

# ФИЗИКА

## Динамика

- Сила
- Њутнови закони кретања
- Тежина, трење и друге силе
- Основне силе у природи
- Статика

1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Динамика

- При описивању кретања се користе још две величине, **маса** и **сила**.
- Даје везу између кретања тела и сила које делују на њега у “уобичајеним условима”
- Услови када класична механика не може да се примени
  - када су тела веома мала (< од димензије атома)
  - када се тела крећу брзинама блиским брзинама светлости

2

---

---

---

---

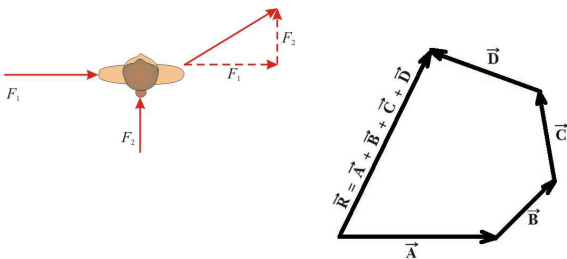
---

---

---

---

## Силе су вектори



3

---

---

---

---

---

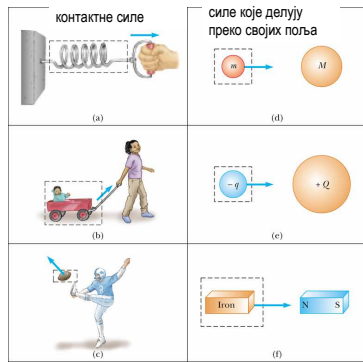
---

---

---

## Силе

- Обично се представљају као нешто што може да гура или вуче тела
- Векторска величина
- Могу да буде контактне или силе које делују преко поља



© 2012 Векторска Сила Радичић - a Division of Thomson Learning

4

---

---

---

---

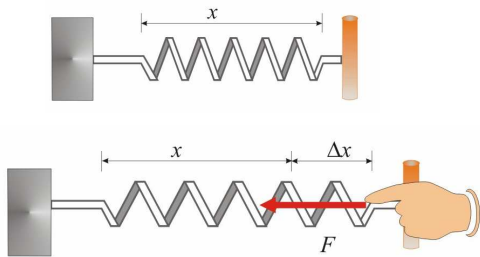
---

---

---

---

## Мерење сила - "стандардна сила" – преко релативне (повратне) силе



5

---

---

---

---

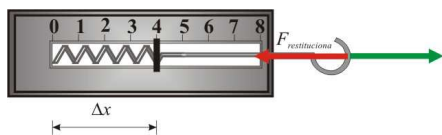
---

---

---

---

## Динамометар



6

---

---

---

---

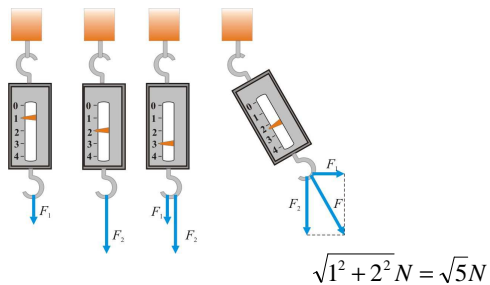
---

---

---

---

## Векторска природа силе



$$\sqrt{1^2 + 2^2} N = \sqrt{5} N$$

7

---

---

---

---

---

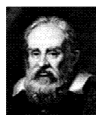
---

---

---

## Њутнови закони

- 1. закон
- искуство
  - тело остаје у стању мировања уколико не делујемо на њега
  - тела која се крећу се након неког времена зауставе
- у ствари
  - 1. Њутнов закон: Тела остају у стању мировања или униформног (равномерног праволинијског) кретања, све док на њих не делује нека спољашња сила
  - да ли је то контрадикција?
  - не, сила трења изазива "промену стања кретања" и успорава тела
  - особина тела да остају у стању мировања или равномерног праволинијског кретања - инертност. 1. Њутнов закон – закон инерције.



