



**МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛЕВЕН**  
**ФАКУЛТЕТ „ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ“**  
**ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ**

**Лекция №3**

# **БИОМЕХАНИКА**

**Фундаментални природни сили: ядрени (силни и слаби), електромагнитни и гравитационни. Сила на гравитацията, земно ускорение, тегло на телата. Сила на нормален натиск и реакция на опората. Сили на триене. Външно и вътрешно триене, триене при покой и движение, триене при плъзгане и търкаляне. Центростремителна и центробежна сили.**

**Проф. Константин Балашев, дхн**

# ВИДОВЕ СИЛИ

## Фундаментални природни сили

В природата съществуват четири фундаментални сили (взаимодействия):

- > силни ядрени,
- > електромагнитни,
- > слаби ядрени,
- > гравитационни.

В ежедневиия живот човек изпитва пряко въздействието само на две от тях - на електромагнитните и гравитационните.

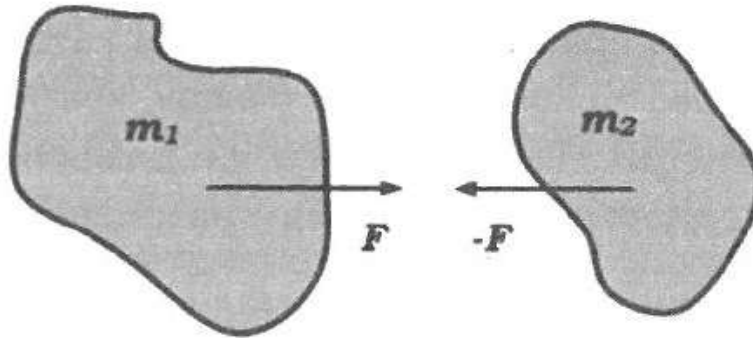
В зависимост от начина, по който се проявява действието на силите, те могат да бъдат:

- контактни - проявяват се при непосредствен контакт между телата и
- дистанционни - действието им се проявява без да има пряк контакт.

Когато телата си взаимодействат от дистанция материалният носител на силите се нарича **поле**. В зависимост от характера на силите се различават и съответен вид полета: електромагнитни, гравитационни, ядрени.

За допълнително охарактеризиране на силите, без значение от какъв тип са, се използват следните определения, които вероятно нямат нужда от обяснение: външни и вътрешни, нормални и тангенциални, разтягащи, свиващи и усукващи, копланарни и колинеарни, конвергентни и дивергентни.

# Гравитационни сили

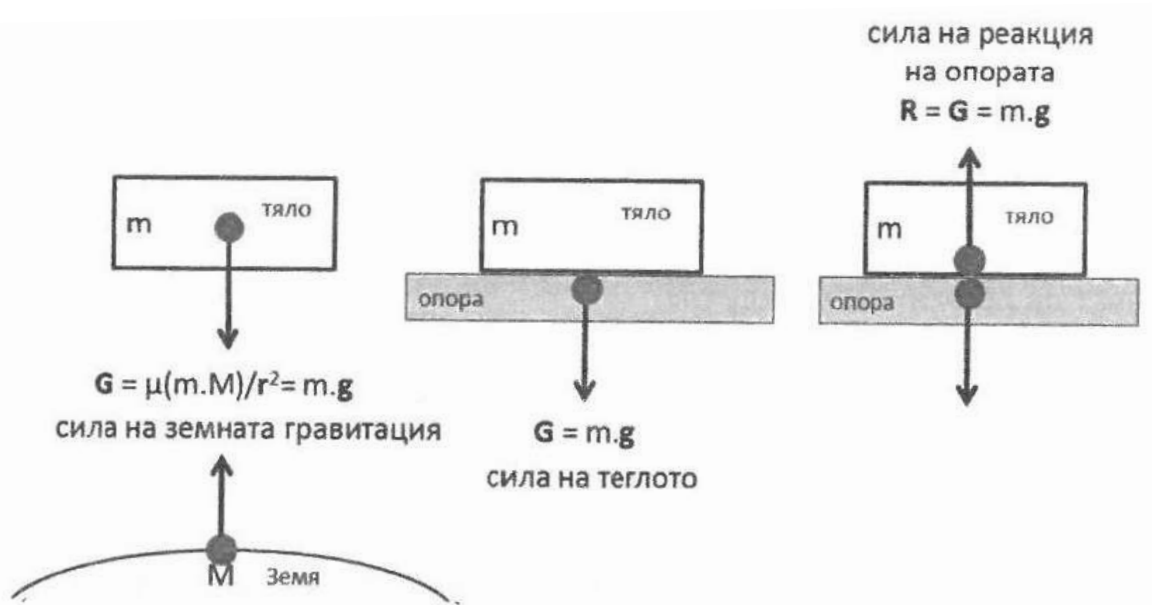


Един от най-важните природни закони, открит също от Исак Нютон, е *законът за всеобщото привличане*. Той гласи, че **между всеки две тела с различни от нула маси действат сили на взаимно привличане**. Направлението на силите е по правата, съединяваща центровете на масите на двете тела.

