

# POLUGA

## Dvostrana poluga (2.1)

### Zadatak

Pokažite da je dvostana poluga u ravnoteži kad je umnožak sile i kraka sile sa jedne strane poluge jednak unmošku sile i kraka sile na drugoj strani poluge.

### Oprema/pribor:

- demonstracijska ploča za fiziku
- osovina na magnetu
- torzijski dinamometar 2 N / 4 N
- ravnalo duljine 50 cm za demonstracijsku ploču
- nosač za utege
- uteg, 10 g, crni, 2 kom
- uteg 10 g, srebrni, 2 kom
- uteg, 50 g, crni
- uteg 50 g, srebrni
- poluga
- pokazivač za polugu
- flomaster za ploču

Poluga koja se koristi u ovoj vježbi je uzak, tanak, dugačak komad metala sa brojevnim oznakama. Kod svakog broja nalazi se otvor kroz koji se poluga može postaviti na osovinu. Mjesto gdje se postavi osovina je oslonac poluge, čvrsta točka koja se ne miče. Na sredini poluge je oznaka 0. Sa svake strane polude na lijevo i na desno označeni su brojevi od 1 do 10. Razmak između dva susjedna broja je 2 cm. Krak sile koja djeluje na polugu je udaljenost od oslonca poluge do hvatišta te sile.

### Postavljanje opreme:

- postavite osovinu na magnetu na gornji dio demonstracijske ploče i postavite polugu na osovinu tako da osovina prolazi kroz otvor na sredini poluge. Osovina dijeli polugu na lijevu i desnu stranu.
- koristeći flomaster za ploču, nacrtajte vertikalni pravac ispod osovine
- postavite pokazivač za polugu na polugu, tako da vrh pokazivača leži na povučenom vertikalnom pravcu

### Postupak:

- postavite dinamometar na ploču i izmjerite i zabilježite težinu  $F_1$  nosača za utege sa svim utezima na njemu
- pričvrstite nit dinamometra na oznaku #10 na desnoj strani poluge, a nosač sa svim utezima objesite na oznaku #10 na lijevoj strani poluge.



## Evaluacija

- Dvostrana poluga je u ravnoteži kada je umnožak sile i kraka te sile na jednoj strani oslonca jednak umnošku sile i kraka sile na drugoj strani oslonca poluge:

$$F_1 \cdot k_1 = F_2 \cdot k_2$$

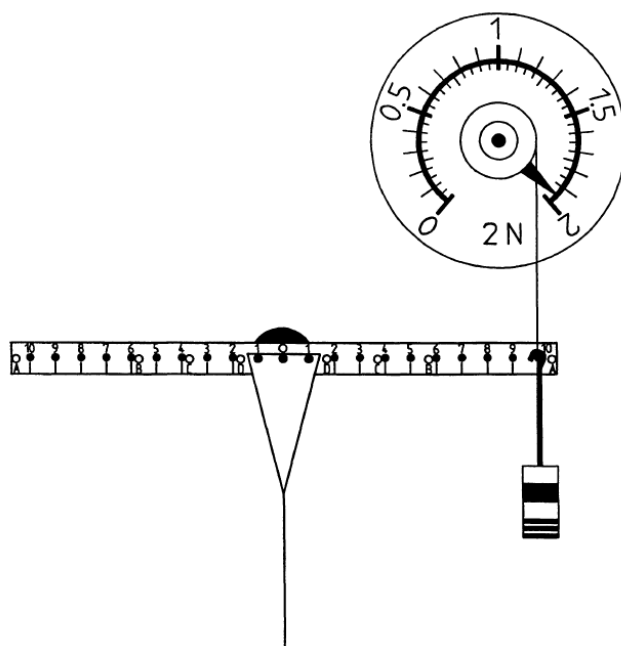
## Jednostrana poluga (2.2)

### Zadatak

Pokažite da je jednostrana poluga u ravnoteži kad je umnožak sile i kraka sile jednak umnošku sile suprotne orijentacije i njenog pripadnog kraka sile.

