

UVOD I MATEMATIČKE KONCEPCIJE

**FIZIKA
PSS-GRAD
7. listopada 2025.**



WILEY

Copyright © 2015 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

1.1 *Priroda fizike*

FIZIKA je nastala iz ljudske težnje
da objasni fizički svijet oko nas

FIZIKA obuhvaća mnoštvo različitih pojava:

planetarne orbite
radiovalove
magnetizam
lasere

i još puno toga!

WILEY

Copyright © 2015 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

FIZIKA

riječ fizika potječe od grčke riječi φύσις što znači *priroda*

fizika je temeljna **prirodna znanost**

cilj prirodnih znanosti je **razumjeti** svijet

PRIRODNA ZNANOST

riječ znanost potječe od latinske riječi **scientia** što znači znanje

znanost je *sustav znanja* prikupljenog **znanstvenom metodom**

znanost je i *ljudska djelatnost* prikupljanja i organiziranja znanja u obliku **provjerljivih** objašnjenja i predviđanja o svijetu

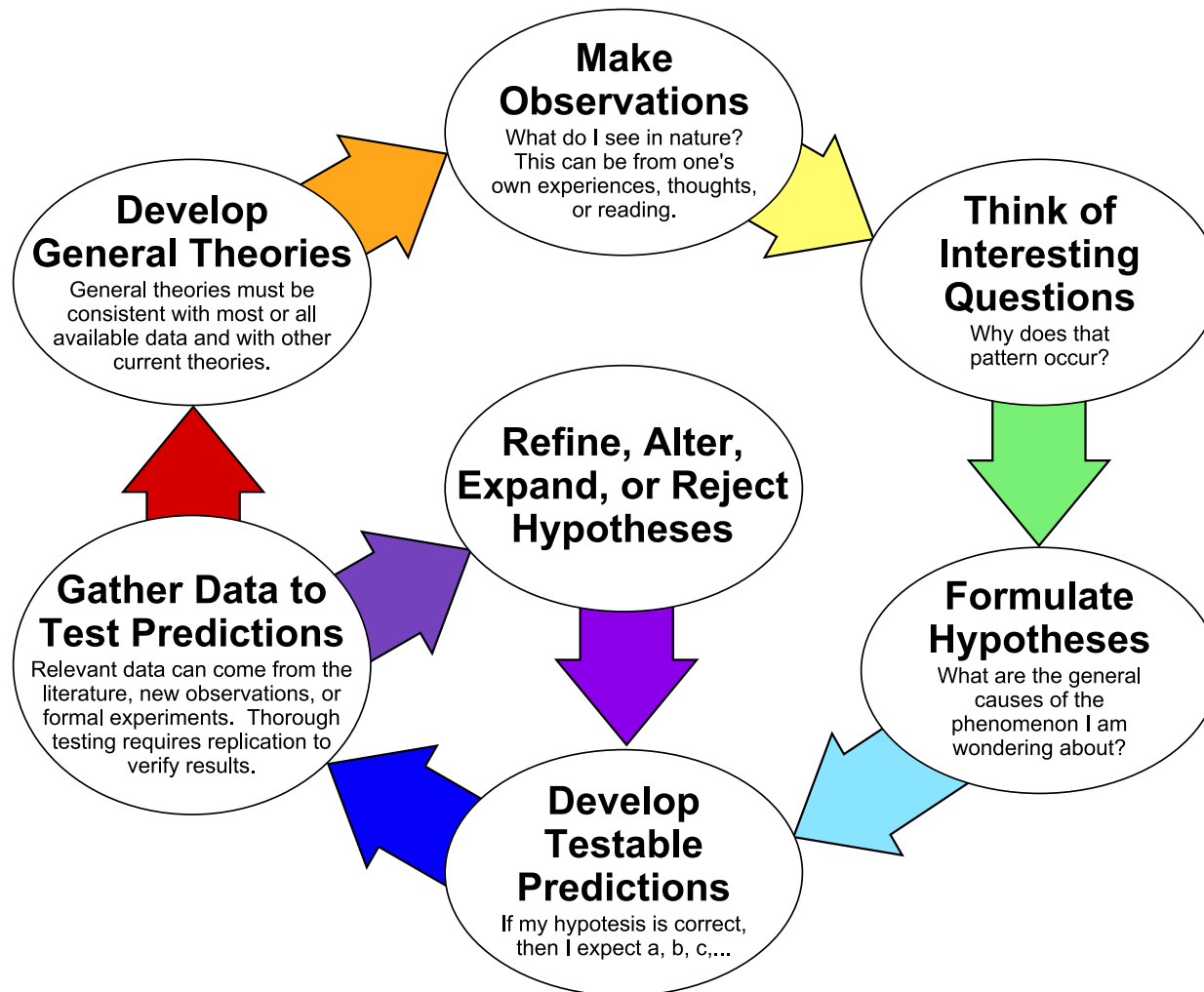


ZNANSTVENA METODA (krajnje pojednostavljeno)

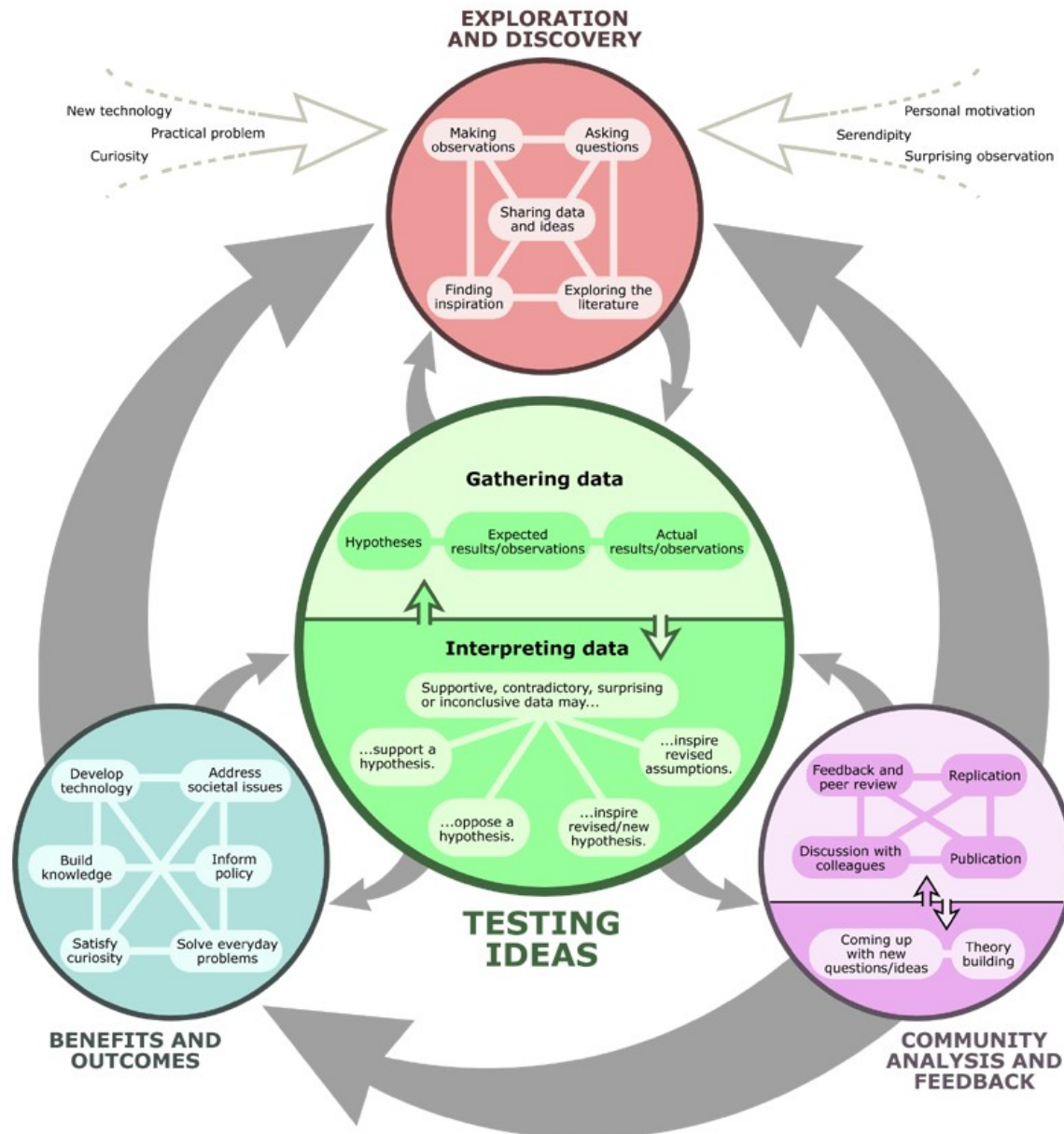
- (1) postavljanje pitanja o nekoj pojavi
- (2) zamišljanje mogućeg objašnjenja (postavljanje hipoteze)
- (3) provjeravanje hipoteze odgovarajućim **eksperimentom**
- (4) modificiranje hipoteze
- (5) ponovno provjeravanje (modificirane) hipoteze

ZNANSTVENA METODA (detaljnije)

The Scientific Method as an Ongoing Process



ZNANSTVENA METODA (još detaljnije)



ZAŠTO UČITI FIZIKU?

da bismo **razumjeli** svijet oko sebe

da bismo naučili **razmišljati** kao fizičari (između ostalog, da bismo usvojili znanstvenu metodu kao način na koji dolazimo do pouzdanog znanja)

1.1 *Priroda fizike*

Na temelju eksperimentalnih rezultata dobivenih u *jednoj* situaciji, **FIZIKA** predviđa kako će se priroda ponašati u *drugoj* situaciji

Newtonovi zakoni → raketna tehnika

Maxwellove jednačbe → telekomunikacije

1.2 Jedinice

Eksperimenti iz fizike uključuju mjerenja različitih fizičkih veličina.

Ta mjerenja moraju biti precizna i ponovljiva.

Da se omogući preciznost i ponovljivost treba najprije definirati **mjerne jedinice**.

jedinice SI

metar (m): jedinica duljine

kilogram (kg): jedinica mase

sekunda (s): jedinica vremena

franc. SI = Système international

1.2 Jedinice

osnovne jedinice SI

naziv fizičke veličine	znak fizičke veličine	naziv jedinice	znak jedinice
duljina	l	metar	m
masa	m	kilogram	kg
vrijeme	t	sekunda	s
električna struja	I	amper	A
termodinamička temperatura	T	kelvin	K
količina tvari	n	mol	mol
svjetlosna jakost	I	kandela	cd

1.2 Jedinice

naziv	znak	definicija
sekunda	s	Numerička vrijednost frekvencije (prijelaza osnovnog stanja atoma) cezija-133, $\Delta\nu_{\text{Cs}}$, jednaka je točno 9 192 631 770 kad je izražena jedinicom Hz, što je s^{-1} .
metar	m	Numerička vrijednost brzine svjetlosti u vakuumu, c , jednaka je točno 299 792 458 kad je izražena jedinicom m s^{-1} .
kilogram	kg	Numerička vrijednost Planckove konstante, h , jednaka je točno $6,62607015 \cdot 10^{-34}$ kad je izražena jedinicom J s, što je $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$.
amper	A	Numerička vrijednost elementarnog naboja, e , jednaka je točno $1,602176634 \cdot 10^{-19}$ kad je izražena jedinicom C, što je A s.
mol	mol	Numerička vrijednost Avogadrove konstante, N_A , jednaka je točno $6,02214076 \cdot 10^{23}$ kad je izražena jedinicom mol^{-1} .
kelvin	K	Numerička vrijednost Boltzmannove konstante, k , jednaka je točno $1,380649 \cdot 10^{-23}$ kad je izražena jedinicom J K^{-1} , što je $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$.
kandela	cd	Numerička vrijednost svjetlosne učinkovitosti (monokromatskog zračenja frekvencije 540 THz), K_{cd} , jednaka je točno 683 kad je izražena jedinicom cd W^{-1} , što je $\text{cd kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^3$.