Ако телата се разглеждат като материални точки, големината на силата на взаимното им привличане ( $F$ ) е право пропорционална на произведението на масите им  $m_1$  и  $m_2$  и обратно пропорционална на квадрата на разстоянието  $r$  между тях ( $\mu$  е гравитационна константа и има стойност  $6,7 \times 10^{11}, m^3 \times kg^{-1} \times s^{-2}$ ): 
$$F = \mu \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Тези сили на взаимно привличане между материални тела са сили на гравитационно взаимодействие или просто **гравитационни сили**. В пространството около всяко тяло действат гравитационни сили, независимо от това дали там има друго тяло или не. Техен материален носител е **гравитационното поле**.

Свободните тела падат надолу, защото Земята ги привлича. Гравитационната сила, с която Земята привлича всяко тяло, се нарича **сила на тежестта**. Най-често се бележи с буквата  **$G$** . Гравитационната сила, с която Земята действа върху телата, е дистанционна. Тя действа не само върху свободни тела, но и когато те са окачени или се намират върху някаква опора.



От втория принцип на динамиката следва, че силата на тежестта е  $G = mg$ , където  $g$  се нарича **земно ускорение**. Под въздействието на земната гравитация тела с различни маси получават едно и също ускорение. То винаги е насочено към центъра на Земята и има една и съща стойност за всички тела, намиращи се в земното гравитационно поле. В зависимост от географската ширина големината на земното ускорение варира. На екватора, където земният радиус е най-голям, то е  $9,78 \text{ m/s}^2$ ; на полюсите се увеличава до  $9,83 \text{ m/s}^2$ ; за средните географски ширини е от порядъка на  $9,8 \text{ m/s}^2$ . В практиката се използват средни данни -  $9,8 \text{ m/s}^2$  или  $9,8 \text{ N/kg}$ , или в грубо приближение -  $10 \text{ N/kg}$ . (Радиусът на Земята при полюсите е  $6\,357 \text{ km}$ , а при екватора -  $6\,378 \text{ km}$ . По тази причина гравитационната сила при екватора е с  $0,2\%$  по-малка, отколкото на полюсите.

Силата на тежестта действа дистанционно върху всяко тяло, разположено в близост до Земята. Ако това тяло е разположено върху опора или окачено, то на свой ред действа върху тази опора с контактна сила, която се нарича **тегло на тялото  $G$** . Теглото е равно на силата на тежестта. И двете сили се измерват в *Нютони*, но са приложени върху различни тела: гравитационната сила върху тялото, силата на теглото - върху опората.

Повърхността на опората (съгласно третия закон на Нютон) упражнява върху тялото във вертикално направление сила, равна по големина и противоположна по посока на гравитационната  **$G$** , която се нарича **реакция на опората  $R$** .

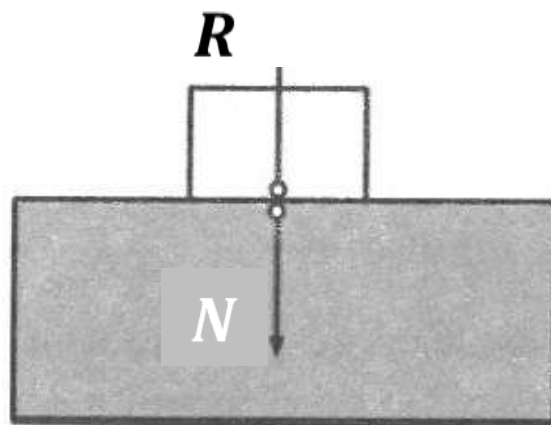
Теглото на тяло върху повърхността на Земята е равно на силата на привличане между Земята и това тяло. Аналогично определение може да бъде дадено за теглото на същия обект върху Луната или която и да било друга планета. Очевидно теглото на един и същ обект ще бъде различно на различни планети, тъй като силата на гравитация ще е различна. Тази сила зависи от масата на съответната планета и нейния радиус. Дори и на Земята нашето тегло ще се променя с надморската височина: колкото по-високо се изкачваме, толкова по-голямо става разстоянието между центъра на Земята и нашето тяло, толкова по-малка гравитационна сила упражнява Земята върху него и следователно теглото ни намалява.



