



Njutnovi zakoni kretanja

Sada smo naučili kako da opišemo kretanje tela a sad se interesujemo po pitanju **uzroka** takvog kretanja.

Na objekat deluje sila ! Silu možemo definisati kao meru interakcije (uzajamnog) delovanja dva tela.

Ali, na šta direktno utiče sila:
poziciju? brzinu? ubrzanje?

Njutn (Newton) je odgovorio na ova pitanja postulirajući tri zakona kretanja.

Njutnov I zakon kretanja

Njutnov I zakon kretanja: neko telo u kretanju će, u odsustvu sile, težiti da zadrži stanje kretanja ne menjajući brzinu.

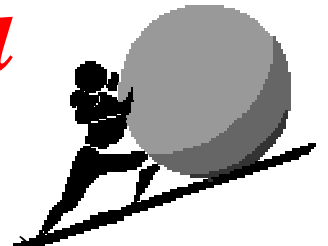
To, na prvi pogled, **ne izgleda očigledno**. Većina stvari na zemlji imaju tendenciju usporavanja i zaustavljanja. Mada, kad razmatramo situaciju, vidimo da postoje mnogo sila koje imaju tendenciju usporavanja objekta kao što su trenje i otpor vazduha.

Njutnov I zakon kretanja- nastavak

Premda, kada gledamo na planete i mesec vidimo da se one ne zaustavljaju!

Takođe, kad mi odstranimo ili umanjimo uticaj sila na objekat on ima tendenciju da nastavi kretanje. Razmatrajmo loptu koja se kotrlja po glatkom podu. Mi ne trebamo da upotrebimo veliku silu da bi se lopta kretala!

Njutnov II zakon kretanja



Ako želimo da **promenimo** kretanje, mi ćemo pogurati ili povući objekat (primenićemo silu).

Njutn je to iskazao u njegovom **II zakonu kretanja**:

Rezultantna sila (suma vektora individualnih sila) na neki objekat je uzrok ubrzanja objekta u istom pravcu i smeru rezultantne sile i obrnuto je proporcionalna masi objekta:

$$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a} .$$

Njutnov II zakon kretanja- nastavak

Notirati da je ovo **vektorska** jednačina i može se napisati preko komponenata kretanja (u ovom slučaju kretanja u ravni):

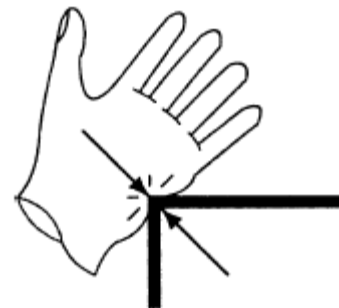
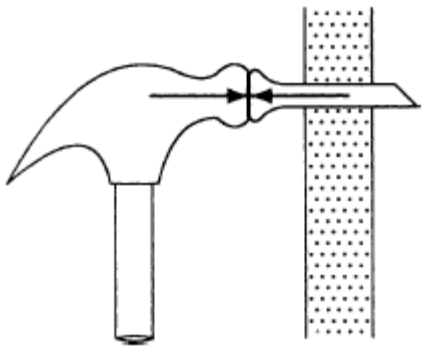
$$\Sigma F_x = ma_x$$

$$\Sigma F_y = ma_y .$$

Mi sada vidimo da je Njutnov I zakon kretanja prosto specijalni slučaj njegovog II zakona kretanja.

Njutnov III zakon kretanja

Postoji još jedan vazan aspekt koji je identifikovao Njutn: razliku između sila koje dejstvuju **na** objekat i sile **kojom** dejstvuje objekat. To dovodi do njegovog **III zakona kretanja: Za svaku silu kojom jedno telo dejstvuje na drugo, postoji sila iste veličine pravca ali suprotnog smeru kojom drugo telo dejstvuje na prvo.**

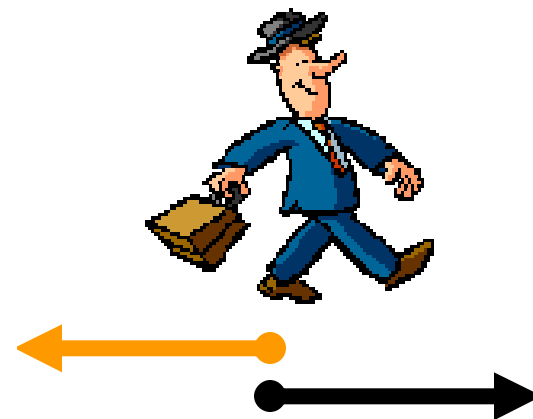
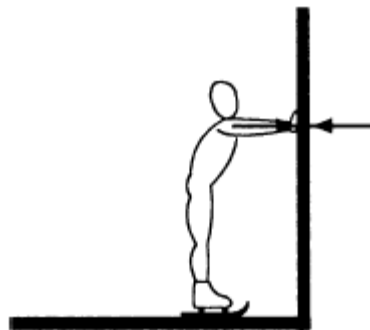
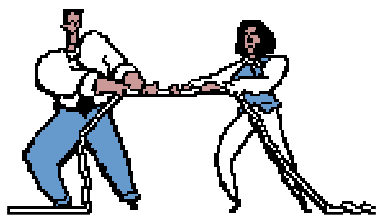


Njutnov III zakon kretanja-nastavak

Taj zakon se nekada naziva zakon **akcije i reakcije**.

Možemo takođe reći: **ne možeš pogurati sebe samoga!** Možeš samo da poguraš neki objekat i da se nadaš da on pogura tebe nazad.

Primer: kada hodamo uz stepenice mi koristimo mišiće da pritisnemo stepenice nadole, verujući da će stepenice delovati obrnuto na nas da bi se podigli naviše.



Masa

Sada prvi put moramo da razmatramo masu kod kretanja. Primetimo da je masa povezana sa ubrzanjem: što je veće ubrzanje pri istoj sili to je manja masa tela.

Mi ne trebamo masu kada opisujemo kretanje ali nam je masa potrebna kada razmatramo kako sile utiču na kretanje.

$$*a=F/m*$$

Jedinice

Jedinica za **masu** je **kilogram [kg]**. To je treća osnovna jedinica (zajedno sa metrom i sekundom) u SI sistemu jedinica.

$$\dim F = M \cdot L \cdot T^{-2}$$

Jedinica za **silu** je u SI sistemu **Njutn**, gde sila od 1 N daje masi od 1 kg ubrzanje od 1 m/s²

.

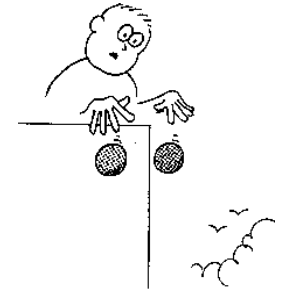
Sile

Da bi radili sa silama moramo da identifikujemo najčešće sile; njihovu vrednost, pravac i smer:

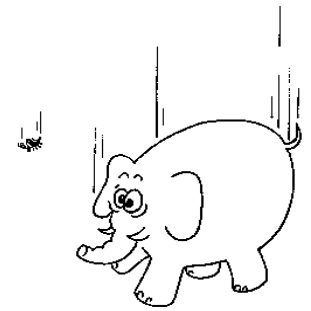
gravitacija veličina = $m \cdot g$; pravac i smer = **vertikalno naniže**

Primetimo da je **masa** uključena u silu gravitacije!

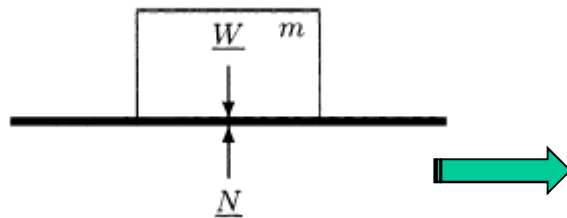
Gravitacione sile



Pošto je masa uključena u II Njutnovom zakonu i kada je gravitacija samo jedna od sila (kod tela koje slobodno pada) F_{gr} , mase se poništavaju dajući nam rezon da tvrdimo da će sva tela “slobodno” padati sa istim ubrzanjem (ako zanemarimo otpor vazduha)!



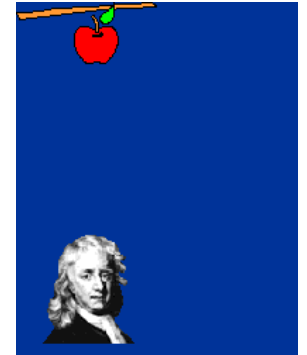
$$mg = ma, \quad \text{ili} \quad a = g$$



Gravitacija uvek deluje samo je ukupna sila koja deluje na objekat u mirovanju jednaka nuli

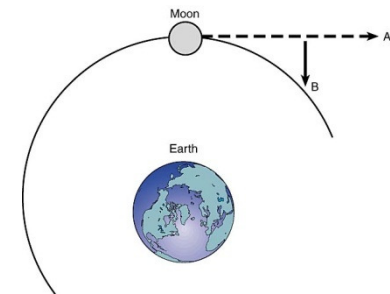
Gravitaciona sila

- Njutn je “otkrio” zakon gravitacije sedeći pod jabukom kada ga je jabuka udarila u glavu! Je li to korektno tumačenje?
- Zamislite da vi sedite ispod jabuke i da vas udari jabuka. Takođe razmatrajte da vidite mesec na nebu. Da li bi se zapitali zašto jabuka pada dole a ne i mesec?

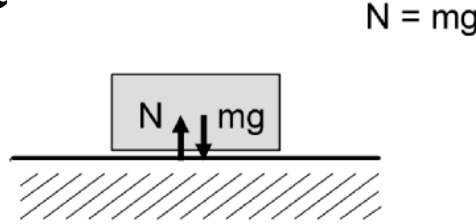


Da li sva tela privlače jedno drugo?