8

---

---

---

---

---

---

---

---

## Маса

Маса: Мера инерције/инертности тела

1. Скаларна, позитивна, адитивна.
2. Не може да нестане или настане (у процесима који могу да се опишу класичном физиком).

*Што је објекат масивнији то је инертнији!!  
Кретање по инерцији – кретање по правој линији!*

*Теже је утицати на кретање масивнијег објекта него оног са мањом масом*

Маса је повезана са са количином материје у телу (број атома и молекула у телу).

**Маса је величина која не зависи од тога где се налази тело већ само од онога од чега се састоји.**

Одређивање масе у пракси: Не бројимо атоме и молекуле (а требало би тако) већ упоређујемо масу тела са стандардом јединице масе - килограмом

9

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2. Њутнов закон

- 1. закон
  - постоји веза између стања кретања и деловања
  - не даје одговор на питање колика је промена нити како се долази до ње
- како да установимо да је дошло до промене стања кретања?
- промена у брзини **система** – а то је –
  - убрзање
- (**спољашња**) сила доводи до појаве убрзања

10

---

---

---

---

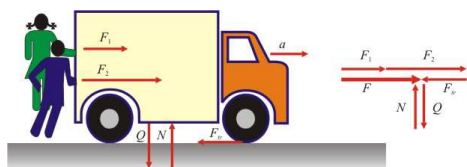
---

---

---

---

## Спољашње и унутрашње силе



11

---

---

---

---

---

---

---

---

- $a \sim F$  (вектори су – масним словима)
- убрзање система је пропорционално укупној сили која делује на њега
- $a \sim 1/m$
- убрзање система је обрнуто пропорционално маси система
- 2. Њутнов закон: Убрзање система је директно пропорционално, и истог је правца и смера, као укупна сила која делује на систем, а обрнуто је пропорционално његовој маси
- $a = F / m$  (3.1)
- $F = m a$  (3.2)
- Јединица за силу –  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m} / \text{s}^2$  (сила која телу масе 1 килограм **сваке секунде** промени брзину за 1 **метар у секунди**)

12

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3. Њутнов закон, 19-10-2015

- При интеракцији два тела, сила којом прво тело делује на друго, једнака је по интензитету и по правцу, а супротног је смера од силе којом друго тело делује на прво.



- да ли се ове две силе поништавају?
- да ли има вертикалних сила?

13

---

---

---

---

---

---

---

---

### Тежина

- када пустимо тело оно пада **убрзано**
- 2. Њ. закон: => постоји сила!
- ако нема отпора ваздуха (и занемаримо ротацију Земље) једина сила је **гравитациона = (само бројчано и под одређеним условима) тежина (Q)**
- $F=ma$ ,  $F=Q$ ,
- **Галилеј** – у одсуству сила отпора ваздуха, сва тела падају са истим убрзањем  $g$
- $Q = mg$

14

---

---

---

---

---

---

---

---

### Маса и тежина

- Тежина тела масе 1,0 килограм.
  - $Q = mg = 1,0 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N}$
- Како се убрзање мења (на Земљи, ван ње) ни тежина није иста
- На Месецу је
  - $Q = mg = 1,0 \text{ kg} \times 1,67 \text{ m/s}^2 = 1,7 \text{ N}$
- Маса и тежина су различите физичке величине.
  - Маса има везе са количином материје и не зависи од места на коме се мери
  - тежина зависи од јачине гравитационог поља на датом месту.

15

---

---

---

---

---

---

---

---

## Маса, тежина и тежа

Маса и тежина су две различите величине!!

Није **инхерентна** карактеристика објекта!!! (Маса јесте)

Тежина зависи од тога где је мерите (Земља, Месец, ...). (Маса не зависи)

$$\bar{Q} = m \bar{g}$$

Тежина је **сила** којом тело делује на хоризонталну подлогу, растеже опругу, затеже конач о који је обешено, ... услед деловања силе Земљине теже.