1.2 Jedinice

konstanta	znak	vrijednost
frekvencija cezija-133	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	$9192631770 \text{ s}^{-1}$
brzina svjetlosti u vakuumu	c	$299792458 \text{ m s}^{-1}$
Planckova konstanta	h	$6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
elementarni naboj	e	$1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Avogadrova konstanta	N_A	$6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmannova konstanta	k	$1,380649 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
svjetlosna učinkovitost	K_{cd}	$683 \text{ cd kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$

1.2 Jedinice

Jedinice za duljinu, masu i vrijeme (i četiri druge fizičke veličine) nazivamo *osnovnim jedinicama SI*.

Kombinacijom osnovnih jedinica definiramo izvedene jedinice SI za druge važne fizičke veličine kao što su sila i energija.

1.3 *Važnost jedinica pri rješavanju zadataka*

PRETVORBA JEDINICA

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ mi} = 1,609 \text{ km}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

$$1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

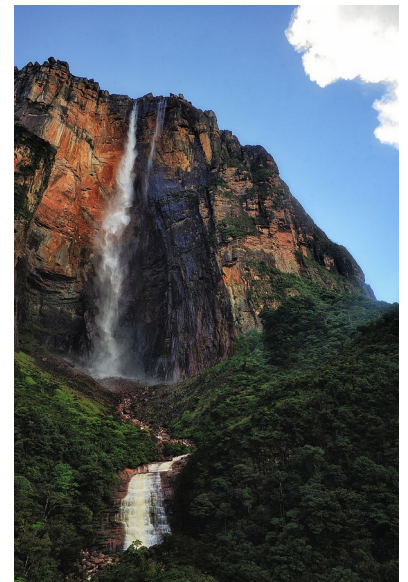
1.3 Važnost jedinica pri rješavanju zadataka

PRIMJER 1 Najviši vodopad na svijetu

Najviši vodopad na svijetu je *Angelov slap* u Venezueli s ukupnim padom od 979,0 m. Izrazite tu visinu u stopama.

Iz **1 ft = 0,3048 m** slijedi

$$\frac{1 \text{ ft}}{0,3048 \text{ m}} = 1$$



$$h = 979,0 \text{ m} = 979,0 \text{ m} \cdot 1 = 979,0 \text{ m} \cdot \left(\frac{1 \text{ ft}}{0,3048 \text{ m}} \right) = 3212 \text{ ft}$$

WILEY

1.3 *Važnost jedinica pri rješavanju zadataka*

predmetak	naziv predmetka	iznos predmetka	naziv broja
P	peta	$10^{15} = 1\,000\,000\,000\,000\,000$	bilijarda
T	tera	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$	bilijun
G	giga	$10^9 = 1\,000\,000\,000$	milijarda
M	mega	$10^6 = 1\,000\,000$	milijun
k	kilo	$10^3 = 1000$	tisuća
h	hekto	$10^2 = 100$	sto
da	deka	$10^1 = 10$	deset
		$10^0 = 1$	jedan
d	deci	$10^{-1} = 0,1$	desetina
c	centi	$10^{-2} = 0,01$	stotina
m	mili	$10^{-3} = 0,001$	tisućina
μ	mikro	$10^{-6} = 0,000\,001$	milijuntina
n	nano	$10^{-9} = 0,000\,000\,001$	milijardina
p	piko	$10^{-12} = 0,000\,000\,000\,001$	bilijuntina
f	femto	$10^{-15} = 0,000\,000\,000\,000\,001$	bilijardina

1.3 *Važnost jedinica pri rješavanju zadataka*

Strategija za pretvorbu jedinica

1. U svim koracima računa pišite i jedinice.
2. Sve jedinice tretirajte kao algebarske veličine. Kad se iste jedinice javljaju u brojniku i nazivniku, skratite razlomak.
3. Koristite pretvorbene faktore. Izraz se ne mijenja kad ga pomnožite ili podijelite s 1.

1.3 *Važnost jedinica pri rješavanju zadataka*

PRIMJER 2 Ograničenje brzine

Ograničenje brzine od 65 mi/h izrazite u m/s i km/h.



$$v = 65 \text{ mi/h} = 65 \frac{\text{mi}}{\text{h}} = 65 \frac{1,609 \text{ km}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

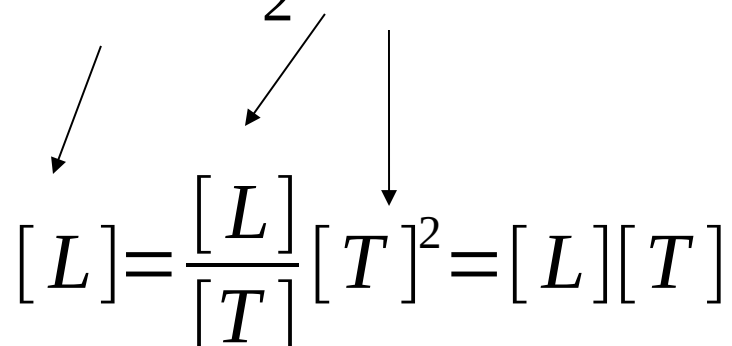
$$v = 65 \text{ mi/h} = 65 \frac{\text{mi}}{\text{h}} = 65 \frac{1,609 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

1.3 *Važnost jedinica pri rješavanju zadataka*

DIMENZIJSKA ANALIZA

$[L]$ = duljina $[M]$ = masa $[T]$ = vrijeme

Je li donja jednađžba dimenzijski ispravna?

$$x = \frac{1}{2} vt^2$$

$$[L] = \frac{[L]}{[T]} [T]^2 = [L][T]$$

1.3 *Važnost jedinica pri rješavanju zadataka*

DIMENZIJSKA ANALIZA

$[L]$ = duljina $[M]$ = masa $[T]$ = vrijeme

Je li donja jednađžba dimenzijski ispravna?

$$\cancel{x = \frac{1}{2} vt^2}$$

↓ ↓ ↓

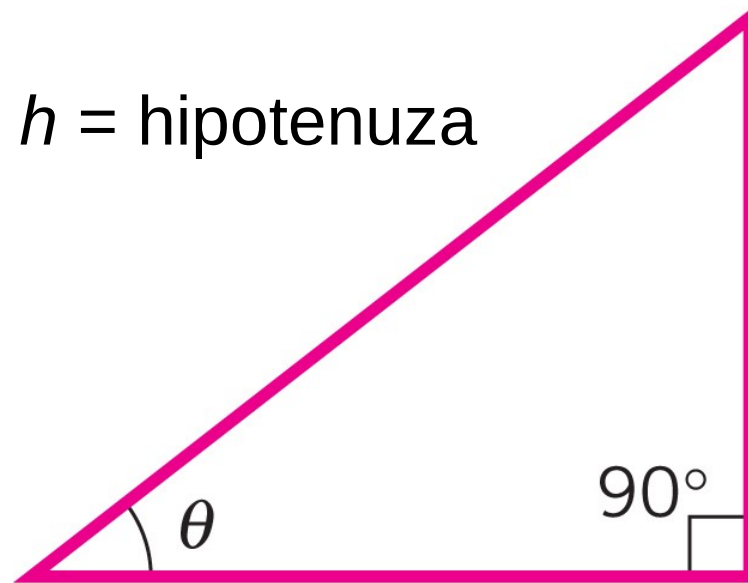
$$\cancel{[L] = \frac{[L]}{[T]} [T]^2 = [L][T]}$$

1.3 *Važnost jedinica pri rješavanju zadataka*

Je li donja jednađžba dimenzijski ispravna?

