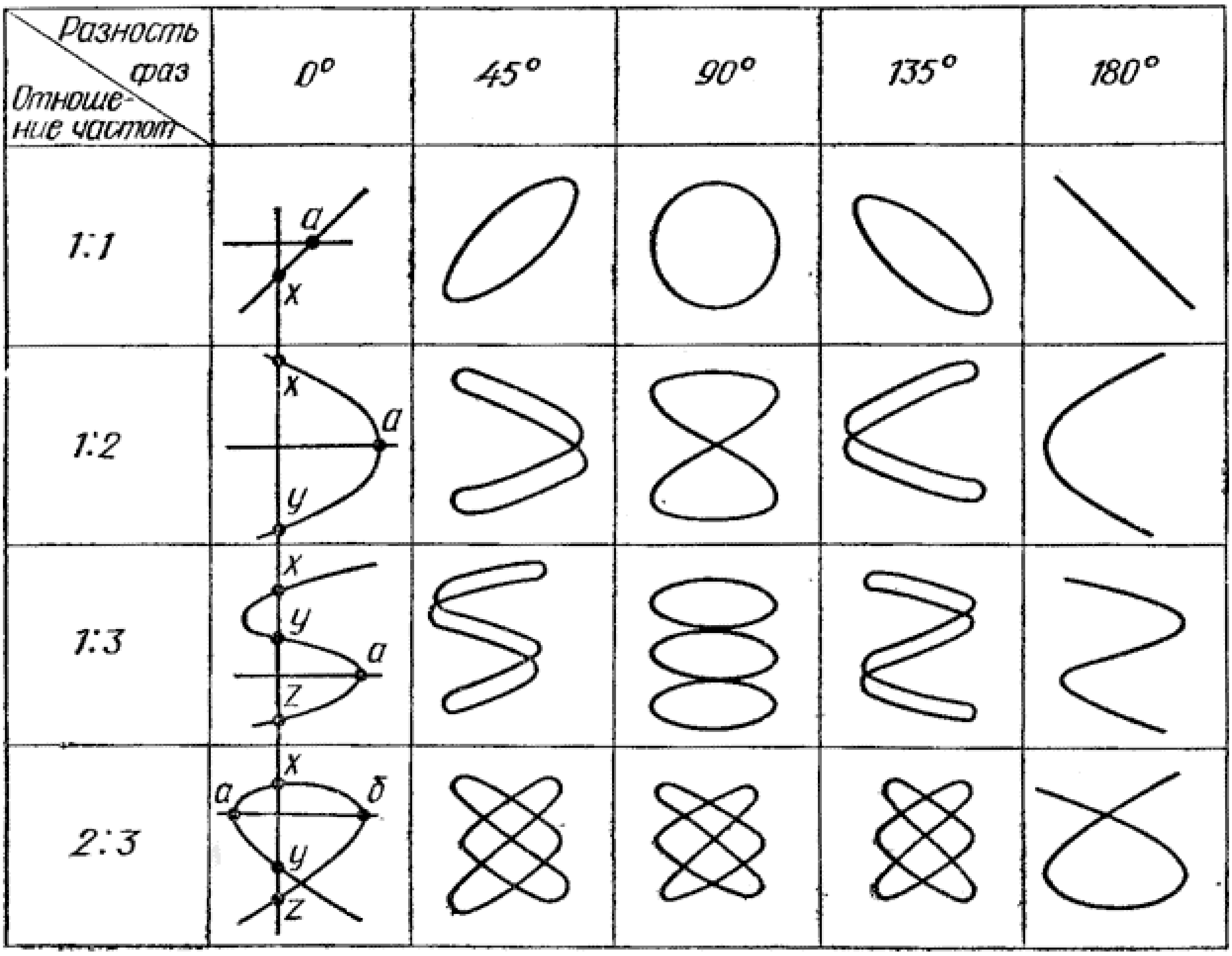
Подставляя (4.3) в (4.2), получим:

$$x = A(\cos\varphi_0\cos\omega t - \sin\varphi_0\sin\omega t)$$

Или окончательно, используя теорему косинусов суммы, имеем:

$$x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$$

34.