**Тежина и тежа** нису исте величине!!! Разликују се по нападној тачки! А могу и по вредности.



16

---

---

---

---

---

---

---

---



## Трење

- Силе које се јављају приликом релативног кретања делова различитих тела (силе спољашњег трења) која се додирују или делова истог тела (силе унутрашњег трења)
- постоје и када се тела не крећу – **статичко трење**
- када се крећу – **динамичко/кинетичко трење**
- увек је паралелна контактної површини
- зависи од тога да ли постоји или не кретање између додирних површина

17

---

---

---

---

---

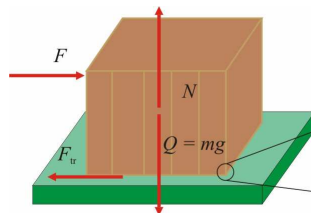
---

---

---

## Трење

- **Особине**
  - сила статичког трења (њена максимална вредност) је већа од силе кинетичког трења
  - кад једном померимо сандук лакше га гурамо
  - што је масивнији теже ћемо га померити
  - ако послемо зрнење по поду лакше ће се померати
  - ако послемо мало уља по поду лакше ће се померати
- **Узрок**
  - додирне површине нису глатке



18

---

---

---

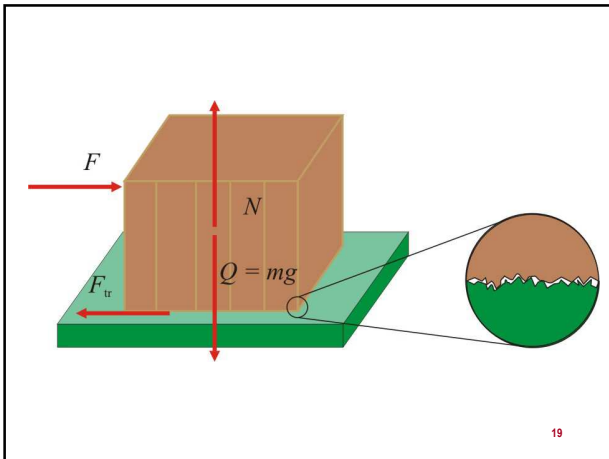
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### Статичко трење, $F_s$

- Статичко трење - тело мирује
- Ако примењена сила  $F$  расте, расте и  $F_s$
- Ако  $F$  опада, опада и  $F_s$

$$F_s \leq \mu_s N$$

$$F_{s,max} = \mu_s N$$

20

---

---

---

---

---

---

---

---

### Кинетичко трење, $F_k$ (клизање)

- Кинетичко трење - тело се креће

$$F_k = \mu_k N$$

$$\mu_k \leq \mu_s$$

21

---

---

---

---

---

---

---

---

Sistem	$\mu_s$	$\mu_k$
Čelik i suvi čelik	0,6	0,3
Čelik i nauljeni čelik	0,05	0,03
Drvo i drvo	0,25-0,5	0,2-0,3
Teflon i čelik	0,04	0,04
Staklo i staklo	0,94	0,4
Guma i asfalt	1,0	0,8
Voskareno drvo i vlažan sneg	0,14	0,1
Voskareno drvo i suv sneg	-	0,04
Led i led	0,1	0,03
Čelik i led	0,4	0,02

Tabela 3.1: Koeficijenti statičkog i kinematičkog trenja

22

---

---

---

---

---

---

---

---

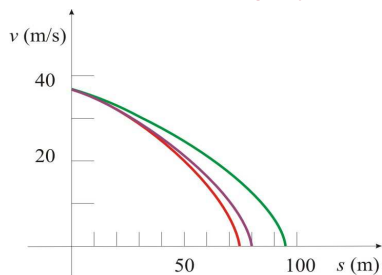
---

---

---

---

### Antilock Braking System



- зелена боја – аматер без ABS
- љубичаста - аматер са ABS
- црвена боја - професионални возач

