



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

Лекция №5

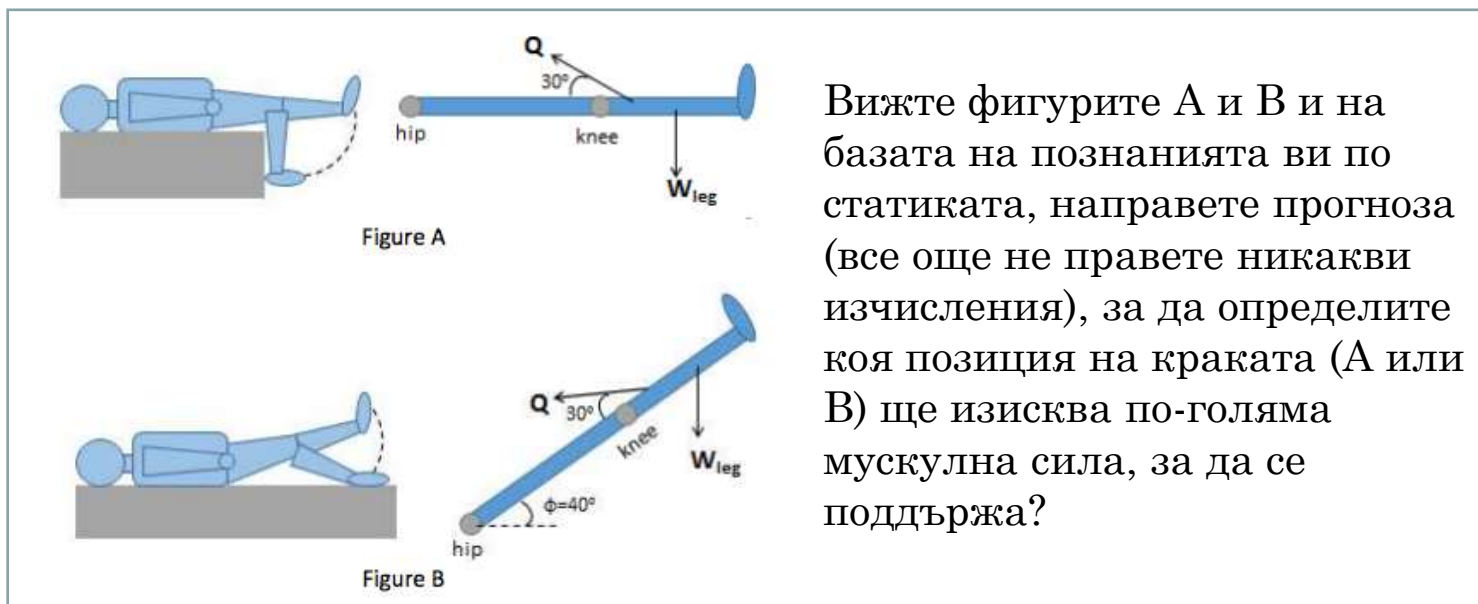
БИОМЕХАНИКА

Статика. Механично равновесие. Видове равновесия: устойчиво, неустойчиво и безразлично. Условия за устойчивост на равновесието, правила на Торичели и Ди-рихле. Лостове. Условие за равновесие на лост. Лостове от първи, втори и трети род.

Проф. Константин Балашев, дхн

СТАТИКА

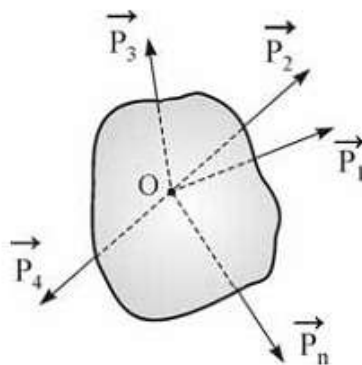
Статиката е раздел от динамиката, който разглежда механични системи в равновесие. По принцип една система е в равновесие ако ефектите на всички въздействия върху нея взаимно се неутрализират. Когато една механична система е в равновесие, относителното разположение на нейните компоненти не се променя във времето: системата или е в покой, или се движи в пространството с постоянна скорост. Сумарният ефект на всички движещи сили е равен на нула. Системата не получава ускорение и затова запазва състоянието, в което се намира. Следователно статиката е част от динамиката.