Найдем результат сложения двух гармонических колебаний одинаковой частоты ω, которые происходят во взаимно перпендикулярных направлениях вдоль осей x и y. Начало отсчета для простоты выберем так, чтобы начальная фаза первого колебания была равна нулю, и запишем это в виде

$$\begin{cases} x = A\cos\omega t \\ y = B\cos(\omega t+\alpha) \end{cases} \quad (1)$$

где α — разность фаз обоих колебаний, A и B равны амплитудам складываемых колебаний. Уравнение траектории результирующего колебания определим исключением из формул (1) времени t. Записывая складываемые колебания как

$$\frac{x}{A} = \cos\omega t$$

$$\frac{y}{B} = \cos(\omega t+\alpha) = \cos\omega t\cos\alpha - \sin\omega t\sin\alpha$$

и заменяя во втором уравнении $\cos\omega t$ на $\frac{x}{A}$ и $\sin\omega t$ на $\sqrt{1-\left(\frac{x}{A}\right)^2}$, найдем после несложных преобразований уравнение эллипса, у которого оси ориентированы произвольно относительно координатных осей:

$$\frac{x^2}{A^2} - \frac{2xy}{AB}\cos\alpha + \frac{y^2}{B^2} = \sin^2\alpha \quad (2)$$

x — смешение — величина, характеризующая положение колеблющейся точки в момент времени t относительно положения равновесия и измеряемая расстоянием от положения равновесия до положения точки в заданный момент времени;

А — амплитуда колебаний — максимальное смещение тела из положения равновесия;

T — период колебаний — время совершения одного полного колебания; т.е. наименьший промежуток времени, по истечении которого повторяются значения физических величин, характеризующих колебание;

φ_0 — начальная фаза; $\varphi = \frac{2\pi}{T}t + \varphi_0'$ — фаза колебании в момент времени t. Фаза колебаний — это аргумент периодической функции, который при заданной амплитуде колебаний определяет состояние колебательной системы (смещение, скорость, ускорение) тела в любой момент времени.

$\nu = \frac{1}{T}$ -частота-это число колебаний за 1 с, величина обратная периоду.

35. Пружинный маятник – это груз массой М, подвешенный на абсолютно упругой пружине и совершающий гармонические колебания под дейтсвием упругой силы **F=-kx**, где К- жесткость пружины.
Период колебаний – время, за которое тело совершает 1 колебание.

Механическая энергия незатухающих колебаний. Рассмотрим груз на пружине, совершающий гармонические колебания.

Система, совершающая гармонические колебания называется гармоническим осциллятором.

Так как $\mathbf{F_{тр} = 0}$, то система "груз + пружина" является замкнутой и консервативной, то ее полная механическая энергия, равная сумме кинетической и потенциальной энергий, не изменяется:

$\mathbf{E = E_к + E_п = const.}$

Подсчитаем полную механическую энергию E гармонического осциллятора, совершающего колебания по закону $\mathbf{x = A \cdot \sin(w_0 \cdot t + \varphi_0)}$. При выводе учтем, что $\mathbf{k = w_0^2 \cdot m}$.

$\mathbf{E_к = m \cdot v^2/2 = m \cdot A^2 \cdot w_0^2/2 \cdot \cos^2(w_0 \cdot t + \varphi_0)}$;
$\mathbf{E_п = k \cdot x^2/2 = m \cdot A^2 \cdot w_0^2/2 \cdot \sin^2(w_0 \cdot t + \varphi_0)}$.

Следовательно,

$\mathbf{E = m \cdot A^2 \cdot w_0^2}$. (9.12)

Энергия гармонического незатухающего осциллятора пропорциональна квадрату амплитуды и собственной частоты и пропорциональна его массе.

36. Период колебаний – время, за которое тело совершает 1 колебание.

Математический маятник – идеализированная система, состоящая из материальной точки массой М, подвешенной на нерастяжимой невесомой нити, и колеблющаяся под дейтсвием сил тяжести.

Важнейший вывод: период колебаний математического маятника не зависит от массы тела!

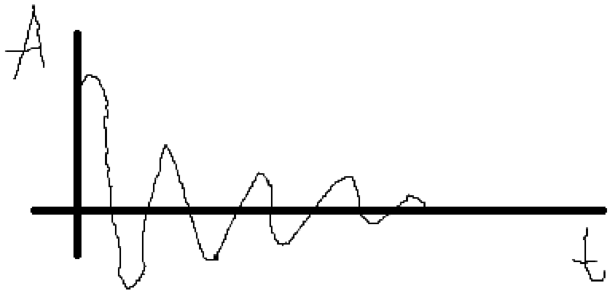
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

37. Физическим маятником называется твердое тело, колеблющееся относительно неподвижной горизонтальной оси (оси подвеса), не проходящей через центр тяжести.
Период колебаний – время, за которое тело совершает 1 колебание.
Приведённая длина — это условная характеристика физического маятника. Она численно равна длине математического маятника, период которого равен периоду данного физического маятника

$$l = \frac{I}{ma}$$

где I — момент инерции относительно точки подвеса, m — масса, a — расстояние от точки подвеса до центра масс.

