

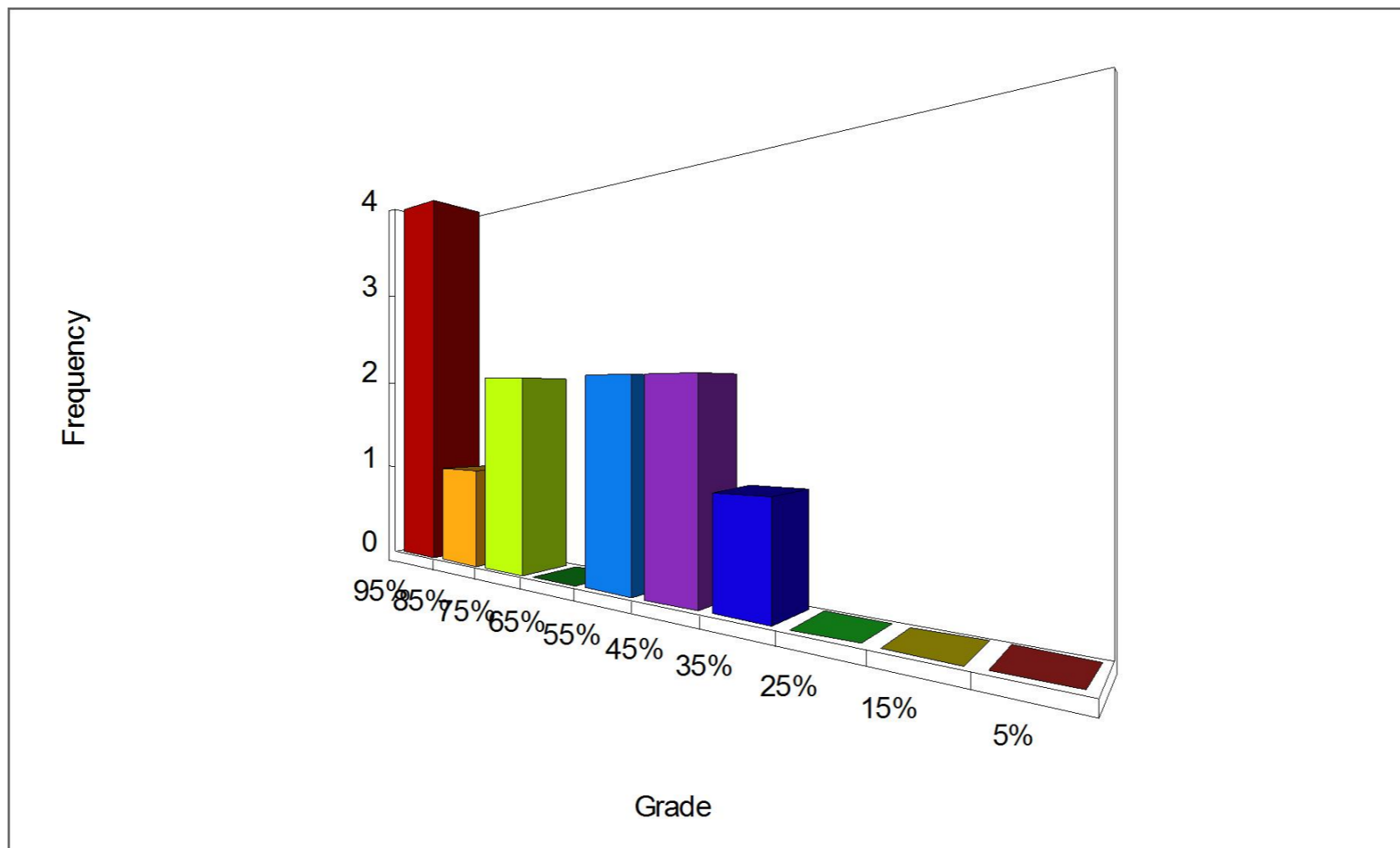
# Class Frequency Distribution Report

Overall

Mean Score: 69,72%



Grade	Percent Score	Raw Score	Frequency
95%	90,00 - 100,00	27,00 - 30,00	4
85%	80,00 - 89,99	24,00 - 26,99	1
75%	70,00 - 79,99	21,00 - 23,99	2
65%	60,00 - 69,99	18,00 - 20,99	0
55%	50,00 - 59,99	15,00 - 17,99	2
45%	40,00 - 49,99	12,00 - 14,99	2
35%	30,00 - 39,99	9,00 - 11,99	1
25%	20,00 - 29,99	6,00 - 8,99	0
15%	10,00 - 19,99	3,00 - 5,99	0
5%	0,00 - 9,99	0,00 - 2,99	0



## Student Statistics Report

### Overall

Student	Grade	Total	Percent	
0 2 4 1	35%	9,00 / 30,00	30,00	<div style="width: 30%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	95%	27,00 / 30,00	90,00	<div style="width: 90%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	85%	26,00 / 30,00	86,67	<div style="width: 86,67%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	45%	12,00 / 30,00	40,00	<div style="width: 40%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	55%	15,00 / 30,00	50,00	<div style="width: 50%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	95%	27,00 / 30,00	90,00	<div style="width: 90%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	95%	30,00 / 30,00	100,00	<div style="width: 100%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	75%	23,00 / 30,00	76,67	<div style="width: 76,67%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	55%	17,00 / 30,00	56,67	<div style="width: 56,67%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	75%	23,00 / 30,00	76,67	<div style="width: 76,67%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	95%	30,00 / 30,00	100,00	<div style="width: 100%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
BLANK BLANK BLANK BLANK	45%	12,00 / 30,00	40,00	<div style="width: 40%; background-color: blue; height: 15px;"></div>
<b>Mean</b>	65%	20,92	69,72	<div style="width: 69,72%; background-color: blue; height: 15px;"></div>

# MEHANIKA

Sile i Newtonovi zakoni



# Mehanika – Sile i Newtonovi zakoni

## KONCEPTI SILE I MASE

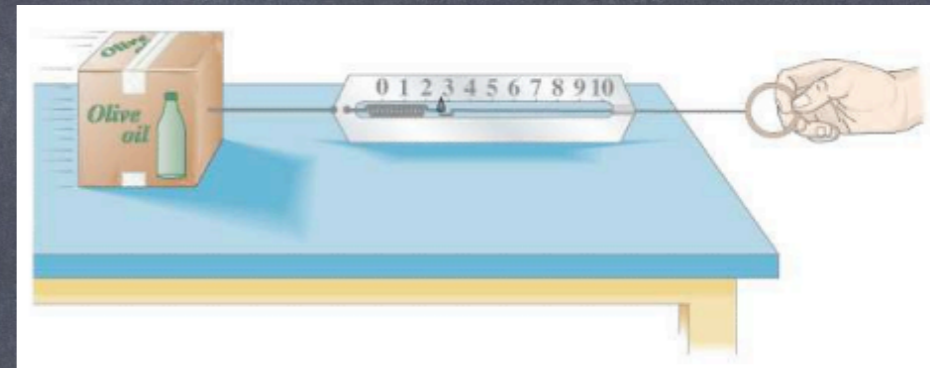
- sila: vektor
- guranje ili vuča – izravan kontakt