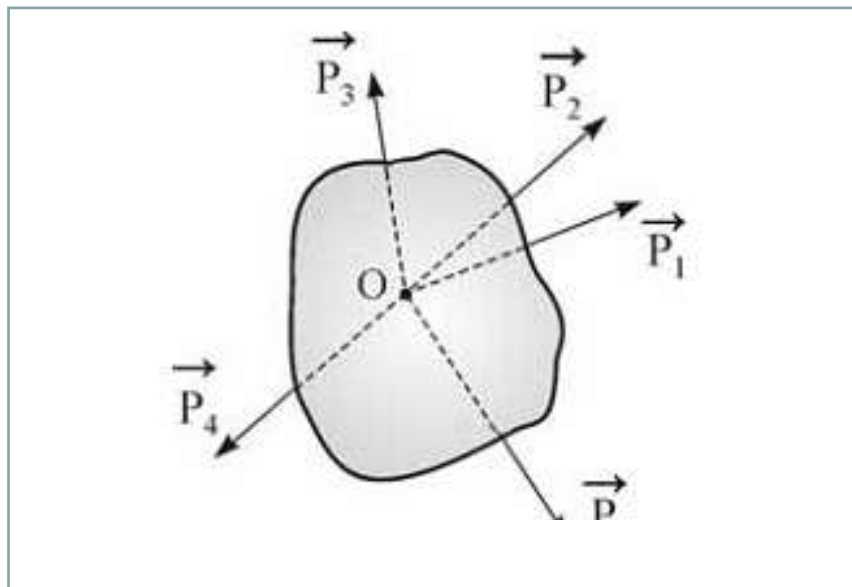
Вижте фигурите А и В и на базата на познанията ви по статиката, направете прогноза (все още не правете никакви изчисления), за да определите коя позиция на краката (А или В) ще изисква по-голяма мускулна сила, за да се поддържа?

КОНКУРЕНТНА СИСТЕМА СИЛИ

Една система сили, приложени върху дадено тяло, се нарича *конкурентна (сходяща)*, ако директрисите на всички нейни сили се пресичат в една точка - фиг. 1. Тази точка може да се смята за тяхна “обща приложна точка”.

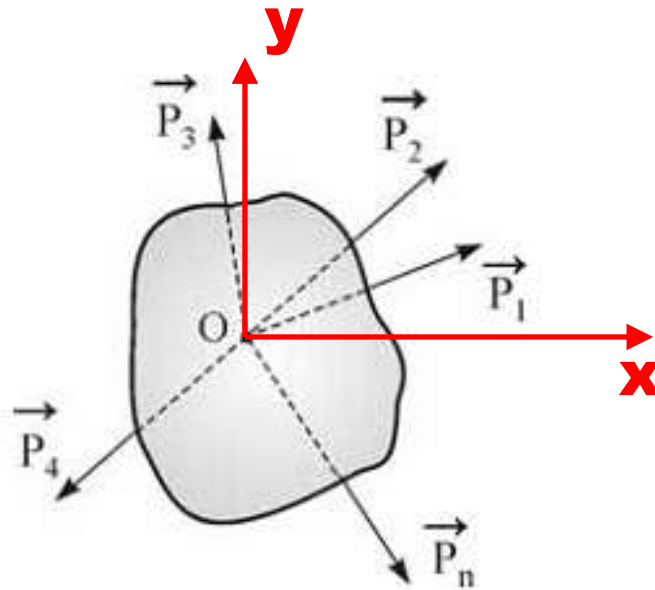


Конкурентните системи биват: - *пространствени* (директрисите на силите са пространствено разположени); - *равнинни* (силите лежат в една равнина); - *колинеарни* (всички сили имат обща директриса).



