1. Основные кинематические величины (радиус-вектор, траектория, перемещение, путь,

скорость, ускорение). Путь и перемещение. Сложение скоростей и ускорений.

Координатная, векторная и параметрическая формы записи закона движения. Система

отсчета.

***Тело*** ***отсчета*** — произвольно выбранное тело, относительно которого определяется положение остальных тел.

***Система*** ***отсчета*** — совокупность системы координат и часов, связанных с телом отсчета.

Наиболее употребительная система координат — ***декартовая*** — ортонормированный базис которой образован тремя единичными по модулю и

взаимно ортогональными векторами *i* , *j*,*k* , проведенными из начала

координат.

r

Положение произвольной точки *M* характеризуется ***радиусом-вектором*** *r* , соединяющим начало координат *O* с точкой *M* .

*r* = *x*×*i* + *y* ×*j* + *z* ×*k* , *r* = *r* = *x*2 + *y*2 + *z*2

Движение материальной точки полностью определено, если декартовы координаты материальной точки заданы в зависимости от времени *t* (от лат. *tempus*):

*x* = *x*(*t*),*y* = *y*(*t*),*z* = *z*(*t*) - ***кинемати-ческими*** ***уравнениями*** ***движения*** ***точки***.

Они эквивалентны одному векторному уравнению движения точки: *r* = *r*(*t*).

Линия, описываемая движущейся материальной точкой (или телом) относительно выбранной системы отсчета называется ***траекторией***. Уравнение траектории можно получить, исключив

параметр *t* из кинематических уравнений.

В зависимости от формы траектории движение может быть ***прямолинейным*** или ***криволинейным*.**

***Длиной*** ***пути*** точки называется сумма длин всех участков траектории, пройденных этой точкой за рассматриваемый промежуток времени

*s* = *s*(*t*).

Длина пути — ***скалярная*** функция времени.

***Вектор*** ***перемещения*** *r* = *r* – *r0* — вектор,

проведенный из начального положения движущейся точки в положение ее в данный момент времени (приращение радиуса-вектора точки за рассматриваемый промежуток времени).

*r* = *r* − *r* = *r*(*t*) − *r*(*t*0) = *x*× + *y* ×*j* + *z* ×

В пределе *t* стремящейся к 0 длина пути по хорде *s* и длина хорды *r* = *r* будут

все меньше отличаться: *ds* = *dr* = *dr*.

***Скорость*** — это *векторная* величина, которая определяет как быстроту движения, так и его направление в данный момент времени.

<V>=Δr/Δt

*Направление* вектора средней скорости совпадает с направлением *r* . ***Единица*** ***скорости*** — м/с.

r

***Мгновенная*** ***скорость*** — векторная величина, равная первой производной по времени от радиуса-вектора *r* рассматриваемой точки:

V=limΔt-0 Δr/Δt=dr/dt=(r)’

Вектор мгновенной скорости направлен по *касательной* к траектории в

сторону движения. Модуль мгновенной скорости (*скалярная* величина) равен первой производной пути по времени.

V=|V|=limΔt-0 |Δr|/Δt= limΔt-0 |Δs|/Δt=ds/dt

(Отсюда: *ds* = *dt*.)

При неравномерном движении модуль мгновенной

скорости с течением времени изменяется. Поэтому можно ввести

<V>***среднюю*** ***скорость неравномерного*** ***движения*** (другое название — *средняя* *путевая* *скорость*)

<V>=Δs/Δt

***Длина*** ***пути*** *s*, пройденного точкой за промежуток времени от *t*1 до *t*2, задается интегралом:

При ***прямолинейном*** ***движении*** точки направление вектора скорости сохраняется неизменным.

Движение точки называется ***равномерным***, если модуль ее скорости не изменяется с течением времени (t = *const*), для него s=V\*Δt

Если модуль скорости увеличивается с течением времени, то движение называется ***ускоренным***, если же он убывает с течением времени, то движение называется ***замедленным***.