Urađeni su eksperimenti sa odgovorom **da!**

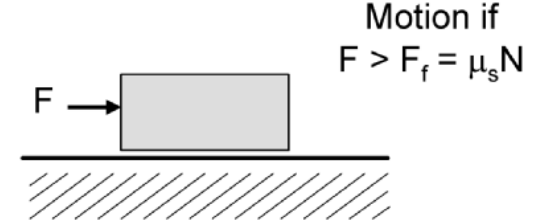


Sile i sistem sila



(a)

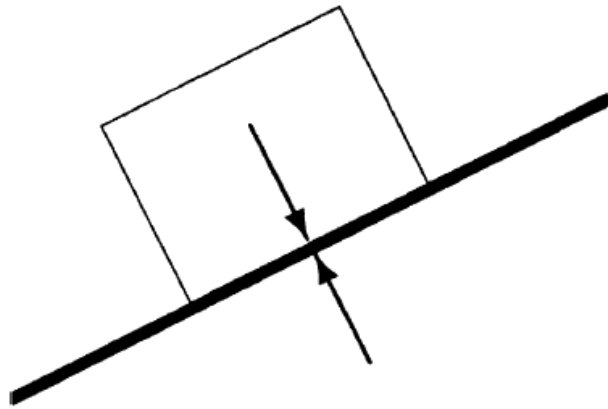
Statička ravnoteža objekta na stolu



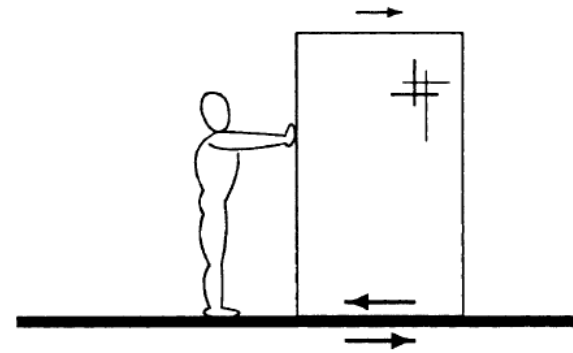
(b)

sila koja izaziva kretanje

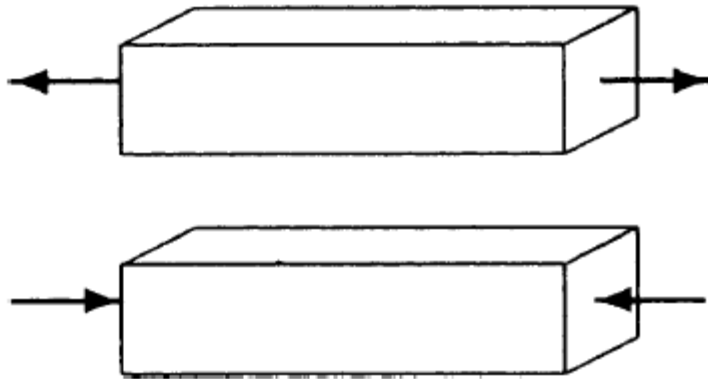
- **Trenje (frikcija)**, F_{tr} : **veličina**: zavisi od vrsta dodirnih površina ($F_{tr} \leq \mu N$), otpor podloge **N**
- **pravac i smer**: **paralelno površini i smerom suprotnim kretanju**
- **zatezanje**, T : **veličina**: **ista na oba kraja užeta** ako se uže ne ubrzava; **pravac**: **paralelno užetu**.



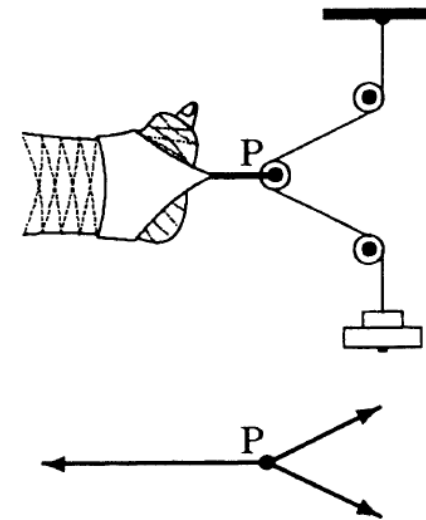
Normalne sile na površine u kontaktu



Friktione sile su tangencijalne

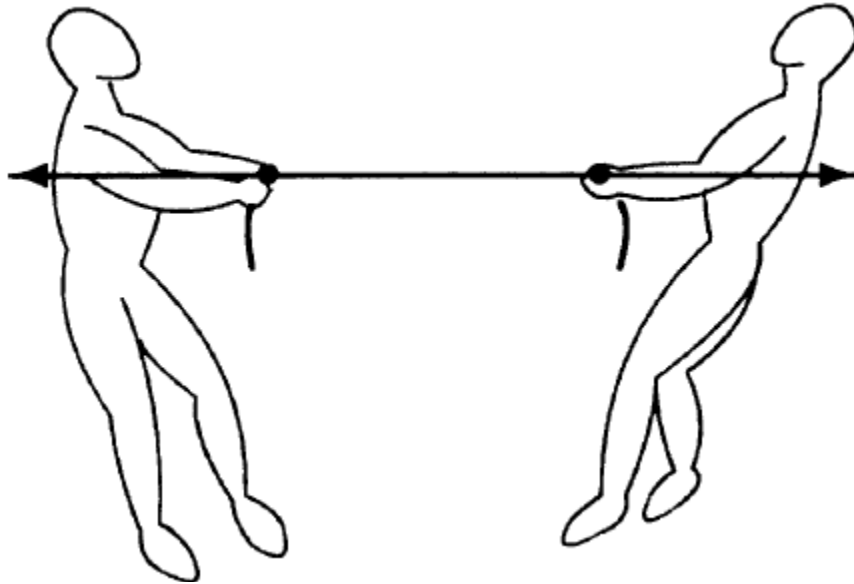


Sile zatezanja i kompresije

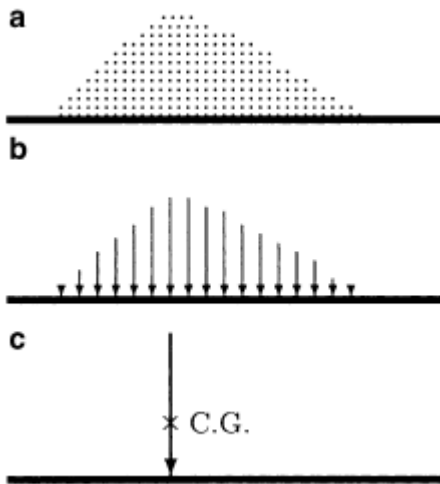
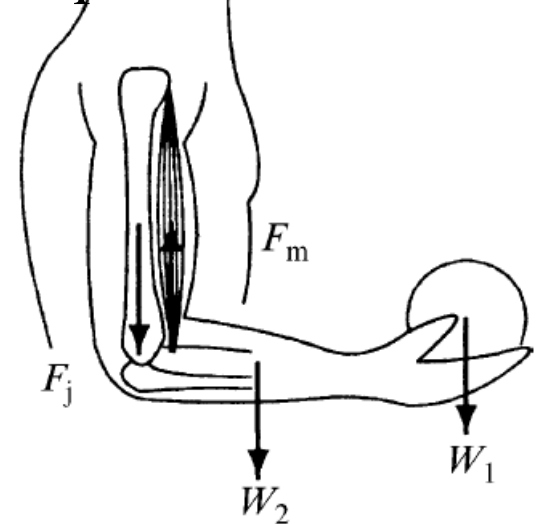


Konkurentne sile

Sile duž istog pravca-kolinearne

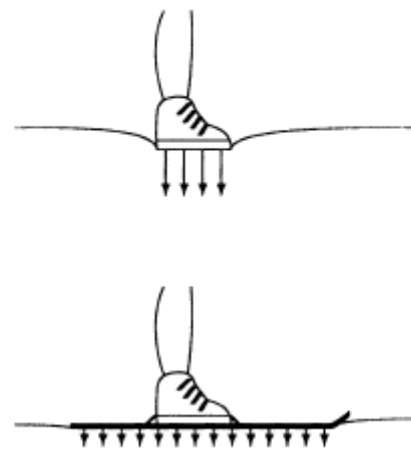


Sile koje djeluju u istoj ravni su koplanarne



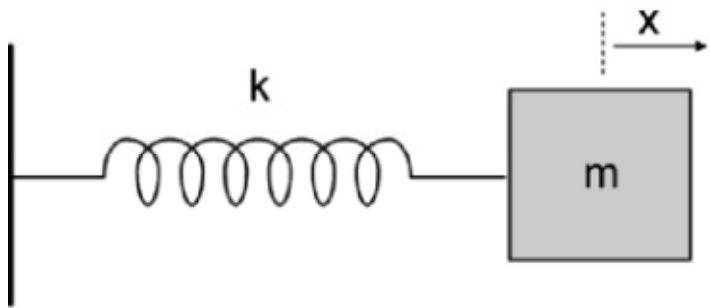
Distributivne sile i pritisak

Paralelne sile i spoljašnje i unutrašnje sile



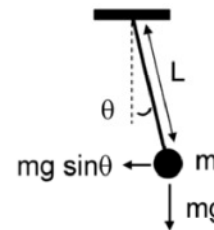
Pritisak

$$p = F/S$$

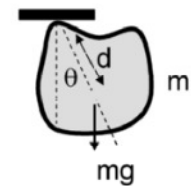


Sile

- **Elastična sila**, F_e : **velicina: kx** , što više razvučeš ili sabiješ oprugu sila je veća; dakle, sila zavisi od materijala. k = konstanta elastičnosti; **pravac i smer: smer sile je **suprotan** smeru razvlačenja ili sabijanja: $F_s = -kx$.**