Една конкурентна ситема сили е еквивалентна (се редуцира) или на една равнодействаща \vec{R} , или е равна на нула. Равнодействащата е равна на геометричния сбор от всички сили и директрисата ѝ минава през пресечната точка на директрисите на тези сили, т.е.

$$\vec{R} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_n = \sum_{i=1}^n \vec{P}_i .$$



Аналитичната редукция предполага изчисляване на проекциите на равнодействащата върху координатните оси:

$$R_x = P_{1x} + P_{2x} + \dots + P_{nx} = \sum_{i=1}^n P_{ix} ;$$

$$R_y = P_{1y} + P_{2y} + \dots + P_{ny} = \sum_{i=1}^n P_{iy} ; \quad R_z = P_{1z} + P_{2z} + \dots + P_{nz} = \sum_{i=1}^n P_{iz} .$$

Големината на равнодействащата \vec{R} се намира чрез

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2},$$

а *направлението и посоката ѝ* се определят чрез т. нар. посочни косинуси

$$\lambda_R = \cos \alpha_R = \frac{R_x}{R}; \quad \mu_R = \cos \beta_R = \frac{R_y}{R}; \quad \nu_R = \cos \gamma_R = \frac{R_z}{R},$$

като последните трябва да удовлетворяват равенството: $\alpha_R^2 + \mu_R^2 + \nu_R^2 = 1.$

Аналитичните условия за равновесие са:

$$R_x = \sum_{i=1}^n P_{ix} = 0; \quad R_y = \sum_{i=1}^n P_{iy} = 0; \quad R_z = \sum_{i=1}^n P_{iz} = 0.$$

Когато конкурентната система сили е равнинна и координатната равнина Oxy съвпада с равнината на силите, условията за равновесие са:

$$R_x = \sum_{i=1}^n P_{ix} = 0; \quad R_y = \sum_{i=1}^n P_{iy} = 0.$$

Механично равновесие

Ако върху едно тяло действат сили, но то е в покой, казваме, че тялото е в **механично равновесие**. За да бъде едно тяло в равновесие, трябва да са изпълнени две условия:

а) векторната сума от всички действащи върху тялото външни сили е равна на нула ($\sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$),

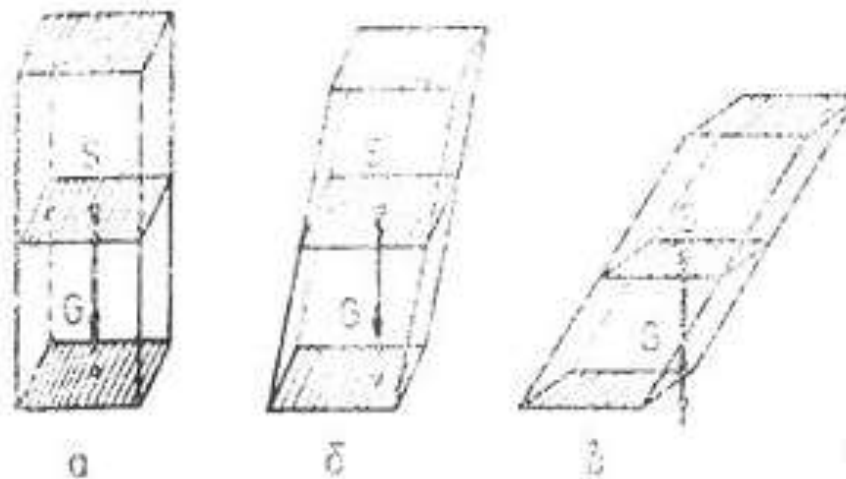
б) въртящият момент на действащите върху тялото сили спрямо произволна ос е нула ($\sum \mathbf{M} = \mathbf{0}$)