## MASA

- skalarna veličina
- objekt veće mase teže je pokrenuti

## NEWTONOVI ZAKONI (17 st.)

- važni prirodni zakoni koji su temelj razumijevanja kako sila djeluje na tijelo

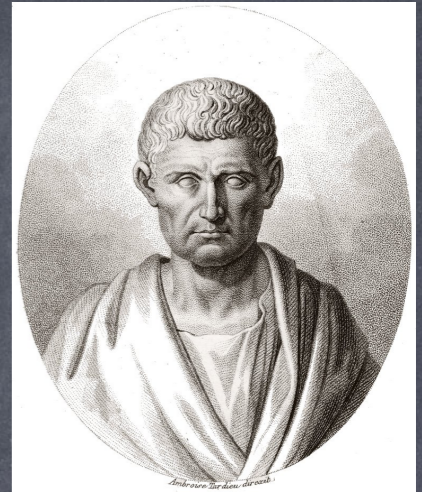


# Aristotel (384. pr. Kr. – 322 pr. Kr.)

tijela: (1) padaju na zemlju – gravitacija

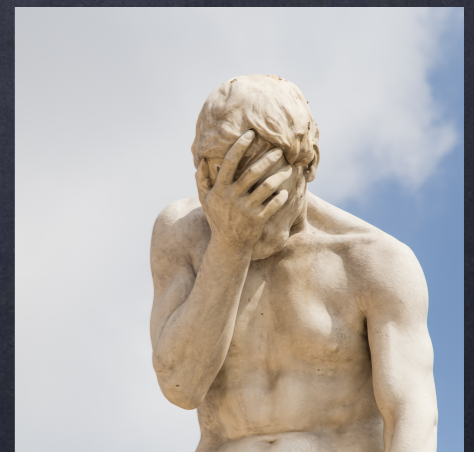
(2) gibaju se prema nebu – levitacija

- teža tijela padaju brže, brzina  $\propto$  težini
- zemlja ili nebo su prirodna mjesta kojima tijele teže
- tijelo se giba samo ako sila djeluje na njega
- beskontaktna sile – pomoću čestica zraka
- gibanje u vakuumu je nemoguće
- konstantna sila izaziva konstantnu brzinu
- kada sila prestaje djelovati, tijelo se prestaje gibati



Gibanje nije moguće bez djelovanja sile

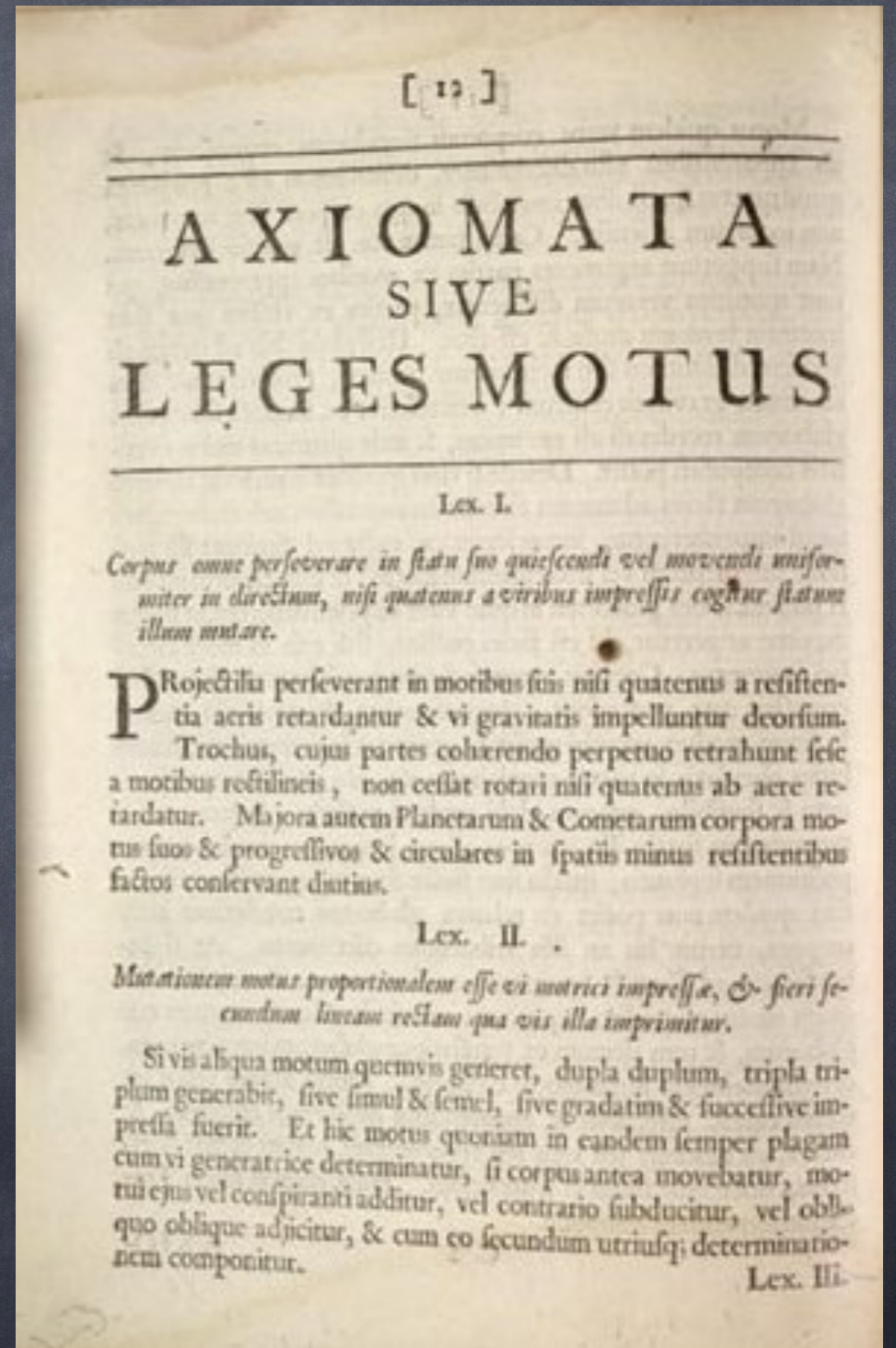
**WRONG!**



Newtonov prvi i drugi zakon,  
na latinskom, iz originalne *Principia  
Mathematica* objavljene 1687 g.



Isaac Newton  
(1643-1727)



# Mehanika – Sile i Newtonovi zakoni

## ● Prvi Newtonov zakon

Svako tijelo ostaje u stanju mirovanja ili jednolikog gibanja po pravcu sve dok je ukupna vanjska sila koja djeluje na njega jednaka nuli

## ● Drugi Newtonov zakon

Ubrzanje tijela razmjerno je ukupnoj vanjskoj sili koja djeluje na njega i obrnuto razmjerno njegovoj masi. Smjer ubrzanja je u smjeru ukupne sile koja djeluje na tijelo

## ● Treći Newtonov zakon

Ako jedno tijelo djeluje nekom silom na drugo tijelo, onda i drugo tijelo djeluje silom jednakog iznosa ali suprotnog smjera na prvo tijelo

# Prvi Newtonov zakon gibanja

Djelovanje sile na tijelo – promjena brzine i/ili smjera gibanja tijela

## DEFINICIJA INERCIJE I MASE

Inercija je prirodno svojstvo tijela da ostaje u mirovanju ili jednolikom pravocrtnom gibanju.

Masa je kvantitativna mjera inercije.

Tijelo veće inercije ima veću masu.

