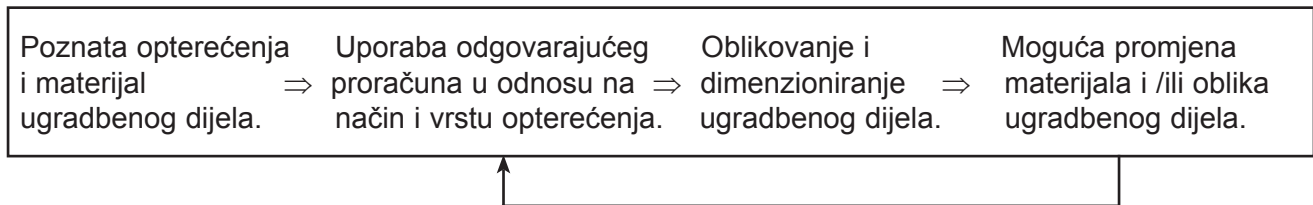


Poznavanje STATIKE, DINAMIKE i HIDROMECHANIKE te opterećenja koja iz njih proizilaze su temelj za DIMENZIONIRANJE odnosno KONTROLU NAPREZANJA i DEFORMACIJE koje proučava **ZNANOST O ČVRSTOĆI**.

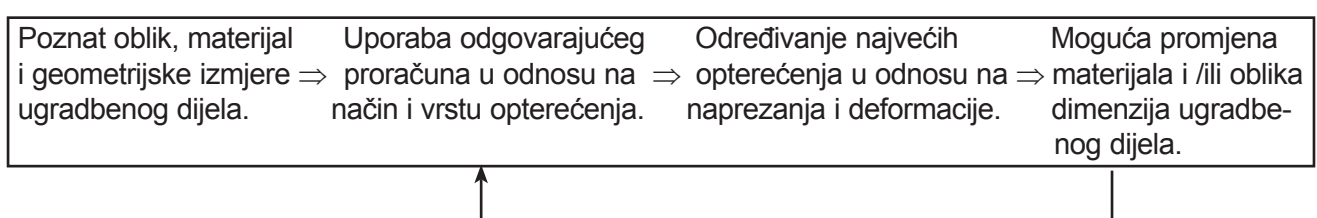
Zadaće i proračuni u Znanosti o čvrstoći su:

- **određivanje dimenzija ugradbenih dijelova** u odnosu na funkcionalnost, poznata opterećenja, oblik i uporabljeni materijal,
- **određivanje najvećih opterećenja** u odnosu na poznati oblik, dimenzije i materijal te funkciju ugradbenih dijelova,
- **određivanje napreznja i deformacija i odabir odgovarajućeg materijala** na temelju poznatih dimenzija i opterećenja

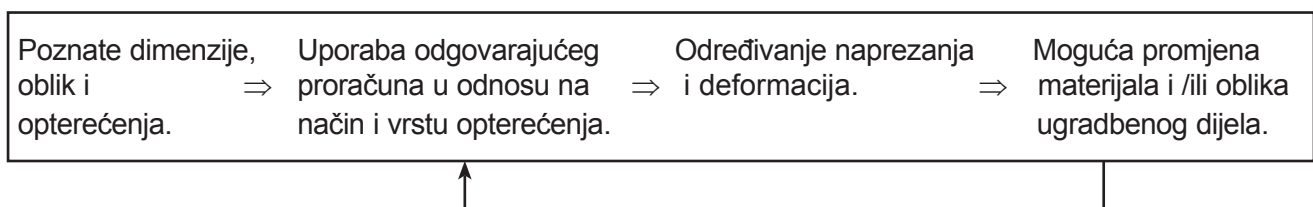
ODREĐIVANJE DIMENZIJA (dimenzioniranje)



ODREĐIVANJE NAJVEĆIH OPTEREĆENJA



ODREĐIVANJE NAPREZANJA I DEFORMACIJA



Tema OSNOVE ZNANOSTI O ČVRSTOĆI

Nastavna
jedinica

OPTEREĆENJE

1. TEORIJSKI ZADATAK

Dopunite značenje pojmova.