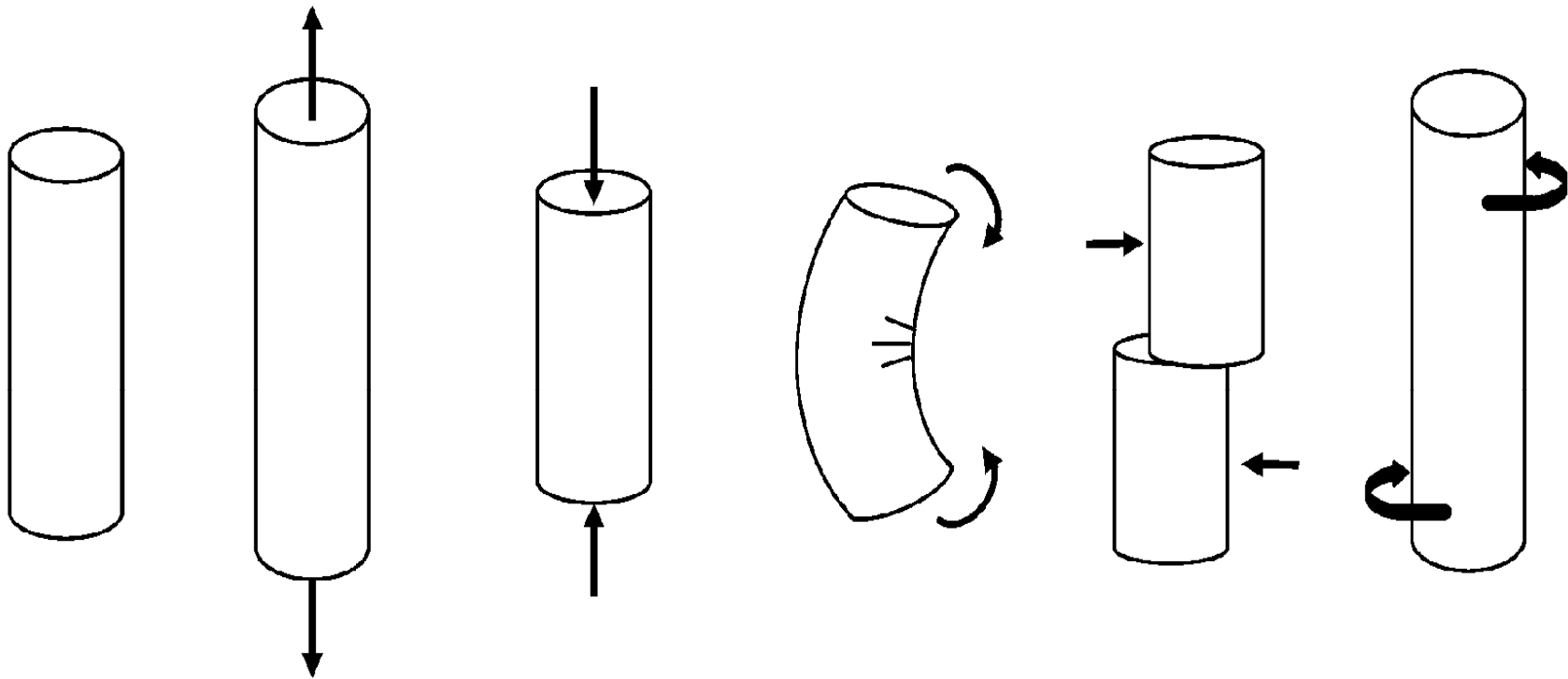


Prosto klatno



Složeno klatno

Mehaničke sile opterećenja ljudskog tela



neopterećeno

istezanje

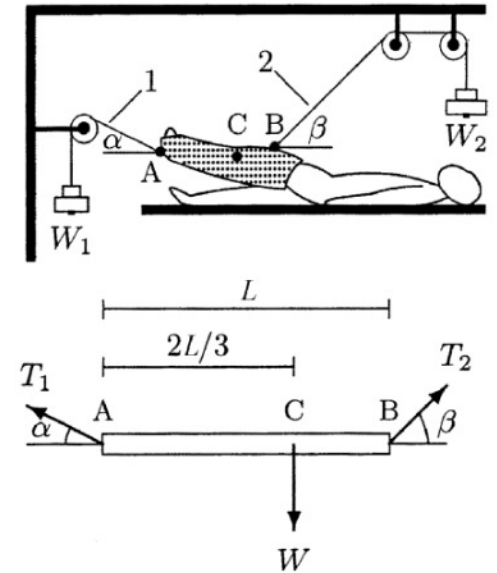
kompresija

savijanje

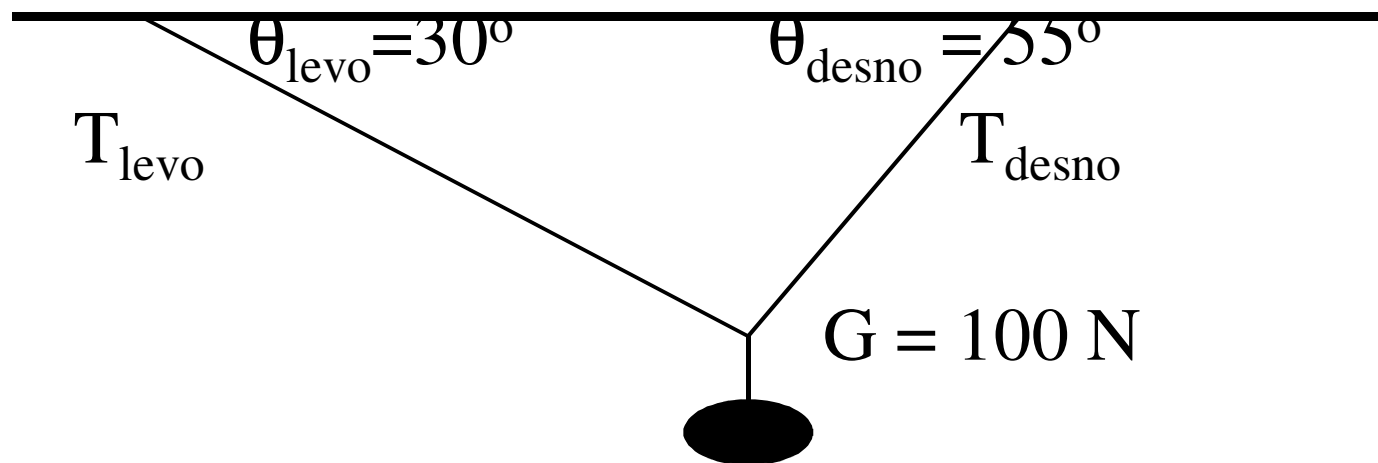
smicanje

uvrtanje

Statika

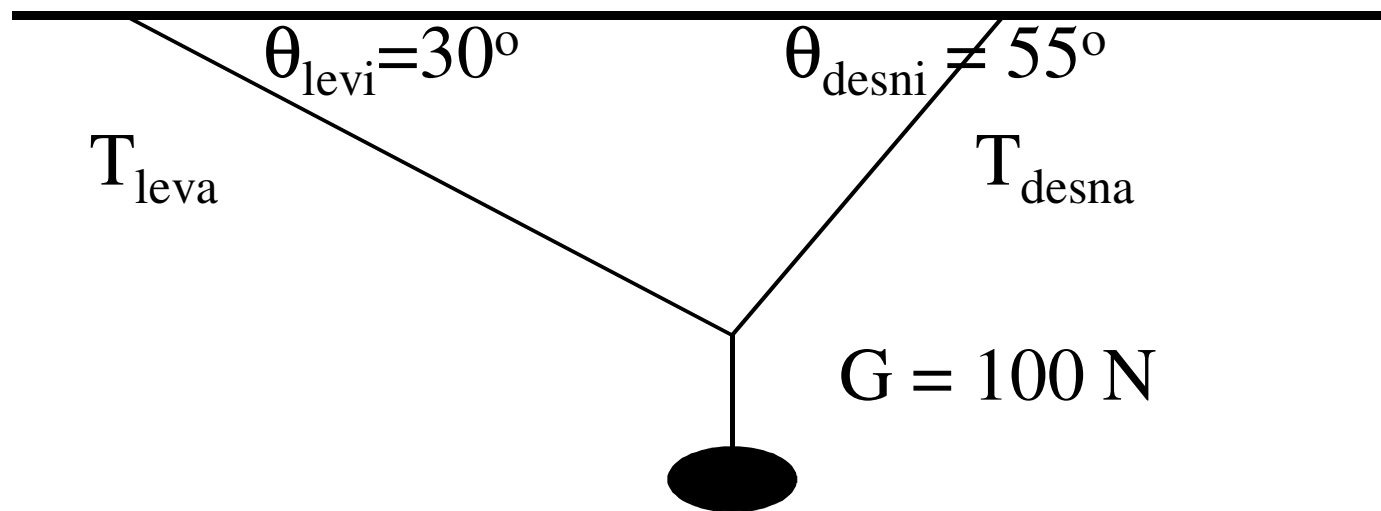


- **Statikom** nazivamo situacije sa **nultim ubrzanjem tj, situacije gde na neki objekat deluju sile koje su u ravnoteži.**
- Primer: posmatrajmo situaciju niže gde je na dva užeta okačeno telo:



Primer Statike

- Kolika je sila zatezanja u svakom užetu?
- Jesu li sile zatezanja iste, i ako nisu, koje uže je više zategnuto?



Primer statike-nastavak

- Mi imamo dijagram, i imamo informaciju o raspodeli sila u prostoru.
- Mi znamo da mi tražimo kolike su sile (T_{leva} i T_{desna}).
- **Koje principe ili zakone koristimo da nađemo relacije između veličina, tj., šta mi znamo sa onim šta ne znamo?**

Primer statike-nastavak

- Mi prepoznamo da je problem **statički** (pošto nema kretanja i, prema tome, nema ubrzanja). Dakle imamo imamo:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0.$$

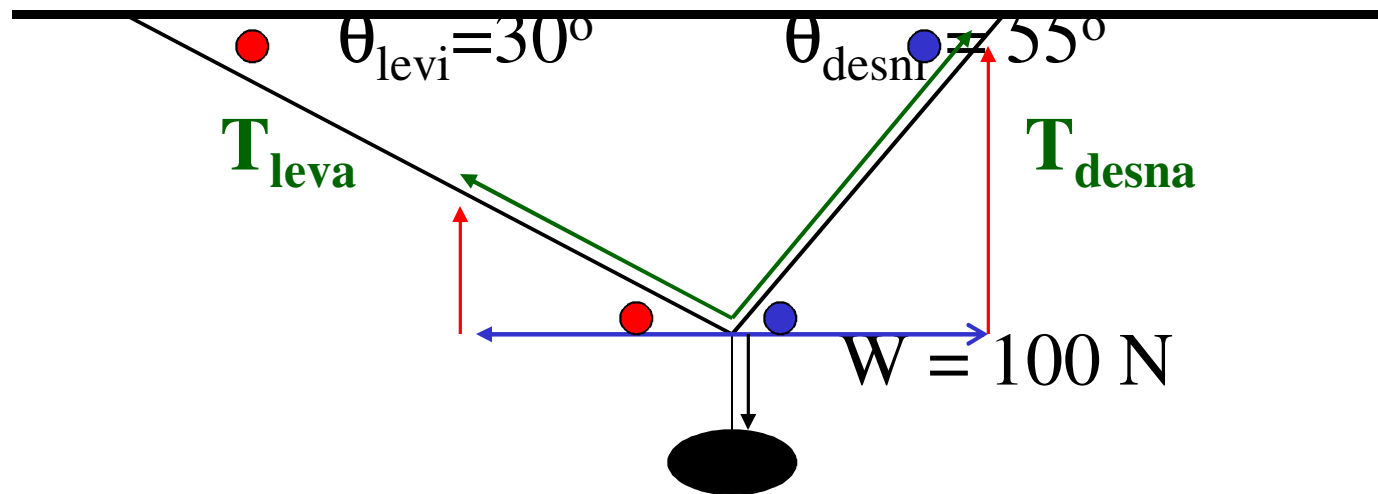
- Imamo dalje tri sile (G , T_{leva} i T_{desna}), ali koje ne dejstvuju tačno u pravcu x i y ose.