***Ускорение*** *a* (от лат. *acceleratio*) — это векторная величина, характери-зующая быстроту изменения скорости по модулю и направлению.

***Среднее*** ***ускорение*** в интервале времени Δ*t* — векторная r величина, равная отношению изменения скорости к интервалу времени *t*:

***Мгновенное*** ***ускорение*** материальной точки — векторная величина, равная первой производной по времени скорости рассматриваемой точки (второй производной по времени от радиуса-вектора этой же точки):

В общем случае плоского криволинейного движения вектор ускорения удобно представить в виде *суммы* *двух* *проекций*: *a* = *an* + *aτ*

***Тангенциальное*** ускоре-ние *aτ* характеризует быстроту изменения скорости по модулю

***Нормальное*** ***(центростремительное)*** ускорение *an* направлено по нормали к траектории к центру ее кривизны *O* и характеризует

*быстроту* *изменения* *направления* вектора скорости точки. Величина нормального ускорения *an* связана со скоростью движения по кругу и величиной радиуса |V1|=|V2|=V

Величина ***полного*** *ускорения*:

**Виды** **движения**:

**1)** *a* τ= 0, *an* = 0 — ***прямолинейное*** ***равномерное*** движение: *a* = 0.

**2)** *a* τ= *a* = *const*, *an* = 0 — ***прямолинейное*** ***равнопеременное*** ***(равноуско-ренное)*** движение.

**3)** *aτ* = 0, *an* = *const* =а — ***равномерное*** ***дви-жение*** ***по*** ***окружности***.

**4)** *a*τ=0, *an*=0 — ***криволинейное*** ***равноперемен-ное*** ***движение*.**

2. Динамика поступательного движения материальной точки. Инерциальные системы отчета. Законы Ньютона. Силы. Сложение сил. Масса. Импульс.

**Первый закон Ньютона.**

Материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние.

*Стремление* *тела* сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения *называется* ***инертностью***. Поэтому первый закон Ньютона называют также ***законом*** ***инерции***. Первый закон Ньютона

*постулирует* существование ***инерциальных*** ***систем*** ***отсчета*** — таких, относительно которых, материальная точка, не подверженная воздействию других тел, движется равномерно и прямолинейно.

Чтобы описывать воздействия, упоминаемые в первом законе Ньютона, вводят понятие ***силы***. Для описания *инерционных* свойств тел вводится понятие ***массы***.

***Сила*** — векторная величина, являющаяся *мерой* *механического* *действия* на тело со стороны других тел или полей, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет форму и размеры.

Механическое взаимодействие может осуществляться как *между* *непосредственно* контактирующими телами (например, при ударе, трении, давлении друг на друга и т. п.), так и *между* *удаленными* *телами*.

Сила *F* полностью задана, если указаны ее *модуль* *F* , *направление* в пространстве и *точка* *приложения*.

Прямая, вдоль которой направлена сила, называется ***линией*** ***действия*** ***силы.*** ***Центральными*** называются силы, которые всюду направлены вдоль прямых, проходящих через одну и ту же неподвижную точку — *центр* *сил*, и

зависят только от расстояния до центра сил. r

Поле, действующее на материальную точку с силой , называется

***стационарным*** ***полем***, если оно не изменяется с течением времени. Одновременное действие на материальную точку нескольких сил

эквивалентно действию одной силы, называемой ***равнодействующей***, или ***результирующей***, силой и *равной* *их* *геометрической* *сумме*.

***Единица*** ***силы*** **—** **ньютон** **(Н):** 1Н — сила, которая массе в 1кг сообщает ускорение 1м/с2 в направлении действия силы.

***Масса*** – мера инертности**.**

Векторная величина *p*, равная произведению массы *m* материальной точки на ее скорость V, и имеющая направление скорости, называется ***импульсом***, или ***количеством*** ***движения***,этой материальной точки.