### Oprema/pribor:

- demonstracijska ploča za fiziku
- osovina na magnetu
- torzijski dinamometar 2 N / 4 N
- ravnalo duljine 50 cm za demonstracijsku ploču
- nosač za utege
- uteg, 10 g, crni, 2 kom
- uteg 10 g, srebrni, 2 kom
- uteg, 50 g, crni
- uteg 50 g, srebrni, 2 kom
- poluga
- pokazivač za polugu
- flomaster za ploču



**Slika 2.** Postavljanje pribora za izvođenje vježbe sa jednostranom polugom

## Postavljanje opreme

- postavite osovinu na magnetu na donji dio demonstracijske ploče i postavite polugu na osovinu tako da osovina prolazi kroz otvor na sredini poluge. Osovina dijeli polugu na lijevu i desnu stranu.
- koristeći flomaster za ploču, nacrtajte vertikalni pravac ispod osovine
- postavite pokazivač za polugu na polugu, vrh pokazivača leži na povučenom vertikalnom pravcu

## Postupak

- postavite dinamometar na ploču i izmjerite i zabilježite u tablicu 2 težinu  $F_1$  nosača za utege sa svim utezima na njemu
- postavite dinamometar iznad poluge, sa desne strane oslonca
- pričvrstite oboje, i nit dinamometra i nosač sa utezima na oznaku # 10 na desnoj strani poluge
- pomičite dinamometar sve dok poluga ne bude u ravnoteži, a nit dinamometra okomita na polugu
- očitajte i zabilježite u tablicu 2 silu  $F_2$  koju pokazuje dinamometar
- smanjite krak sile  $k_1$  pomicanjem nosača i utega duž oznaka na polugi
- za svaki položaj utega i nosača očitajte i zabilježite u tablicu 2 silu koju pokazuje dinamometar
- uklonite dva utega od 50 g sa nosača, dinamometrom izmjerite novu težinu  $F_1$  nosača sa preostalim utezima. Zabilježite taj podatak u tablicu 2
- objesite nosač sa utezima kod oznake #9 na desnoj strani poluge
- smanjite krak sile  $k_2$  pomicanjem niti dinamometra duž oznaka na polugi od oznake #10 do oznake #6, za svaki položaj dinamometra očitajte i zabilježite u tablicu 2 silu koju on pokaže

**Tablica 2.** Podaci koje valja izmjeriti, zabilježiti i izračunati u ovom zadatku

Lijeva strana poluge				Desna strana poluge			
Oznaka na polugi	$k_1$ [cm]	$F_1$ [N]	$F_1 \cdot k_1$ [N·cm]	Oznaka na polugi	$k_2$ [cm]	$F_2$ [N]	$F_2 \cdot k_2$ [N·cm]

## Evaluacija

- Da bi jednostrana poluga bila u ravnoteži, na njoj moraju djelovati sile suprotnih orijentacija. Jednostrana poluga je u ravnoteži kada je umnožak sile i njezinog kraka jednak umnošku sile suprotne orijentacije i njenog kraka sile:

$$F_1 \cdot k_1 = F_2 \cdot k_2$$

## Dvostrana poluga sa više od dvije sile (2.3)

### Zadatak

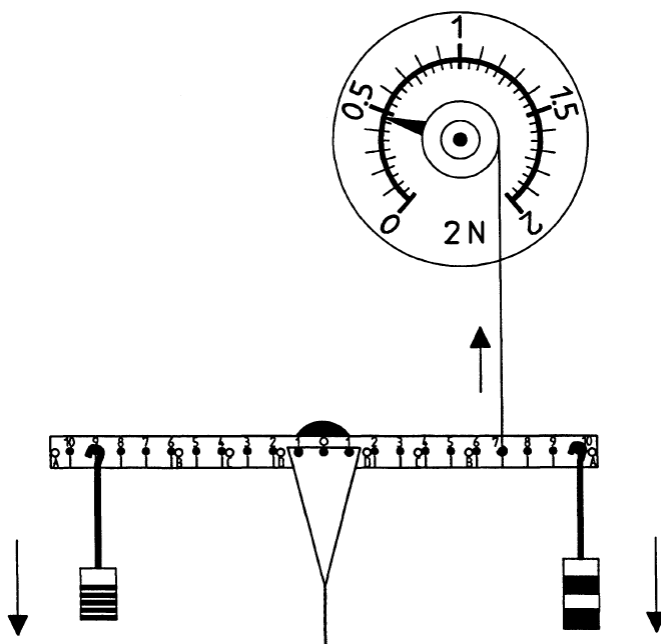
Istražite pod kojim se uvjetima postiže ravnoteža na dvostranoj poluzi kad na nju djeluje više od dvije sile.