Primer statike-nastavak

$$T_{\text{leva-x}} = - T_{\text{leva}} \cos(\theta_{\text{levi}}) = - T_{\text{leva}} \cos(30^\circ)$$

$$T_{\text{desno-x}} = + T_{\text{desna}} \cos(\theta_{\text{desni}}) = + T_{\text{desna}} \cos(55^\circ)$$

$$G_x = 0$$



Primer statike-nastavak

- Primetimo da, posto je $G_x = 0$, $T_{\text{leva-x}}$ mora biti ista kao i $T_{\text{desna-x}}$ (osim znaka).
- Takođe treba videti da x komponente ne utiču na kretanje po y osi gde sila gravitacije deluje duž negativne y ose!
- Zbog te činjenice i koristeći dijagram vidimo da vrednost sile zatezanja mora biti veća u desnom užetu T_{desna} nego u levom T_{leva} .

Primer statike-nastavak

- Iz II Njutnovog zakona sledi za x komponente:

$$\Sigma F_x = - \mathbf{T}_{leva} \cos(30^\circ) + \mathbf{T}_{desna} \cos(55^\circ) + 0 = 0$$

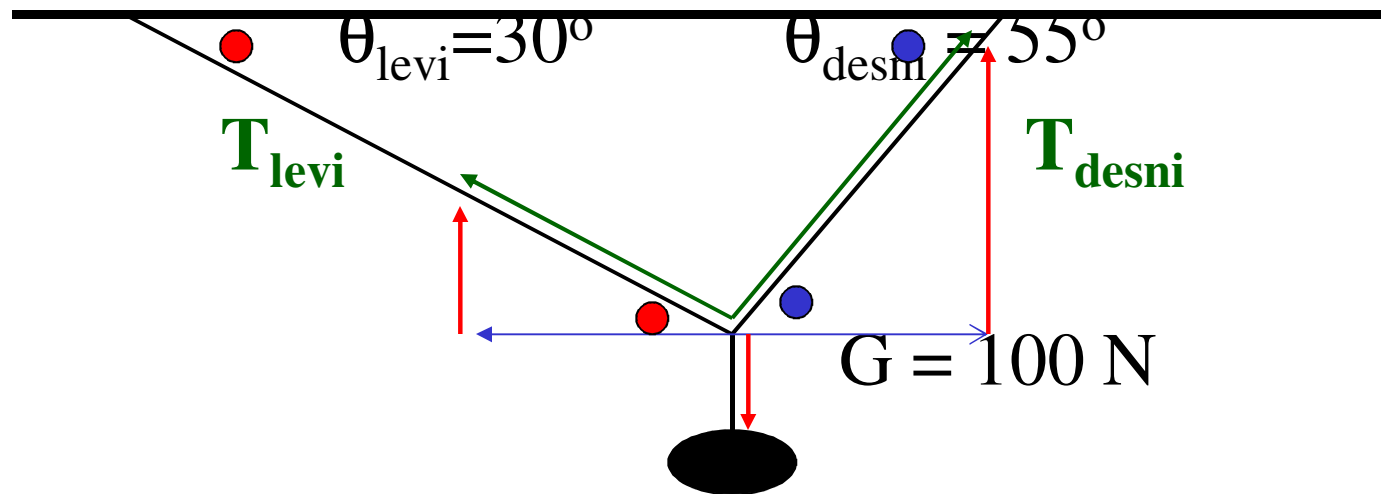
Ili uprošćavajući:

$$\mathbf{T}_{leva} \cos(30^\circ) = \mathbf{T}_{desna} \cos(55^\circ) .$$

- Ovo je jedna jednačina sa dve nepoznate (\mathbf{T}_{leva} i \mathbf{T}_{desna}), tako da trebamo da razmatramo i jednačinu za y komponente.

Primer statike-nastavak

- $T_{\text{leva-y}} = + T_{\text{leva}} \sin(\theta_{\text{left}}) = + T_{\text{leva}} \sin(30^\circ)$
- $T_{\text{desna-y}} = + T_{\text{desna}} \sin(\theta_{\text{right}}) = + T_{\text{desna}} \sin(55^\circ)$
- $G_y = - 100 \text{ N}$



Primer statike-nastavak

- Iz II Njutnovog zakona za y komponente imamo:

$$\Sigma F_y = + \mathbf{T}_{leva} \sin(30^\circ) + \mathbf{T}_{desna} \sin(55^\circ) - 100 \text{ N} = 0$$

Ili uprošćavajući:

$$\mathbf{T}_{leva} \sin(30^\circ) + \mathbf{T}_{desna} \sin(55^\circ) = 100 \text{ N} .$$

- To je jedna jednačina sa dve nepoznate (\mathbf{T}_{leva} i \mathbf{T}_{desna}), tako da ukupno imamo dve jednačine sa dve nepoznate.

Primer statike-nastavak

$$T_{\text{leva}} \cos(30^\circ) = T_{\text{desna}} \cos(55^\circ)$$

$$T_{\text{leva}} \sin(30^\circ) + T_{\text{desna}} \sin(55^\circ) = 100 \text{ N}$$

- Rešavajući prvu jednačinu po T_{leva} u funkciji od T_{desna} : $T_{\text{leva}} = T_{\text{desna}} \cos(55^\circ) / \cos(30^\circ)$

- I koristeći drugu jednačinu dobijamo

$$[T_{\text{desna}} \cos(55^\circ) / \cos(30^\circ)] \sin(30^\circ) +$$

$$T_{\text{desna}} \sin(55^\circ) = 100 \text{ N}$$

Primeri statike-nastavak

$$\{T_{\text{desna}} \cos(55^\circ) / \cos(30^\circ)\} \sin(30^\circ) + T_{\text{desna}} \sin(55^\circ) = 100 \text{ N}$$

To je sada jedna jednačina sa jednom nepoznatom

(T_{desna}), tako da imamo: $T_{\text{desna}} =$

$$100 \text{ N} / [\cos(55^\circ) * \sin(30^\circ) / \cos(30^\circ) + \sin(55^\circ)] = \mathbf{86.93 \text{ N}}.$$

Sada koristimo $T_{\text{leva}} = T_{\text{desna}} \cos(55^\circ) / \cos(30^\circ)$

i dobijamo $T_{\text{leva}} = 86.93 \text{ N} * \cos(55^\circ) / \cos(30^\circ) = \mathbf{57.58 \text{ N}}.$

Primer statike-nastavak

$$T_{\text{desna}} = 86.93 \text{ N.} \quad T_{\text{leva}} = 57.58 \text{ N}$$

Primetimo da je T_{desna} veća od T_{leva} kao što smo pokazali na dijagramu ranije.

Takođe primetimo da je suma vrednosti T_{desna} i T_{leva} **veća od** sile gravitacije od 100 N. To je zbog toga što imamo i tenziju duž x ose umesto zatezanja samo duž y ose.

Dinamika

Kada se tela kreću kao posledica dejstva sila mi imamo tzv., **dinamiku**. Tada imamo **ubrzanje**.

Posmatrajmo običnu situaciju: vožnju liftom

Lift

Ja sam u liftu u prizemlju u stanju mirovanja i merim se. Šta ce pokazivati vaga? Neka je moja masa 85 kg.



Lift

Ako **mirujem** (ili sam u ravnomernom kretanju),
imamo statički problem u jednoj dimenziji: $\Sigma F_y =$
 $+F_{\text{otp. podloge}} - mg = 0$.

Vaga meri moju težinu sa kojom je ja pritiskam. U tom slučaju se lako vidi da podloga uravnotežuje silu gravitacije koja deluje na mene i tako ja merim svoju težinu:

$$F_{\text{otpor podloge}} = mg = 85 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 833 \text{ N}.$$

Lift

Sada lift počinje da se kreće i tada vaga pokazuje **860 N**.

Da li se lift kreće naviše ili naniže?

Koliko je ubrzanje lifta?

Lift

I ovo se bazira na **Njutnovom II zakonu**: u ovom slučaju, premda je sila gravitacije koja deluje na mene ista, **težina moga tela se povećava**. To označava da mora biti **ubrzanja**. Pošto je sila kojom podloga deluje na mene veća od sile gravitacije, neto sile je, prema tome, naviše tj. ubrzanje je naviše!

Lift

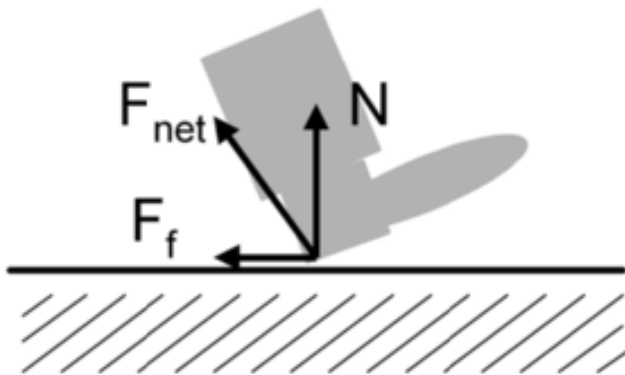
$$\Sigma F_y = +F_{\text{otp. podloge}} - mg = ma_y$$

$$860 \text{ N} - 833 \text{ N} = 85 \text{ kg} * a_y \quad \text{ili}$$

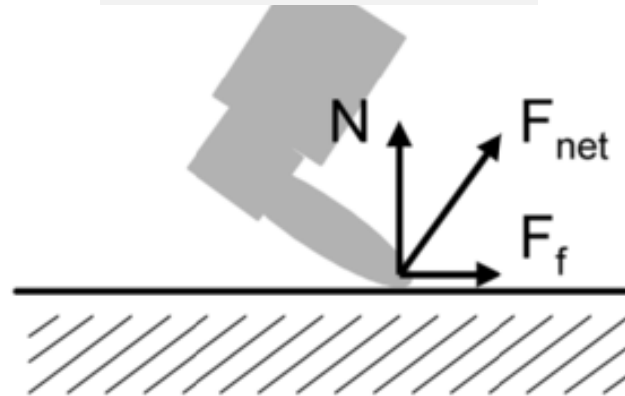
$$a_y = 27 \text{ N} / 85 \text{ kg} = +0.32 \text{ m/s}^2 .$$

