Глава1

Второй закон Ньютона  *ma* =*F*  можно записать в иной форме, которая приведена самим Ньютоном в его главном труде «Математические начала натуральной философии».

Если на тело (материальную точку) действует постоянная сила, то постоянным является и ускорение

*a*=*υ* 2−*υ* 1Δ*t* ,

где  *υ*1 и  *υ*2 — начальное и конечное значения скорости тела.

Подставив это значение ускорения во второй закон Ньютона, получим:

*m*⋅(*υ* 2−*υ* 1)Δ*t*=*F*  или  *mυ*2−*mυ* 1=*F* Δ*t* .

В этом уравнении появляется новая физическая величина — импульс материальной точки.

***Импульсом материальной*** *точки называют величину равную произведению массы точки на ее скорость.*

Обозначим импульс  буквой  *p* . Тогда

*p* =*mυ*  .

Из формулы видно, что импульс — векторная величина. Так как *m* > 0, то импульс имеет то же направление, что и скорость.

Единица импульса не имеет особого названия. Ее наименование получается из определения этой величины:

[*p*] = [*m*] · [*υ*] = 1 кг · 1 м/с = 1 кг·м/с .

Другая форма записи второго закона Ньютона

Обозначим через  *p* 1=*mυ* 1 импульс материальной точки в начальный момент интервала Δ*t*, а через  *p* 2=*mυ* 2 — импульс в конечный момент этого интервала. Тогда  *p*⃗ 2−*p*⃗ 1=Δ*p* есть *изменение импульса* за время Δ*t*. Теперь уравнение (1) можно записать так:

Δ*p* =*F*Δ*t* .

Так как Δ*t* > 0, то направления векторов  Δ*p* и  *F*  совпадают.

Согласно формуле

*изменение импульса материальной точки пропорционально приложенной к ней силе и имеет такое же направление, как и сила.*

Именно так был впервые сформулирован *второй закон Ньютона*.

Произведение силы на время ее действия называют *импульсом силы*. Не надо путать импульс  *mυ*⃗  материальной точки и импульс силы *F* Δ*t* . Это совершенно разные

### Закон сохранения импульса

Если сумма внешних сил, действующих на систему, равна нулю, то равно нулю и изменение импульса системы

Δ*p* *c*=0

. Это означает, что, какой бы интервал времени мы ни взяли, суммарный импульс в начале этого интервала  *p* *cn* и в его конце  *p* *ck* один и тот же

*p* *cn*=*p* *ck*

. Импульс системы остается неизменным, или, как говорят, сохраняется:

*p* *c*=*m*1*υ* 1+*m*2*υ*2+*m*3*υ* 3=const .

***Закон сохранения импульса*** формулируется так:

*если сумма внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то импульс системы сохраняется.*

Тела могут только обмениваться импульсами, суммарное же значение импульса не изменяется. Надо только помнить, что сохраняется векторная сумма импульсов, а не сумма их модулей.

Как видно из проделанного нами вывода, закон сохранения импульса является следствием второго и третьего законов Ньютона. Система тел, на которую не действуют внешние силы, называется замкнутой или изолированной. В замкнутой системе тел импульс сохраняется. Но область применения закона сохранения импульса шире: если даже на тела системы действуют внешние силы, но их сумма равна нулю, импульс системы все равно сохраняется.

Полученный результат легко обобщается на случай системы, содержащей произвольное число N тел:

*m*1*υ* 1*n*+*m*2*υ*2*n*+*m*3*υ*3*n*+…+*mNυ* *Nn*=*m*1*υ* 1*k*+*m*2*υ* 2*k*+*m*3*υ* 3*k*+…+*mNυ* *Nk* .

Здесь  *υ* *in* — скорости тел в начальный момент времени, а  *υ* *ik* — в конечный.

### Когда выполняется закон сохранения импульса?

Все реальные системы, конечно, не являются замкнутыми, сумма внешних сил довольно редко может оказаться равной нулю. Тем не менее в очень многих случаях закон сохранения импульса можно применять.

## Реактивное движение. Уравнение мещерского. Реактивная сила

*Под* ***реактивным движением*** *понимают движение тела, возникающее при отделении некоторой его части с определенной скоростью относительно тела,*

например при истечении продуктов сгорания из сопла реактивного летательного аппарата. При этом появляется так называемая реактивная сила, сообщающая телу ускорение.

лавная особенность реактивной силы состоит в том, что она возникает без какого-либо взаимодействия с внешними телами. Происходит лишь взаимодействие между ракетой и вытекающей из нее струей вещества.

Сила же, сообщающая ускорение автомобилю или пешеходу на земле, пароходу на воде или винтовому самолету в воздухе, возникает только за счет взаимодействия этих тел с землей, водой или воздухом.

При истечении продуктов сгорания топлива они за счет давления в камере сгорания приобретают некоторую скорость относительно ракеты и, следовательно, некоторый импульс. Поэтому в соответствии с законом сохранения импульса сама ракета получает такой же по модулю импульс, но направленный в противоположную сторону.