Често в ежедневието тегло и маса погрешно се използват като равнозначни величини. Например, казва се, че човек тежи 100 kg. От разгледаното по-горе обаче се вижда, че маса ( $m$ ) и тегло ( $G = mg$ ) не са едно и също нещо. Масата характеризира количеството вещество в даден обект и съпротивата му за промяна в неговото състояние на движение, докато теглото е сила, равна на гравитационната сила на привличане на обекта от Земята. Маса и тегло имат и различни измерителни единици. Теглото (в Нютони) е равно на масата (в килограми) умножена по 9,8 N/kg. Следователно 1 kg от каквато и да е субстанция тежи 9,8 N. Можем да превръщаме между килограми и Нютони в права и обратна посока като използваме конверсионен фактор 9,8 N/kg. (Това обаче не трябва да се бърка с конверсията между кратни и дробни измерителни единици, например между сантиметри и километри. Тегло и маса са различни категории, докато сантиметър и километър са измерителни единици за една и съща величина - разстояние.)

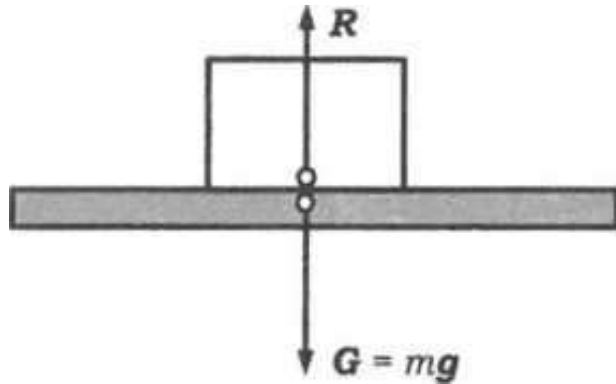


Силата, с която тяло действа перпендикулярно (нормално) върху опората, върху която лежи или се движи, се нарича още **сила на нормален натиск**. Тя е приложена в опората и се означава с **N**. Когато опората е хоризонтална, силата на нормалния натиск е равна на теглото на тялото.

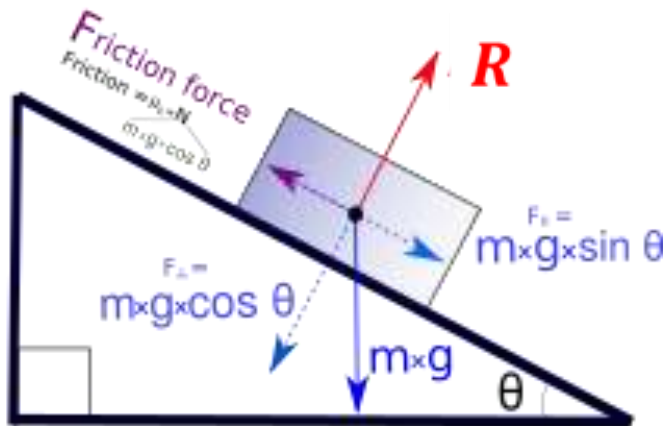


От третия принцип на Нютон следва, че ако едно тяло действа върху опора със сила на нормален натиск **N**, то и опората противодейства върху тялото с равна по големина и противоположна по посока сила. Силата, с която опората противодейства на силата на нормалния натиск, е *реакцията на опората*. Тя е приложена върху тялото, означава се с **R** и за нея можем да напишем:

$$R = -N$$



Ако тяло е в равновесие върху хоризонтална повърхност, върху него действа силата на тежестта  $G = mg$ . То действа върху опората със сила на нормален натиск  $N = G$ , а опората упражнява върху тялото също във вертикално направление сила на реакция  $R$ , равна и противоположна на гравитационната.



Ако имаме наклонената плоскост, големината на силата на триене ще е  $F = mg \sin \theta$ , а на силата на нормална реакция  $- R = mg \cos \theta$ .

# Сили на триене



При по-внимателно анализиране на движението се установява, че силата, необходима за поддържане на равномерно движение, зависи не само от скоростта, формата и естеството на движещото се тяло, но и от телата или средата, с които то е в контакт при движението си. Последните пораждат сили на триене или съпротивление на средата, които винаги намаляват скоростта на движение. Триенето е сила, противоположна на нашето движение, но ни предпазва от хлъзгане. Понякога се търси дори по-голямо триене в подходяща форма. Движението винаги е придружено от относително преместване на допиращи се тела или техни части една спрямо друга.