SI jedinica [kg]

Inercijalni referentni sustav – sustav u kojem vrijede Newtonovi zakoni!

**Oprez:  
ne miješati  
pojam mase  
i težine!**

From the original Latin of Newton's *Principia*:

“ *Lex I: Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.* ”

Translated to English, this reads:

“ Law I: Every body persists in its state of being at rest or of moving uniformly straight forward, except insofar as it is compelled to change its state by force impressed.[28] ”



# Inercijalni referentni sustav

- Referentni sustav u kojem vrijede Newtonovi zakoni inercije
- Ubrzanje inercijalnog referentnog sustava je 0 - giba se konstantnom brzinom
- Primjer inercijalnog referentnog sustava - planet Zemlja (mada ne u potpunosti točno zbog Zemljine rotacije!)
- Ako sustav nije inercijalan, Newtonovi zakoni ne moraju funkcionirati
- Provjera - da li 1. N. Z. vrijedi u sustavu

# Drugi Newtonov zakon gibanja

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m} \quad \text{ili} \quad \sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

- ukupna vanjska sila djeluje na tijelo mase  $m$
- rezultirajuće ubrzanje razmjerno je ukupnoj sili
- ubrzanje je obrnuto razmjerno masi tijela
- ubrzanje je u smjeru rezultantne sile
- jedinica za silu je [N] ([kg·m/s<sup>2</sup>])

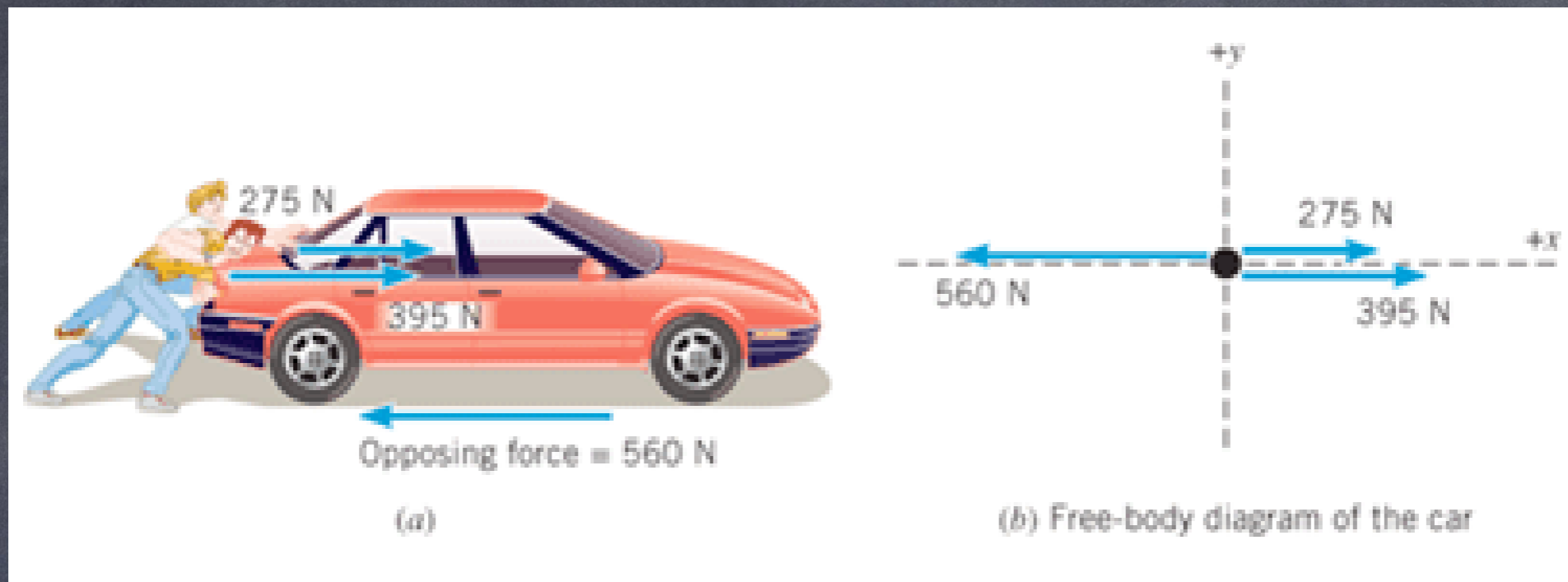
Newton's original Latin reads:

“ *Lex II: Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.* ”

This was translated quite closely in Motte's 1729 translation as:

“ Law II: The alteration of motion is ever proportional to the motive force impress'd; and is made in the direction of the right line in which that force is impress'd. ”

# Drugi Newtonov zakon gibanja



1. Odrediti ukupnu silu na tijelo

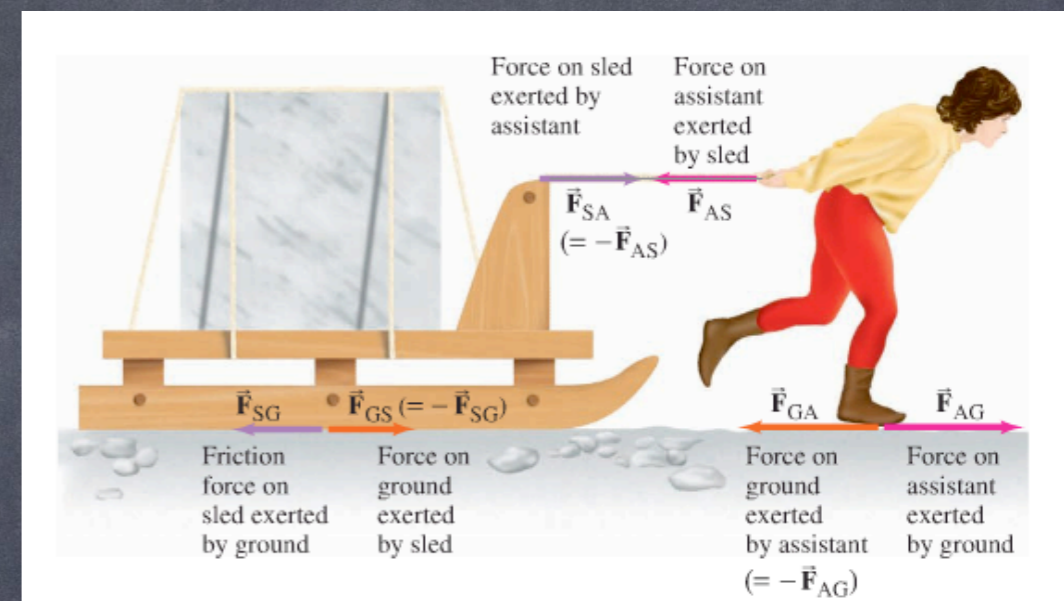
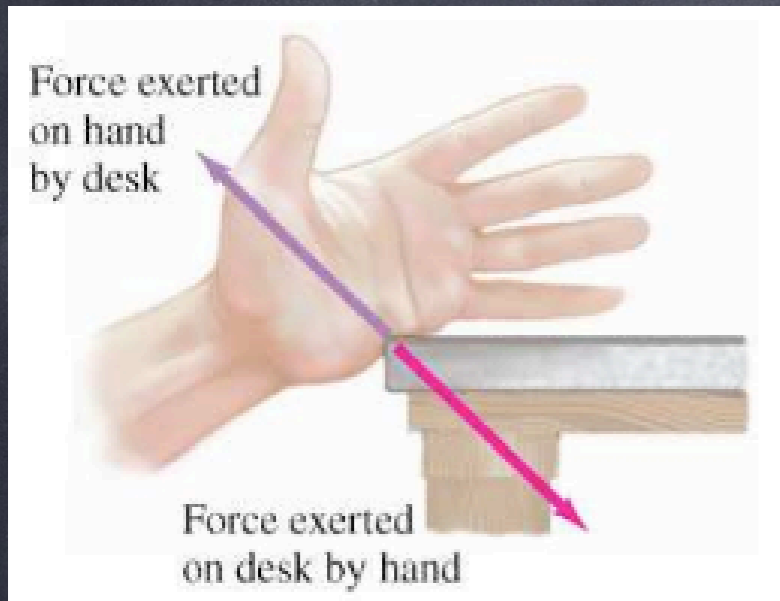
$$\sum F = +275 \text{ N} + 395 \text{ N} - 560 \text{ N} = +110 \text{ N}$$