23

---

---

---

---

---

---

---

---

---

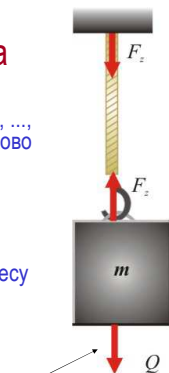
---

---

---

### Сила затезања

- **реакција** којом жице, конопци, сајле, ..., **делују на тело** које је изазвало њихово затезање.
- **правац** - дуж жице
- **смер** - од тела које је изазвало затезање.
- жице, конопци, сајле, служе да пренесу силу којом се делује дуж њих и да евентуално покрену тело које је на другом крају



Сила теже

24

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

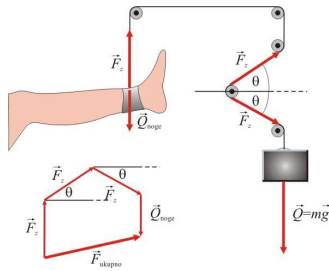
---

---



## Сила затезања - примена

- примена: жице, конопци, сајле, служе да пренесу силу којом се делује дуж њих и услед тога могу да покрену тело које је на њиховом другом крају
- могу да служе и за промену правца деловања силе.



дистракција

25

---

---

---

---

---

---

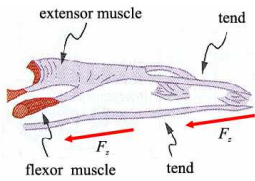
---

---

---

---

## Сила затезања - примери



Slika 3.13: Mišići i tetive u prstu.

26

---

---

---

---

---

---

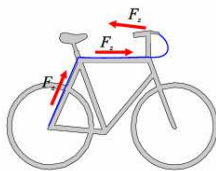
---

---

---

---

## Сила затезања - примери



Slika 3.14: Sistem za kočenje kod bicikla.

27

---

---

---

---

---

---

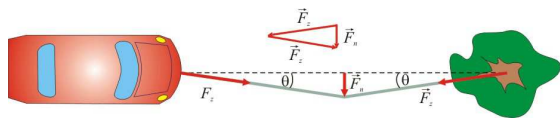
---

---

---

---

## Сила затезања - примена



$$\vec{F}_z + \vec{F}_z = \vec{F}_n$$

$$F_n = F_z \sin \theta + F_z \sin \theta = 2F_z \sin \theta$$

$$F_z = \frac{F_n}{2 \sin \theta}$$

мала попречна сила  
изазива велику силу  
затезања (зато што  
је мали угао  $\theta$ )

28

---

---

---

---

---

---

---

---

## Основне силе у природи

- Типови
  - јака нуклеарна
  - електромагнетна
  - слаба нуклеарна
  - гравитација
- карактеристике
  - све делују преко поља
  - поређане су по јачини интераговања
  - у класичној механици се разматрају само електромагнетна и гравитација (преостале две имају много краћи домет дејства)

29

---

---

---

---

---

---

---

---

## Интеракције и њихово уједињење

Sila	Približna relativna jačina	Domet	+/-	Prenosioc
Gravitaciona	$10^{-38}$	$\infty$	+	Graviton (pretpostavka)
Elektromagnetna	$10^{-2}$	$\infty$	+/-	Foton (registrovan)
Slaba nuklearna	$10^{-13}$	$< 10^{-18}$ m	+/-	$W^+, W^-, Z^0$ (registrovani)
Jaка nuklearna	1	$< 10^{-15}$ m	+/-	Gluoni (osam)

Tabela 3.2: Karakteristike osnovnih sila

30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Деловање на даљину. Концепт поља

- све фундаменталне силе делују “на даљину” – нису тзв. контактне
  - гравитациона, електрична сила, ...
- шта их преноси?
- један од начина - претпоставка да око сваког тела постоји **поље**
- **поље** постоји независно од других тела
- када неко тело унесемо у **поље** првог онда оно делује на њега
- како? чиме? ... шта то преноси интеракцију?