Има три вида равновесие: *устойчиво, неустойчиво и безразлично.*

Равновесие, при което тяло, отклонено от равновесното си положение, се връща само отново в него, се нарича **устойчиво**. Да разгледаме например топка, поставена в най-ниската точка на една вдлъбната сферична повърхнина. Топката е в устойчиво равновесие, защото сумата от силата на тежестта и нормалната реакция на опората е нула; пълният въртящ момент на тези две сили (спрямо всяка ос) е също нула. При малко отклонение от това положение резултантната сила ще връща топката отново в началното положение.

Равновесие, при което тяло, отклонено от равновесното си положение, не се връща в него, се нарича **неустойчиво**. Нека топката от предишния пример е поставена в най-високата точка на изпъкнала сферична повърхнина. При най-малко отклонение от това положение резултантната сила ще увеличава отклонението ѝ.

Равновесие, при което тялото при всяко отклонение от положението си е отново в равновесно положение, се нарича **безразлично**. Топката ще бъде в безразлично равновесие, когато е поставена върху хоризонтална плоска равнина, защото всяко изменение на положението ѝ е еднакво с предишното.



Когато едно тяло има опорна площ, неговата устойчивост зависи от взаимното разположение на центъра на тежестта и опорната площ. Опорната площ на тялото е повърхността, заключена между опорните точки. За опорна площ са необходими най-малко 3 точки, нележащи на една права. Тяло с опорна площ остава в устойчиво равновесие, докато отвесът, спуснат от центъра на масите му, пробощда опорната площ. Колкото тази прободна точка е по-близо до центъра на опорната площ, толкова по-трудно тялото може да бъде изведено от равновесие.

Като сравнява къде се намира центърът на масите в трите вида равновесни положения, италианският физик Торичели (*Evangelista Torricelli*, 1608-1647) дефинира едно по-общо правило:

Когато центърът на масите на едно тяло заема най-ниското от всички възможни съседни положения, равновесието е устойчиво; когато заема най-високото - равновесието е неустойчиво, а когато остава на една височина спрямо всички възможни съседни положения - равновесието е безразлично.

Това правило е валидно за равновесие на тяло, върху което действат само силата на тежестта и нормалната реакция на опората.

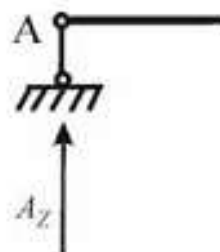
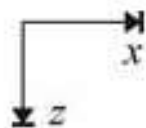
Немският математик Дирихле (*Johann Peter Gustav Lejeune Dirichlet*, 1805-1859) обобщава правилото на Торичели като използва за критерий потенциалната енергия. Известно е, че колкото центърът на масите е по-високо, толкова потенциалната енергия на тялото е по-голяма. Според правилото на Дирихле **едно тяло е в устойчиво, неустойчиво или безразлично равновесие, ако потенциалната му енергия в даденото положение е съответно по-ниска, по-висока или еднаква спрямо тези във всички възможни съседни положения.**

♦ **Акции, реакции, опори.** Тялото (гредата), което представлява интерес за статическо изследване заради предназначението, което му се определя, се свързва с околността, респ. земята или други конструкции, посредством устройства, наречени *опори (връзки)*. Опорите са предназначени да поемат и предадат въздействията (*акциите*) от тялото на околността (земята). Опорите реагират и силите, с които опорите противодействат на тялото, се наричат *реакции (опорни реакции)*. Като се пренебрегне триенето, *реакциите винаги са по нормалата на повърхността на допиращите се тела* (идеални опорни устройства). Акцията и реакцията, са две сили, приложени към различни тела, и съгласно третия принцип на Нютон - противоположни.