2. Izračunati pripadno ubrzanje

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{+110 \text{ N}}{1850 \text{ kg}} = +0.059 \text{ m/s}^2$$

# Treći Newtonov zakon gibanja

Zakon akcije i reakcije – za svaku akciju (silu) postoji jednaka ali suprotna reakcija



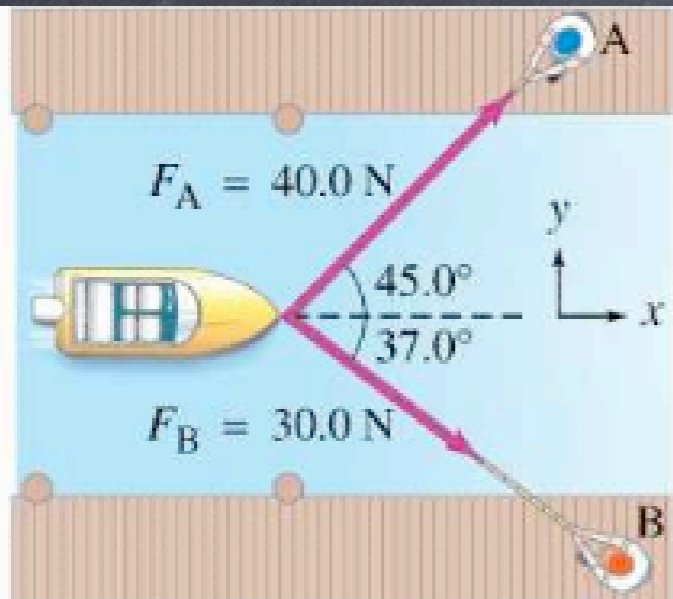
Važno: sile djeluju na različita tijela, ne na jedno!

“ *Lex III: Actioni contrariam semper et æqualem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æquales et in partes contrarias dirigi.* ”

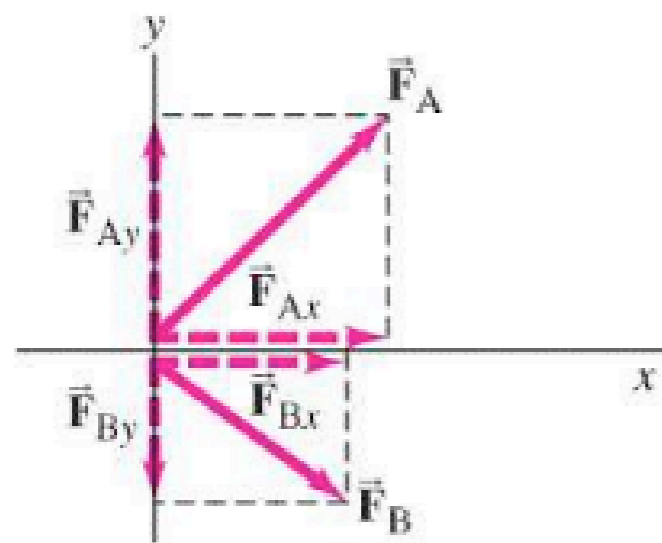
Translated to English, this reads:

“ Law III: To every action there is always opposed an equal reaction: or the mutual actions of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts. ”

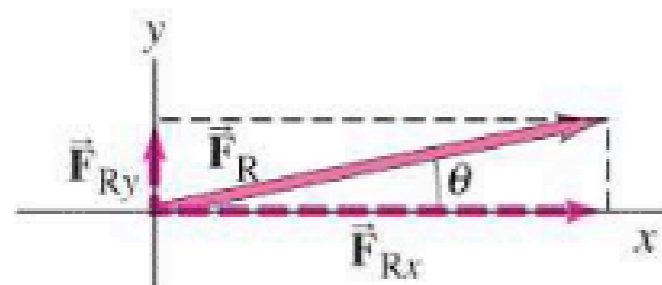
# Komponente vektora sile



(a)



(b)



(c)

$$\sum F_x = ma_x$$

$$\sum F_y = ma_y$$

$$a_x = \frac{\sum F_x}{m}, a_y = \frac{\sum F_y}{m}$$

$$F_{Ax} = F_A \cos 45.0^\circ = (40.0 \text{ N})(0.707) = 28.3 \text{ N},$$

$$F_{Ay} = F_A \sin 45.0^\circ = (40.0 \text{ N})(0.707) = 28.3 \text{ N}.$$

$$F_{Bx} = +F_B \cos 37.0^\circ = +(30.0 \text{ N})(0.799) = +24.0 \text{ N},$$

$$F_{By} = -F_B \sin 37.0^\circ = -(30.0 \text{ N})(0.602) = -18.1 \text{ N}.$$

$$F_{Rx} = F_{Ax} + F_{Bx} = 28.3 \text{ N} + 24.0 \text{ N} = 52.3 \text{ N},$$

$$F_{Ry} = F_{Ay} + F_{By} = 28.3 \text{ N} - 18.1 \text{ N} = 10.2 \text{ N}.$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(52.3)^2 + (10.2)^2} \text{ N} = 53.3 \text{ N}.$$

$$\tan \theta = \frac{F_{Ry}}{F_{Rx}} = \frac{10.2 \text{ N}}{52.3 \text{ N}} = 0.195,$$

$$\theta = 11^\circ$$

# Fundamentalne sile u prirodi

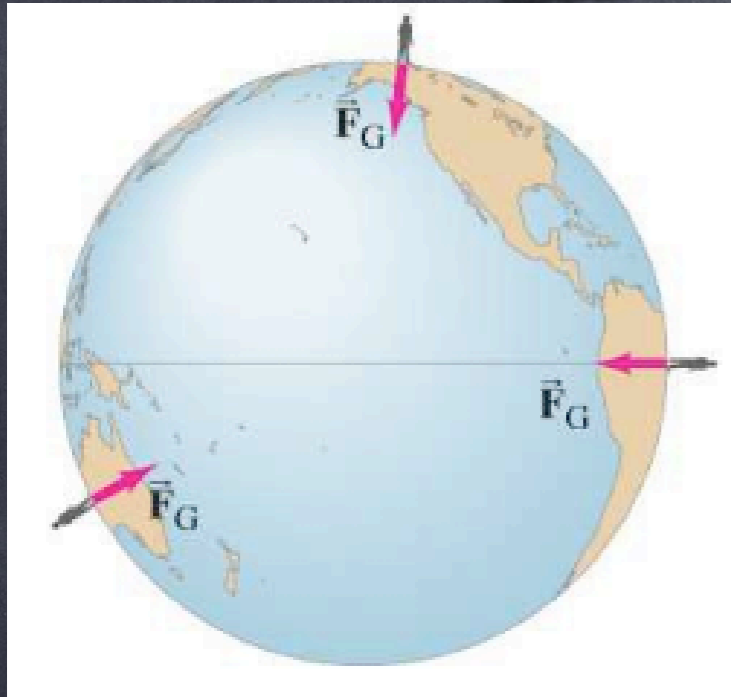
Načini na koji najjednostavnije čestice u svemiru međusobno interagiraju:

1. Gravitacijska sila - najslabija od svih, djeluje na sve čestice koje imaju masu, ima beskonačan doseg, uvijek je privlačna
2. Jaka nuklearna sila - najkompliciranija, na udaljenostima većim od 10 fm ( $10^{-15}$  m) praktički ne postoji, djeluje samo u jezgri atoma i drži ju na okupu
3. Elektroslabo sila
  - elektromagnetska sila - djeluje među električno nabijenim česticama, beskonačnog dosega
  - slaba nuklearna sila - zaslužna za radioaktivne raspade nekih jezgara

# Ukupna sila u mehanici

- Neke osnovne vanjske sile, koje djeluju kao ukupna sila u Newtonovom zakonima
  - gravitacijska sila
  - okomita sila (sila podloge)
  - sila trenja
  - sila napetosti

# Gravitacijska sila



Iznos sile:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

$F_1$  – sila kojom tijelo 2 djeluje na tijelo 1

$F_2$  – sila kojom tijelo 1 djeluje na tijelo 2



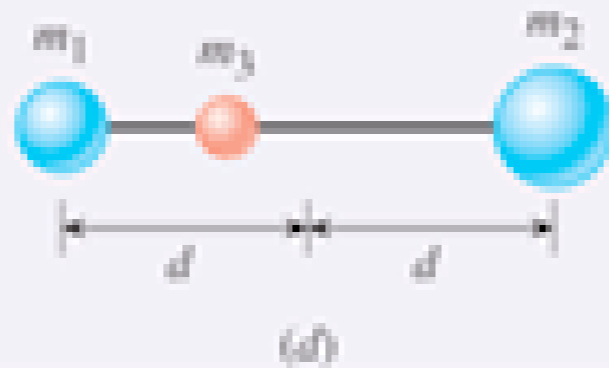
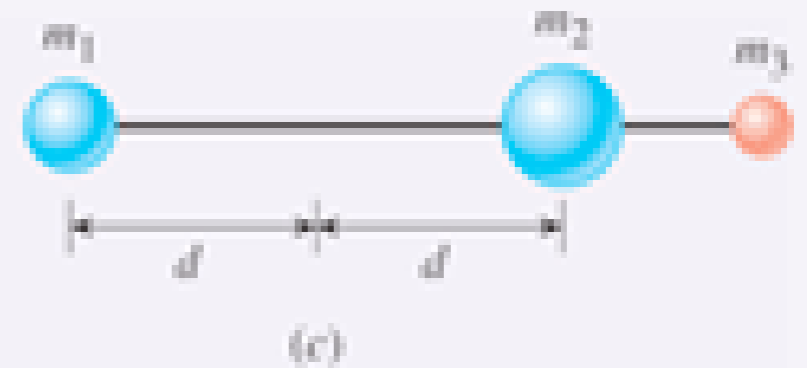
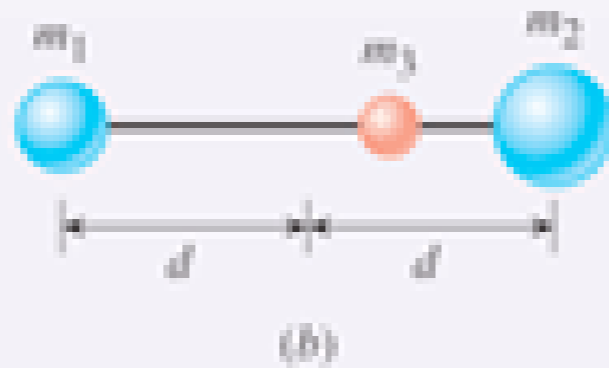
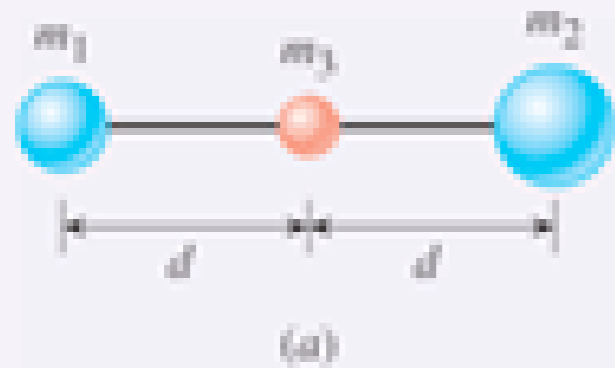
$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

Univerzalna gravitacijska konstanta  $G$  određena je eksperimentalno



# Konceptualno pitanje

Ako je ukupna sila na masu  $m_3$  nula, koja slika predstavlja taj slučaj?



# Težina tijela

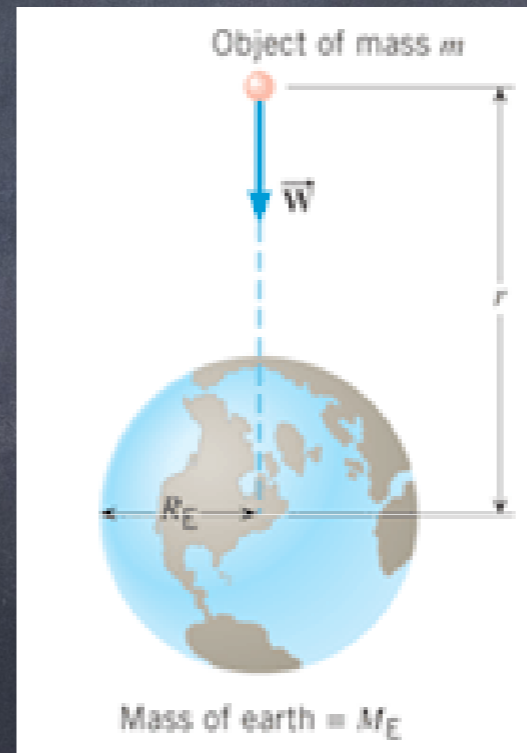
## Povijest:

- Platon: tendencija tijela da se približe svom bližnjem
- Aristotel: izravan uzrok padanja tijela, brzina je proporcionalna težini
- Arhimed: težina je ono što je suprotno uzgonu
- Euklid: težina i lakoća tijela, kada se usporede s drugim tijelom, a određeno vaganjem
- Galileo: mjerio težinu stacionarnog tijela i tijela u gibanju, dokazao da je težina proporcionalna količini tvari a ne brzini
- Newton: uveo razliku između težine i mase