31

---

---

---

---

---

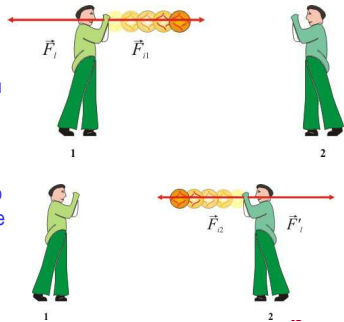
---

---

---

## Деловање на даљину. Концепт поља

- 1932. Хидеки Јукава, јака (нуклеарна) интеракција се преноси честицама
- макроскопска визуелизација
- обојица осећају дејство одбојне силе иако се не додирују




---

---

---

---

---

---

---

---

Sila	Približna relativna jačina	Domet	+/-	Prenosioc
Gravitaciona	$10^{-38}$	$\infty$	+	Graviton (pretpostavka)
Elektromagnetna	$10^{-2}$	$\infty$	+/-	Foton (registrovan)
Slaba nuklearna	$10^{-13}$	$< 10^{-18}$ m	+/-	$W^{+}, W^{-}, Z^0$ (registrovani)
Jaka nuklearna	1	$< 10^{-15}$ m	+/-	Gluoni (osam)

Tabela 3.2: Karakteristike osnovnih sila

- што су честице које преносе интеракцију масивније мањи је домет силе,
- максималан домет имају силе чији преносиоци имају масу 0.

33

---

---

---

---

---

---

---

---

## Статика

- Проучава услове равнотеже тела
- Услови равнотеже?
- 1. услов: укупна сила је нула
  - $\Sigma \vec{F}=0$
- али и тада је могуће кретање!

34

---

---

---

---

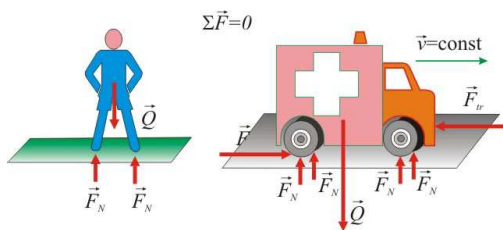
---

---

---

---

## Статичка и динамичка равнотежа



35

---

---

---

---

---

---

---

---

## Статика

- Услови равнотеже?
- 1. услов: укупна сила је нула
  - $\Sigma \vec{F}=0$
- то је заправо захтев да се тело не креће убрзано (транслаторно)
- а шта ако тело ротира?
- и онда може да буде у равнотежи уколико му се не мења угаона брзина!!!
- да ли овај услов може да се исказе слично првом услову?

36

---

---

---

---

---

---

---

---

- Размотримо колика је сила потребна да се отворе врата. Да ли је лакше да се отворе гурањем/вучењем далеко од шарки или ближе шаркама?

Што је нападна тачка силе даље од шарки/осе око које се врте, већи су ротациони ефекти које сила изазива!



37

---

---

---

---

---

---

---

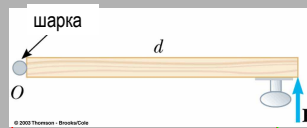
---

## Момент силе

- Када се на тело прикључено на неку осу, примени сила, она може да га заротира око те осе.
- Момент силе ( $M$ ), која је примењена на тело указује на то колико ефикасно та сила мења његову брзину ротирања (стање ротационог кретања).

Пример врата:

$$M = Fd$$



- $M$  је момент силе
- $d$  је (најкраће нормално) растојање од (осе) до места деловања силе
- $F$  је сила

38

---

---

---

---

---

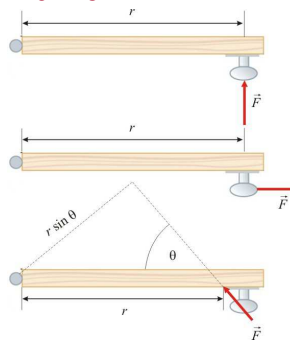
---

---

---

## Момент силе

- Три битна фактора при деловању силе:
  - интензитет,
  - правац и
  - положај тачке деловања (нападна тачка)
- деловање силе под различитим угловима у односу на правац врата
- $M = F r \sin \theta$
- $r \sin \theta$  је најкраће растојање од правца деловања силе до осе ротације