Vanjskim opterećenjima, koja određujemo pomoću znanja iz MEHANIKE I - STATIKE, opiru se unutarnje sile u materijalu, odnosno odgovarajuće unutarnje otpornosti.

Pod unutarnjim silama u materijalu podrazumijevamo:

Izbor proračuna je ovisan o načinu opterećenja. Načini opterećenja su:

.....

Vrste opterećenja su:



Ime i prezime učenika razred / grupa

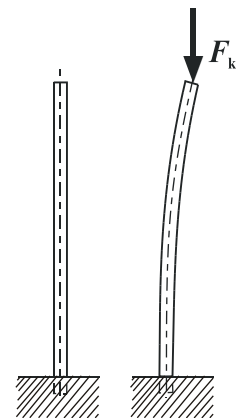
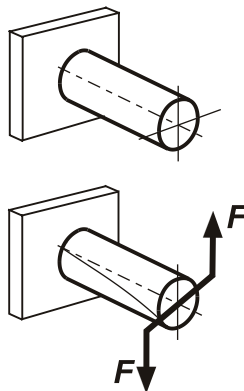
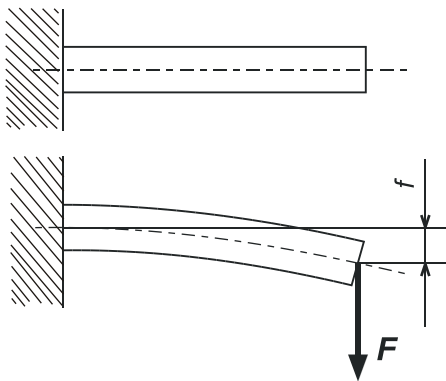
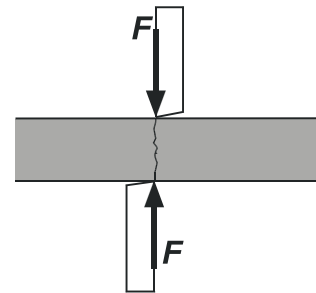
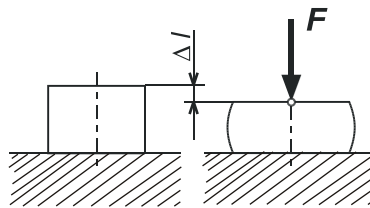
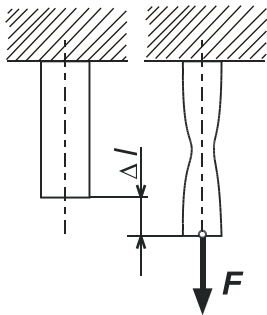
Datum

Nastavnik

2. TEORIJSKI ZADATAK

ZNANOST O ČVRSTOĆI je dio mehanike koja proučava naprezanja u materijalu i deformacije tijela koje nastaju uslijed utjecaja vanjskog opterećenja.

U udžbeniku proučite uvodno poglavlje i ispod slika upišite odgovarajuće nazive osnovnih načina opterećenja.



Ime i prezime učenika razred / grupa _____

Datum _____

Nastavnik _____

3. TEORIJSKI ZADATAK

Dopunite donje tvrdnje (pomoć je u *Škrinjici pomoći*).

Ako unutarnje sile djeluju okomito na poprečni presjek

$$F_N \perp A,$$

u presjeku se javljaju naprezanja. Označavamo ih grčkim slovom σ .

Ako unutarnje sile djeluju u ravnini ili smjeru presjeka

$$F_T \parallel A,$$

u presjeku se javljaju naprezanja. Označavamo ih grčkim slovom τ .