**Второй закон Ньютона**

Второй закон Ньютона — основной закон динамики поступательного движения — отвечает на вопрос, как изменяется механическое движение материальной точки (тела) под действием приложенных к ней сил.

**Ускорение,** **приобретаемое** **материальной** **точкой** **(телом),** **пропорцио-нально** **вызывающей** **его** **силе,** **совпадает** **с** **ней** **по** **направлению** **и** **обратно** **пропорционально** **массе** **материальной** **точки** **(тела):**

Более общая формулировка второго закона Ньютона: **скорость**

**изменения** **импульса** **материальной** **точки** **равна** **действующей** **на** **нее** **силе**.

r

Векторная величина *Fdt* называется ***элементарным*** ***импульсом*** ***силы*** *F* за ***малое*** время *dt* ее действия. Импульс силы за промежуток времени *t*1

определяется интегралом *.* Согласно второму закону Ньютона **изменение****импульса** **материальной** **точки** равно **импульсу** **действующей** **на** **нее** **силы**:

*dp* = *Fdt* и *p* = *p*2 − *p*1 =

Основной закон динамики материальной точки выражает принцип причинности в классической механике — ***однозначная*** ***связь*** *между* *изменением* *с* *течением* *времени* *состояния* *движения* *и* *положения* *в* *пространстве* *материальной* *точки* *и* *действующими* *на* *нее* *силами,* *что* *позволяет,* *зная* начальное *состояние* *материальной* *точки,* вычислить ее состояние *в* *любой* *последующий* *момент* *времени.*

**Третий закон Ньютона**

**Всякое** **действие** **материальных** **точек** **(тел)** **друг** **на** **друга** **имеет** **характер** **взаимодействия;** **силы** **с** **которыми** **действуют** **друг** **на** **друга** **материальные** **точки,** **всегда** **равны** **по** **модулю,** **противоположно** **направлены** **и** **действуют** **вдоль** **прямой,** **соединяющей** **эти** **точки.**

Эти силы приложены к *разным* материальным точкам (телам), всегда действуют *парами* и являются силами *одной природы*.

Третий закон Ньютона позволяет перейти от динамики отдельной материальной точки к динамике произвольной системы материальных точек, поскольку позволяет свести любое взаимодействие к силам парного взаимодействия между материальными точками.

3.Понятие работы, мощности. Работа переменной силы. Консервативные и

неконсервативные силы.

***Работа*** ***силы*** **—** это количественная характеристика процесса обмена

энергией между взаимодействующими телами.

При *прямолинейном* *движении* тела под действием *постоянной* силы ,

которая составляет некоторый угол с направлением перемещения, работа этой силы равна *A*= *Fss* = *Fs*cos

*В общем случае* сила может изменяться как по модулю, так и по направлению, поэтому этой формулой пользоваться нельзя. Однако на элементарном (беско-нечно малом) перемещении *dr* можно ввести *скалярную*

величину — ***элементарную*** ***работу*** *dA* ***силы*** *F* : *dA* = *Fdr* = *F* cos

*ds* = *Fsds*

Тогда ***работа*** ***силы*** ***на*** ***участке*** ***траектории*** от точки 1 до точки 2 равна алгебраической сумме элементарных работ на отдельных бесконечно малых участках пути *A*= *Fds*cos = *Fsds*

1 1

Если зависимость *Fs* от *s* представлена графически, то работа *A* опре-деляется площадью заштрихованной фигуры (см. рисунок).

***Консервативной*** ***(потенциальной)*** *называют* *силу,* *работа* *которой* *определяется* *только* *начальным* *и* *конечным* *положениями* *тела* *и* *не* *зави-сит* *от* *формы* *пути.* Консервативными силами являются силы тяготения, упругости. Все центральные силы консервативны. Примером ***неконсерватив-ных*** сил являются силы трения.

Чтобы охарактеризовать *скорость* *совершения* *работы*, вводят понятие

***мощности*.** Мощность *N* равна скалярному r произведению вектора силы на вектор скорости, с которой движется точка приложения этой силы.