$$x = vt$$
$$[L] = \frac{[L]}{[T]} [T] = [L]$$

1.4 Trigonometrija

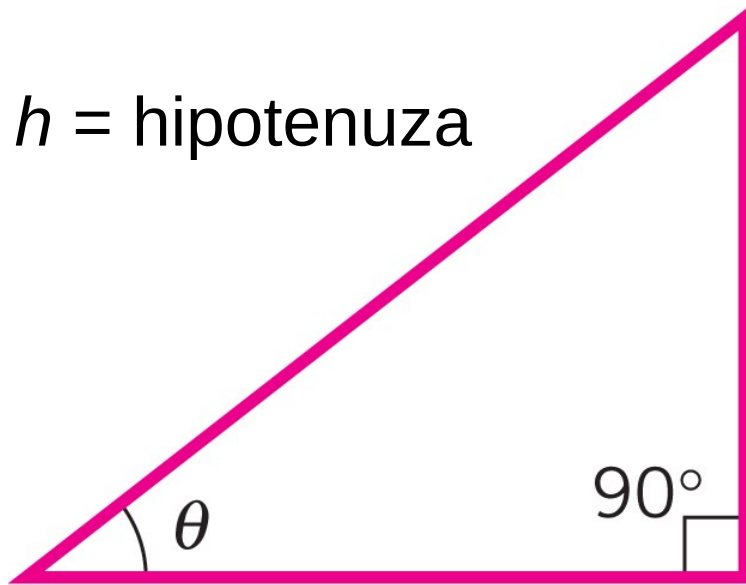


h = hipotenuza

h_o = kateta nasuprot
(*o*pposite) kutu θ

h_a = kateta uz
(*a*djacent) kut θ

1.4 Trigonometrija



h = hipotenuza

h_a = kateta uz
(*adjacent*) kut θ

h_o = kateta nasuprot
(*opposite*) kutu θ

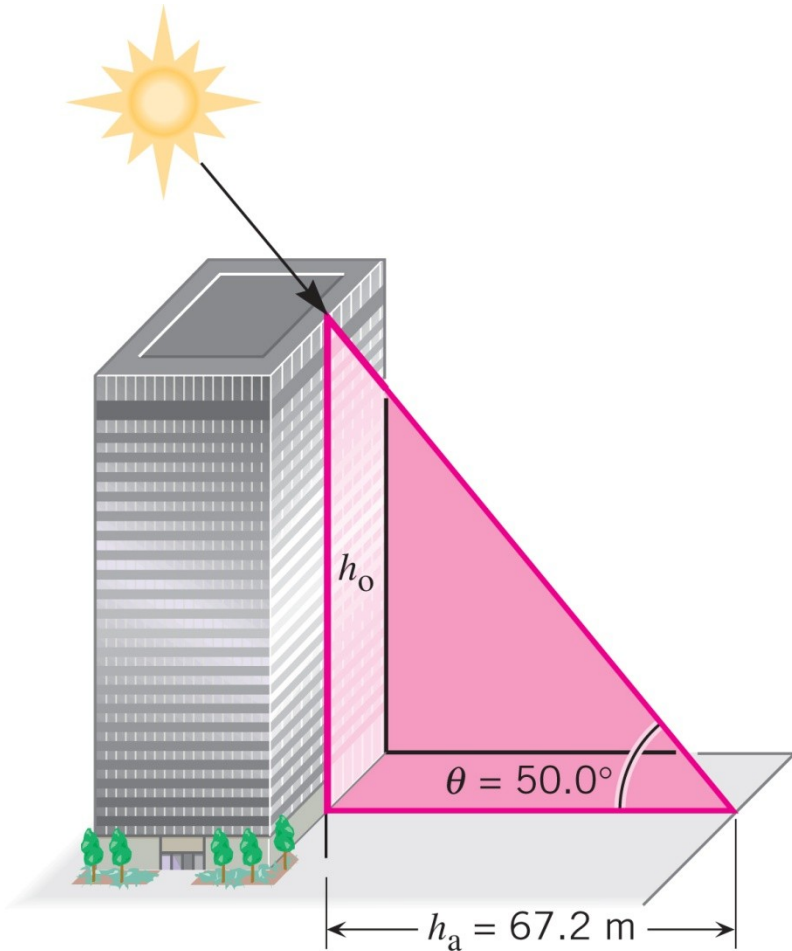
$$\sin \theta = \frac{h_o}{h}$$

$$\cos \theta = \frac{h_a}{h}$$

$$\tan \theta = \frac{h_o}{h_a}$$

WILEY

1.4 Trigonometrija



$$\tan \theta = \frac{h_o}{h_a}$$

$$\tan 50,0^\circ = \frac{h_o}{67,2 \text{ m}}$$

$$h_o = 67,2 \text{ m} \cdot \tan 50,0^\circ = \text{80,08584142 m}$$

$$h_o = 67,2 \text{ m} \cdot \tan 50,0^\circ = \mathbf{80,1 \text{ m}}$$

WILEY

POUZDANE ZNAMENKE

pouzdanе znamenke su znamenke nekog broja koje imaju smisla s obzirom na preciznost mjerenja

najmanje pouzdana znamenka je ona pouzdana znamenka koja je najdalje desno
npr. u 7,69 najmanje pouzdana znamenka je 9

KAKO ODREDITI POUZDANE ZNAMENKE nekog broja?

- (1) sve znamenke različite od nule su pouzdanе
npr. 723,95 ima pet pouzdanih znamenki
- (2) nule koje se pojavljuju između dviju znamenki različitih od nule su pouzdanе
npr. 201,308 ima šest pouzdanih znamenki
- (3) vodeće nule nisu pouzdanе
npr. 0,00044 ima dvije pouzdanе znamenke
- (4) prateće nule jesu pouzdanе
npr. 98,5700 ima šest pouzdanih znamenki

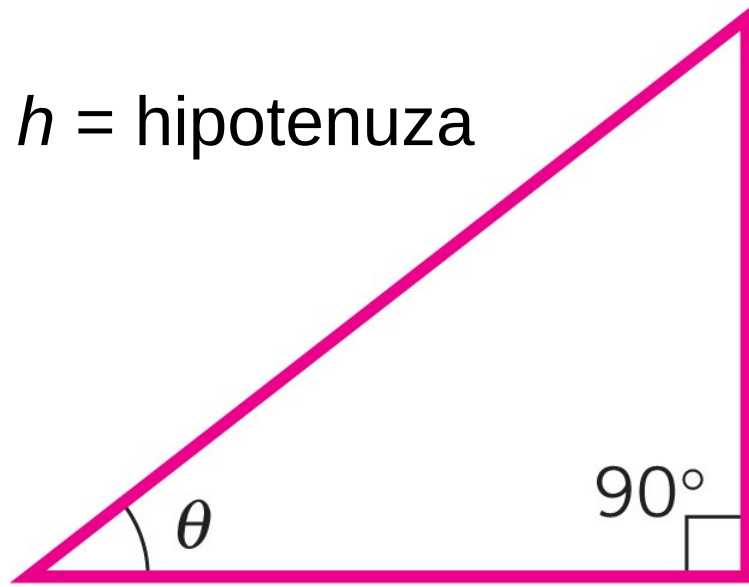
POUZDANE ZNAMENKE

KAKO ODREDITI POUZDANE ZNAMENKE pri računanju?

- (1) pri množenju i dijeljenju rezultat ima isti broj pouzdanih znamenki kao i najmanje precizni dani broj
npr. $3,218 \text{ m} / 0,53 \text{ s} = 6,1 \text{ m/s}$
- (2) pri zbrajanju i oduzimanju rezultat ima najmanje pouzdanu znamenku na istom relativnom položaju od decimalnog zareza kao onaj dani broj čija je najmanje pouzdana znamenka najdalje lijevo
npr. $8,1 \text{ m} + 3,77 \text{ m} = 11,9 \text{ m}$
- (3) pri računanju vrijednosti transcendentnih* funkcija rezultat ima isti broj pouzdanih znamenki kao i argument funkcije
npr. $\sin(34^\circ) = 0,56$

* transcendentne funkcije su one koje nisu algebarske (trigonometrijske, logaritamske, eksponencijalne)

1.4 Trigonometrija



h = hipotenuza

h_a = kateta uz
(*adjacent*) kut θ

h_o = kateta nasuprot
(*opposite*) kutu θ

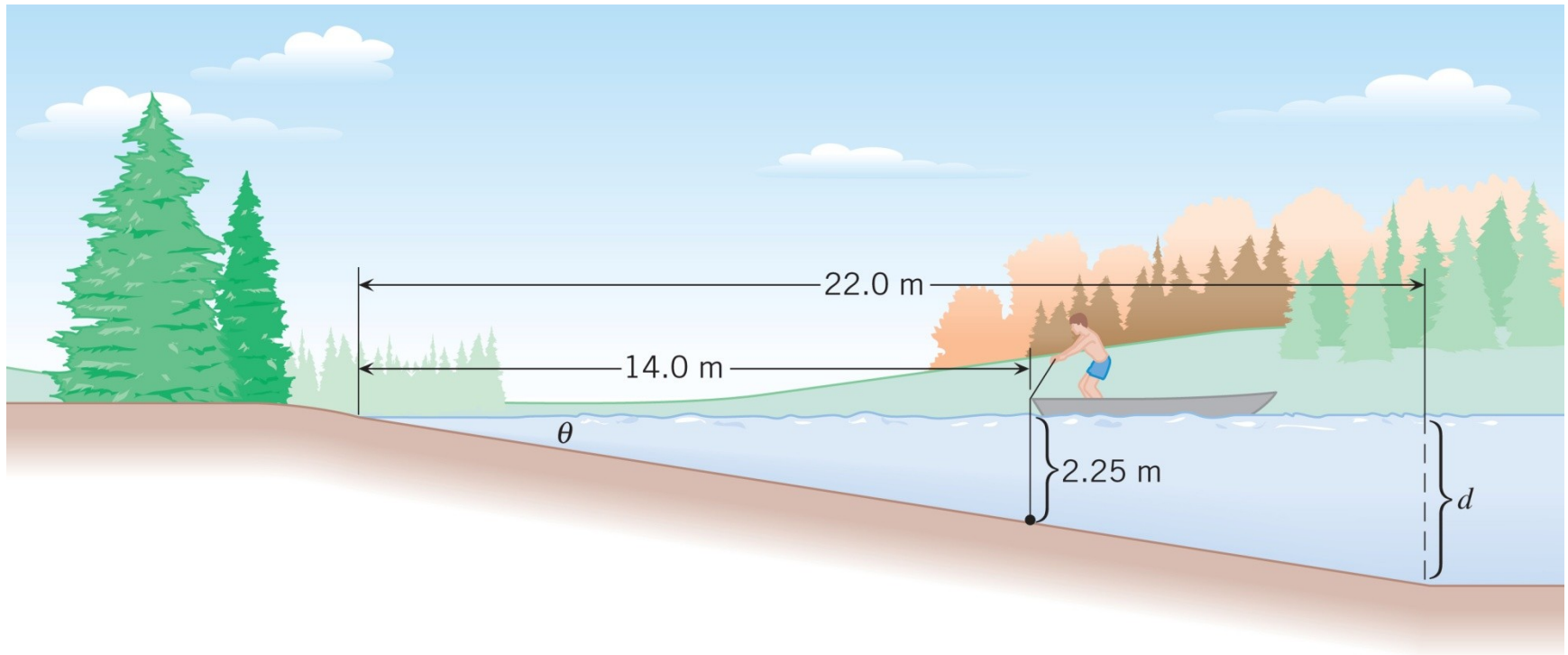
$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{h_o}{h}\right)$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{h_a}{h}\right)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h_o}{h_a}\right)$$

WILEY

1.4 Trigonometrija



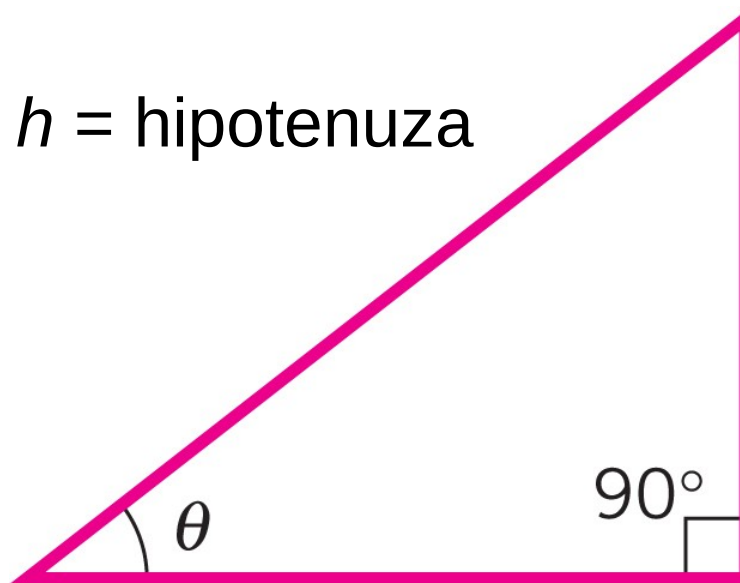
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h_o}{h_a}\right) \quad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{2,25 \text{ m}}{14,0 \text{ m}}\right) = 9,13^\circ$$

WILEY

1.4 Trigonometrija

Pitagorin poučak:

$$h^2 = h_o^2 + h_a^2$$



h = hipotenuza

h_o = kateta nasuprot
(*o*pposite) kutu θ

h_a = kateta uz
(*a*djacent) kut θ

WILEY

1.5 Skalari i vektori

skalarnu veličinu opisujemo jednim brojem:

temperatura, vrijeme, masa

za opis *vektorske* veličine potrebni su iznos i smjer:

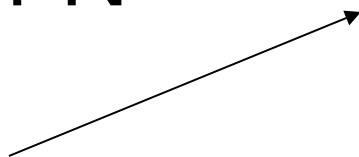
brzina, sila, pomak

1.5 *Skalari i vektori*

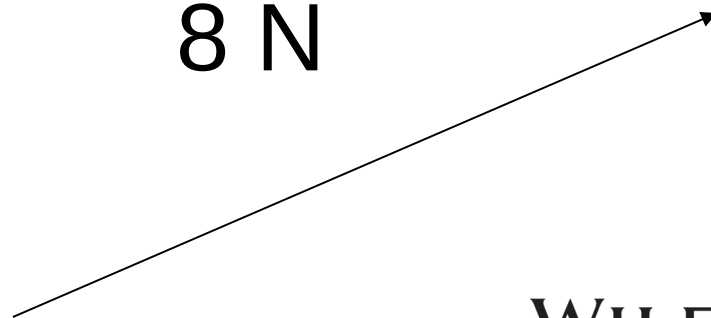
Vektore prikazujemo strelicama.
Smjer vektora određen je pravcem,
a orijentacija strelicom.