Ime i prezime učenika razred / grupa _____

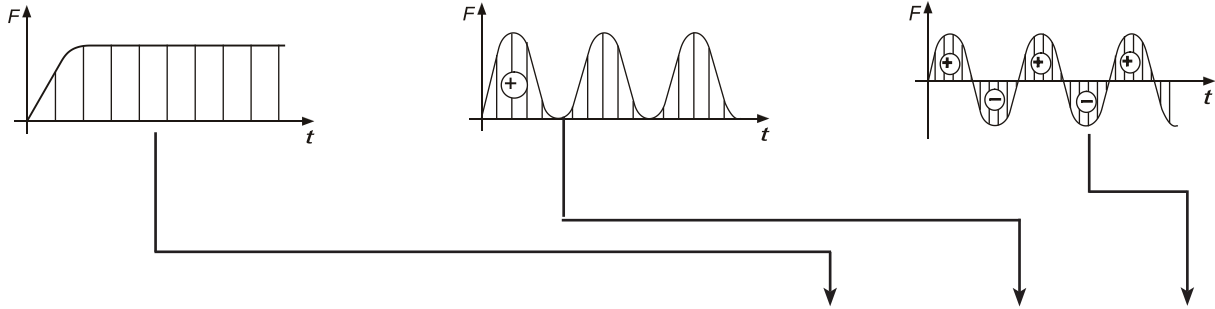
Datum _____

Nastavnik _____

4. TEORIJSKI ZADATAK

Razlikujemo tri vrste OPTEREĆENJA u ovisnosti o vremenu.

Za prikazane dijagrame $F - t$ upišite vrste opterećenja:



Materijal		$R_{p0,2}$	R_m	σ_{Df}	I	σ_{dop} II	III
		N/mm ² = MPa					
SIVI LIJEV	SL 200	-	160 ... 230	75 ... 110	55 ... 70	45 ... 60	25 ... 40
	SL 300	-	250 ... 300	110 ... 160	80 ... 110	65 ... 90	40 ... 70

Dopunite ZNAČENJE OZNAKA za veličine iz gornje tabele.

VELIČINE

- $R_{p0,2}$
- R_m
- σ_{Df}
- $\sigma_{dop I}$
- $\sigma_{dop II}$
- $\sigma_{dop III}$

Ime i prezime učenika razred / grupa

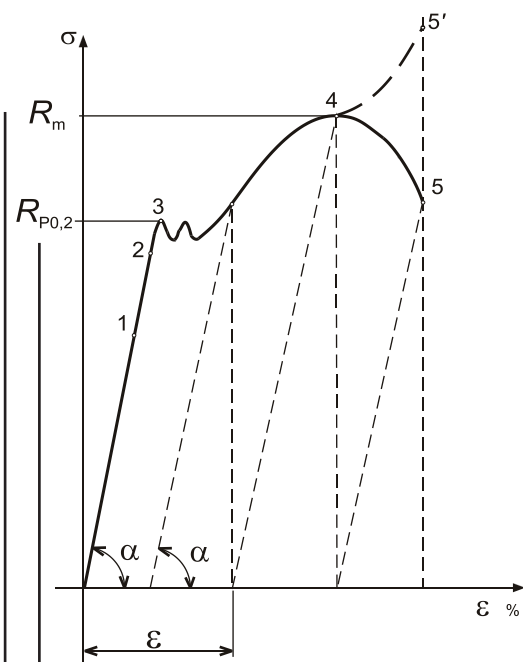
Datum

Nastavnik

5. TEORIJSKI ZADATAK

Čvrstoću materijala na vlak ispitujemo na stroju za ispitivanje čvrstoće na vlak KIDALICI. Ispitivani materijal EPRUVETU upinjemo u stezne glave kidalice. Rezultat ispitivanja je $\sigma - \epsilon$ dijagram. Krivulja u dijagramu prikazuje ovisnost naprezanja na vlak (σ) i relativno produljenje (ϵ). Pri ispitivanju različitih materijala dobivamo različite krivulje.

$\sigma - \epsilon$ DIJAGRAM



JEDNADŽBA

$$R_m = \frac{F_m}{A_0}$$

MJERNE JEDINICE

R_m	F_m	A_0
$\text{MPa} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	N	mm^2

Dopunite značenje oznaka zadanih veličina. (Crtkano ucrtana krivulja 4 - 5' u dijagramu predstavlja stvarno naprezanje epruvete).

VELIČINE

- R_m^*
- $R_{p0,2}$
- (granica plastičnosti) je ono naprezanje pri kojem pri rasterećenju epruvete ostane još 0,2 % trajnog produljenja.
- F_m pri kojoj epruveta
- A_0 poprečni presjek epruvete.
- ϵ epruvete.