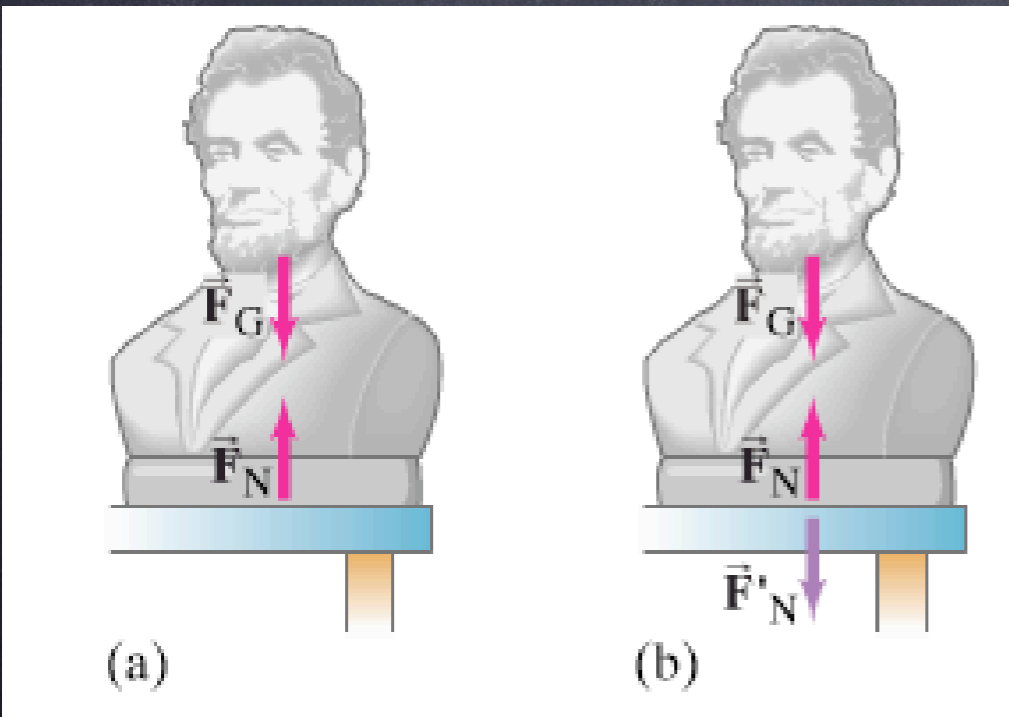
# Težina tijela



**Definicija:** Težina ( $w$ ) je gravitacijska sila koja djeluje na tijelo!



$$w = G \frac{M_E \cdot m}{r^2}$$
$$w = g \cdot m$$



Jedino ako se tijelo nalazi na površni!

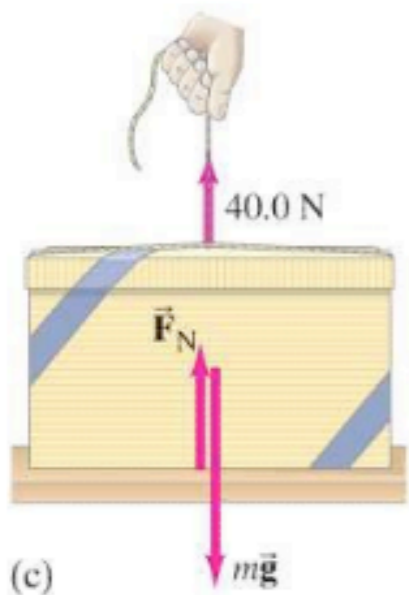
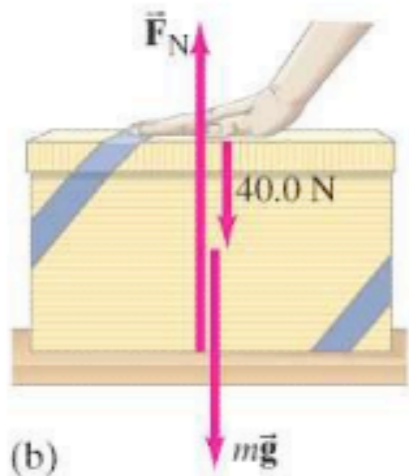
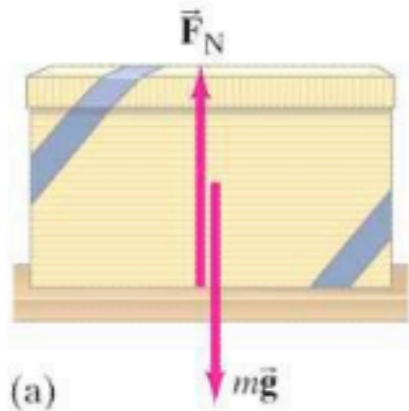
$$g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$$

# Konceptualno pitanje

Kada se tijelo pomakne s površine mora na vrh planine, pri tome mu se mijenja:

- a) masa
- b) težina
- c) oboje
- d) niti jedno

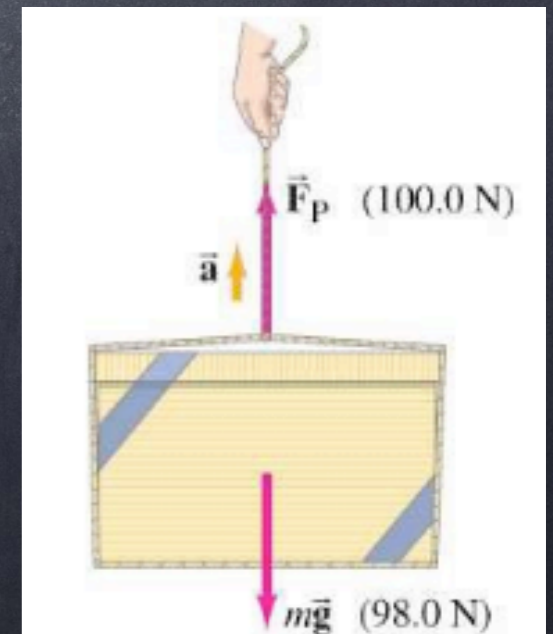
# Okomita sila (sila podloge)