### Oprema/pribor:

- demonstracijska ploča za fiziku
- osovina na magnetu
- torzijski dinamometar 2 N / 4 N, 2 kom
- ravnalo duljine 50 cm za demonstracijsku ploču
- nosač za utege, 2 kom
- uteg, 10 g, crni, 4 kom
- uteg 10 g, srebrni, 4 kom
- uteg, 50 g, crni, 2 kom
- uteg 50 g, srebrni, 2 kom
- poluga
- pokazivač za polugu
- flomaster za ploču

### Postavljanje opreme

- postavite osovinu na magnetu na središnji dio demonstracijske ploče i postavite polugu na osovinu tako da osovina prolazi kroz otvor na sredini poluge. Osovina dijeli polugu na lijevu i desnu stranu.
- koristeći flomaster za ploču, nacrtajte vertikalni pravac ispod osovine
- postavite pokazivač za polugu na polugu, tako da vrh pokazivača leži na povučenom vertikalnom pravcu



**Slika 3.** Postavljanje pribora za izvođenje vježbe sa dvostranom polugom sa više od dvije sile.

Za izvođenje ove vježbe koristite dva nosača sa utezima, nosači su opterećeni različitim masama. Na svaku stranu poluge postavite čete po jedan nosač sa pripadnim utezima, na položaje duž poluge koje po volji odaberete. Budići su lijeva i desna strana poluge nejednako opterećene, poluga će se zakrenuti oko osovine. Zabilježite koja se strana poluge zakreće u smjeru kazaljke na satu, a koja u smjeru suprotnom od kazaljke na satu.

### Postupak

- postavite dinamometar na demonstracijsku ploču i izmjerite i zabilježite težinu  $F_1$  i  $F_2$  oba nosača sa utezima, nosači su opterećeni sa različitim teretom (masa utega).
- postavite nosače sa utezima na polugu, svaki na jednu stranu poluge na oznaku po volji na poluzi. Budući da su lijeva i desna strana poluge nejednako opterećene, poluga će se zakrenuti oko osovine. Zabilježite koja se strana poluge zakreće u smjeru kazaljke na satu, a koja u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Prema tome zabilježite težine utega na odgovarajuće mjesto u tablici 3.
- postavite dinamometar iznad poluge, sa one strane oslonca koja se zakreće suprotno od smjera kazaljke na satu. Pričvrstite nit dinamometra na oznaku na polugi i pomičite dinamometar sve dok poluga ne bude u ravnoteži, a nit dinamometra okomita na polugu.
- zabilježite u tablicu 3 položaj (oznaku) na poluzi za svaki nosač sa utegom i položaj na kojem je pričvršćen dinamometar. Prema oznaci na poluzi izračunajte krak sile za silu koja djeluje u toj točki.
- zabilježite u tablicu 3 silu koju pokazuje dinamometar.
- promijenite položaj utega koji se zakreće u smjeru kazaljke na satu. Zabilježite njegov novi položaj u tablicu 3
- promijenite položaj dinamometra tako da poluga bude u ravnoteži.
- zabilježite u tablicu 3 položaj dinamometra i silu koju on sad pokazuje.
- postavite drugi dinamometar iznad poluge, tako da iznad svake strane poluge stoji po jedan dinamometar.
- promijenite položaj utega koji se zakreće u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu.
- Drugim dinamometrom uravnotežite polugu
- zabilježite u tablicu 3 položaje nosača utega i dinamometra, te sile koje pokazuju dinamometri

**Tablica 3.** Podaci koje valja izmjeriti, zabilježiti i izračunati u ovom zadatku

Eksperiment		Suprotno od smjera kazaljke na satu				U smjeru kazaljke na satu			
		Položaj na polugi	Krak sile $k$ [cm]	Sila $F$ [N]	Moment sile $F \cdot k$ [N·cm]	Položaj na polugi	Krak sile $k$ [cm]	Sila $F$ [N]	Moment sile $F \cdot k$ [N·cm]
1	Nosač sa utegom								
	Dinamometar								
2	Nosač sa utegom								
	Dinamometar								
3	Nosač sa utegom								
	Dinamometar								

## Evaluacija

- prema podacima iz tablice 3 za moment sile, ispunite tablicu 4:

**Tablica 4.** Uspoređivanje momenata sila koje djeluju na različitim stranama poluge

Eksperiment	Zbroj momenata sile koji djeluju na polugu	
	- u smjeru kazaljke za satu	- u smjeru suprotnom od kazaljke na satu
1		
2		
3		

- uspoređivanjem podataka iz tablice 4, vidljivo je da dvostrana poluga na koju djeluje više od dvije sile postiže ravnotežu kad je zbroj momenata sila koje djeluju u smjeru kazaljke na satu jednak zbroju momenata sila koje djeluju u smjeru suprotnom od kazaljke na satu. Tu tvrdnju možemo iskazati i sljedećim izrazom:

$$F_{1L} \cdot k_{1L} + F_{2L} \cdot k_{2L} + F_{3L} \cdot k_{3L} + \dots = F_{1D} \cdot k_{1D} + F_{2D} \cdot k_{2D} + F_{3D} \cdot k_{3D} + \dots$$

gdje je  $F$  oznaka za silu,  $k$  je oznaka za krak sile, indeksi 1, 2, 3 ... označavaju pojedine članove u zbroju, a indeksi L i R označavaju lijevu, odnosno desnu stranu poluge.