Масса ракеты с течением времени убывает. Ракета в полете является телом переменной массы. Для расчета ее движения удобно применить закон сохранения импульса.

**Формула Циолковского**

определяет скорость, которую развивает летательный аппарат под воздействием тяги ракетного двигателя, неизменной по направлению, при отсутствии всех других сил. Эта скорость называется **характеристической**.https://lh6.googleusercontent.com/zIkY16Q91vne-T3iYUVuOwFZjvYl9ez7c4g-D0Gj4IeWvLzsxlFSQ1D3HpSU4Yt64Unv2vpwH5Ryb07sXjCHaDxec-w3qV5CXcHzZw8bv34GjB9uyCx34NbqGQ,

где:

https://lh4.googleusercontent.com/I0AHt-vH56-aUyn3-J797EbPJRZPAKNQdNwJBTK4cAhXBpk2mKn-sUOShBTAujoxib6klc-ORbJUfh3iNY-12D85TsCttUHcFtButqJgaH1XVnicjyRGJj6UoQ — конечная (после выработки всего топлива) скорость летательного аппарата;

https://lh6.googleusercontent.com/gZiYDYfqGzCwNrxA_dhBH1UqJijR_fmokSN9iQ7dYwUQcasKkG98ypt61GjVqgc6lA1aJuV-38FZuAMiqq6d4BPuIRDPU7hmqw5Nwc9h7N9ApKkDrGFbAmo-GQ — удельный импульс ракетного двигателя (отношение тяги двигателя к секундному расходу массы топлива);https://lh4.googleusercontent.com/qhkfvVLAUOaoz4IAwmL_eZuVmjk0ggsQXBDKOMcWyIObAdz5xLLcI2-UQEr4HZDg1liobhG9tIN_v-2BrPNd9_JX6k2joEC4F6FRa_-uoXTCZDdHNpfuWRtKgQ — начальная масса летательного аппарата (полезная нагрузка + конструкция аппарата + топливо);https://lh5.googleusercontent.com/YARoZ__pH_D4JaUdHLGBhIJ4bovst5eTZTyaRbkie2cO9n-BMUieoDeImpWM87s5QgwawrlILIb646Cd9qbE1EkwcW9fq7szGeAz_DYYzV4p2BcNzqw9Q2eHmQ — конечная масса летательного аппарата (полезная нагрузка + конструкция).

**Уравнение Мещерского** — основное уравнение в механике тел переменной массы.Уравнение обычно записывается в следующем виде:https://lh3.googleusercontent.com/O4JR7l4DDj67YE-WYeJ0pCx8ygtkZ08Xe7nyjbPoUIREJOU2VBiy-5FXN6jFeZIOr9oiNrNbELiOFU2wkuyQQYDCzwvYU_E3FNuqyOS6nUKy8A-gomlgzSTCqA

где:

https://lh3.googleusercontent.com/2u2uqK5R4MvQfw2NsNT5V5YUt41vHncsbryYvG_fwG-Cldk5FlOsDGkKschuxhl1Nr4G1ZvFiHlCJkXIacVV-R1b-eTbz2hQxf3W_ZsHoHlkSb2KdSzOsQb00w — масса материальной точки, изменяющаяся за счет обмена частицами с окружающей средой, в произвольный момент времени t;

* — скорость движения ;
* — результирующая внешних сил, действующих на материальную точку переменной массы со стороны её внешнего окружения (в том числе, если такое имеет место, и со стороны среды, с которой она обменивается частицами, например электромагнитные силы — в случае массообмена с магнитной средой, сопротивление среды движению и т. п.);https://lh3.googleusercontent.com/j_9rjl2hO6IyVwAz0osz_LBfbbV7R-ZOvGkRAdA6CmwsYopUKlkM-tSljgqBnjzjMpVxUYU2PFyiD8CfU-djxKtkE85FE4vinnKdpR0pSSn-9QOTkUIK-KWN1w — относительная скорость присоединяющихся частиц;https://lh5.googleusercontent.com/pp-1D_6r9kT7tu8Bqm5kkRwlxRiXrND9DP1oeC94d2fPMCzVIsYTJe19tHOiQ1l1b6mN5pZ9V58fynJS2fszWpft6PtWXj7BiArEUFcg54HFUB9YqzYgLPR_Sw — относительная скорость отделяющихся частиц;
* https://lh5.googleusercontent.com/bl6gIuAqV2NDXoKMfGq7m628ONPaX2631oIyuaPFEma1wgiuqsfhd9wRd8z7BrtWkR96GaKRerdtb88j_INtfg4h-2OHvMiHobEzW0HX1H5uf6yE5AlZEk_o6w, https://lh5.googleusercontent.com/OhbBvf6N1X4wPZHLgks0Fm0TzpsL_TatzwT3XRGT7-wwt9AJjHts5ojGDm9iDmtXVfzZEAeAdliV4r9hAwtlGCrMnqPeGp3QyvkhszajhFCCPAN1HgbA9_UV8g — скорости массообмена присоединяющихся и отделяющихся частиц.