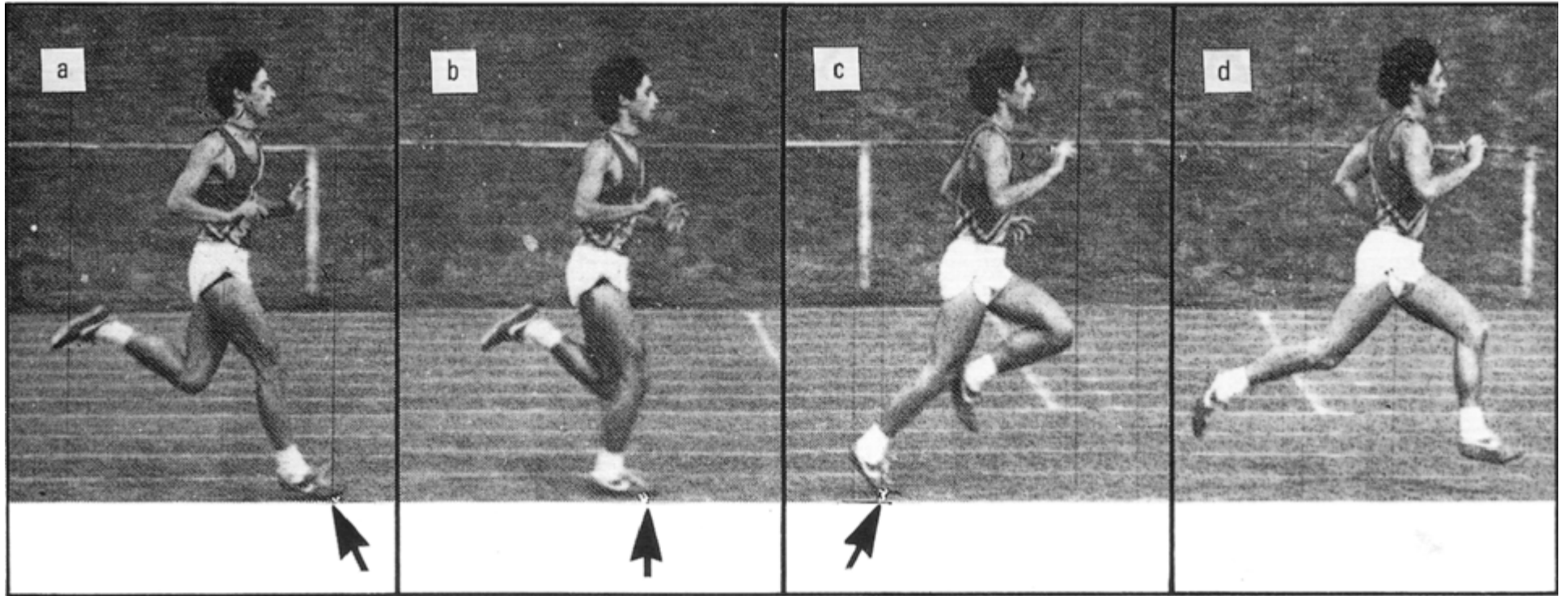
Primeri kretanje ljudskog tela

(a) Kontakt petom
(usporavanje)



(b) Kontakt
prstima
(ubrzavanje)

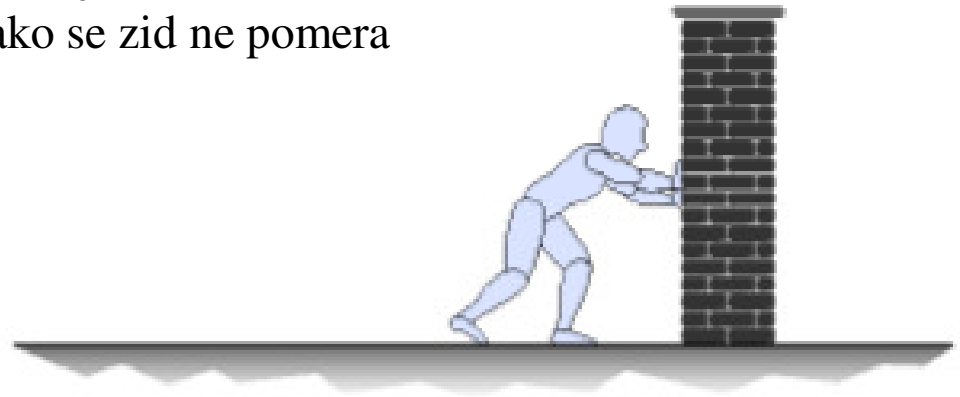




Rad

- U fizici , **rad** ima vrlo specifično značenje.
- U fizici rad predstavlja merljivu promenu u nekom sistemu, uzrokovanu silom.

Gurajuća sila **ne** vrši rad
ako se zid ne pomera

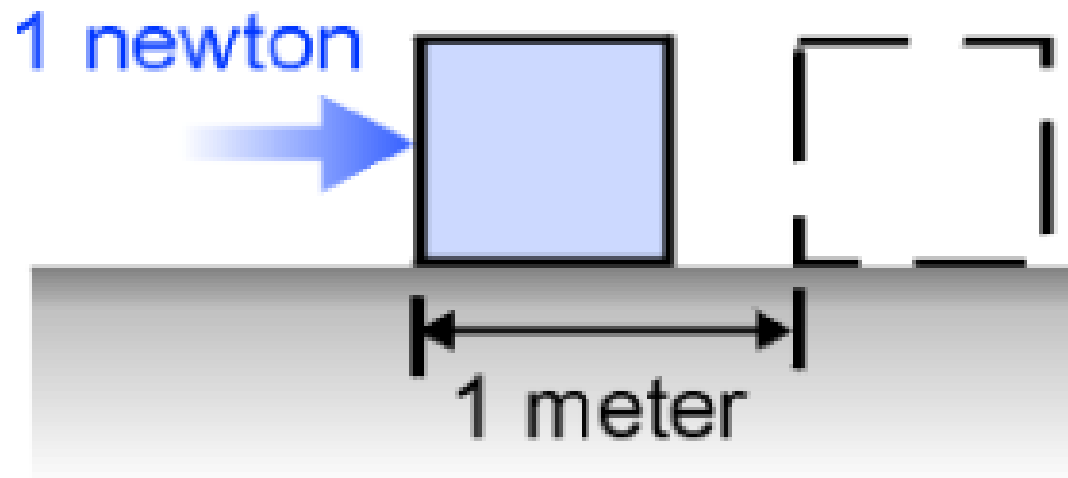


Gurajuća sila **vrši** rad
ako se zid pomera

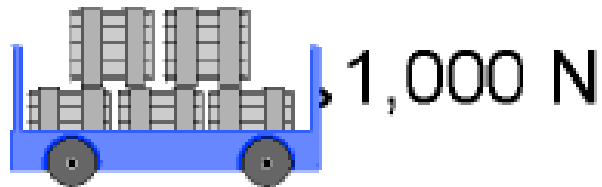


Rad

- Ako poguramo telo silom od **jednog Njutna** na putu od **jednog metra**, izvršićemo rad od **jednog Džula**.



Rad (sila paralelna pomeraju)



rad (J) \longrightarrow $A = F \cdot d$ \longleftarrow sila (N)

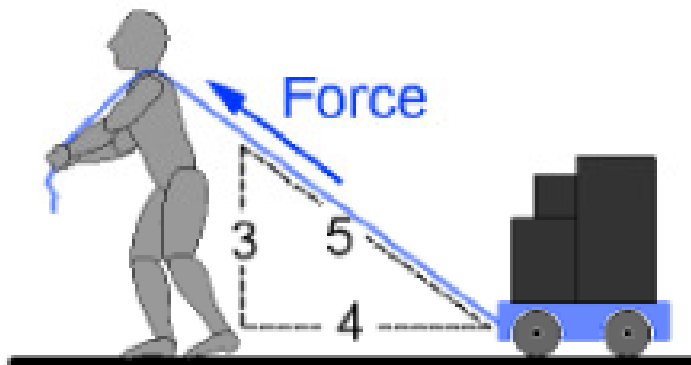
\longleftarrow Put (m)

Rad (sila je pod uglom u odnosu na put)

Rad (J) → $A = Fd \cos(\theta)$ ← **ugao**

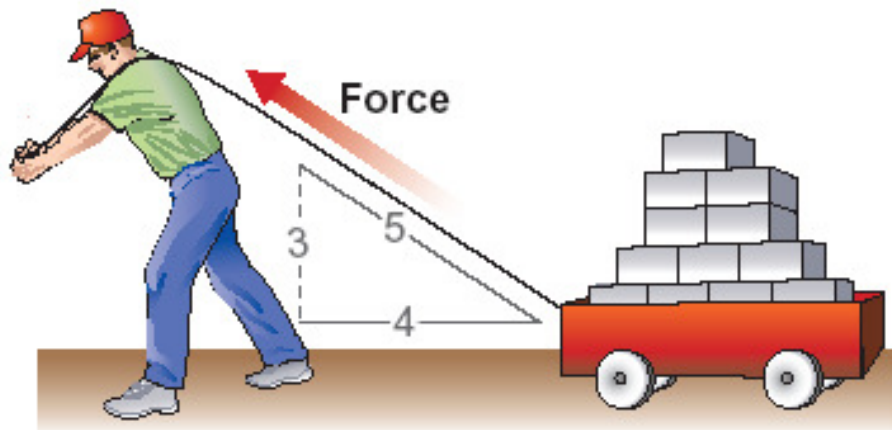
Sila (N)

put (m)