U tabelu unesite podatke koji nedostaju za čelik Č.0745 (podatke potražite u PRILOGU - T2)

Materijal	$R_{p0,2}$	R_m	σ_{Df}	I	σ_{dop} II	III	
	MPa = N/mm ²						
VANJSKA KONSTRUKCIJA ČELIKA	Č.0361	220 ... 250	370 ... 450	170 ... 200	120 ... 140	100 ... 130	80 ... 100
	Č.0561	340 ... 420	520 ... 620	300 ... 350	180 ... 210	140 ... 180	110 ... 150
	Č.0745

* Oznake $R_m, R_{p0,2} \dots$ su umjesto starih oznaka $\sigma_m, \sigma_{p0,2}$

Ime i prezime učenika razred / grupa _____

Datum _____

Nastavnik _____

Tema

OSNOVE ZNANOSTI O ČVRSTOĆI

Nastavna
jedinica

DIJAGRAM RASTEZANJA



Ime i prezime učenika razred / grupa

Datum

Nastavnik

6. TEORIJSKI ZADATAK

Dopunite zapis HOOKEovog zakona, jednadžbu, mjerne jedinice i nazive veličina.

..... ϵ je normalnom σ .

Relativna tangencijalna deformacija ili kut smika je proporcionalna τ .

JEDNADŽBA

MJERNE JEDINICE

VELIČINE

$\sigma = E \cdot \epsilon$
$\tau = G \cdot \gamma$

σ	τ	E	G	ϵ, γ
$\text{MPa} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$		$\text{MPa} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$		% ili 1

- σ
- τ
- E
- G
- ϵ
- γ

U dijagramu $\sigma - \epsilon$ na strani 9 označene su točke 1 do 5'. Imenujte točke i dopunite tvrdnje.

- 1 - u dijagramu predstavlja naprezanje (granicu) do koje vrijedi HOOKEov zakon. Do te granice je $\sigma - \epsilon$ dijagram.....
- 2 - u dijagramu predstavlja naprezanje do kojeg se materijal samodeformira, što znači da se po prestanku opterećenja vraća u položaj.
- 3 - (granica plastičnosti) u dijagramu predstavlja naprezanje kod kojeg se opterećenje nagloa deformacija epruvete
- 4 - predstavlja granicu kad se pukotine epruvete jako..... Deformacija se povećava, veličina sile smanjuje do..... epruvete.
- 5 - predstavlja..... naprezanje kod koje dolazi do..... epruvete.
- 5'..... - materijala - predstavlja točku loma materijala, pri naprezanju.



Ime i prezime učenika razred / grupa

Datum

Nastavnik

7. TEORIJSKI ZADATAK

Konstrukciju ili strojni element dopušteno je opteretiti samo u području deformacija, zato je pri proračunu dopuštenog naprezanja potrebno uzeti u obzir
..... v .

Dopušteno naprezanje je ovisno o, o i opterećenja te uporabe.

Koeficijent sigurnosti je o vrsti i načinu opterećenja i drugim utjecajima (značaj konstrukcije, jačina vjetrova, sigurnost od potresa ...)

U udžbeniku proučite poglavlje o dopuštenom naprezanju i dopunite što nedostaje u jednadžbi, mjernim jedinicama i veličinama.

JEDNADŽBA

$$\sigma_{dop} = \frac{\tau_M}{v}$$

MJERNE JEDINICE

σ_{dop}	τ_{dop}	R_m	τ_M	v
		mm^2		1

VELIČINE

- σ_{dop}
- R_m
- τ_{dop}
- τ_M
- v

NAPOMENA

Često je zadano dopušteno naprezanje u ovisnosti o granici (R_p).
U tom slučaju je koeficijent sigurnosti

Iz PRILOGA - T4 odaberite i napišite približne vrijednosti dopuštenih tlačnih naprezanja za:

- konstrukcijski čelik ... MPa
- smrekovo drvo ... MPa
- nearmirani beton ... MPa.