---

---

---

---

---

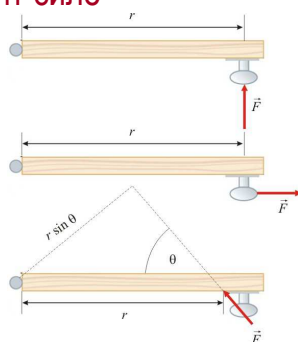
---

---

---

## Момент силе

- $M = F r \sin \theta$
- Јединица за момент је Nm.
- Смер момента:
  - ако ротира тело у смеру супротном од казаљке на часовнику усмерен је од слике ка нама (позитиван),
  - ако ротира тело у смеру казаљке онда је усмерен од нас (негативан)




---

---

---

---

---

---

---

---

## Статика

- Услови равнотеже?
- 1. услов: укупна сила је нула
  - $\Sigma \mathbf{F} = 0$
- то је заправо захтев да се тело не креће убрзано (транслаторно)
- 2. услов: укупни момент сила мора да буде нула
  - $\Sigma \mathbf{M} = 0$
- то је захтев да тело не ротира убрзано

41

---

---

---

---

---

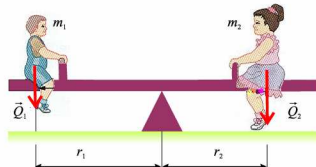
---

---

---

## Пример статичке равнотеже

- код балансирања на клацкалици оба услова су задовољена
- $Q_1 r_1 - Q_2 r_2 = 0$
- $Q_1 r_1 = Q_2 r_2$



Slika 3.21: Ravnoteža na klackalici.

42

---

---

---

---

---

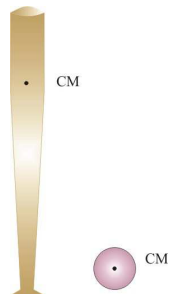
---

---

---

## Центар маса. Тежиште

- Материјална тачка- идеализација
- материја реалних тела је некако распоређена у простору
- испоставља се да се и тада тела често понашају као да им је целокупна маса сконцентрисана на једном месту – **центар маса**
- за (хомогена) геометријски правилна тела он се налази у геометријском средишту
- иначе је ближи масивнијем делу тела



43

---

---

---

---

---

---

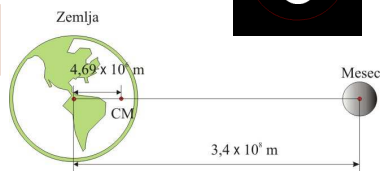
---

---

## Израчунавање координате центра маса

$$\vec{r}_{CM} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots}{M}$$

$$x_{CM} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$



44

---

---

---

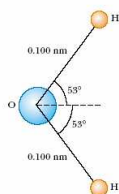
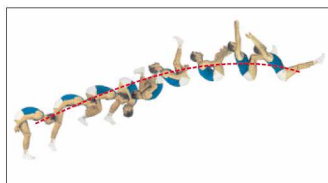
---

---

---

---

---



- ако пратимо путању главе, она је сложена линија
- једноставније је пратити центар маса, његова путања је простија

45

---

---

---

---

---

---

---

---

## Тежиште

- Деловање теже се своди на силу која да делује у једној тачки која се назива **центар теже** или **тежиште**
- Положај тежишта – аналогно дефиницији центра маса

$$\vec{r}_{CM} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \dots}{M}$$

$$\vec{r}_T = \frac{Q_1\vec{r}_1 + Q_2\vec{r}_2 + \dots}{Q} = \frac{m_1g\vec{r}_1 + m_2g\vec{r}_2 + \dots}{m_1g + m_2g + \dots}$$

- ако је убрзање Земљине теже исто за сваку тачку центар маса и тежиште се поклапају.