Po dogovoru, duljina strelice
proporcionalnaje iznosu vektora.

4 N

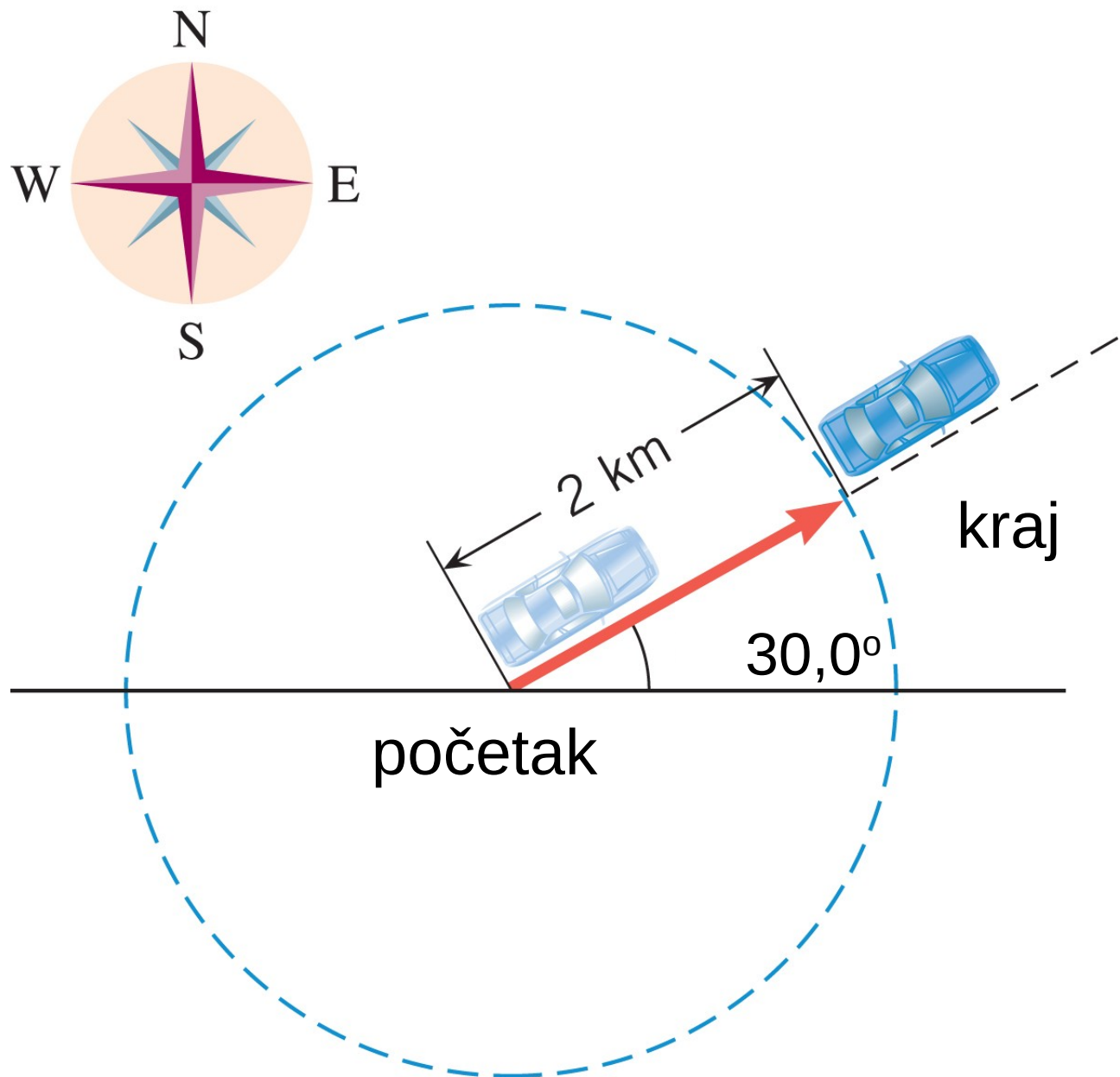


8 N



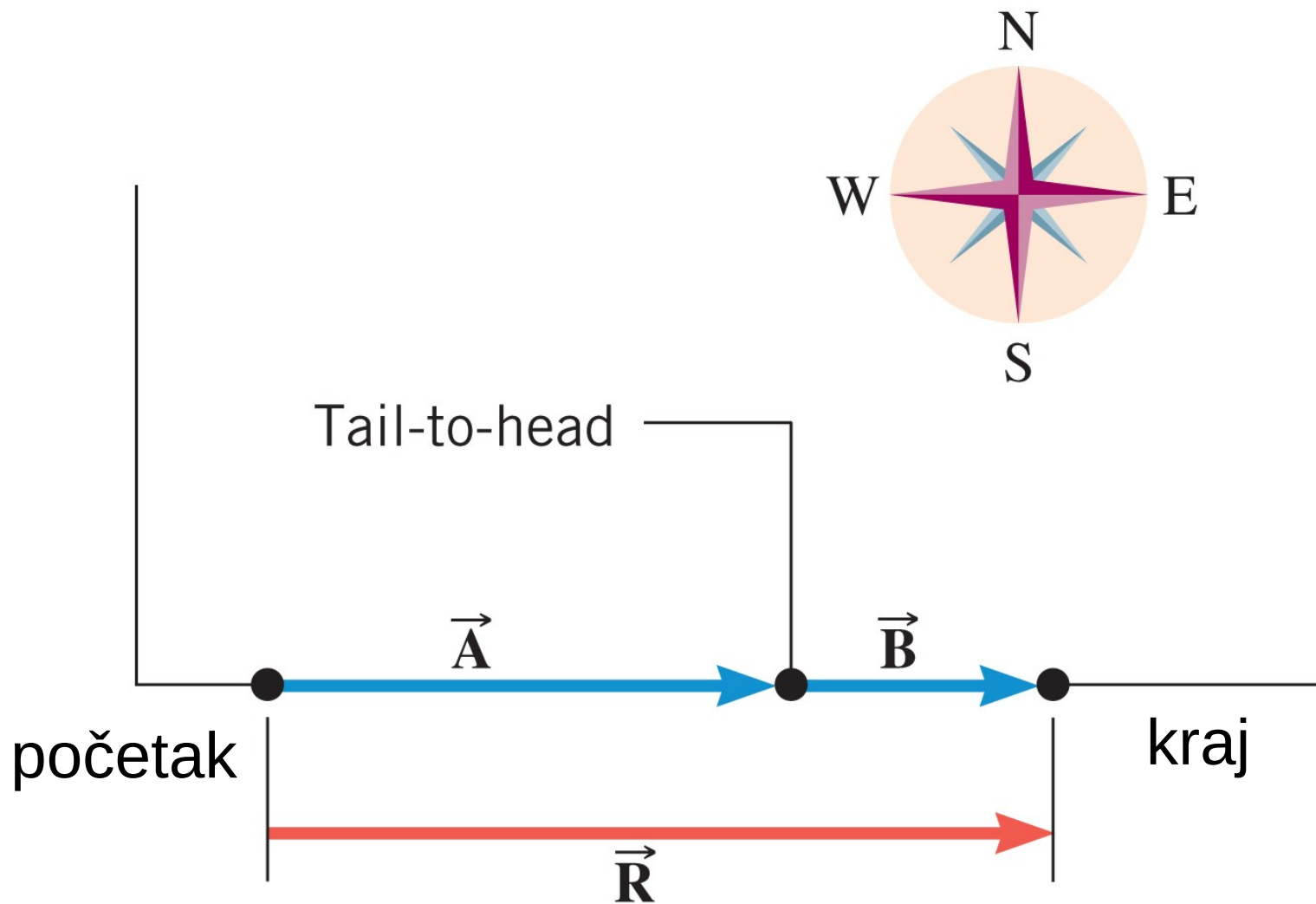
WILEY

1.5 Skalari i vektori



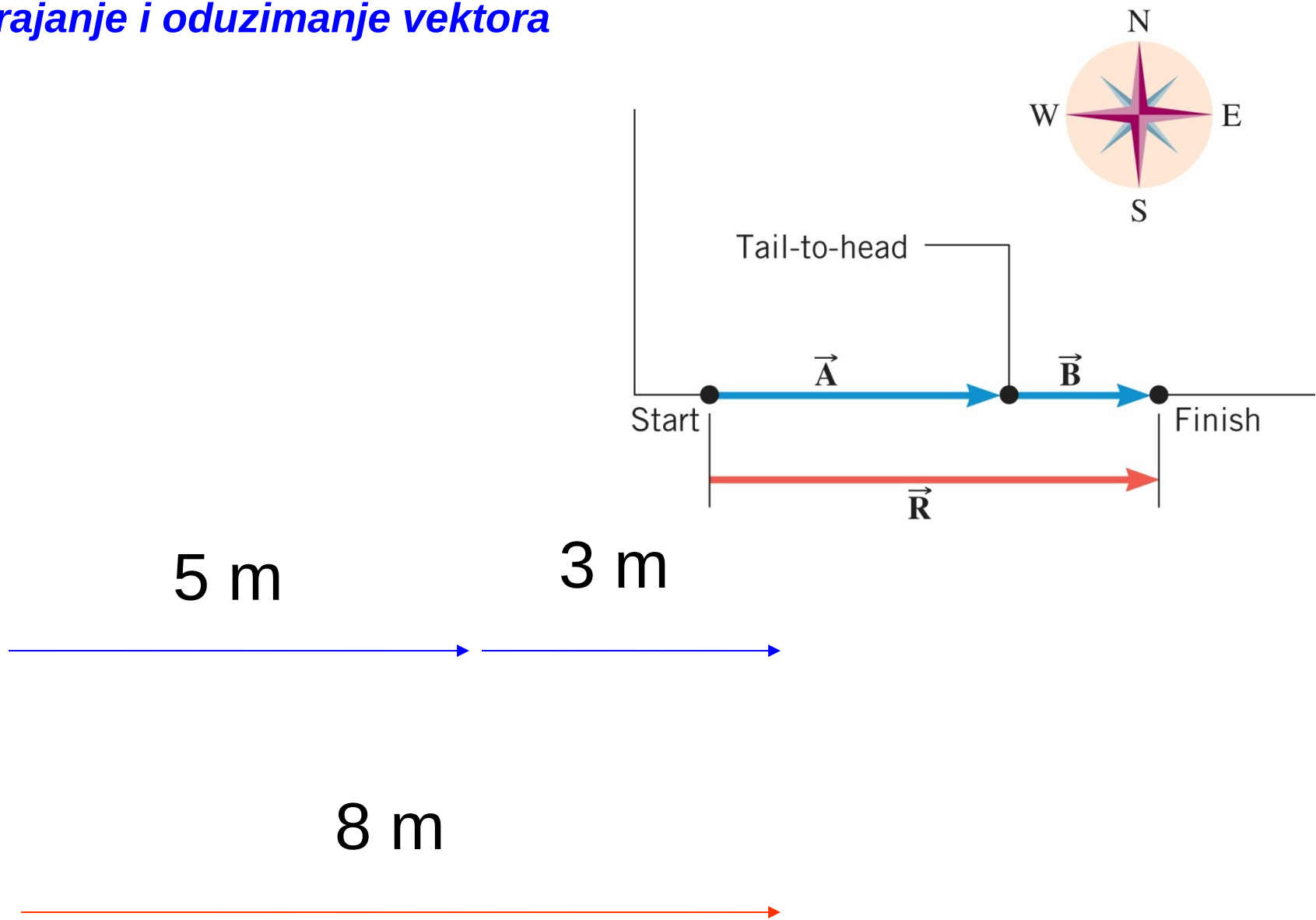