Ime i prezime učenika razred / grupa

Datum

Nastavnik

Tema

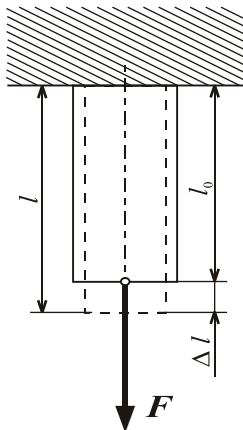
NAPREZANJE KOD VLAKA

Nastavna
jedinica

NAPREZANJE I DEFORMACIJA

8. TEORIJSKI ZADATAK

Sila je okomita na poprečni presjek i djeluje u pravcu uzdužne osi opterećenog elementa pri čemu se javlja normalno naprezanje koje računamo prema sljedećoj jednadžbi:



JEDNADŽBA

$$\sigma = \frac{F_N}{A} \leq \sigma_{\text{dop}}$$

MJERNE JEDINICE

σ	F_N	A	σ_{dop}
$\text{MPa} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	N	mm^2	$\text{MPa} = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

ZAPAMTITE !

$$F_N = F$$

VELIČINE

σ ... izračunato naprezanje na

F_N ... sila na presjek

A

Deformacija pri opterećenju na vlak se naziva i na slici je označena
Omjer produljenja i početne duljine nazivamo

a) Napišite jednadžbu za relativno produljenje.

RELATIVNO PRODULJENJE: $\varepsilon =$ _____

b) Izvedite jednadžbu za apsolutno produljenje.

APSOLUTNO PRODULJENJE: $\Delta l = \varepsilon \cdot l_0 =$ _____

Ime i prezime učenika razred / grupa _____

Datum _____

Nastavnik _____

Tema

NAPREZANJE KOD VLAKA

Nastavna jedinica

NAPREZANJE I DEFORMACIJA

c) Dopunite tablicu mjernih jedinica i imenujte veličine.

MJERNE JEDINICE

Δl	F_N	l_0	A	E	ε
mm	mm				% ili 1

VELIČINE

- ε
- Δl
- F_N sila
- l_0 duljina
- A okomit na silu
- E ... modul
- $E =$ MPa ... za čelik



Ime i prezime učenika razred / grupa _____

Datum _____

Nastavnik _____

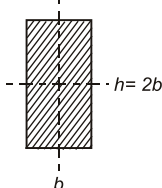
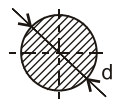
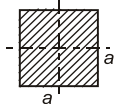
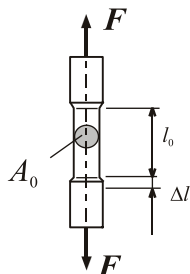
Tema

NAPREZANJE KOD VLAKA

Nastavna
jedinicaVLAK BEZ UTJECAJA
VLASTITE TEŽINE

1. RAČUNSKI ZADATAK

Štap je opterećen na vlak silom $F = 50$ kN. Koliki je presjek štapa A potreban ako je dopušteno naprezanje $\sigma_{\text{dop}} = 140$ MPa. Odredite dimenzije presjeka štapa za kvadrat, krug i pravokutnik. Dimenzije presjeka zaokružite po redu R20. Kontrolirajte naprezanja u štapu.

**Rješenje:**

$$\frac{F}{A} \leq \sigma_{\text{dop}}$$

$$A \geq \text{---} =$$

a) Štap kvadratnog presjeka:

$$A = a^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a =$$

$$A =$$

Kontrola naprezanja u štapu:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \quad < \sigma_{\text{dop}} =$$

b) Štap okruglog presjeka:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\text{---}} \Rightarrow d =$$

Kontrola naprezanja u štapu:

$$A = \text{---}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \quad < \sigma_{\text{dop}} =$$

c) Štap pravokutnog presjeka:

$$A = b \cdot h = 2 \cdot b^2 \Rightarrow b = \sqrt{\text{---}} \Rightarrow b =$$

$$h = 2 \cdot b =$$

$$h =$$

Kontrola naprezanja u štapu:

$$A =$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \quad < \sigma_{\text{dop}} =$$

Ime i prezime učenika razred / grupa _____

Datum _____

Nastavnik _____

Tema

NAPREZANJE KOD VLAKA

Nastavna
jedinicaVLAK BEZ UTJECAJA
VLASTITE TEŽINE**2. RAČUNSKI ZADATAK**

Čelična epruveta promjera $d_0 = 20$ mm i duljine $l_0 = 400$ mm produlji se za $\Delta l = 0,242$ mm pri vlačnom opterećenju $F = 40$ kN.

