

Динамика на материална точка. Първи принцип на Нютон. Инерциални отправни системи. Основни динамични величини – сила, маса, импулс. Втори принцип на Нютон. Събиране на сили – принцип на суперпозицията. Трети принцип на Нютон. Механична система. Закон за изменение и запазване на импулса на механична система от материални точки. Видове сили в механиката. Гравитационна сила. Сили на тежестта, натиск и реакция на опората. Сила на еластичност. Сила на триене

Първи принцип на Нютон. Инерциална отправна система

Динамиката е дял от механиката, в който се формулират нейните основни закони (принципи), определящи връзката между действащите върху едно тяло сили и неговото движение.

Принципите представляват такива общи закони, които не могат да бъдат доказани непосредствено, но до които се достига вследствие на продължителен житейски опит. Тяхната валидност се потвърждава от експерименталната проверка на многобройните им следствия.

Основните принципи на динамиката са формулирани от английския физик Исак Нютон през 1687 г. в неговата книга „Математически принципи на натурфилософията“. Те са обобщения на многобройни опити и наблюдения.

Първият принцип на Нютон гласи, че всяка материална точка (тяло) запазва състоянието си на покой или праволинейно равномерно движение дотогава, докато някакво външно въздействие не я изведе от това състояние.

Общото свойство на телата да запазват състоянието си на покой или праволинейно равномерно движение при отсъствие на външни въздействия се нарича инертност. Затова, ако едно тяло се движи без външно въздействие казваме, че то се движи по инерция. Ето защо първият принцип на Нютон е известен още като принцип за инерцията.

Оказва се, че този принцип не е в сила спрямо всяка отправна система. Нютон го е формулирал спрямо система, за която е предполагал, че се намира в състояние на абсолютен покой. Цялото по-нататъшно развитие на физиката показва, че такава система не съществува. Отправни системи, в които е изпълнен принципът за инерцията, се наричат инерциални. Опитно е доказано, че с много голяма точност принципът на Нютон се изпълнява в т.нар. хелиоцентрична инерциална система. За център на тази система се избира една точка от повърхността на Слънцето, а осите ѝ са насочени към три отдалечени звезди, избрани така, че осите да бъдат взаимноперпендикулярни.

Всички отправни координатни системи, които се движат праволинейно и равномерно спрямо дадена инерциална отправна система, са също инерциални системи. От това следва, че ако съществува една инерциална отправна система, то съществуват безброй много инерциални системи.

Основни динамични величини – сила, маса, импулс. Втори принцип на Нютон

От първия принцип на Нютон следва, че за да се промени големината и посоката на скоростта на дадено тяло, то трябва да изпита някакво външно въздействие. В резултат на това тялото променя скоростта си т.е. придобива ускорение. Ускорителното движение на тялото е проява на някакво ново качество, различаващо се съществено от състоянието на покой или праволинейно равномерно движение. Появата на ускорение обикновено се свързва с действието на сили. Прието е **всяка причина за изменение скоростта на дадено тяло да се нарича сила**. Силата е векторна величина се означава с $\vec{F}$. Всяка сила е свързана с някакво въздействие върху даденото тяло.

Опитът показал, че когато на едно и също тяло се действа с различни по големина сили, ускоренията, които то придобива, са пропорционални на големините на силите. Оказва се обаче, че ако с една и съща сила се действа на различни тела, скоростта им на движение се изменя по различен начин, т.е. те придобиват различни ускорения. Следователно резултатът от действието на силата зависи не само от самата сила, а и от някаква характеристика, специфична за всяко тяло. Тази характеристика е наречена **маса и е скаларна физична величина, която се въвежда в класическата механика като количествена мярка за инертността на телата**. Означава се с m , а мерната ѝ единица е килограм [kg] (основна единица в SI). Експериментите показват, че колкото е по-голяма масата на тялото, толкова по-малко ускорение получава то под действие на дадена сила.