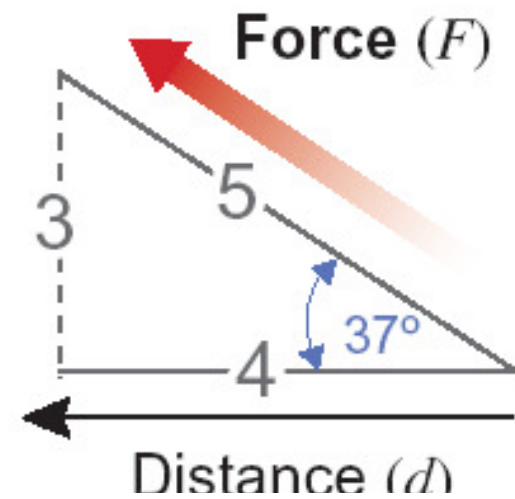


Sila pod uglom u odnosu na put

PROBLEM



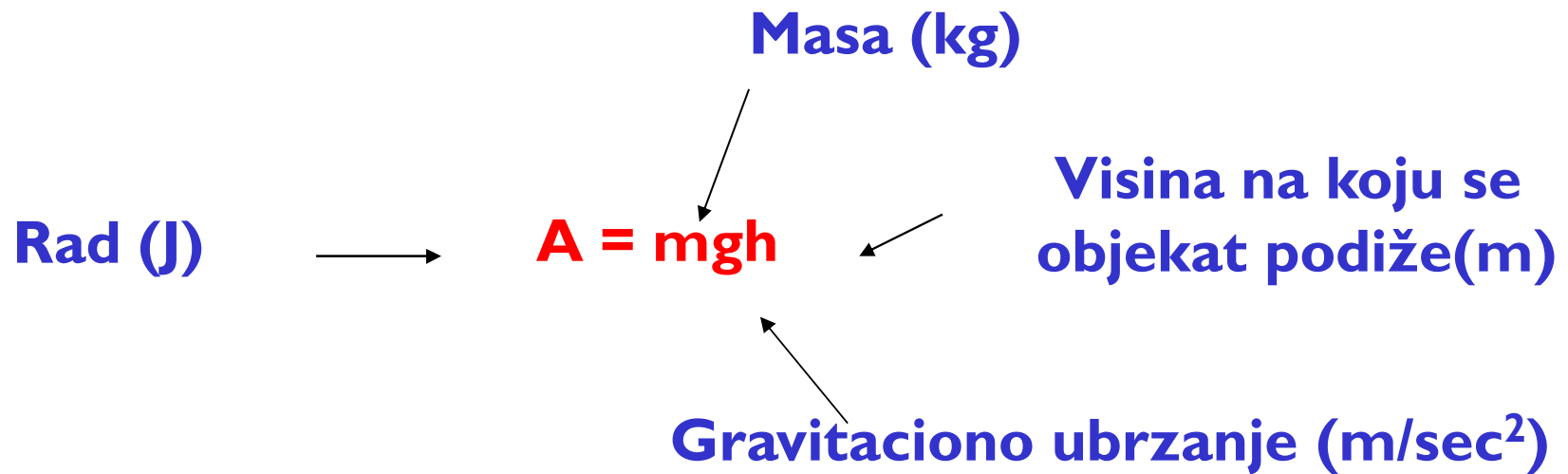
ANALYSIS



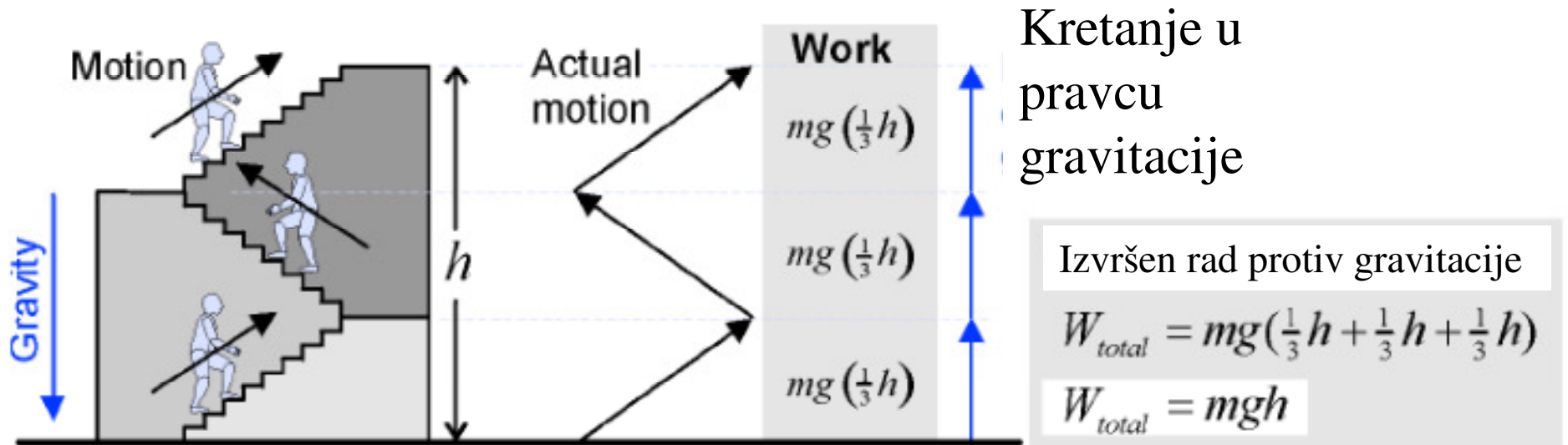
Rešenje

$$A = F \cdot d \cdot \cos 37^\circ = F \cdot d \cdot (4/5)$$

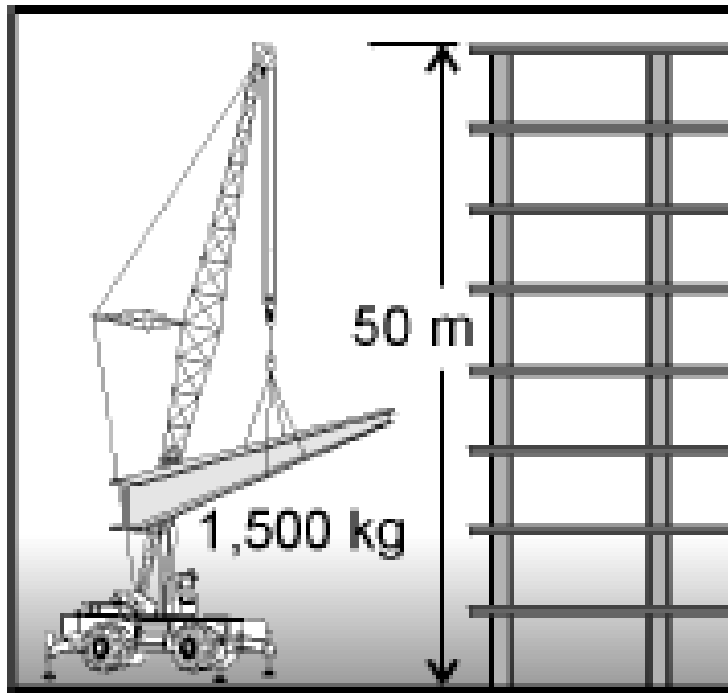
Rad protiv gravitacije



Zašto put ne utiče

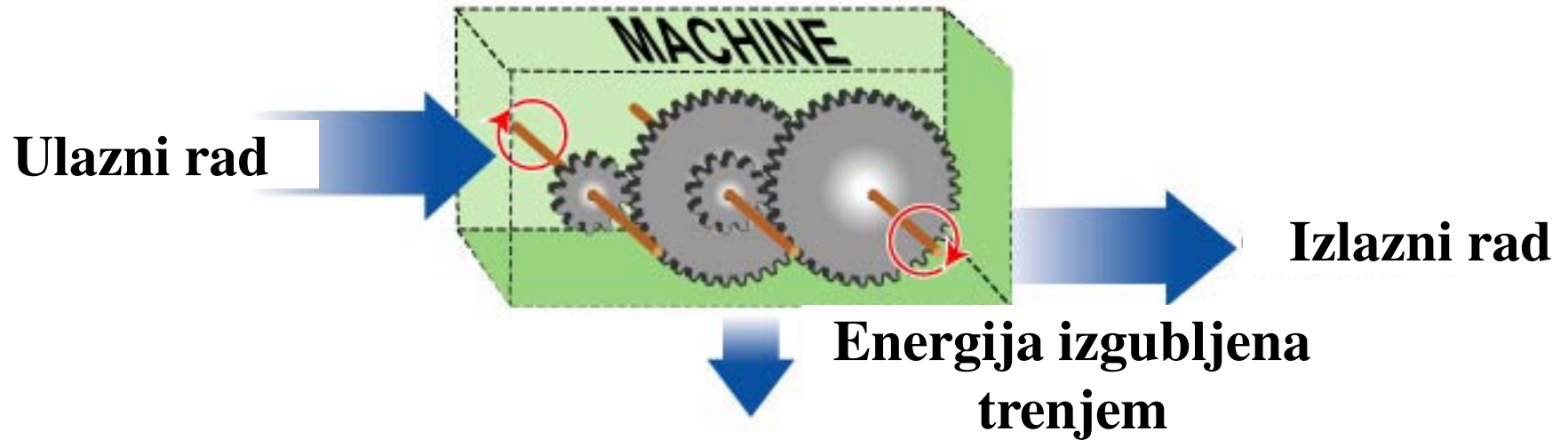


Računanje rada



- Kran podiže čeličnu gredu, mase 1,500 kg.
- Izračunati koliki rad je izvršen protiv gravitacije ako je greda podignuta na visinu od 50 metara u vazduhu.
- Koliko vremena će se podizati greda ako motor kрана može da izvrši rad od 10,000 J po sekundi?

EFIKASNOST

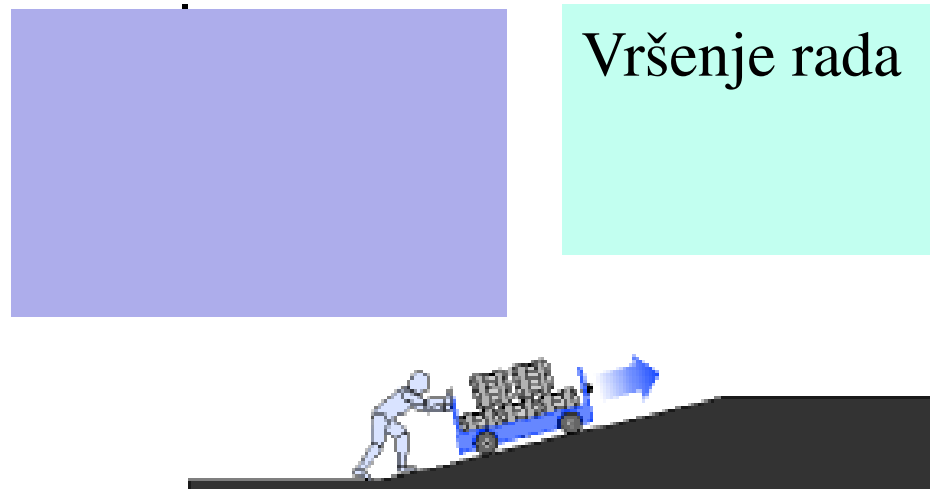


EFIKASNOST

$$= \frac{\text{Izlazni rad}}{\text{Ulazni rad}}$$

Energija i održanje energije

- **Energija** je moć da se promene stvari.
- Sistem koji ima energiju ima i moć da vrši rad.
- Energija se meri u istim jedinicama kao i rad jer se energija transformiše u rad i obrnuto.



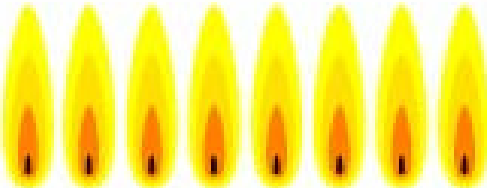
Forme energije

- **Mehanička energija** je energija koju poseduje objekat usled njegovog kretanja ili pozicije.
- **Radijaciona energija** uključuje svetlost, mikrotalase, radio talase, x-zrake i druge forme elektromagnetskih talasa.
- **Nuklearna energija** se oslobadja kada se teški atomi razbiju ili se fuzionišu laki atomi.
- **Električna energija** koju mi koristimo se obezbeđuje iz drugih izvora energije.