38. Затухающие колебания — колебания, энергия которых уменьшается с течением времени



39. Затухающие колебания – колебания, амплитуды которых из-за потерь энергии реальной колебательной системой с течением времени уменьшаются.
Время релаксации τ – время, в течение которого амплитуда А уменьшается в e раз.
Логарифмический декремент затухания χ есть физическая величина, обратная числу колебаний, по истечении которых амплитуда А уменьшается в е раз. ϴ=1/N, N- число колебаний, совершаемых за время уменьшения амплитуды.
Добротность колебательной системы - отношение энергии, запасённой в колебательной системе, к энергии, теряемой системой за один период колебания. Добротность характеризует качество колебательной системы, т.к. чем больше Д. к. с., тем меньше потери энергии в системе за одно колебание. Q=πN
Коэффициент затухания - количественная характеристика сопротивления колеблющейся системы колебательному движению δ=const

40. Вынужденные колебания — колебания, происходящие под воздействием внешних сил, меняющихся во времени.

Резона́нс — явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, которое наступает при приближении частоты внешнего воздействия к некоторым значениям (резонансным частотам), определяемым свойствами системы. Увеличение амплитуды — это лишь следствие резонанса, а причина — совпадение внешней (возбуждающей) частоты с внутренней (собственной) частотой колебательной системы. При помощи явления резонанса можно выделить и/или усилить даже весьма слабые периодические колебания.

41. Закон Архимеда – на тело, погруженное в жидкость/газ, действует со стороны этой жидкости направленная вверх выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости/газа: **Fa = pgV**, где p- плотность, V- объем

Гидравлический пресс — это промышленная машина, которая позволяет, прилагая в одном месте небольшое усилие, одновременно получать в другом месте высокое усилие. Гидравлический пресс состоит из двух сообщающихся гидравлических цилиндров (с поршнями) разного диаметра. Цилиндр заполняется гидравлической жидкостью водой, маслом или другой подходящей жидкостью

P= pgh – гидростатическое давление

В сообщающихся сосудах жидкость находится на одинаковом уровне всегда. Сообщающиеся сосуды – сосуды соединенные трубкой.

Закон Паскаля - Давление, производимое на покоящуюся жидкость или газ, передается в любую точку жидкости или газа одинаково по всем направлениям.

Гидродина́мика — раздел физики сплошных сред, изучающий движение идеальных и реальных жидкости и газа

42. Уравнение неразрывной струи – $S_2 v_2 = S_1 v_1 = const$
Несжимаемая, не обладающая вязкостью жидкость называется идеальной жидкостью

Это число, которое теперь называют числом Рейнольдса и обозначают Re, характеризует поток и равно:

Re = vLρ/η

где ρ — плотность жидкости, v — скорость потока, а L — характерная длина элемента потока (в этой формуле важно помнить, что Re — это одно число, а не произведение R × e).

Теперь давайте посмотрим на размерность составляющих числа Рейнольдса:

- размерность коэффициента вязкости η — ньютоны умножить на секунды разделить на кв. метры, или н·с/м^2. Если вспомнить, что, по определению, н = кг·м/с^2, мы получимкг/м·с
- размерность плотности ρ — килограммы разделить на кубические метры, или кг/м^3
- размерность скорости v — метры разделить на секунды, или м/с
- размерность длины элемента потока L — метры, или м

Для каждого вида течения существует *критическое число Рейнольдса*, Re_{cr}, которое, как принято считать, определяет переход от ламинарного течения к турбулентному.

Ламинарное течение – вдоль пока каждый выделенный тонкий слой скользит относительно соседних, не перемешиваясь с ним. Турбулентное(вихревое) течение- вдоль потока происходит интенсивное перемешивание и вихреобразование жидкости.