Вторият принцип на Нютон определя връзката между сила, маса и ускорение. Той гласи, че ускорението, което получава дадено тяло, е пропорционално на силата, която му действа и обратно пропорционално на масата на тялото:

$$\vec{a} = k \frac{\vec{F}}{m}.$$

От формулата може да се направи извода, че ускорението винаги е насочено в посока на действащата сила. Коефициентът на пропорционалност зависи от избраната система измерителни единици. В система **SI** основните мерни единици са подбрани така, че коефициентът $k=1$. Така стигаме до познатия ни израз на втория принцип:

$$(1) \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

Като преобразуваме (1) можем да получим мерната единица за сила, която в **SI** е наречена на името на Нютон [N]:

$$(2) \quad \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow [\text{N}] = [\text{kg} \cdot \text{m/s}^2].$$

Формулировките на втория принцип във вид (1) и (2) са математически еквивалентни и при решаване на конкретни проблеми може се използва всяка от тях. Не трябва да се забравя обаче, че (1) е физически правилната формулировка на принципа, тъй като отчита причинно-следствената връзка между явленията – прилагането на сила предизвиква ускорено движение, а не обратното, т.е. ускорението е функция на приложената сила.

Друга важна величина в механика е **импулс на тяло**. Тя се дефинира като произведение на масата на тялото по неговата скорост. Бележи се с $\vec{p}$ и, както се вижда от определението, е векторна величина:

$$(3) \quad \vec{p} = m\vec{v}.$$

Мерната единица е [kg.m/s].

Импулсът е една от най-важните величини не само в механиката, а и в цялата физика. Основната причина е, че това е една от малкото величини, за която може да се формулира универсален закон за запазване.

Вторият принцип на Нютон може да се формулира и чрез импулса (това е и оригиналната формулировка на Нютон). Ако вземем първата производна на (3) по времето и като имаме предвид, че първата производна на скоростта е ускорението, а силата може да се изрази чрез (2), получаваме:

$$(4) \quad \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} = \vec{F},$$

т.е. приложената сила предизвиква промяна на импулса на тялото. Тази формулировка е по-обща, тъй като е валидна и в релативистката механика (при движение със скорости близки до скоростта на светлината), за разлика от (1).

Променлива маса ...

Събиране на сили – принцип на суперпозицията

Ако на едно тяло му действат няколко сили, то получава ускорение по посока на векторната сума от всички действащи сили, която се нарича равнодействаща:

$$(5) \quad \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

Като използваме (5), можем да обобщим основното динамично уравнение (втория принцип на Нютон) (1):

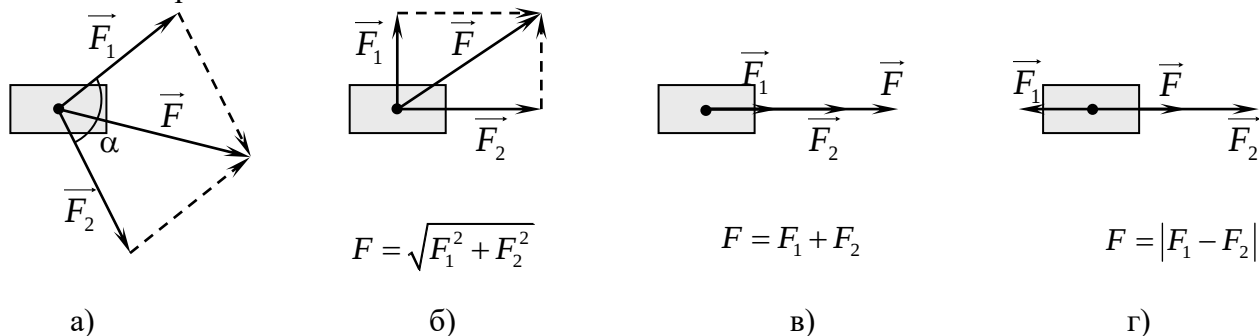
$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{1}{m} (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N \vec{F}_i.$$

Можем също да обобщим и формулировката чрез промяната на импулса (4):

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i.$$

Определянето на равнодействащата на няколко сили като векторната сума от тези сили (5) е приложение на един общ принцип, който се отнася за векторни величини – **принципът на суперпозицията (на векторното събиране)**. Той се нарича още принцип за независимото действие, когато се отнася за величини като сила или интензитет. Същността му в конкретния случай се изразява в това, че когато отчитаме резултата от действието на една сила, не се интересуваме от другите действащи сили (независимо действие на всяка сила), а общият резултат от всички действащи сили получаваме чрез векторно събиране (суперпозиция) на отделните резултати. Принципът на

суперпозицията има и обратно действие – ние можем да разложим една векторна величина (напр. сила, скорост, ускорение) на няколко векторни компоненти, защото принципът ни гарантира, че сумата от техните отделни действие е равно на действието на тяхната векторна сума, т.е. на съответната неразложена векторна величина.