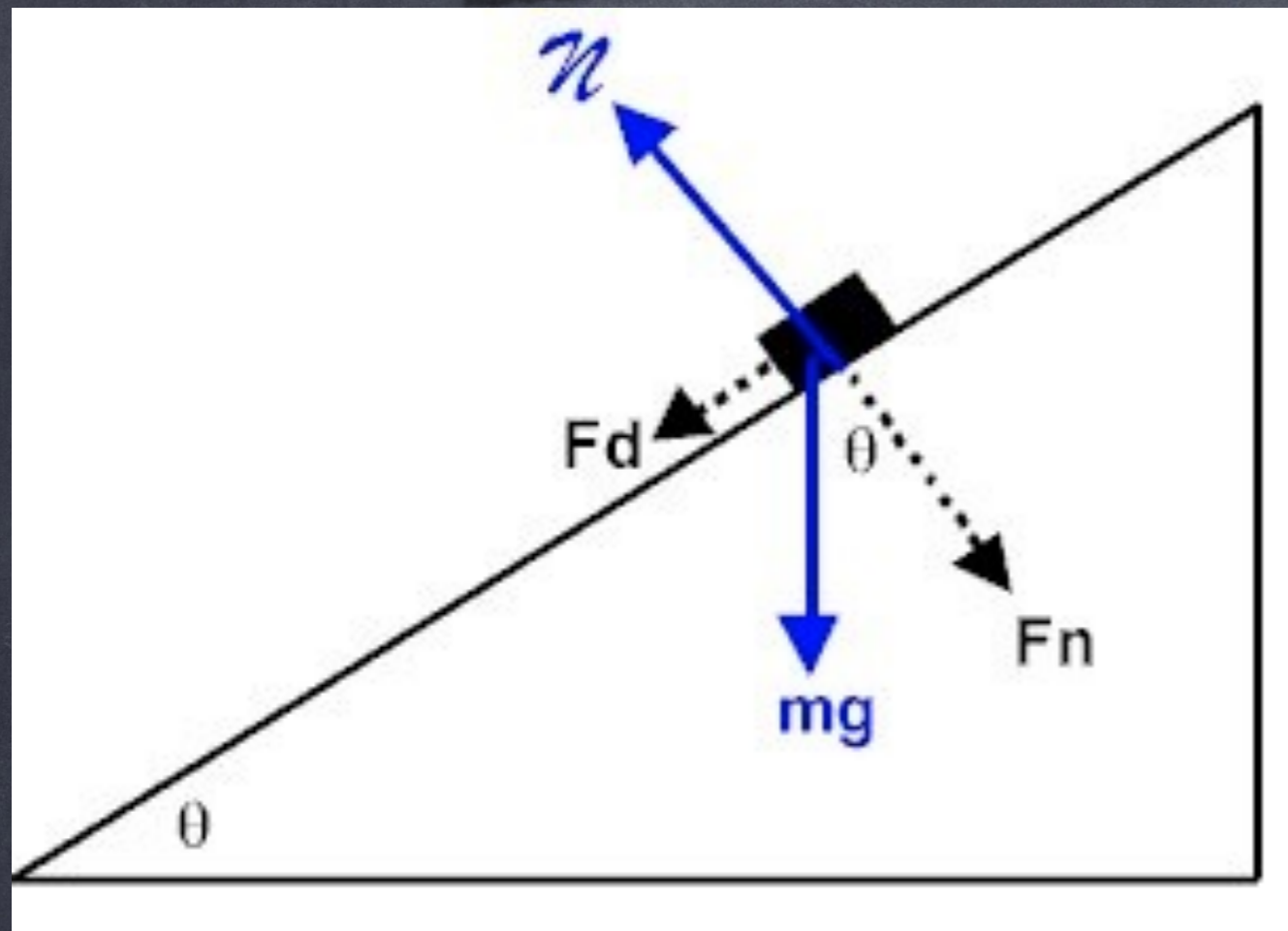
Okomita sila (sila podloge) je sila kojom podloga djeluje na tijelo, a okomita je na površinu podloge

- kontaktna sila
- ne mora nužno biti vertikalna
- obično se označava s  $F_N$

$F_N < 0$  ????



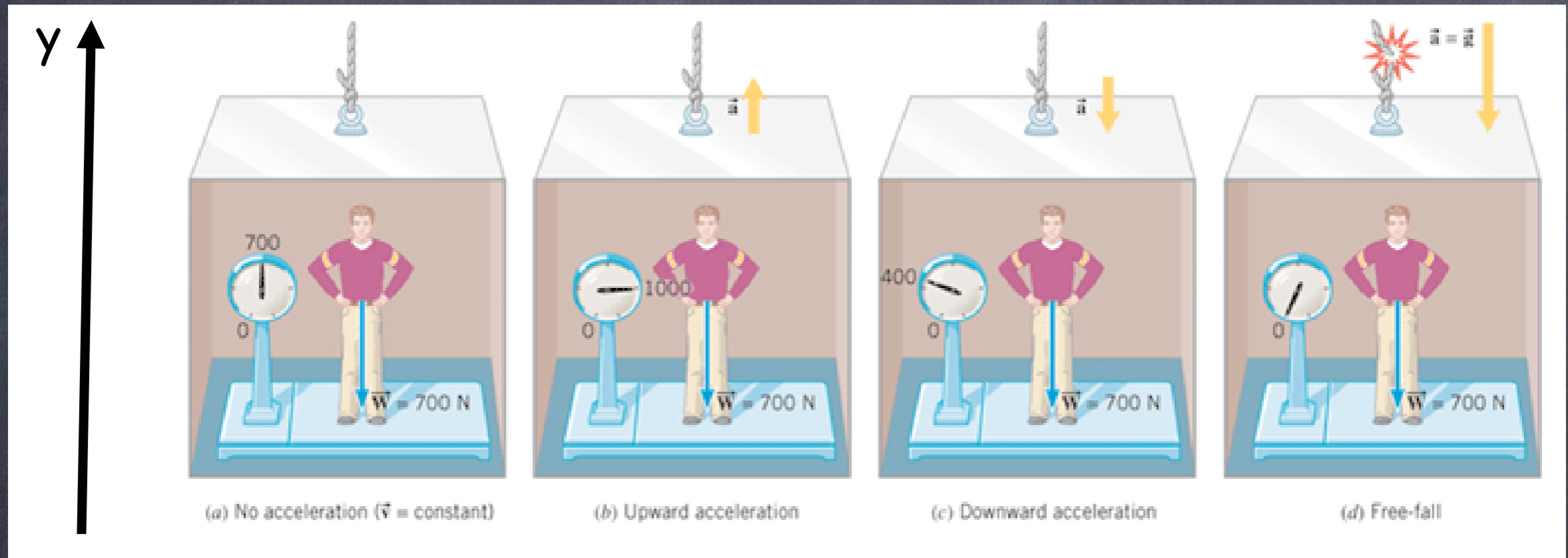
# Okomita sila (sila podloge)



Primjer:

- tijelo na kosini
- na tijelo djeluju samo gravitacijska sila ( $mg$ ) i sila podloge ( $N$ ) ako zanemarimo trenje!
- gravitacijska sila rastavlja se na dvije komponente ( $F_d$  i  $F_n$ )

# Primjer: dizalo



- vaga pokazuje silu podloge ( $F_n$ )
- prava težina je  $w=mg$
- ukupna sila je  $m\vec{a}=\vec{F}_n+m\vec{g}$

$$\sum F_y = +F_N - mg = ma$$

prividna  
težina

prava  
težina

# Bestežinsko stanje - 'zero gravity flight'





## Primjer: dizalo

Konceptualno pitanje

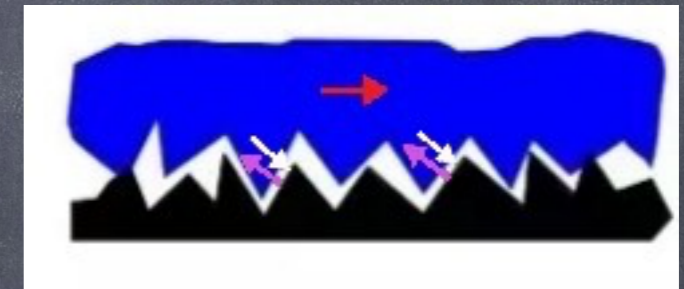
Kofer mase 10 kg stoji na vagi u dizalu.