## Potporne sile (2.4)

### Zadatak

Istražite kolika je sila opterećenja na dva potporna supa koji, na primjer, podupiru most preko kojeg prelaze vozila.

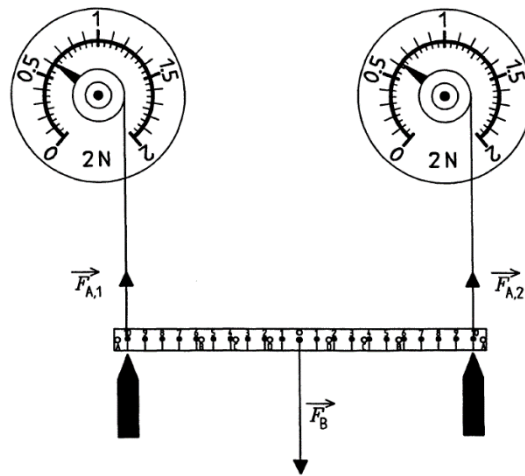
### Oprema/pribor:

- demonstracijska ploča za fiziku
- torzijski dinamometar 2 N / 4 N, 2 kom
- ravnalo duljine 50 cm za demonstracijsku ploču
- nosač za utege, 2 kom
- uteg, 10 g, crni, 4 kom
- uteg 10 g, srebrni, 4 kom
- uteg, 50 g, crni, 2 kom
- uteg 50 g, srebrni, 2 kom
- poluga
- tanka žica
- flomaster za ploču

### Postavljanje opreme

- na demonstracijsku ploču za fiziku nacrtajte most koji je dugačak kao i poluga i na krajevima ima dva potporna stupa
- na krajeve poluge koji su označeni brojem #10 pričvrstite omče koje ste savili od tanke žice, tako da se poluga ne može zakretati i da ne može skliznuti s omči

- postavite dinamometar na ploču i pomoću njega izmjerite i zabilježite težinu  $F_B$  horizontalnog dijela mosta kojeg u ovom eksperimentu predstavlja poluga



**Slika 4.** Postavljanje pribora za izvođenje vježbe kojom se demonstriraju potporne sile.

### Postupak 1

- postavite na ploču i drugi dinamometar i pomoću omči na krajevima poluge objesite polugu horizontalno na niti dinamometara.
- pomičite dinamometre tako da poluga visi horizontalno točno preko crteža mosta, kao što je skicirano na slici 4. Niti dinamometara su okomite na polugu.
- dovršite crtež na ploči dodavanjem strelica koje predstavljaju vektore sile
- izmjerite i zabilježite potporne sile  $F_{A1}$  i  $F_{A2}$  koje pokazuju dinamometri

### Evaluacija 1

- kao što možete predvidjeti, kada most nije opterećen nikakvim teretom, zbroj popornih sila  $F_{A1}$  i  $F_{A2}$  koje pokazuju dinamometri jednak je težini horizontalnog elementa mosta  $F_B$  kojeg u našem eksperimentu predstavlja poluga. S obzirom da most nije opterećen nikakvim teretom, potporne sile  $F_{A1}$  i  $F_{A2}$  su međusobno jednake.

### Postupak 2

- postavite tri utega od 50 g na nosač utega i pomoću dinamometra izmjerite i zabilježite njihovu težinu  $F_1$
- iz prethodnog postupka iskoristite podatak za težinu  $F_B$  horizontalnog dijela mosta kojeg u ovom eksperimentu predstavlja poluga
- objesite nosač sa utezima na polugu
- pomičite dinamometar sve dok poluga ne postane u ravnoteži a nit dinamometra okomita na polugu.
- izmjerite i zabilježite kolike potporne sile  $F_{A1}$  i  $F_{A2}$  sada pokazuju dinamometri
- ponovite ovaj postupak za nekoliko položaja duž poluge i podatke unesite u tablicu 5



**Tablica 5.** Podaci koje valja izmjeriti, zabilježiti i izračunati u ovom zadatku

Položaj utega $F_1$	$F_{A1}$ [N]	$F_{A2}$ [N]	$k_{1,1}$ [cm]	$k_{1,2}$ [cm]