Izračunajte:

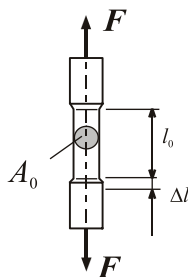
- vlačno naprezanje u epruveti
- relativno produljenje
- modul elastičnosti materijala

Rješenje:

$$a) \sigma = \frac{F}{A_0} =$$

$$b) \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} =$$

$$c) \sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow E =$$



okrugla epruveta

Ime i prezime učenika razred / grupa _____

Datum _____

Nastavnik _____

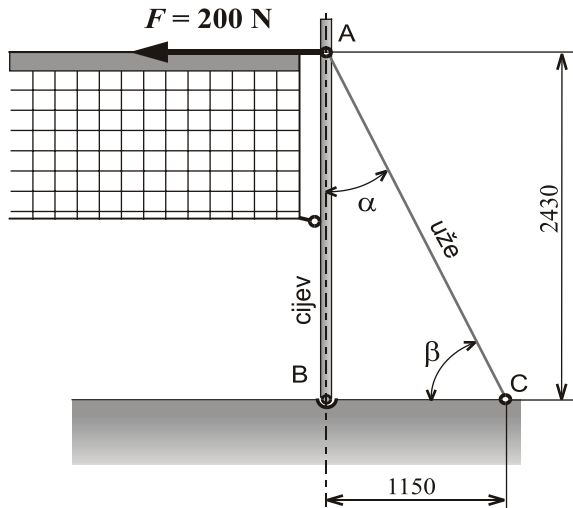
Tema

NAPREZANJE KOD VLAKA

Nastavna
jedinicaVLAK BEZ UTJECAJA
VLASTITE TEŽINE

3. RAČUNSKI ZADATAK

Mreža za odbojku napeta je silom $F = 200 \text{ N}$, kao na slici.



- Pomoću trigonometrijskih funkcija izračunajte veličinu kutova α i β .
- Pomoću sinusnog poučka i skice trokuta sila izračunajte veličine komponenta sile F (F_v u užetu i F_c u cijevi) te obje komponente ucrtajte u položaj sila u točku A. U točkama B i C u položaju sila ucrtajte sile F_v i F_c (suprotnog smjera u odnosu na sile u točki A).
- Odredite način opterećenja cijevi i užeta, te upišite veličine F_v i F_c .
- Izračunajte računsko naprezanje u užetu, ako čelično uže ima $z = 7$ žica, promjera $d = 0,8 \text{ mm}$.
- Izračunajte sigurnost protiv loma ν , ako je vlačna čvrstoća žice $R_m = 1570 \text{ MPa}$.
- Koliko je apsolutno produljenje Δl ?

U svakoj točki dopunite odgovore.

Rješenje:

- a) Kutovi α i β .

$$\tan \beta = \frac{\quad}{\quad} \Rightarrow \beta =$$

$$\alpha =$$

Ime i prezime učenika razred / grupa _____

Datum _____

Nastavnik _____

Tema

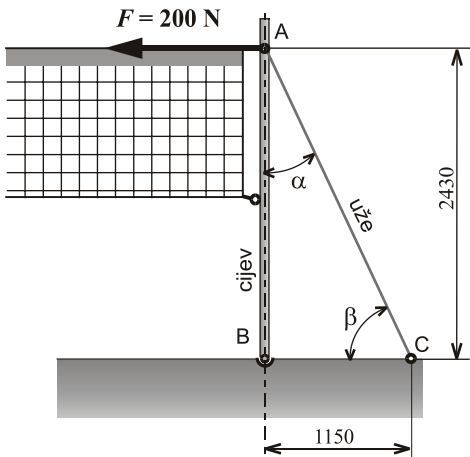
NAPREZANJE KOD VLAKA

Nastavna jedinica

VLAK BEZ UTJECAJA VLASTITE TEŽINE

b) Odredite veličine sila F_V i F_C .