Уравнение Бернулли:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + p = \mathrm{const}.$$

Это уравнение и есть уравнение Бернулли. Это уравнение является следствием закона сохранения энергии для установившегося течения идеальной жидкости (p - статическое давление, p*(v*v)/2 - динамическое давление, pgh - гидростатическое давление).

43. *Сила сопротивления зависит от формы тела*. Придание телу специально рассчитанной обтекаемой формы существенно уменьшает силу сопротивления, так как в этом случае жидкость всюду прилегает к его поверхности и позади него не завихрена.

Если скорость движения тела невелика, то *сила сопротивления прямо пропорциональна модулю скорости*: $F_c = k\upsilon$, где k — коэффициент пропорциональности, который зависит от рода вязкой среды, формы и размеров тела. *Если скорость движения тела возрастает, то возрастает и сила сопротивления:*

Лобовое сопротивление – сила направленная в противоположную сторону движения тела, направлена по потоку

R=C*(pV V)S/2, где V- скорость, p – плотность среды, C – безразмерный коэффициент сопротивления, S – площадь наибольшего поперечного сечения.
Угол атаки – угол к потоку вещества, для крыла чем меньше угол, тем меньше лобовое сопротивление. Подъемная сила крыла самолета. Воздух, обтекающий крыло, движется над крылом быстрее, чем под крылом. Следовательно, давление под крылом больше, чем над крылом, в результате чего и возникает подъемная сила.

44. Процесс распространения механических колебаний в среде называют механической волной.
Стоячие волны – волны, образующиеся при наложении двух бегущих волн, распространяющихся навстречу друг другу с одинаковыми частотами и амплитудами.
Интерференция волн — взаимное усиление или ослабление амплитуды двух или нескольких когерентных волн, одновременно распространяющихся в пространстве. Сопровождается чередованием максимумов и минимумов (пучностей) интенсивности в пространстве. *Результат*

интерференции (интерференционная картина) зависит от разности фаз накладывающихся волн. Волны называют когерентными, если разность их фаз остается постоянной во времени.
Интенсивность волны электромагнитной или звуковой – средняя по времени энергия, которую электромагнитная или звуковая волна переносит в единицу времени через единицу площади поверхности, расположенной перпендикулярно к направлению распространения волны. И. в. пропорциональна квадрату её амплитуды.
Скорость распространения упругих волн – скорость перемещения фазы волны.
Уравнение бегущей волны **$e(x, t)= A\cos\omega(t+x/v)$**

45. Звуковыми волнами называются распространяющиеся в среде упругие волны, обладающие частотами в пределах 16-20к гц и слышимые для человека. Инфразвуковые($v<16$)и Ультразвуковые($v>20$к) человеком не воспринимаются.
Эффе́кт До́плера — изменение частоты и длины волн, регистрируемых приёмником, вызванное движением их источника и/или движением приёмника. Его легко наблюдать на практике, когда мимо наблюдателя проезжает машина с включённой сиреной. Предположим, сирена выдаёт какой-то определённый тон, и он не меняется. Когда машина не движется относительно наблюдателя, тогда он слышит именно тот тон, который издаёт сирена. Но если машина будет приближаться к наблюдателю, то частота звуковых волн увеличится (а длина уменьшится), и наблюдатель услышит более высокий тон, чем на самом деле издаёт сирена. В тот момент, когда машина будет проезжать мимо наблюдателя, он услышит тот самый тон, который на самом деле издаёт сирена. А когда машина проедет дальше и будет уже отдаляться, а не приближаться, то наблюдатель услышит более низкий тон, вследствие меньшей частоты (и, соответственно, большей длины) звуковых волн.
Интенсивность звука(сила звука) – величина, определяемая средней по времени энергией, переносимой звуковой волной в единицу времени сквозь единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны. **$I = W/(S*t)$.** Для каждой частоты существует наибольшая(порог болевого ощущения) и наименьшая(порог слышимости) интенсивность звука, которые способны вызывать звуковое восприятие.
Громкость звука – субъективная хар-ка звука, зависящая от частоты и амплитуды колебания. Измер*яется в децибелах*
Высота звука – определяется частотой звуковой волны(периодом волны). Чем выше частота, тем выше звучание.
Тембр звука – звуковое ощущение, определяемое характером акустического спектра и распределения энергии между определенными частотами.
Ревербация звука – процесс постепенного затухания звука в закрытых помещениях после выключения источника звука.
Природа звука(источник звука) – может быть любое колеблющееся в упругой среде со звуковой частотой тело.