По-долу са показани *някои видове опорни устройства и съответните им опорни реакции.*

◇ Прътова опора

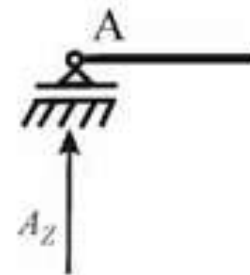
Между тялото (гредата) и опората има прът, който свършва в двата си края със стави (фиг. 1). Ограничава преместване на т.А по направление, съвпадащо с оста на пръта. Позволява завъртане на двете стави. Една реакционна компонента по оста на пръта.



фиг. 1

◇ Подвижна цилиндрична става

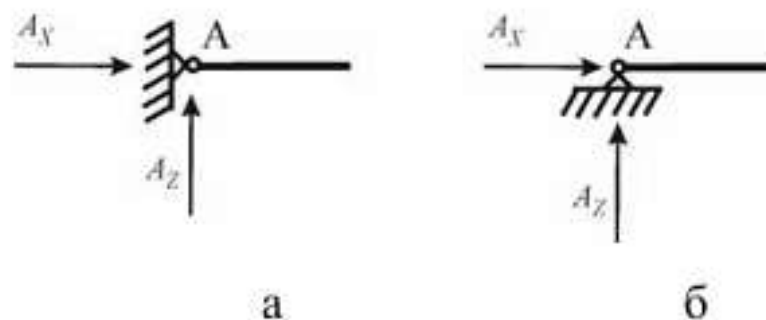
Ограничава преместване на т.А по направление, перпендикулярно на опорната равнина (фиг. 2). По това направление действа опорната реакция A_z . Позволява завъртане на сечението в ставата А.



фиг. 2

◇ Неподвижна цилиндрична става

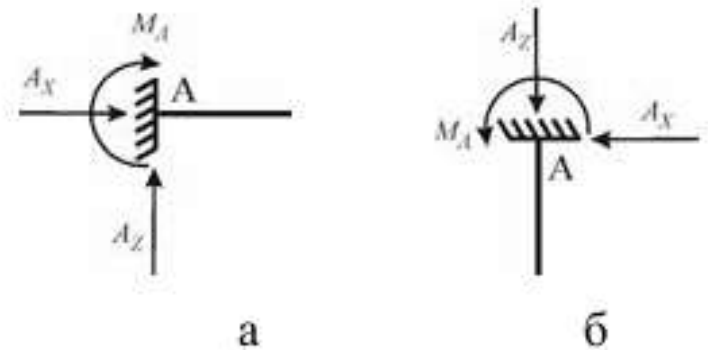
Ограничава преместването на т.А (фиг. 3).
3). Позволява завъртане на сечението в ставата А. След отстраняването ѝ, опорната реакция се разлага на две компоненти - A_x и A_z .
Еквивалентна е на две прътови опори.



фиг. 3

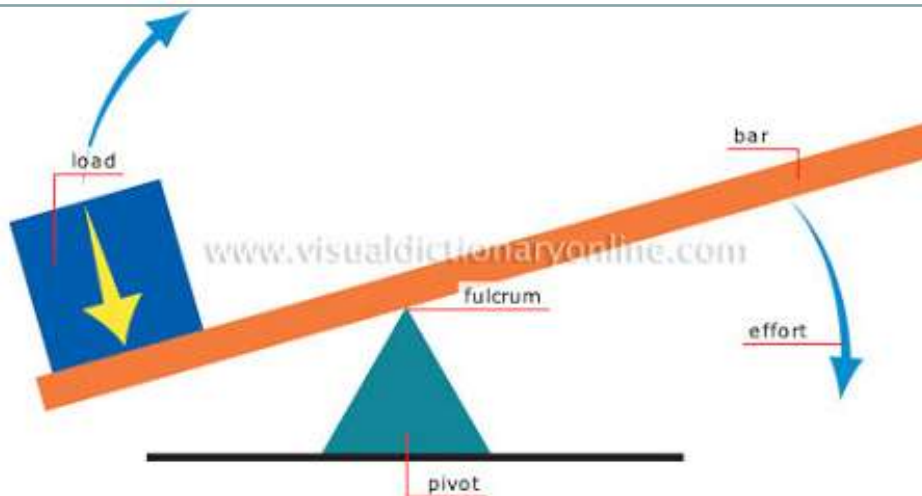
◇ Равнинно запъване

Тази опора (фиг. 4) не позволява тялото нито да се премества, нито да се завърта в равнината на приложените сили. Опорните реакции са силите A_x и A_z , както и запъващия момент M_A .