**Външно триене** е триенето, придружаващо и противодействащо на относителното преместване на две тела, които се допират, например триенето при плъзгането на ските по снега. **Вътрешно триене** е триенето, придружаващо и противодействащо на относителното преместване на части от едно и също тяло, например на вътрешните органи на човека при вдишване и издишване.

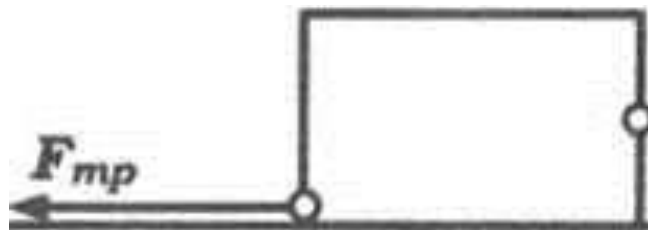
Общото и за двата вида триене е стремежът на всяко тяло или частица да придаде своето движение на друго тяло или частица, които се допират до него. По този начин в основата на триенето лежи тенденцията за изравняване на скоростите на движение на свързани тела. Силите на триене винаги се стремят да забавят движението на по-бързото тяло и да ускорят движението на по-бавното. Количеството на движение, загубено от едното тяло, е равно на количеството на движение, придобито от другото. Вследствие на триенето не само се обменя количество движение, но и част от механичната енергия се превръща в топлинна.

При външното триене се различават **триене при покой** и **триене при движение**. В зависимост от геометричната форма на движещото се тяло и начина на движение триенето при движение може да бъде **триене при плъзгане** и **триене при търкаляне**.

Общото и за двата вида триене е стремежът на всяко тяло или частица да придаде своето движение на друго тяло или частица, които се допират до него. По този начин в основата на триенето лежи тенденцията за изравняване на скоростите на движение на свързани тела. Силите на триене винаги се стремят да забавят движението на по-бързото тяло и да ускорят движението на по-бавното. Количеството на движение, загубено от едното тяло, е равно на количеството на движение, придобито от другото. Вследствие на триенето не само се обменя количество движение, но и част от механичната енергия се превръща в топлинна.

При външното триене се различават **триене при покой** и **триене при движение**. В зависимост от геометричната форма на движещото се тяло и начина на движение триенето при движение може да бъде **триене при плъзгане** и **триене при търкаляне**.

*При плъзгане* на едно тяло спрямо друго в точките (повърхностите), в които се допират двете тела, възниква сила на триене. Тя има направление по допирателната към повърхностите, които се хлъзгат, а посоката ѝ е противоположна на посоката на движение.



При *плъзгане* на едно тяло спрямо друго в точките (повърхностите), в които се допират двете тела, възниква сила на триене. Тя има направление по допирателната към повърхностите, които се хлъзгат, а посоката ѝ е противоположна на посоката на движение.

Френският учен Шарл Кулон опитно е установил, че големината на силата на триене между две повърхности е  $F_{тр}$  право пропорционална на силата на нормалния натиск  $N$ :

$$F_{тр} = -\mu N$$

Константата  $\mu$  е *коефициент на триене* между тези две повърхности. Стойността ѝ зависи от веществата на плъзгащите се повърхности и от тяхното състояние.



Всъщност, има два коефициента на триене - *статичен* ( $\mu_s$ ) и *динамичен* ( $\mu_d$ ). За две повърхности, които са в относителен покой една спрямо друга  $F_{Tp} = -\mu_s N$ , а когато се плъзгат  $F_{Tp} = -\mu_d N$ . За една и съща повърхност  $\mu_s > \mu_d$ . При *търкаляне* триенето се характеризира с подобен закон:  $M = -kN$ .  $M$  е въртящият момент на приложената сила спрямо точката, в която търкалящото се тяло се допира до повърхността. Той е необходим, за да се преодолее наличното триене при търкаляне.

Вътрешното триене съпровожда всички движения на тела във флуидна среда (например въздушна или водна). Силата, действаща от околната среда върху тялото, се нарича **съпротивление на флуидната среда**. Съпротивителната сила  $F_c$  е пропорционална на скоростта на обекта  $v$  и има посока, обратна на посоката на движение:  $F_c = -k v$ . Тази съпротивителна сила е нула при покой на тялото. Тя се появява само когато то започне движение във флуида и нараства с увеличаването на неговата скорост. При по-високи скорости зависимостта преминава от линейна в квадратична и даже кубична. Коефициентът на триене  $k$  зависи от размера и формата на обекта, плътността и вискозитета на средата.