1.6 Zbrajanje i oduzimanje vektora

Često jedan vektor treba pribrojiti drugome.

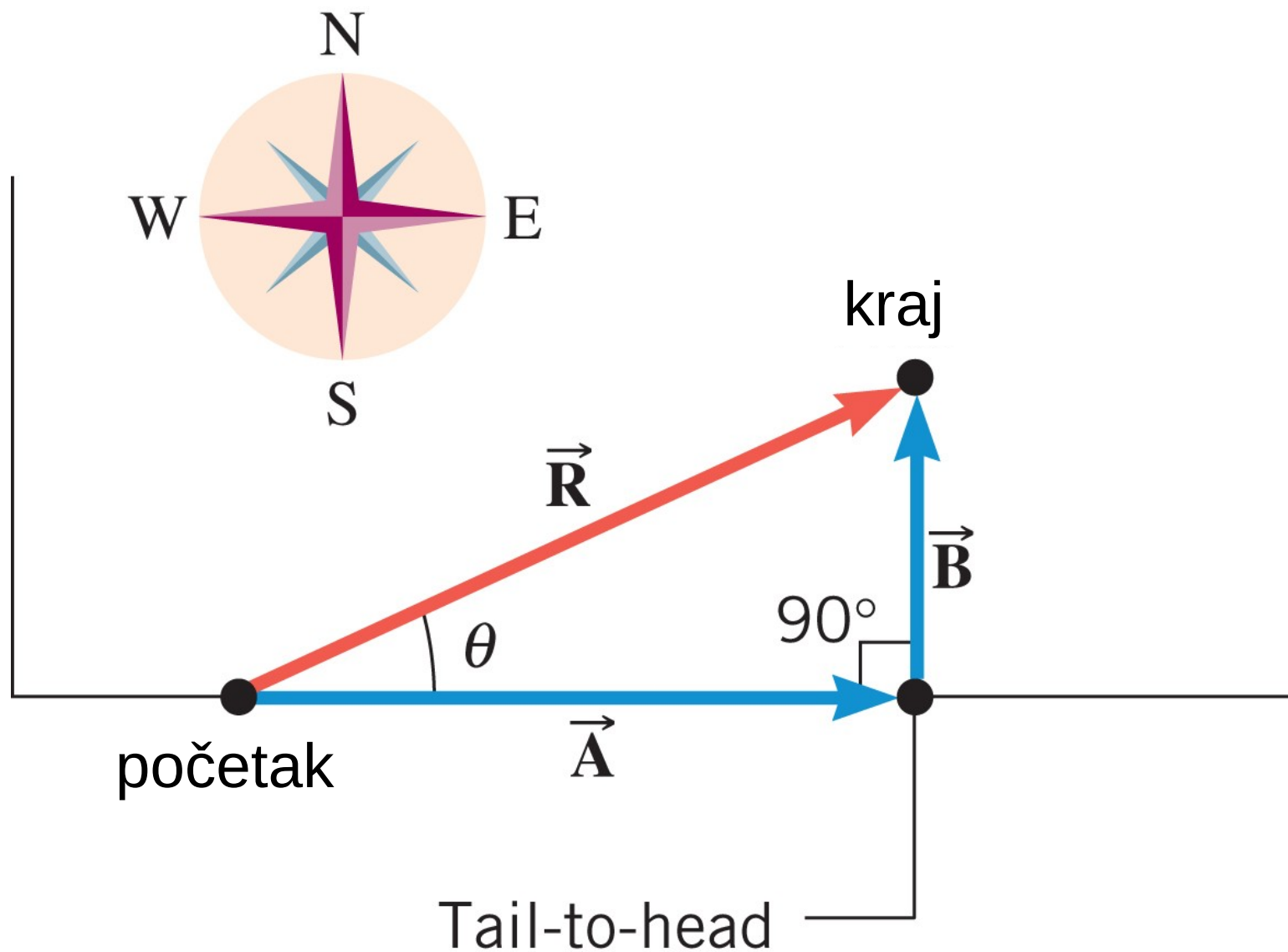


WILEY

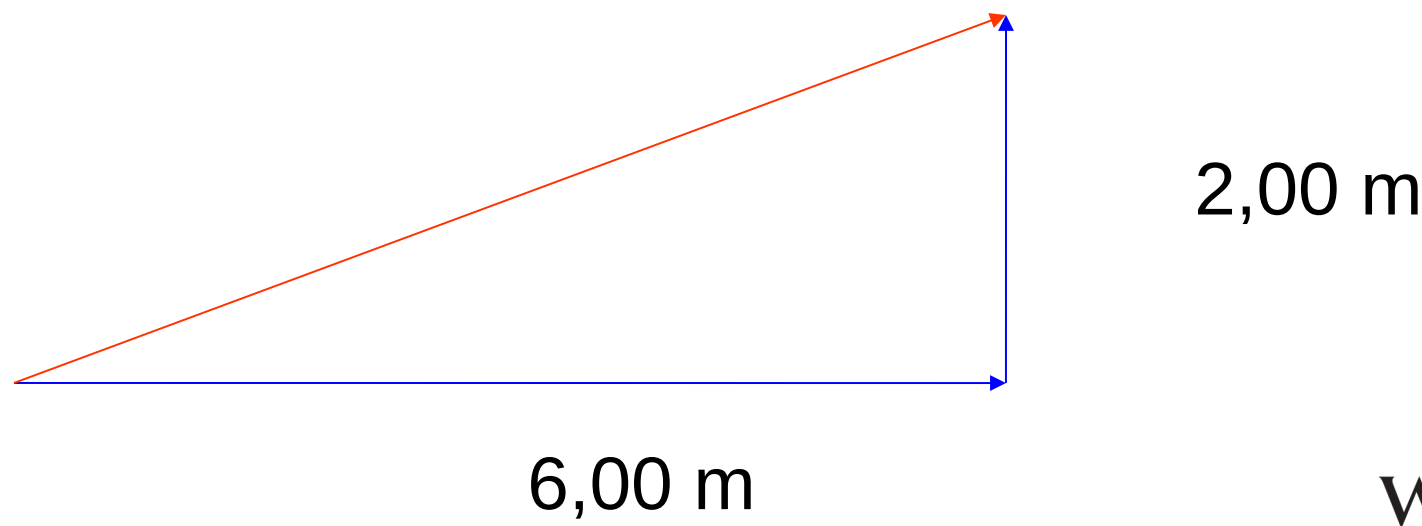
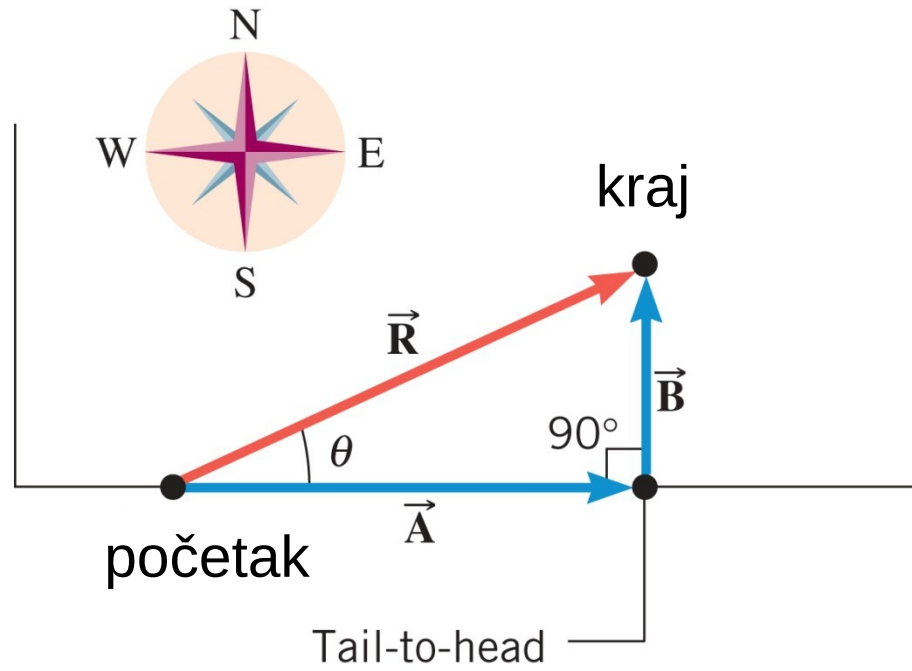
1.6 Zbrajanje i oduzimanje vektora