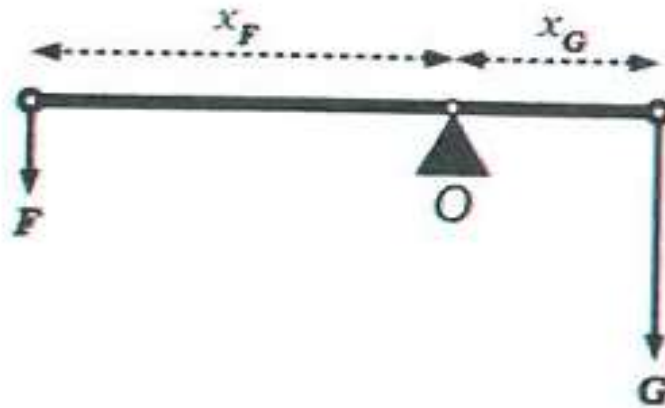


фиг. 4

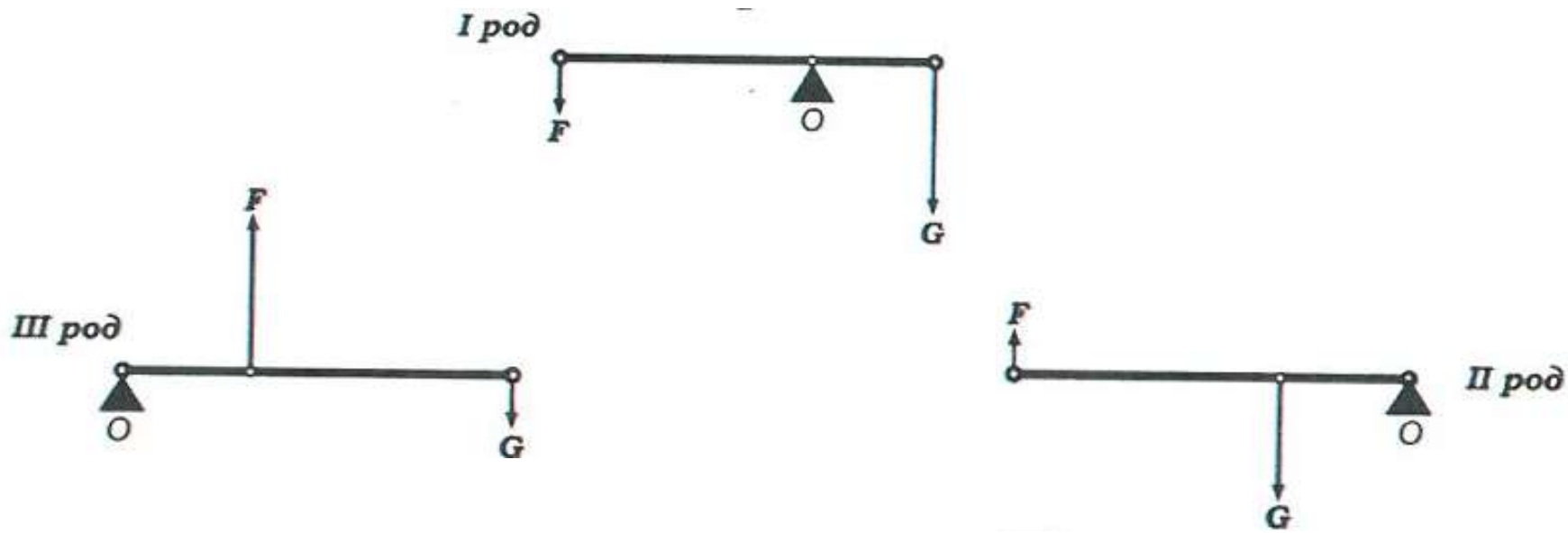
Лостове



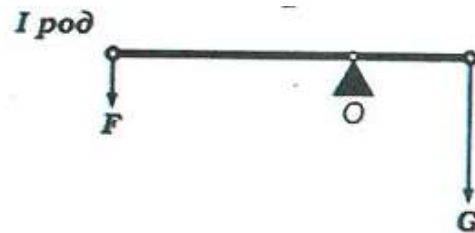
Лостът е твърдо тяло, което може да се върти или да запазва равновесие относно опорна точка или ос под въздействие на приложени върху него сили. Едната от тези сили най-често се определя като движеща (F), а другата – като съпротивителна сила или товар (G). Всяка от тях има своята приложна точка. Разстоянието от приложната точка на силата до опорната точка на лоста се нарича рамо на силата (x). Това е най-късото разстояние (перпендикуляра) от опорната точка на лоста до направлението, по което действа силата.



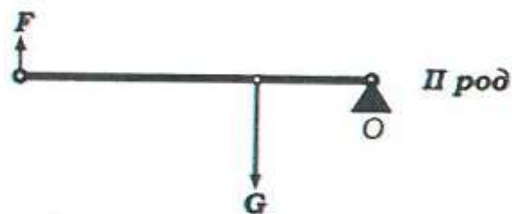
Механичните функции на лоста се извеждат от условието за равновесие: сумата от въртящите моменти на всички действащи сили трябва да е нула. Това означава, че въртящият момент на движещата сила F трябва да е равен на момента на съпротивителната G : $F \cdot x_F = G \cdot x_G$, което е еквивалентно на $F/G = x_G/x_F$.



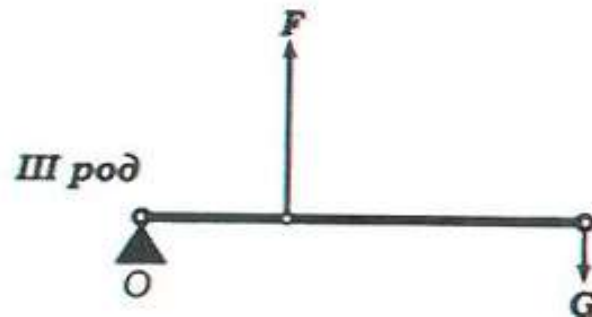
В зависимост от разположението на действащите сили спрямо опорната точка O се различават 3 вида лостове: от първи, втори и трети род.



Ако опорната точка е разположена между приложените точки на действащите сили, лостът е от **първи род**. Нарича се още *равновесен лост*. При него и двете сили действат в една посока. При другите два вида лостове опорната точка е разположена в единия край на лоста, а силите действат в противоположни посоки.



Ако приложената точка на съпротивителната сила **G** е между опорната точка и приложената точка на движещата сила **F**, лостът е от **втори род**. Характеризира се като *силов лост*, тъй като рамото на действащата сила е по-голямо и затова се печели големина на сила при придвижване на товара на по-голямо разстояние.



Когато движещата сила F има приложна точка между опорната точка и приложената точка на съпротивителната сила G , лостът е от **трети род**. Известен е като *скоростен лост*, защото при него се губи сила, но се печели скорост.

Ефектът от действието на лоста се определя от съотношението на въртящите моменти на приложените сили. Като се изменя големината на рамото на силата и/или нейната големина, може да се види че *“загубата в сила дава печалба в скорост (или път) и обратно”*, което е известно като златно правило на механиката.