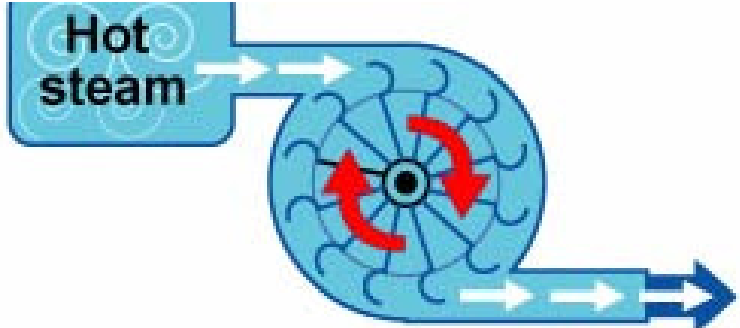
FORME ENERGIJE



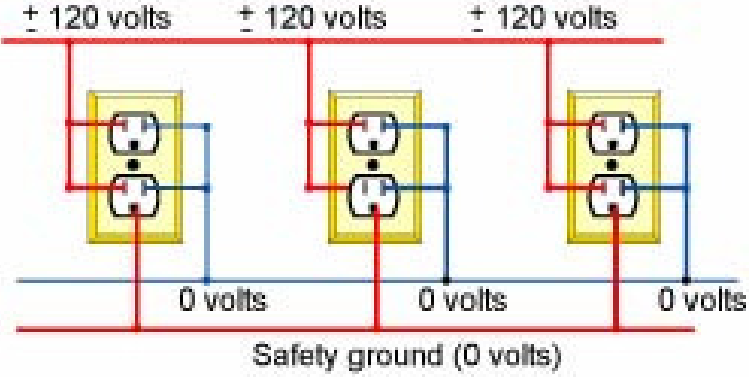
Chemical energy



Heat energy



Mechanical energy



Electrical energy

Potencijalna energija

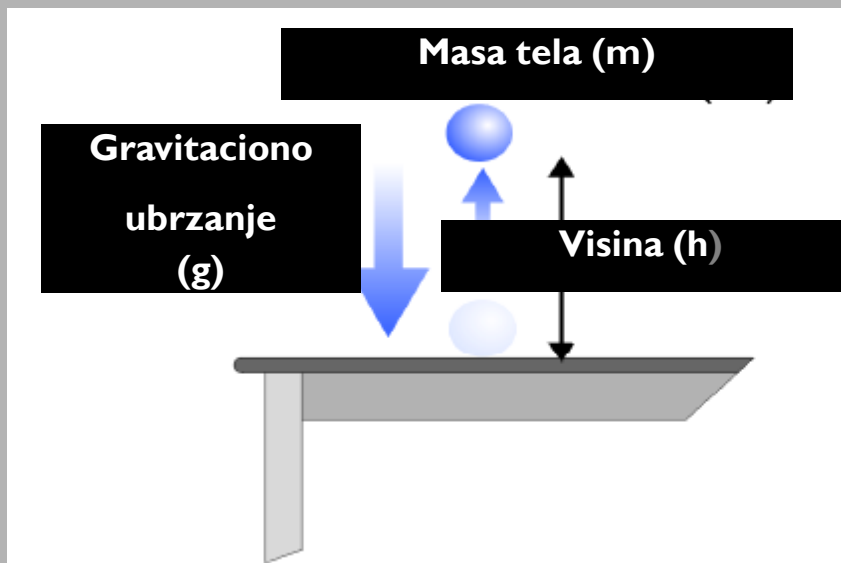
Potencijalna Energija
(J)

$$E_p = mgh$$

Masa (kg)

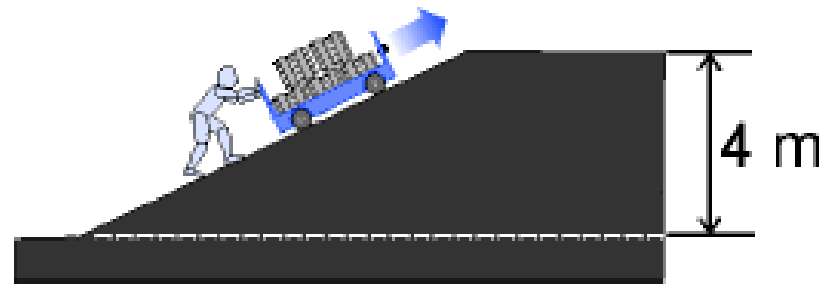
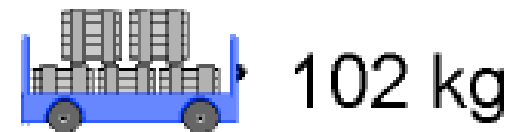
Visina (m)

Gravitaciono ubrzanje
(m/sec²)



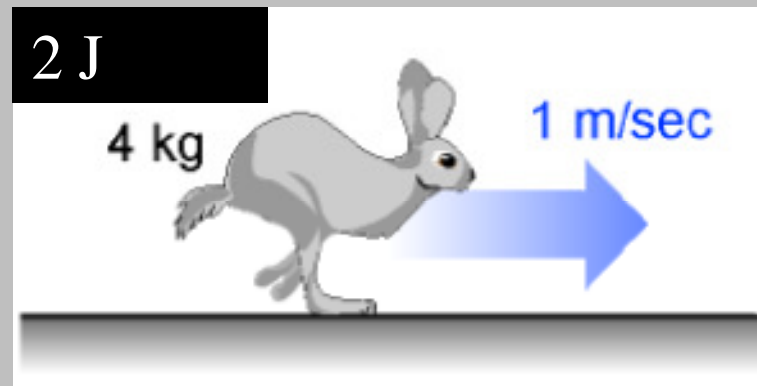
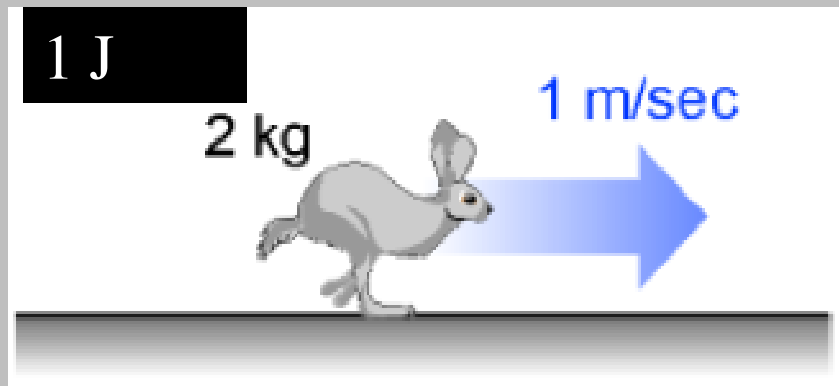
Potencijalna energija

- Kolica sa masom od 102 kg se guraju uz nagib.
- Vrh nagiba je 4 metra viši od početka.
- Koliko će kolica dobiti potencijalne energije na vrhu?
- Ako prosečan student može da izvrši rad od 50 J svake sekunde, koliko vremena mu je potrebno da izgura kolica na vrh?



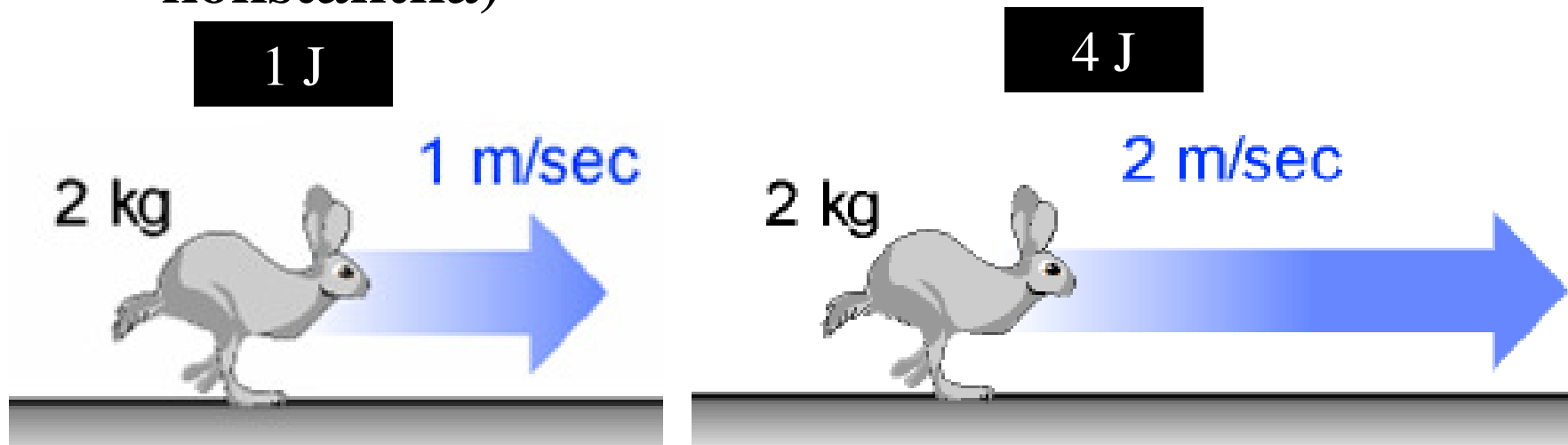
Kinetička Energija

- Energija usled kretanja tela se zove **kinetička energija**.
- Kinetička energija pokretnog objekta zavisi od dve veličine: mase i brzine.
- Kinetička energija je proporcionalna masi.