1.6 Zbrajanje i oduzimanje vektora



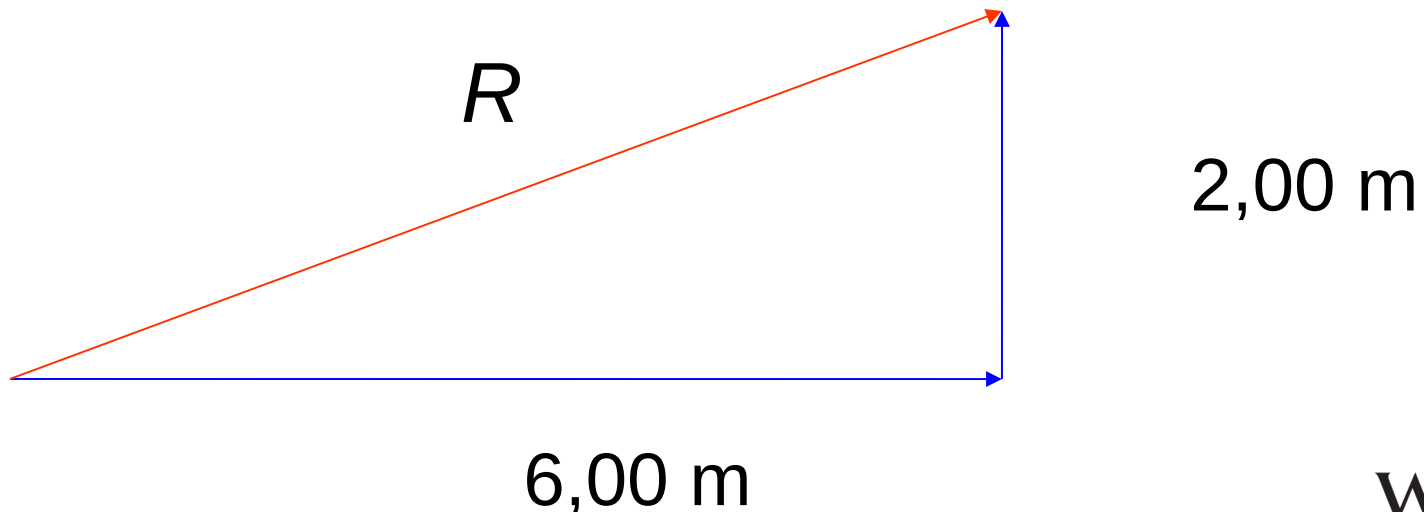
1.6 Zbrajanje i oduzimanje vektora



1.6 Zbrajanje i oduzimanje vektora

$$R^2 = (2,00 \text{ m})^2 + (6,00 \text{ m})^2$$

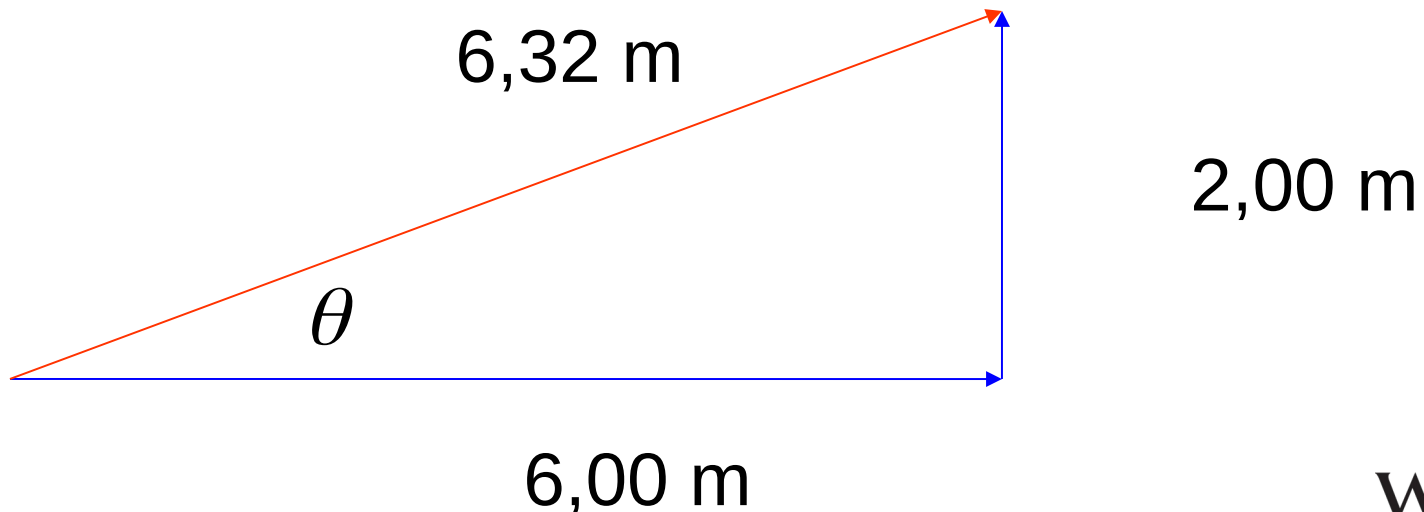
$$R = \sqrt{(2,00 \text{ m})^2 + (6,00 \text{ m})^2} = 6,32 \text{ m}$$



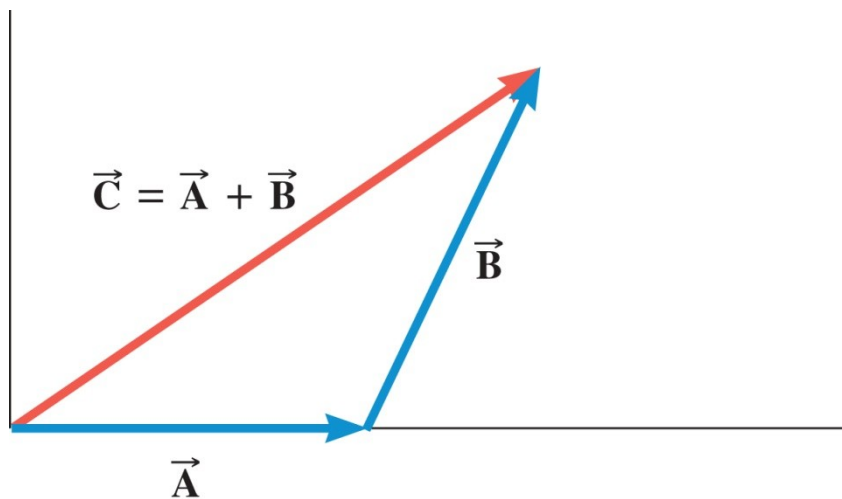
1.6 Zbrajanje i oduzimanje vektora

$$\tan \theta = \frac{2,00}{6,00}$$

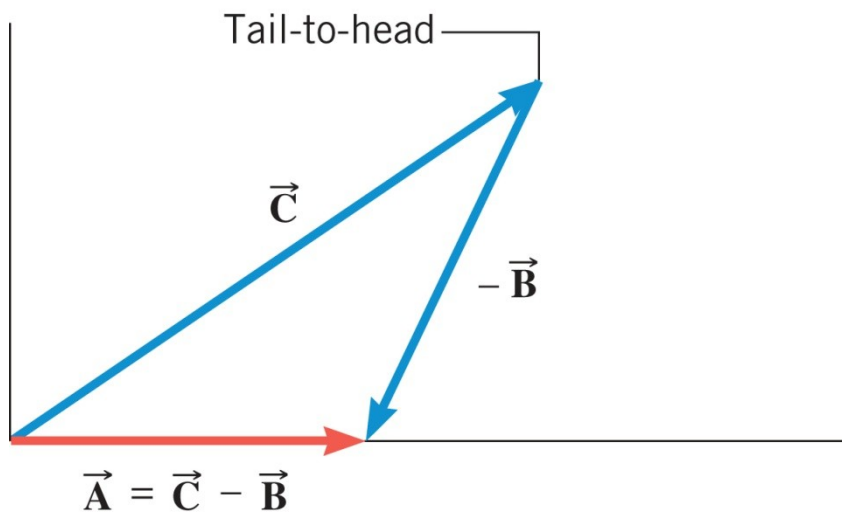
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2,00}{6,00}\right) = 18,4^{\circ}$$



1.6 Zbrajanje i oduzimanje vektora



(a)

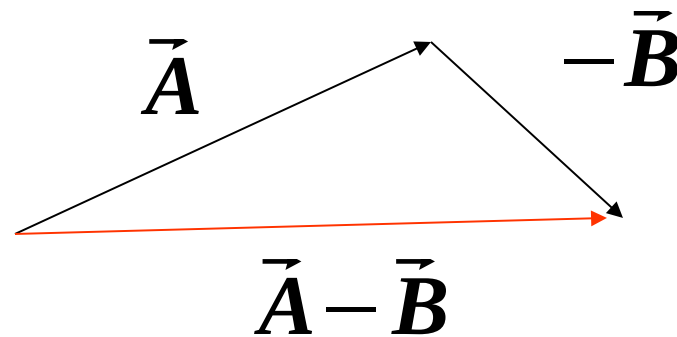
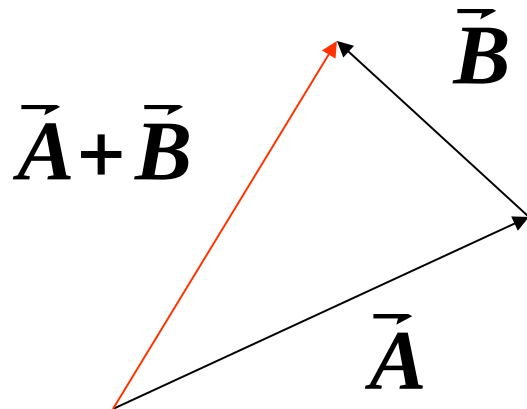


(b)

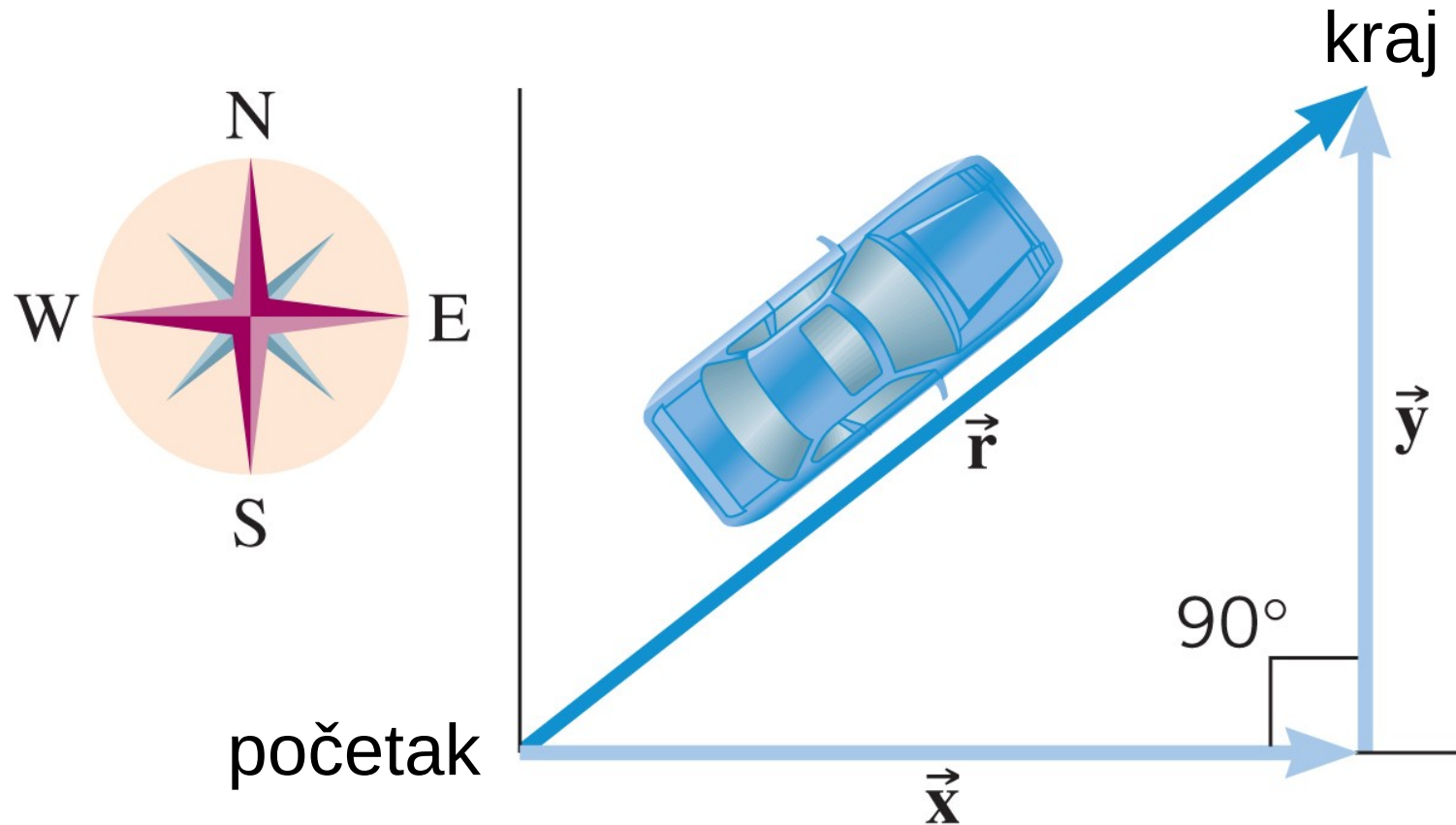
Kad vektor pomnožimo s -1 , njegov iznos (modul) ostane isti, njegov smjer (pravac na kojemu leži) također ostane isti, ali se promijeni njegova **orijentacija**.