46

---

---

---

---

---

---

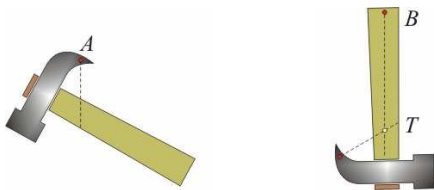
---

---

---

---

## Експериментално одређивање положаја тежишта



47

---

---

---

---

---

---

---

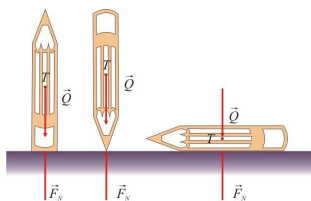
---

---

---

## Равнотежа

- типови
  - стабилна
  - лабилна
  - индиферентна
- критеријум
  - понашање тела при малом отклону из равнотежног положаја,
  - односно према смеру силе, или момента силе који се јавља(ју) при томе



48

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Равнотежа

- типови
  - стабилна
  - лабилна
  - индиферентна
- критеријум
  - понашање тела при малом отклону из равнотежног положаја,
  - односно према смеру силе, или момента силе (који се јављају при отклону тела од положаја равнотеже)



49

---

---

---

---

---

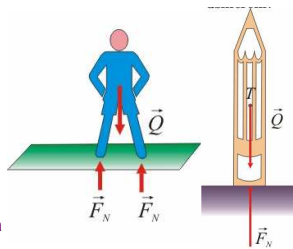
---

---

---

## Равнотежа

- чак и када је тело у стању **стабилне** равнотеже, ако се довољно удаљи из њега, долази у положај **лабилне** равнотеже
- деловањем бочном силом можемо да пореметимо равнотежу
- критичан моменат настаје када тежиште тела није више изнад површине ослоњца
  - код оловке је то њена доња површина
  - код човека површина стопала и површина између њих
  - тежиште људи је изнад зглобова у кукovima
  - бочна померања се компензују померањем остатка тела на супротну страну (балансирање при вожњи бицикле у кривини)



50

---

---

---

---

---

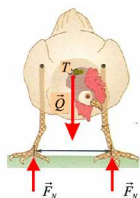
---

---

---

## Равнотежа, 26.10

- код неких животиња је тежиште испод кукова па су стабилније



Slika 3.27: Primer dvostrane poluge.

51

---

---

---

---

---

---

---

---

## Просте машине

- Уређаји који користећи систем **полуга**, зупчаника, катурача, клинова и завртања, **могу да увећају примењене силе и моменте.**
- **статика** – просте машине или мирују или се **униформно крећу**

52

---

---

---

---

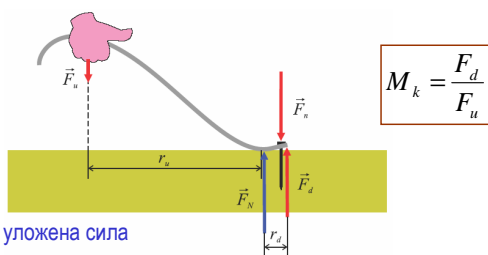
---

---

---

---

## Коефицијент механичке ефикасности



- $F_u$  уложена сила
- $F_d$  добијена сила

53

---

---

---

---

---

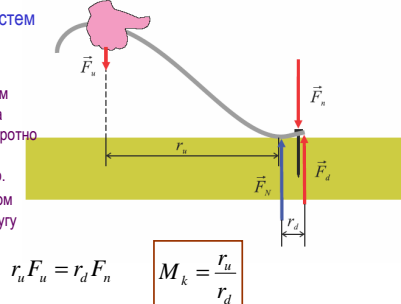
---

---

---

## Коефицијент механичке ефикасности- моменти сила

- силе које делују на систем – полугу
  - $F_u$  - примењена сила
  - $F_n$  - сила реакције којом глава ексера делује на систем – једнака и супротно усмерена од  $F_d$ , којом полуга делује на ексер.
  - $F_n$  нормална сила којом подлога делује на полугу
- Услов равнотеже момената ( $M=0$ )