фиг. 1

Принципът на суперпозицията може да се илюстрира с няколко примера.

Ако тяло се движи под действие на двете сили $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ (фиг. 1а), движението ще бъде по посока на равнодействащата сила $\vec{F}$, която е векторната сума на $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Големината ѝ се определя от косинусовата теорема:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

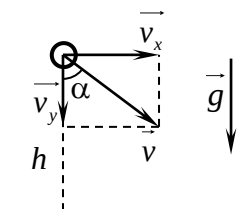
$$F \equiv |\vec{F}| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos(\pi - \alpha)}$$

Когато $\alpha = \pi/2$ rad (фиг. 1б), формулата за големината на силата $\vec{F}$ малко се опростява ($\cos(\pi - \alpha) = 0$). А ако двете сили действат по една права (фиг. 1в,г), големината на равнодействащата $\vec{F}$ е просто сума (фиг. 1в) или разлика (фиг. 1г) от големините на двете сили $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Винаги трябва да се има предвид обаче, че така пресмятаме само големината на силата. Самата равнодействаща сила $\vec{F}$ винаги е **векторна сума (а не разлика)** от всички действащи сили (5), независимо от тяхната посока. **Равенството (5) е математическият израз на принципа на суперпозицията за сили.**

Много често принципът на суперпозицията се използва и в обратна посока – за разлагане на векторни величини на техните компоненти. Ако тяло е хвърлено от някаква височина h под ъгъл α спрямо земната повърхност със скорост $\vec{v}$ (фиг. 2), то ще се движи по крива линия (парабола) към Земята. Ние обаче, можем да представим това криволинейно движение като сума от две праволинейни – едното в хоризонтална посока е равномерно с получената начална скорост $\vec{v}_x$, защото в тази посока не действа сила, а другото във вертикална посока е равноускорително с ускорение $\vec{g}$ и начална скорост $\vec{v}_y$. Това разлагане е възможно заради принципа на суперпозицията – сумите от началните скорости и ускоренията на двете праволинейни движения са равни на началната скорост и ускорението на криволинейното:

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$

$$\vec{a} = \vec{g} + 0 = \vec{g}$$



фиг. 2

Трети принцип на Нютон. Механична система

Досега, чрез първите два принципа на Нютон, ние изяснихме какво става с едно тяло, когато няма или има въздействие върху него. Първият принцип разглежда едно изолирано тяло. Във втория принцип неявно се въвежда друго тяло (или тела), доколкото външното въздействие може да дойде само от някакво друго тяло. Там обаче, ние се занимавахме основно с резултата от това въздействие – промяната на скоростта на тялото. От друга страна е логично да се предположи, че ако разглежданото от нас тяло **А** е подложено на въздействие от друго тяло **В**, то и тялото **В** ще бъде подложено на някакво въздействие от тялото **А**, т.е. телата си взаимодействат с някакви сили. Третият принцип на Нютон ни дава връзката между тези сили.

Третият принцип на Нютон гласи, че силите, с които си взаимодействат две тела, са равни по големина и противоположни по посока.

$$(6) \vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Ако тяло **1** действа на тяло **2** със сила $\vec{F}_{12}$ (фиг. 3), то силата $\vec{F}_{21}$, с която тяло **2** действа на тяло **1**, е насочена по същата права като $\vec{F}_{12}$, има същата големина, но е в противоположна посока. Трябва да се има предвид обаче, че тези сили имат различни приложни точки – силата $\vec{F}_{21}$ действа на тяло **1**, а силата $\vec{F}_{12}$ действа на тяло **2**. Затова тези сили не могат да се урівновесят взаимно.



фиг. 3

Третият принцип на Нютон, който въвежда явно и второ тяло и определя силите на взаимодействие, вече ни дава възможност да определяме взаимодействията между произволен брой тела. Затова е необходимо да въведем още едно понятие – механична система. Това е съвкупност от тела, между които действат механични сили. Силите, които действат на телата от системата, могат най-общо да се разделят на два вида – вътрешни сили, които са породени само от взаимодействия на телата от системата и външни сили, породени от взаимодействие на телата от системата с външни тела.