WILEY

1.6 Zbrajanje i oduzimanje vektora

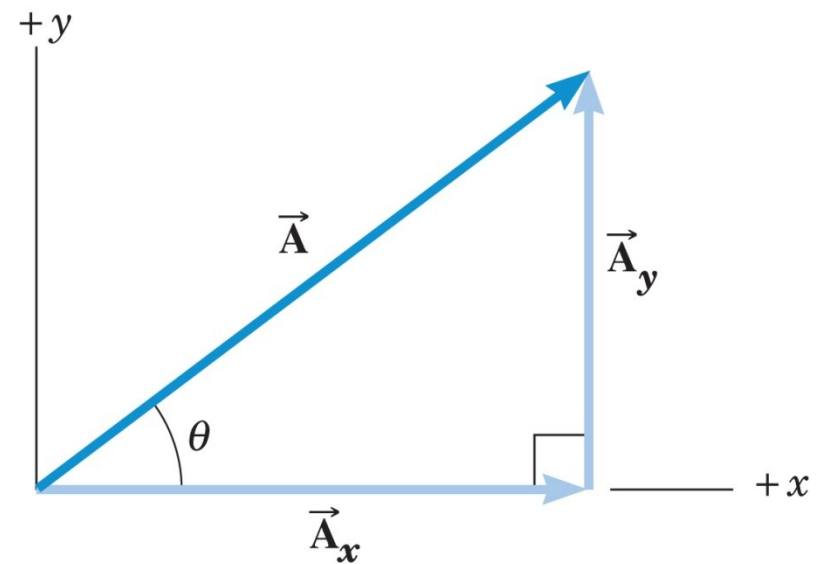
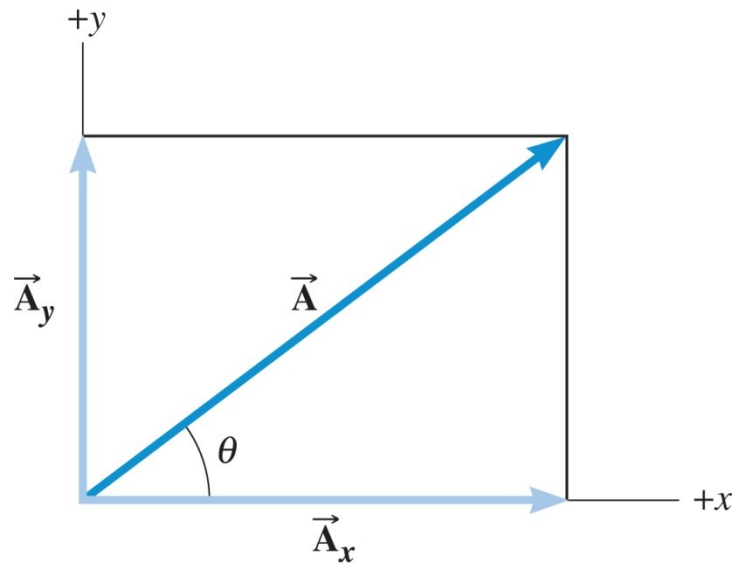


1.7 Komponente vektora



$\vec{x}$ i $\vec{y}$ su vektorske komponente vektora $\vec{r}$

1.7 Komponente vektora



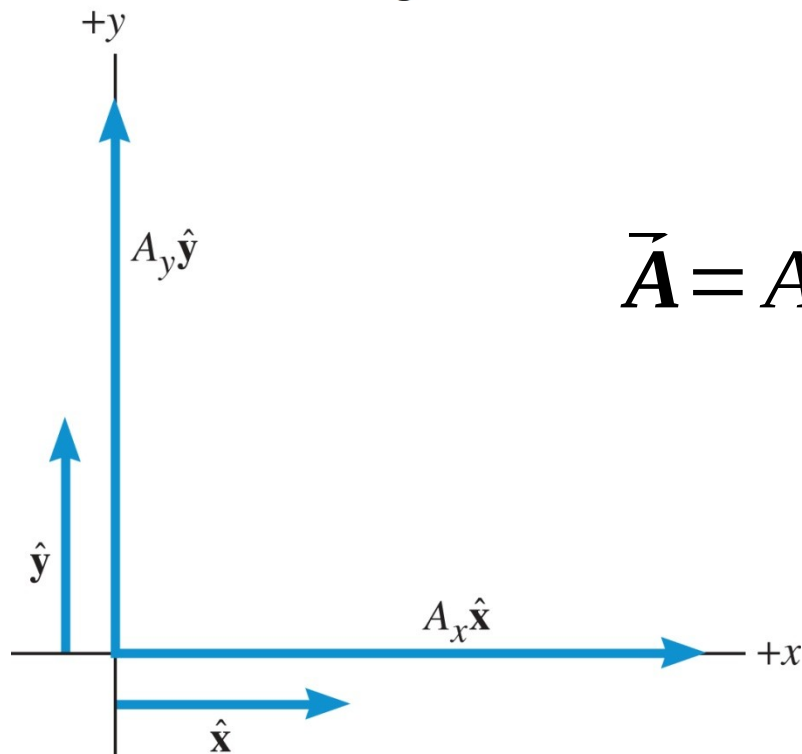
Vektorske komponente od $\vec{A}$ su dva okomita vektora: $\vec{A}_x$ i $\vec{A}_y$
usporodna osima x i y , čiji je vektorski zbroj $\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y$

1.7 Komponente vektora

Umjesto s vektorskim komponentama, obično je lakše raditi sa **skalarnim komponentama**.

A_x i A_y su skalarne komponente od $\vec{A}$

$\hat{x}$ i $\hat{y}$ su jedinični vektori. Njihov iznos je 1.

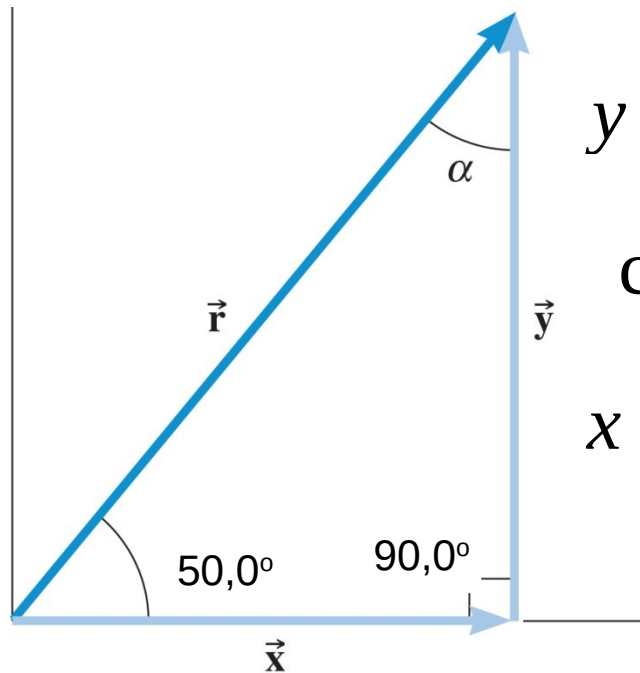


$$\vec{A} = A_x \hat{x} + A_y \hat{y}$$

1.7 Komponente vektora

PRIMJER

Vektor pomaka ima iznos 175 m, a usmjeren je pod kutom 50,0 stupnjeva u odnosu na os x . Odredite njegove komponente.



$$\sin \theta = y/r$$

$$y = r \sin \theta = 175 \text{ m} \cdot \sin 50,0^\circ = 134 \text{ m}$$

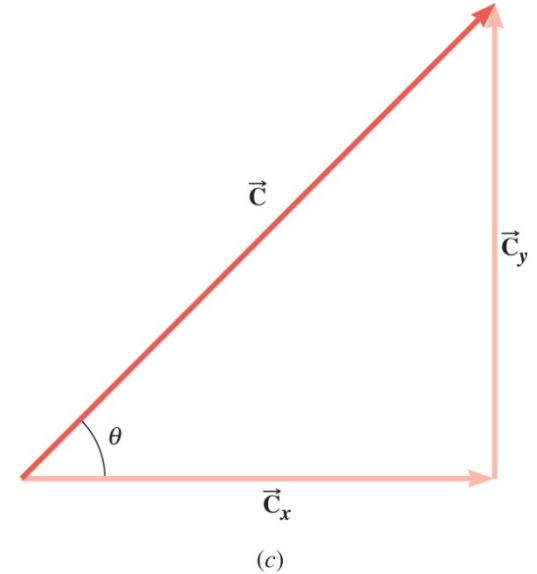
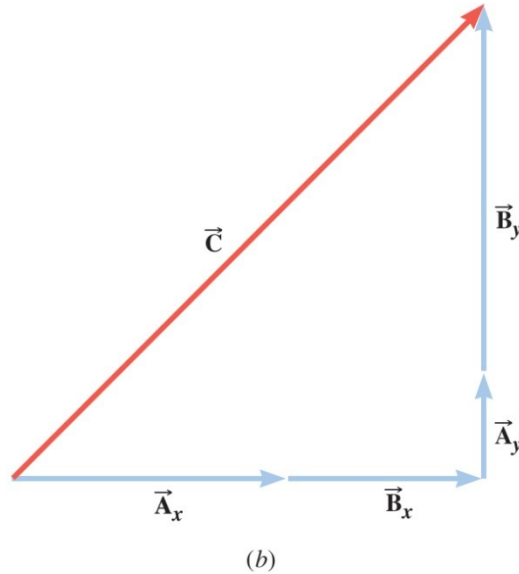
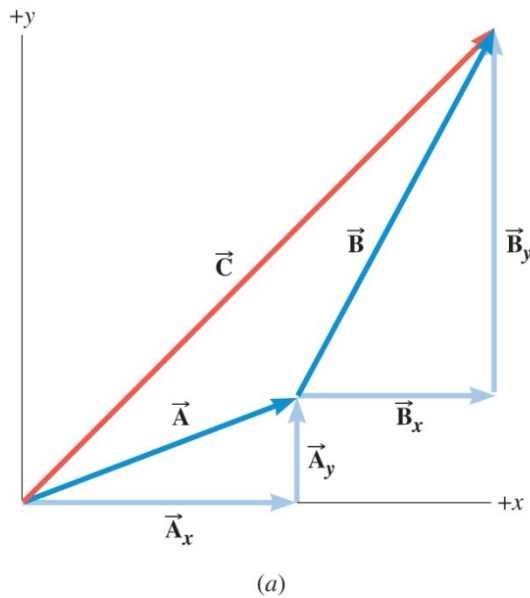
$$\cos \theta = x/r$$