$k_{1,1}$  je udaljenost utega od lijevog kraja mosta, a  $k_{1,2}$  je udaljenost utega od desnog kraja mosta

### Evaluacija 2

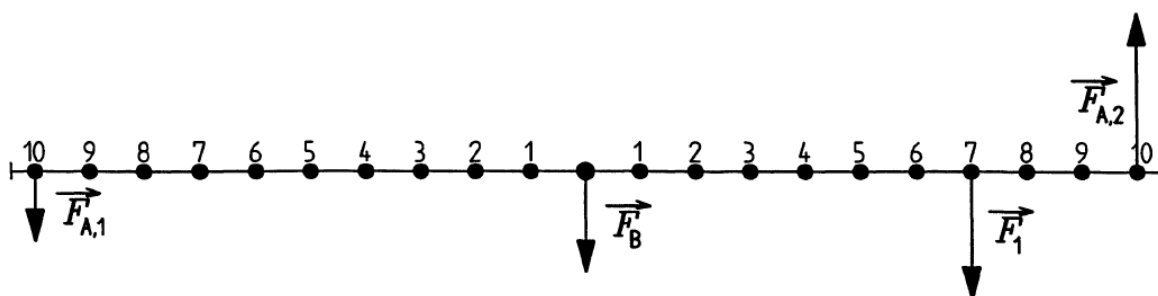
- potporne sile  $F_{A1}$  i  $F_{A2}$  mogu se izračunati upotrebom zakona poluge: ovaj eksperimentalni postav smatra se jednostranom polugom sa osloncem na jednom od stupova, pa prema tome vrijede odnosi:

- o ako je oslonac  $F_{A1}$  (lijevi kraj mosta), tada se sila  $F_{A2}$  izračuna iz izraza

$$F_B \cdot k_B + F_1 \cdot k_{1,1} = F_{A2} \cdot k_{A2}$$

- o ako je oslonac  $F_{A2}$  (desni kraj mosta) tada se sila  $F_{A1}$  izračuna iz izraza

$$F_B \cdot k_B + F_1 \cdot k_{1,2} = F_{A1} \cdot k_{A1}$$



**Slika 5.** Most kao jednostrana poluga sa jednim teretom  $F_1$

### Postupak 3

- na drugi nostač utega postavite preostale utege, zatim pomoću dinamometra izmjerite i zabilježite njegovu težinu  $F_2$
- iz prethodnih postupaka iskoristite podatke za težinu mosta (poluge)  $F_B$  i težinu tereta  $F_1$
- objesite na most (polugu) oba utega  $F_1$  i  $F_2$  na položaje po volji. Zabilježite položaje utega.
- pomaknite dinamometre ako je potrebno da poluga bude u ravnoteži, a niti dinamometara okomite na polugu.
- zabilježite sile koje sad pokazuju dinamometri – to su potporne sile

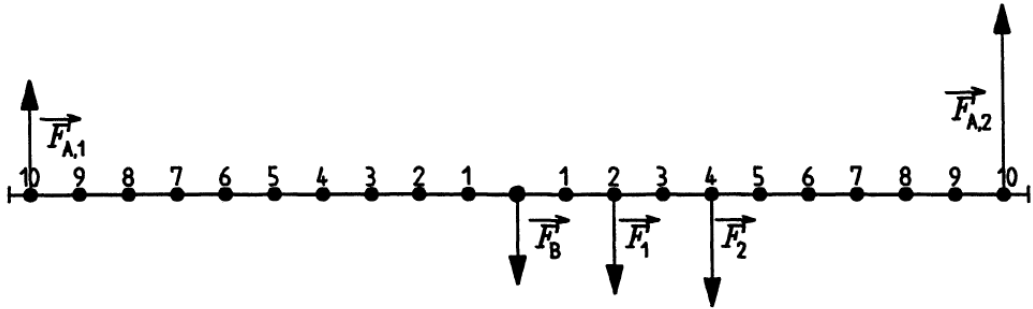
### Evaluacija 3

- računom provjerite da vrijede odnosi:

$$F_{A1} + F_{A2} = F_1 + F_2 + F_B$$

$$F_{A1} \cdot k_{A1} = F_1 \cdot k_{1,2} + F_2 \cdot k_{2,2} + F_B \cdot k_B$$

$$F_{A2} \cdot k_{A2} = F_1 \cdot k_{1,1} + F_2 \cdot k_{2,1} + F_B \cdot k_B$$



Slika 5. Most kao jednostrana poluga sa dva tereta  $F_1$  i  $F_2$