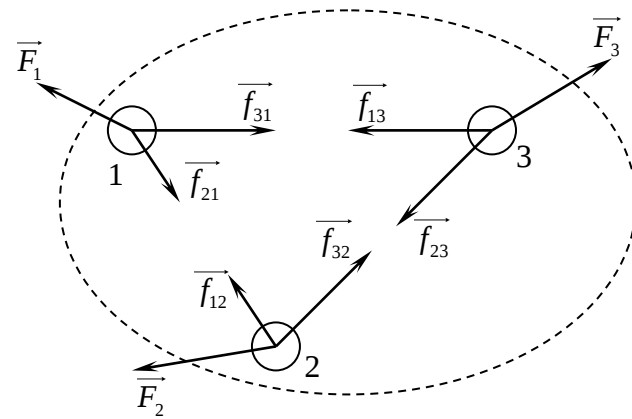
Ако в една механична система действат само вътрешни сили, тя се нарича затворена (изолирана), а ако действат и външни сили – отворена.

След като дефинирахме механична система и взаимодействие между повече от две тела, можем да въведем и величината импулс на система от тела. Импулсът на механична система от тела се дефинира по подобен начин на равнодействащата сила – чрез принципа на суперпозицията. Пълният импулс на системата е равен на векторната сума от импулсите на отделните тела:

$$(7) \vec{p} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i.$$

Закон за изменение и запазване на импулса на механична система от материални точки

Ще използваме принципите на Нютон за да докажем един от фундаменталните закони във физиката – законът за запазване на импулса. Нека да разгледаме механична система от N тела (фиг. 4). (За по голяма нагледност фиг. 4 е направена само за три тела.) На всяко от телата действат два типа сили – вътрешни сили между телата в системата, които ще означим с $\vec{f}_{ij}$ (силата, с която тялото i действа на тялото j от системата) и външни сили, които ще означим с $\vec{F}_i$ (равнодействащата на всички външни сили, действащи на тялото i). Ако запишем основното динамично уравнение, изразено чрез промяната на импулса за всяко от телата в механичната система, ще получим следната система от уравнения:



фиг. 4

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{p}_1}{dt} &= \vec{f}_{21} + \vec{f}_{31} + \dots + \vec{f}_{N1} + \vec{F}_1, \\ \frac{d\vec{p}_2}{dt} &= \vec{f}_{12} + \vec{f}_{32} + \dots + \vec{f}_{N2} + \vec{F}_2, \\ (8) \quad \frac{d\vec{p}_3}{dt} &= \vec{f}_{13} + \vec{f}_{23} + \dots + \vec{f}_{N3} + \vec{F}_3, \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{d\vec{p}_N}{dt} &= \vec{f}_{1N} + \vec{f}_{2N} + \dots + \vec{f}_{(N-1)N} + \vec{F}_N. \end{aligned}$$

В тази система от уравнения (8) напр. $\frac{d\vec{p}_1}{dt}$ е изменението на импулса на тяло **1** за безкрайно малкия интервал от време dt , $\vec{f}_{21}$ е силата, с която тяло **2** действа на тяло **1**, $\vec{F}_1$ е равнодействащата на всички външни сили, действащи на тяло **1** и т.н.

Ако съберем всички уравнения на системата (8), от лявата страна ще получим сумата от производните на импулсите на всички тела по времето (измененията на всички импулси за безкрайно малкия интервал от време dt):

$$(9) \frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} + \frac{d\vec{p}_3}{dt} + \dots + \frac{d\vec{p}_N}{dt} = \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

и като използваме правилото за производна на сума и (7) виждаме, че това е промяната на импулса на механичната система за интервала от време dt .

В дясната страна на равенството ще получим сумата от всички сили, които действат на всички тела в системата:

$$(10) \vec{f}_{21} + \vec{f}_{12} + \vec{f}_{31} + \vec{f}_{13} + \vec{f}_{N1} + \vec{f}_{1N} + \vec{f}_{32} + \vec{f}_{23} + \dots + \vec{f}_{N(N-1)} + \vec{f}_{(N-1)N} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_N = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i,$$

тъй като според (1) сумата от вътрешните сили е равна на нула ($\vec{f}_{21} = -\vec{f}_{12}$; $\vec{f}_{31} = -\vec{f}_{13}$ и т.н.). Тъй като (9) трябва да е равно на (10), окончателно получаваме:

$$(11) \frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i,$$

т.е. промяната на импулса на механичната система за единица време е равна на равнодействащата на всички външни сили, действащи на всички тела от системата. Ние извършихме пресмятането за произволна система. Ако механичната система е затворена (не действат външни сили), то дясната част на (11) ще бъде равна на нула. Това означава, че величината $\vec{p}$ не се променя с времето (първата ѝ производна е нула, следователно величината е константа). Но $\vec{p}$ е пълният импулс на механичната система. Така стигаме до [закона за запазване на импулса в затворена механична система \(ЗЗИ\)](#):

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \text{ или } \vec{p} = \text{const.}$$

Пълният импулс на затворена механична система не се променя с времето.