Kinetička energija

- **Matematički, kinetička energija se uvećava sa kvadratom brzine.**
- **Ako se brzina objekta duplira, njegova kinetička energija se uvećava četiri puta (masa je konstantna)**



Kinetička energija

Kinetička energija
(J)

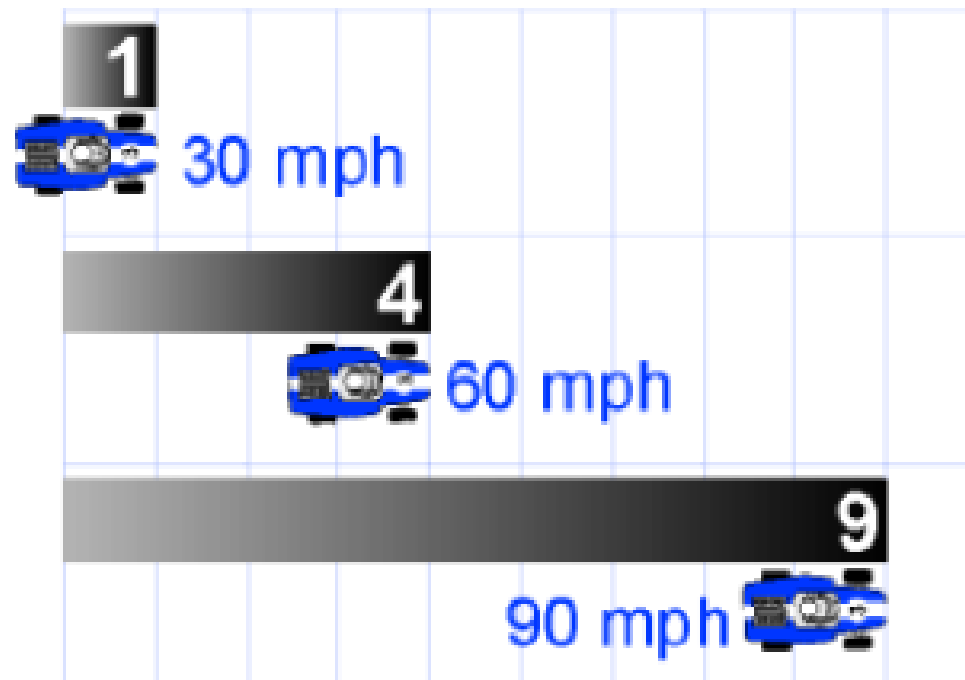
$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

Masa (kg)

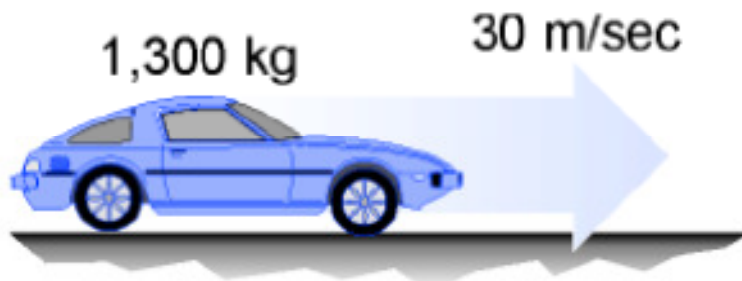
Brzina (m/sec)

Kinetička energija

- Kinetička energija postaje važna u računanju dužine puta zaustavljanja auta.



Računanje kinetičke energije



- Kola mase 1,300 kg se kreće brzinom od 30 m/sec (108 km/h).
- Kočnice mogu obezbediti silu kočenja od 9,500 N.
- Izračunati:
 - a) Kinetičku energiju kola.
 - b) Dužinu puta zaustavljanja kola.

Zakon održanja energije

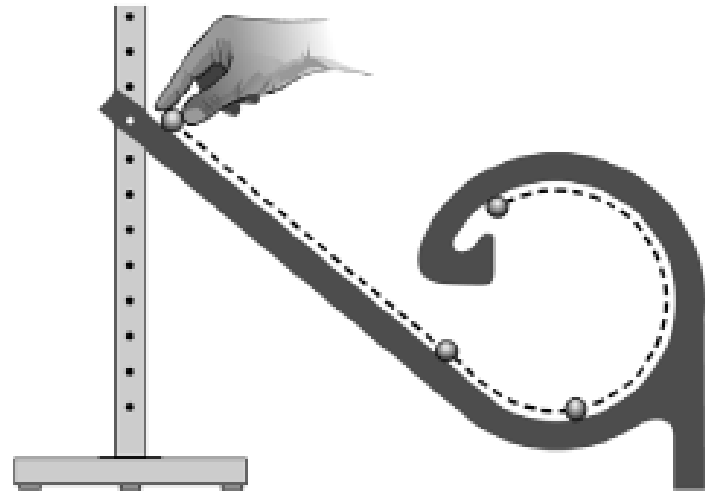
- Pošto energija uzima različite forme i menja stvari vršeci rad, priroda se u totalu održava.
- Nova se energija ne može stvoriti niti se postojeća može uništiti.



Energija i održanje energije

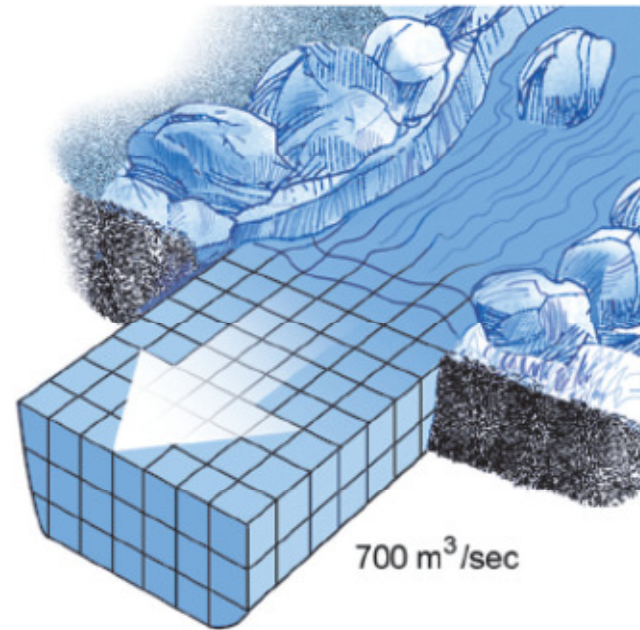
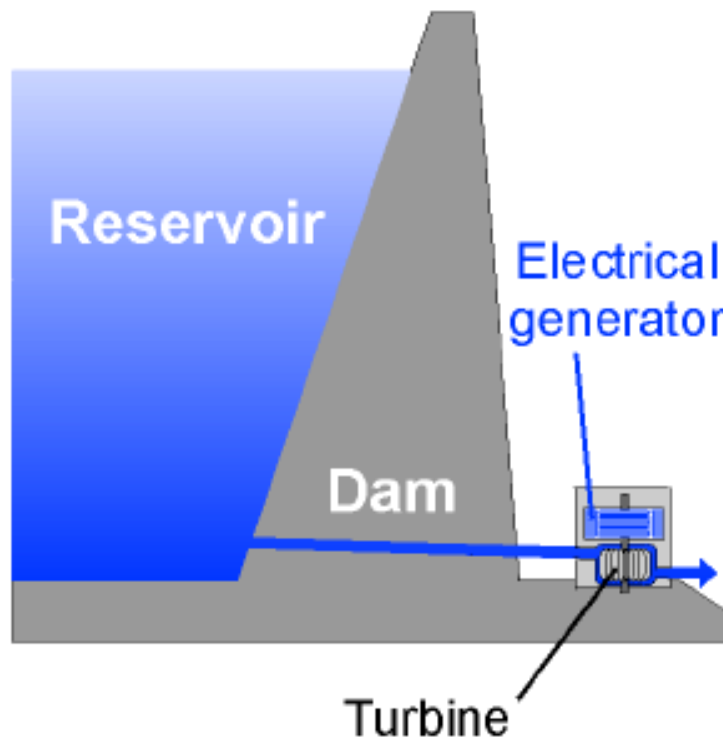
Ključno pitanje:

Kako je kretanje na traci povezano sa energijom?

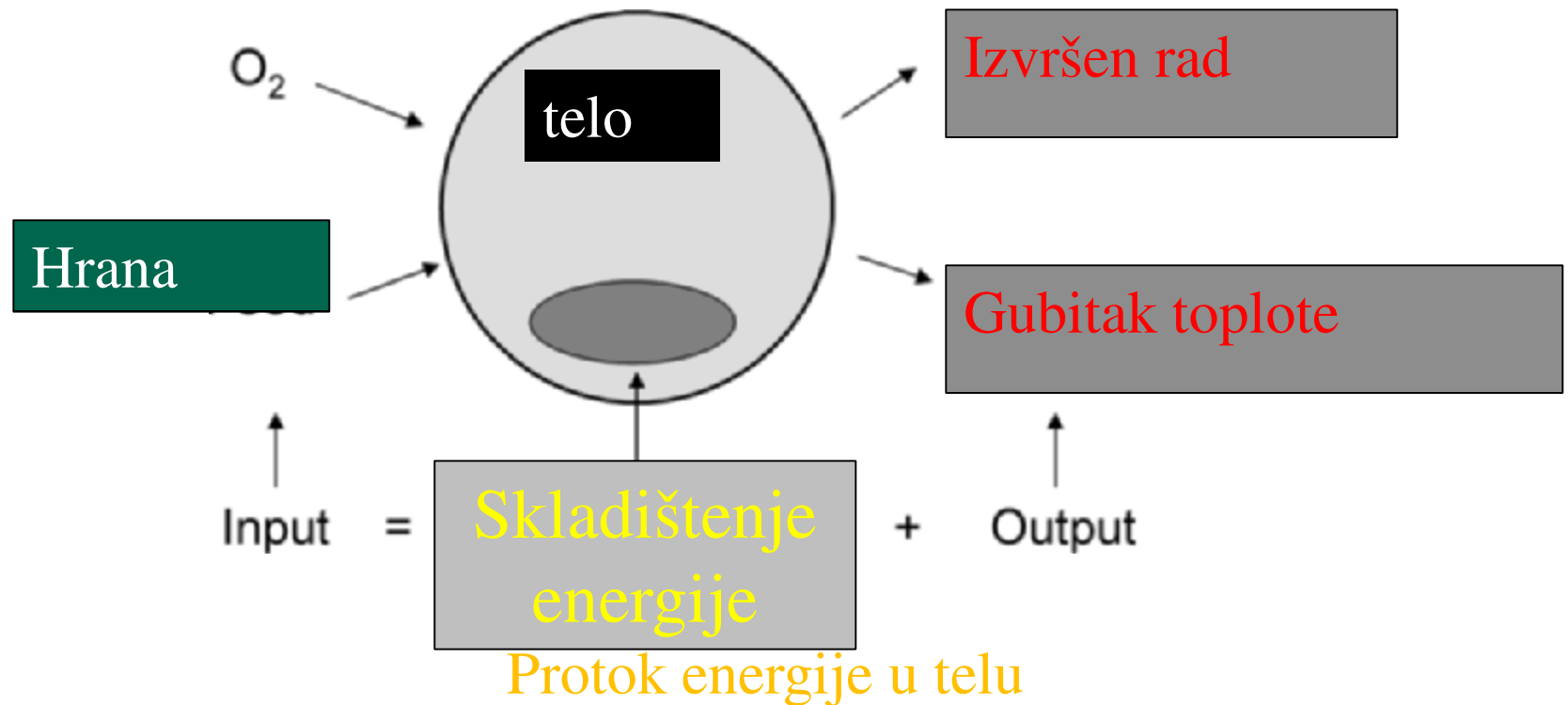


Primena: Hidrocentrala

Schematic of a hydroelectric dam



Metabolizam: Energija, toplota, rad, snaga tela



Metabolizam je proces uzimanja, skladištenja i korišćenja energije