Ako vaga očitava 75 N, možemo reći da:

- a) dizalo ubrzava prema gore
- b) dizalo ubrzava prema dolje
- c) dizalo miruje
- d) dizalo se diže konstantnom brzinom
- e) dizalo se spušta konstantnom brzinom

# Sila trenja

- pojavljuje se kada su dva tijela u kontaktu
- još nije sasvim jasno što se dešava na mikroskopskoj razini
- trenje je sila koja se odupire gibanju
- statičko i dinamičko trenje

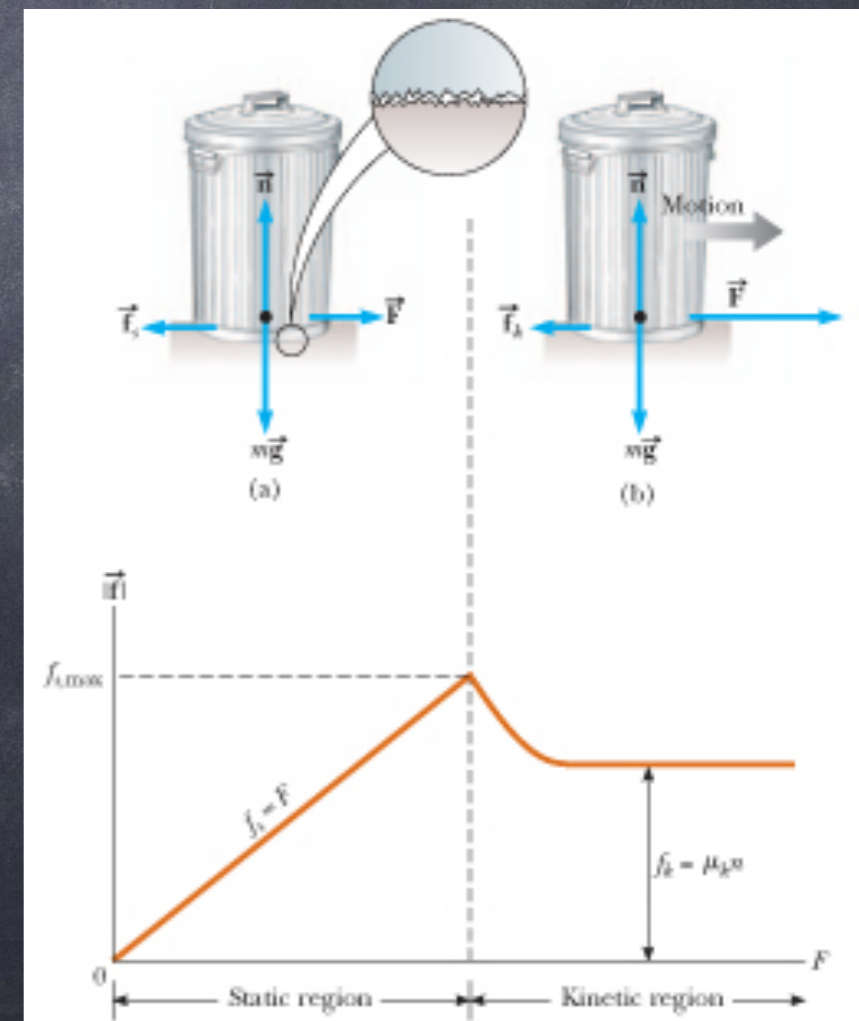


- $F_{tr, kin} = \mu_k F_N$  (nije vektorska jednačba  
 $F_{tr}$  i  $F_N$  su međusobno okomiti)

- $\mu_{st}$ ,  $\mu_{kin}$

- $F_{tr, st} \leq \mu_{st} F_N$

- $\mu_{kin} < \mu_{st} \Rightarrow F_{tr, kin} < F_{tr, st}$



# Mehanika - sile i Newtonovi zakoni

Sila



Gibanje

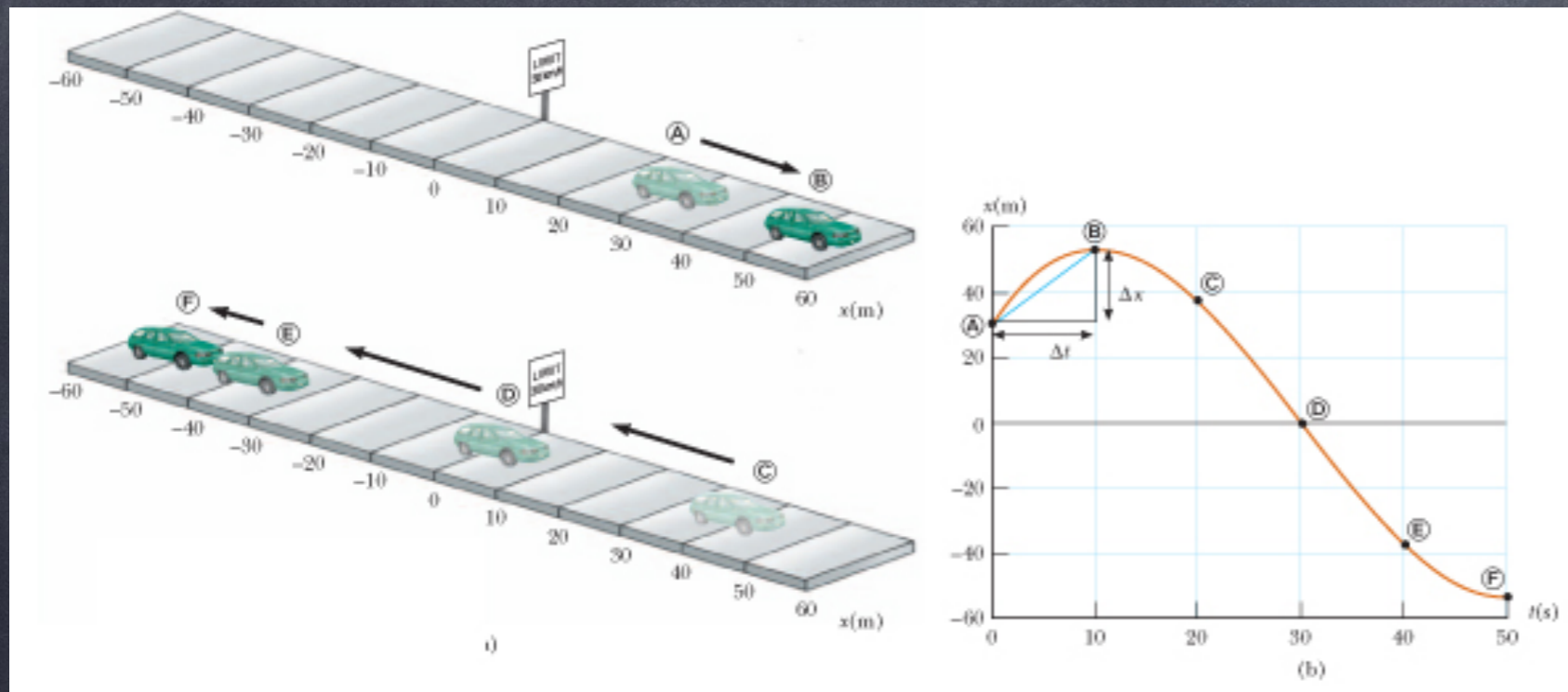
koje opisujemo jednačbama gibanja



Položaj, brzina, ubrzanje...

su rješenja jednačbi gibanja koja općenito ovise o vremenu

# Jednoliko i ubrzano gibanje



Pomak -  $\Delta x = x_B - x_A$

Srednja brzina  
u intervalu  $\Delta t$ :

$$\bar{v} = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Srednje ubrzanje  
u intervalu  $\Delta t$ :

$$\bar{a} = \frac{v_B - v_A}{t_B - t_A} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

# Jednoliko i ubrzano gibanje

Jednoliko gibanje:

$$a = 0$$

$$v = v_0$$

$$x = x_0 + v_0 t$$

Jednoliko ubrzano gibanje:

$$a = \text{const.}$$

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$