Медузи, ракета, ходене ...

Ако системата е отворена, то промяната на импулса на механична система може да бъде предизвикана само от външните сили (11). Вътрешните за системата сили могат да предизвикат само преразпределение на импулсите между телата от системата.

Видове сили в механиката. Гравитационна сила

При описание на механичните явления ще използваме различни сили – сили на тежестта, натиск, триене и др. От друга страна ние знаем, че в природата съществуват само четири вида взаимодействия и съответните свързани с тях сили. Интересен е въпросът как тези четири фундаментални сили са свързани с разнообразните сили, проявяващи се в реалността, която ни заобикаля. Оказва се, че силите в механиката най-често представляват резултат (равнодействаща) от голям брой фундаментални сили (основно гравитационни и електромагнитни), приложени в различни точки на разглежданото тяло. Основната разлика между фундаменталните и останалите сили е в простотата на законите, които описват фундаменталните сили. Например [гравитационната сила на взаимодействие между две неподвижни материални точки с маси \$m_1\$ и \$m_2\$, намиращи се на разстояние \$r\$ една от друга, се дава от закона на Нютон за всеобщото привличане](#):

$$F_g = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

а електричната сила на взаимодействие между два неподвижни точкови заряда – от закона на Кулон, който има същия вид, но масите са заменени със зарядите q_1 и q_2 :

$$F_e = k \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

За разлика от тези прости изрази, зависимостите, които определят наблюдаваните от нас сили, са в повечето случаи доста по-сложни, а понякога (напр. за силите на триене) те могат да се получат само емпирично, т.е. на базата на опита. Причината е, че тези сили зависят от голям брой фундаментални взаимодействия, понякога от различен вид, поради което е невъзможно да се намери точна математическа формула за описанието им. Например силата на тежестта на едно тяло зависи само от гравитационното взаимодействие на материалните точки, от което е изградено, със Земята и затова

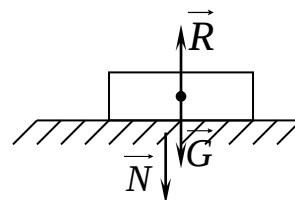
формулата се получава лесно. Същото важи и за заредено тяло поставено в електростатично поле – там взаимодействието е само електростатично. Но силите на триене се получават като равнодействаща на много гравитационни сили на взаимодействие на точките от тялото със Земята (които определят теглото на тялото) и много електромагнитни сили между атомите и молекулите на тялото и подложката (които определят коефициента на триене). Затова законите, определящи силите на триене, са само емпирични.

Сили на тежестта, натиск и реакция на опората

Експериментален факт (опитите на Галилей) е, че всички тела падат (свободно) към Земята с еднакво ускорение (ако пренебрегнем въртенето на Земята около оста ѝ). Следователно на всяко тяло, намиращо се близо до Земята, трябва да му действа **сила, която зависи само от масата му. Тази сила е предизвикана от гравитационното привличане между Земята и тялото и се нарича сила на тежестта $\vec{G}$** . Аналитично се изразява чрез формулата:

$$\vec{G} = m\vec{g},$$

където m е масата на тялото, а $\vec{g}$ – постоянното ускорение, с което падат свободно всички тела, наречено земно ускорение. Важно е да отбележим, че приложната точка на $\vec{G}$ е в самото тяло, а посоката ѝ е към центъра на Земята. Ако тялото не е свободно (напр. поставено върху опора (фиг. 5) или окачено на нишка) то няма да се движи, въпреки че му действа сила на тежестта.