PLOŽAJ SILA



TROKUT SILA



ili

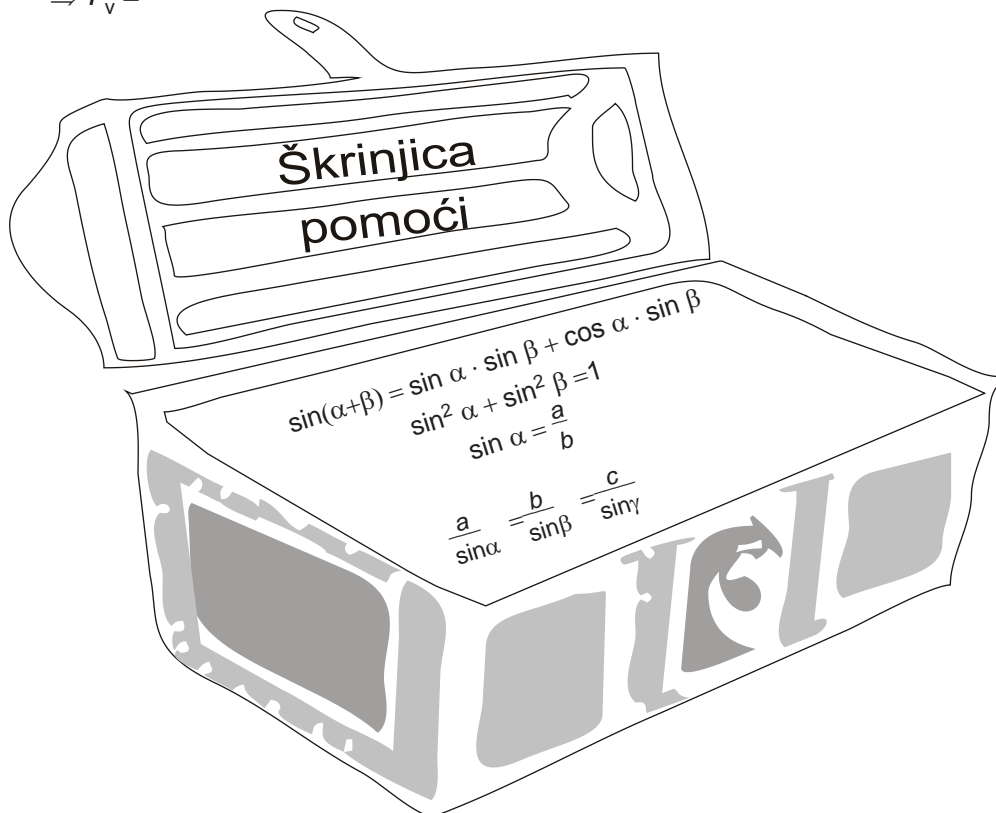


$$\frac{F_C}{\sin \alpha} = \frac{F}{\sin 90^\circ} \Rightarrow F_C = \frac{F}{\sin \alpha}$$

$$F_C =$$

$$\frac{F_V}{\sin 90^\circ} = \frac{F}{\sin 90^\circ} \Rightarrow F_V = F$$

$$F_V =$$



Ime i prezime učenika razred / grupa

Datum

Nastavnik

Tema

NAPREZANJE KOD VLAKA

Nastavna
jedinicaVLAK BEZ UTJECAJA
VLASTITE TEŽINE

c) Opterećenje cijevi i užeta.

ODGOVOR: Cijev je opterećena na silom $F_c = \dots\dots\dots$,
uže je opterećeno na silom $F_v = \dots\dots\dots$.

NAPOMENA: Dobivene rezultate usporedi s rezultatima u radnoj bilježnici Mehanika - statika str. 21.

d) Veličina naprezanja u užetu σ : $\sigma =$ $A =$

ODGOVOR: Računsko naprezanje u užetu je $\sigma = \dots\dots\dots$.

e) Sigurnost protiv loma v . $v =$

ODGOVOR: Sigurnost protiv loma je $v = \dots\dots\dots$.

f) Apsolutno produljenje užeta Δl . $\Delta l =$ $l_0 =$

l_0 ... početna duljina užeta prije razvlačenja.

ODGOVOR: Uže bi se rastegnulo za $\Delta l = \dots\dots\dots$.

Ime i prezime učenika razred / grupa _____

Datum _____

Nastavnik _____