***Единица*** ***работы*** — джоуль (Дж) – работа совершаемая силой 1Н на пути 1м: 1Дж=1Н×м.

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

4. Понятие потенциального силового поля. Потенциальная и кинетическая энергии. Связь между потенциальной энергии и силой. Полная механическая энергия.

***Потенциальное*** ***поле*** — поле, в котором работа, совершаемая силами при перемещении тела из одного положения в другое, не зависит от того, по какой траектории это перемещение произошло, а зависит только от начального и конечного положений. Силы, действующие в таких полях, называются ***консервативными*** (например, сила тяготения)**.** Если же работа, совершаемая силой, зависит от траектории перемещения тела из одной точки в другую, то такая сила называется ***диссипативной*** (например, сила трения).

***Работа*** ***консервативных*** ***(потенциальных)*** ***сил*** **при** **элементарном** **изменении** **конфигурации** **системы** **равна** ***приращению*** ***потенциальной*** ***энергии*,** **взятому** **со** **знаком** ***минус*,** **так** **как** **работа** **совершается** **за** **счет**

**убыли** **потенциальной** **энергии:**

*dA* = −*dW*

***Кинетическая*** ***энергия*** механической системы (*K*) — это энергия

механического движения этой системы.

Сила, действуя на покоящееся тело и вызывая его движение, совершает работу, а энергия движущегося тела возрастает на величину затраченной работы. Таким образом *приращение* *кинетической* энергии частицы на элементарном перемещении равно *элементарной* *работе* на том же

перемещении:

*dK* = *dA*

Тело массой *m*, движущееся со скоростью , обладает кинетической энергией:

*Кинетическая энергия* зависит только от массы и скорости тела. Поэтому

кинетическая энергия: (1) является *функцией* *состояния* системы; (2) всегда *положительна*; (3) *неодинакова* в разных инерциальных системах отсчета.

***Потенциальная*** ***энергия*** *W* — механическая энергия системы тел, определяемая их взаимным расположением и характером сил взаимодействия между ними.

Потенциальная энергия системы, подобно кинетической энергии, является функцией состояния системы. Она зависит *только от конфигурации системы* и ее положения по отношению к внешним телам.

***Примеры*** ***потенциальной*** ***энергии:***

1) Потенциальная энергия тела массой *m*на высоте *h*: *W* = *mgh*

2) Потенциальная энергия пружины, растянутой на длину *x*:

***Единица*** кинетической и потенциальной ***энергии*** — Джоуль (Дж).

5. Основные законы сохранения в динамике поступательного движения. Закон сохранения

импульса. Закон сохранения полной механической энергии.

**Закон сохранения энергии.**

***Полная*** ***механическая*** ***энергия*** ***системы*** — энергия механического движения и взаимодействия *E* = *K* +*W* — равна сумме кинетической и

потенциальной энергий.

Закон сохранения энергии: **в** **системе** **тел,** **между** **которыми** **действуют** **только** ***консервативные*** ***силы*** **полная** **механическая** **энергия** **сохраняется,**

**т.е.** **не** **изменяется** **со** **временем:**

*K* +*W* = *E* = *const*

***энергия*** ***никогда*** ***на*** ***исчезает*** ***и*** ***не*** ***появляется*** ***вновь,*** ***она*** ***лишь*** ***превращается*** ***из*** ***одного*** ***вида*** ***в*** ***другой***. В этом заключается *физическая* *сущность* закона сохранения и превращения энергии —сущность неуничтожимости материи и ее движения.

**Закон сохранения импульса**

**Импульс** **замкнутой** **системы** **не** **изменяется** **с** **течением** **времени** **(сохраняется):**

Закон сохранения импульса является следствием однородности пространства: при параллельном переносе в пространстве замкнутой системы тел как целого ее физические свойства не изменяются (не зависят от выбора положения начала координат инерциальной системы отсчета).