фиг. 5

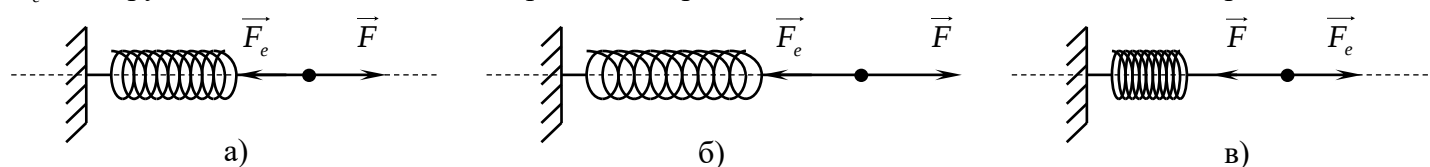
Следователно на тялото трябва да му действа и друга сила $\vec{R}$, която наричаме реакция на опората (или опъване на нишката, в този случай най-често се бележи с $\vec{T}$). Тя също е приложена в тялото (иначе няма да уравнисява $\vec{G}$), а не в опората. Според третия принцип на Нютон, щом опората действа на тялото, то и **тялото трябва да действа на опората със същата по големина и противоположна по посока сила. Тази сила се нарича натиск $\vec{N}$ (много често се нарича и тегло)**. За разлика от другите две разгледани сили, тя е приложена в опората.

Често се бъркат силата на тежестта и теглото (натискът). От определенията на двете сили се вижда, че за да действа сила на тежестта е достатъчно тялото да се намира близо до Земята. Силата на тежестта $\vec{G}$ няма отношение към взаимодействието на тялото с други тела. Силата $\vec{N}$, обаче има пряко отношение към опората – ако на фиг. 5 ние махнем опората, силата $\vec{N}$ вече няма да действа – тялото ще се намира в състояние на безтегловност, докато $\vec{G}$ няма да се промени. Същият резултат ще получим и ако тялото и опората падат свободно заедно – тялото няма да действа върху опората. Грешката с объркването на двете сили идва от факта, че в най-разпространения случай (опората е хоризонтална и тялото и опората са неподвижни) двете сили са равни по големина и са насочени в една и съща посока. Не трябва да се забравя обаче, че те имат различни приложни точки – $\vec{G}$ е приложена в тялото, а $\vec{N}$ – в опората или нишката.

Безтегловност, спътник ...

Сили на еластичност и триене

Всички реални тела под действие на сили се деформират, т.е. променят размерите и формата си. Ако след прекратяване на действието на външната сила тялото възстановява размерите и формата си, деформацията се нарича еластична. Нека да разгледаме деформацията на пружина, на която действаме със сила $\vec{F}$ по дължината на пружината (фиг. 6а). Предполагаме, че силата е достатъчно малка, за да оставаме в границите на еластичната деформация. Пружината се намира в равновесие, следователно тази сила $\vec{F}$ трябва да се уравнисява от някаква друга сила. Тази сила се нарича сила на еластичност $\vec{F}_e$ на пружината и по големина е равна на приложената сила $\vec{F}$, а по посока е противоположна.



фиг. 6

Ако приложим по-голяма сила (фиг. 6б), пружината също остава в равновесие, но виждаме, че се е разтегнала повече, т.е. силата на еластичност се е увеличила. Ако приложим силата $\vec{F}$ в обратна посока

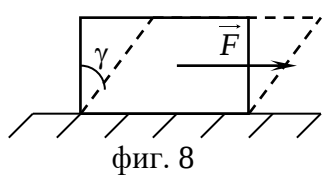
(свиваме пружината, фиг. 6в), силата на еластичност $\vec{F}_e$ също сменя посоката си и пружината отново е в равновесие. На базата на подобни експерименти е установен емпиричният закон за големината и посоката на силата на еластичност:

$$(12) \vec{F}_e = -k\vec{\Delta x},$$

където k е коефициент на пропорционалност, зависещ от характеристиките на самата пружина и размерността му, както се вижда от (12), е N/m, а $|\vec{\Delta x}|$ е промяната на дължината (удължаване или скъсяване) на пружината спрямо първоначалната ѝ дължина x_0 . Посоката на $\vec{\Delta x}$ е в посока на външната сила $\vec{F}$ (фиг. 7). Тъй като силите действат само по една ос, (12) се записва и без вектори:

$$(13) F_e = -k\Delta x,$$

но не трябва да се забравя, че знакът минус в (13) просто показва, че еластичната сила и удължението имат противоположни посоки, а не е свързан с големината на силата на еластичност (големината на силата не може да бъде отрицателна).