$$r_u F_u = r_d F_n$$

$$M_k = \frac{r_u}{r_d}$$

54

---

---

---

---

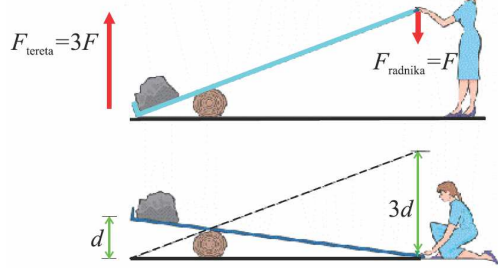
---

---

---

---

## Златно правило механике



55

---

---

---

---

---

---

---

---

## Силе и моменти сила у мишићима и зглобовима

- Локомоторни систем
  - активни део
    - скелетни мишићи
  - пасивни
    - кости
    - зглобови
- Силе које делују на њега
  - спољашње (гравитационе)
  - унутрашње (мишићне контракције)
- Кости – полуге
- Зглобови – повезују их и омогућују ротацију

56

---

---

---

---

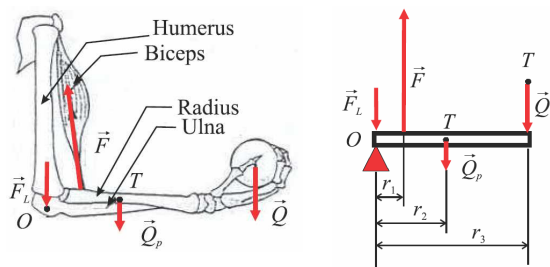
---

---

---

---

## Лакат као једностранна полуга



57

---

---

---

---

---

---

---

---

## Остали делови локомоторног система

- Леђа – коефицијент механичке ефикасности је такође мањи од 1
- Вилица – коефицијент механичке ефикасности је већи од 1 на местима где су кутњаци

58

---

---

---

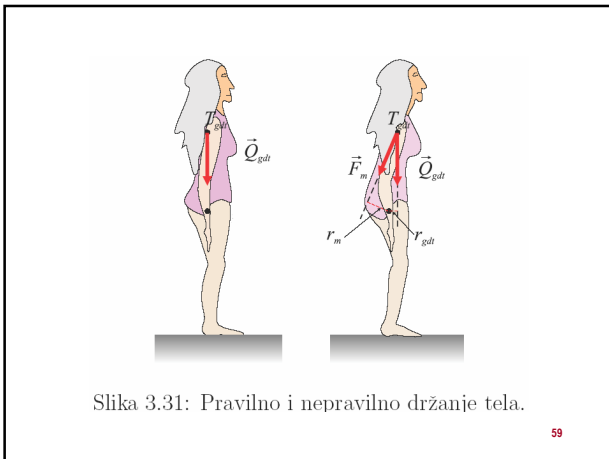
---

---

---

---

---



59

---

---

---

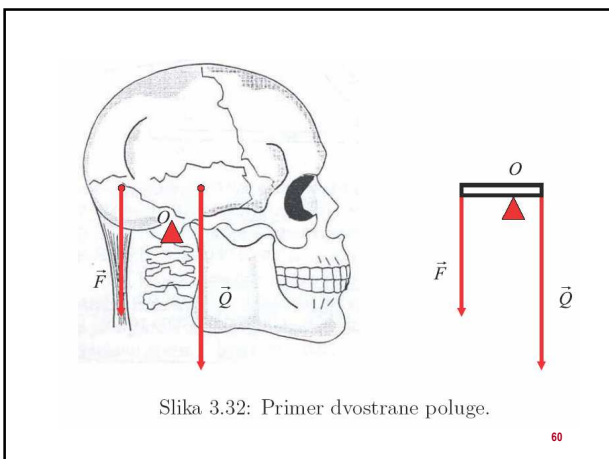
---

---

---

---

---



60

---

---

---

---

---

---

---

---