фиг. 8

Сили на еластичност възникват не само в пружини, а и във всички тела, подложени на деформация. Освен еластични сили при опъване и свиване, такива възникват и при огъване, усукване, хлъзгане. Във всички случаи силата се определя по формула подобна на (13), като коефициентът k е различен и промяната на дължината Δx може да е заменена с друга променлива, напр.

ъгъл γ при силите на еластичност при хлъзгане (фиг. 8) или ъгъл на усукване на тялото, в случай на деформация при усукване.

Друг вид сили, чиято големина се определя само емпирично са силите на триене. Нека едно тяло се намира върху хоризонтална подложка (фиг. 9). Ако приложим хоризонтална сила $\vec{F}$, тялото остава в покой. От основното динамично уравнение (втория принцип на Нютон) следва, че на тялото трябва да му действа и някаква друга сила, която уравнилва приложената сила $\vec{F}$. Тя трябва да има същата големина и противоположна посока. Тази сила наричаме сила на триене (сила на сухо триене) при покой $\vec{F}_s$. Ако приложим по-голяма външна сила, тялото също остава в покой – силата на триене при покой е станала по-голяма. Когато големината на приложената сила $\vec{F}$ превиши някаква критична стойност F_0 , тялото започва да се движи. Тази стойност наричаме максимална сила на триене при покой (или само сила на триене при покой). Експериментално е установено, че големината F_0 на тази сила не зависи от площта на тялото и подложката, а само от големината на нормалния натиск $\vec{N}$ (теглото) на тялото (а не от силата на тежестта $\vec{G}$!) и материала, от който са направени тялото и подложката. Тази зависимост може да се изрази чрез емпиричен закон, подобен на (13):

$$(14) F_0 = k_0 N.$$

Стъкло ...

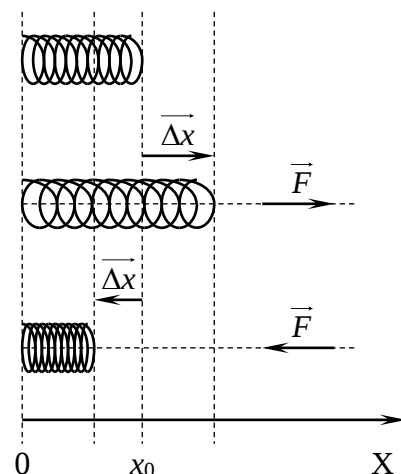
Коефициентът k_0 зависи от материала, от който са направени тялото и подложката и от състоянието на повърхностите им и се нарича коефициент на триене при покой. Определя се експериментално за всяка двойка вещества. От (14) се вижда, че k_0 е безразмерна величина (число).

Когато тялото започне да се движи (хлъзга) по подложката, на него също му действа сила на триене, наречена сила на триене при хлъзгане. Големината ѝ се определя по същия начин:

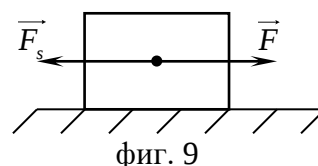
$$F_s = kN,$$

но коефициентът k е различен от k_0 . Той също се определя експериментално за всяка двойка вещества, но зависи и от скоростта на движение. Затова и силата на триене при хлъзгане зависи от скоростта. Тази зависимост е показана на фиг. 10. Виждаме, че силата на триене при хлъзгане малко намалява при малка скорост (в сравнение с максималната стойност на силата на триене при покой F_0), след което започва слабо да нараства. Това изменение обаче е много малко, поради което при малки скорости обикновено се счита, че $k \approx k_0 = \text{const}$.

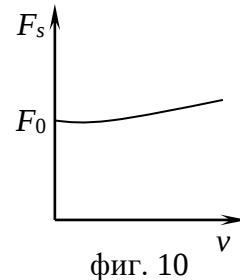
Полезна или вредна ...



фиг. 7



фиг. 9



фиг. 10

Освен сили на триене при покой и хлъзгане съществува и сила на триене при търкаляне. Тя е много по-малка от силата на триене при хлъзгане и зависи също и от радиуса на търкалящото се тяло. В случаите, когато силата на триене е вредна и трябва да се намали, се търси начин хлъзгането да се замени с търкаляне (напр. в лагерите). Където това не е възможно, се поставя някаква немокреща течност (напр. машинно масло) между триещите се части, защото тогава триенето (наречено мокро триене) е значително по-малко от сухото триене.

Смазка? ...

Силно влияние на движението на телата около Земята оказва и силата на съпротивление на въздуха.

Парашут ...