$$x = r \cos \theta = 175 \text{ m} \cdot \cos 50,0^\circ = 112 \text{ m}$$

$$\vec{r} = 112 \text{ m } \hat{x} + 134 \text{ m } \hat{y}$$

WILEY

1.8 Zbrajanje vektora po komponentama

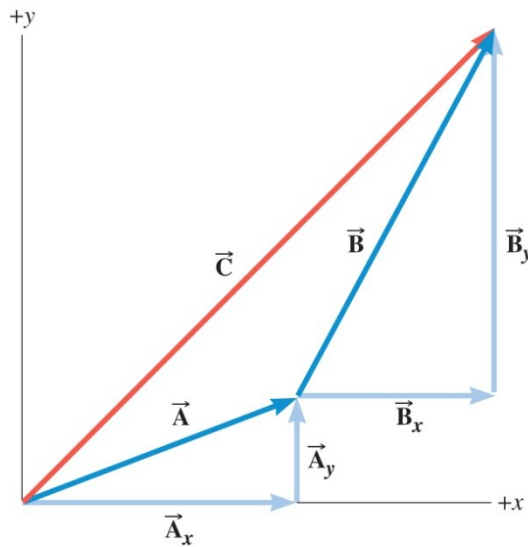


$$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$$

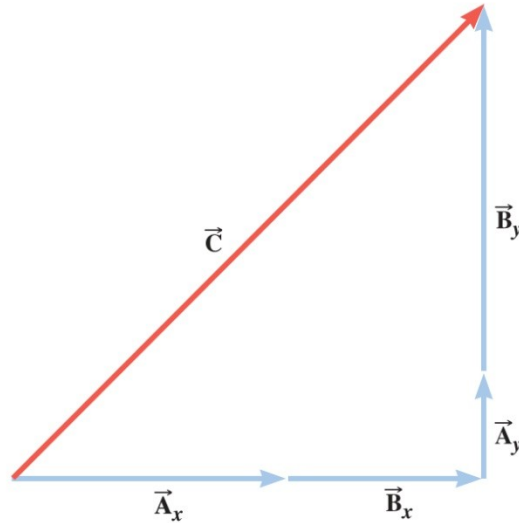
$$\vec{A} = A_x \hat{x} + A_y \hat{y}$$

$$\vec{B} = B_x \hat{x} + B_y \hat{y}$$

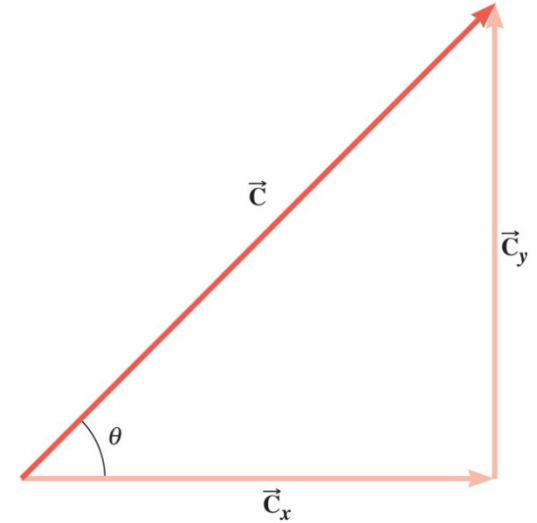
1.8 Zbrajanje vektora po komponentama



(a)



(b)



(c)

$$\vec{C} = A_x \hat{x} + A_y \hat{y} + B_x \hat{x} + B_y \hat{y}$$

$$\vec{C} = (A_x + B_x) \hat{x} + (A_y + B_y) \hat{y}$$

$$C_x = A_x + B_x \quad C_y = A_y + B_y$$

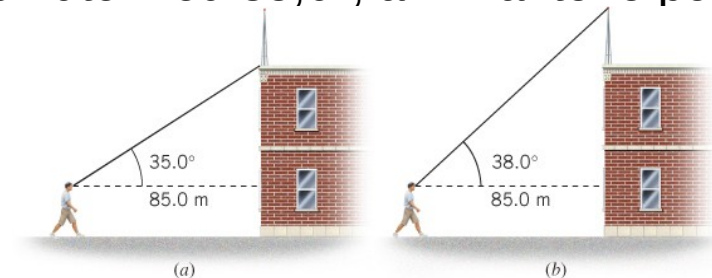
ZADACI ZA VJEŽBU

1. Vesna Vulović preživjela je pad bez padobrana s najveće ikad zabilježene visine kad je njezin avion eksplodirao na visini od 6 milja i 551 jarda. Izrazite tu visinu u metrima.

RJEŠENJE: 10160 m

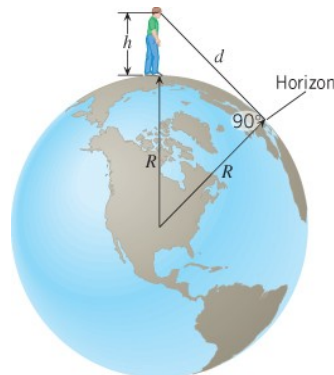
2. Osoba promatra vrh zgrade na kojem je antena. Vodoravna udaljenost od očiju do zgrade je 85,0 m. Podnožje antene vidi pod kutom od $35,0^\circ$, a vrh antene pod kutom od $38,0^\circ$. Koliko je visoka antena?

RJEŠENJE: 6,9 m



3. Opažlač stoji na obali i gleda ocean, kao na slici. Visina očiju mjerena od površine vode je 1,6 m, a polumjer Zemlje $6,38 \cdot 10^6$ m. Koliko je daleko horizont?

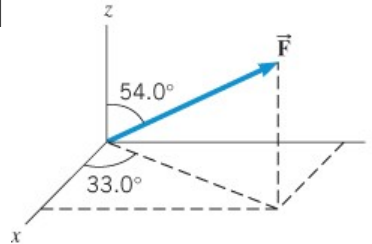
RJEŠENJE: 4500 m



ZADACI ZA VJEŽBU

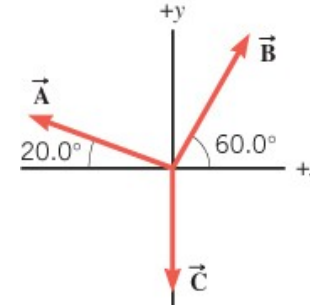
4. Crtež prikazuje vektor sile iznosa 475 N. Odredite x, y i z-komponentu tog vektora.

RJEŠENJE: 322 N; 209 N; 279 N



5. Tri vektora pomaka imaju iznose $A = B = 5,00$ m i $C = 4,00$ m. Odredite iznos i smjer rezultante. Smjer izrazite kao kut iznad pozitivne ili negativne osi x.

RJEŠENJE: 3,00 m; $42,8^\circ$ iznad negativne osi x



6. Tanker isplovjava iz New Yorka i plovi 155 km u smjeru koji je $18,0^\circ$ sjeverno s obzirom na istok. Kolike je udaljenosti prošao u smjerovima istoka i sjevera?

RJEŠENJE: 147 km; 47,9 km

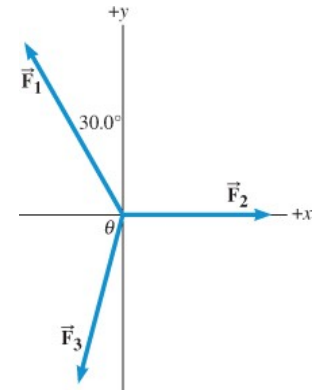
ZADACI ZA VJEŽBU

7. Vektor sile ima smjer 52° iznad osi x . Njegova y -komponenta je 290 N . Odredite iznos i x -komponentu vektora sile.

RJEŠENJE: 370 N ; $+230\text{ N}$

8. Na objekt djeluju tri sile, kao što je prikazano na slici desno. Prva ima iznos od $21,0\text{ N}$ i usmjerena je $30,0^\circ$ lijevo od osi y . Druga ima iznos od $15,0\text{ N}$ i usmjerena je duž osi x . Koji je iznos i smjer treće sile ako je vektorski zbroj nula?

RJEŠENJE: $18,7\text{ N}$; $76,1^\circ$



9. Živite u nižoj od dvije zgrade prikazane na slici. Vaš prijatelj živi u višoj zgradi. Raspravljate o visinama zgrada i vaš prijatelj tvrdi da je njegova zgrada barem $1,5$ puta viša od vaše. Kako biste to provjerili penjete se na krov svoje zgrade i procjenjujete da se vrh druge zgrade vidi pod kutom od 21° s obzirom na horizontalu, dok se podnožje zgrade vidi pod kutom od 52° s obzirom na horizontalu. Odredite omjer visina više i niže zgrade.

Je li vaš prijatelj bio u pravu ili u krivu?

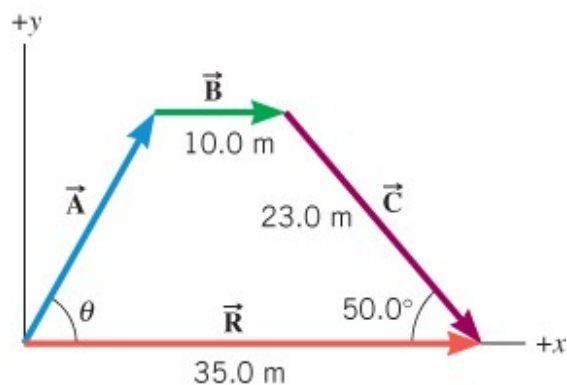
RJEŠENJE: $1,3$; u krivu



ZADACI ZA VJEŽBU

10. Slika prikazuje tri vektora pomaka: $\vec{A}$, $\vec{B}$ i $\vec{C}$. Rezultantni vektor $\vec{R}$ leži na osi x i usporedan je s vektorom $\vec{B}$. Odredite iznos i smjer vektora $\vec{A}$.

RJEŠENJE: 20,4 m; 59,9°



PITANJA ZA PONAVLJANJE

1. fizika
2. prirodna znanost
3. znanstvena metoda
4. mjerne jedinice SI
5. predmeci
6. trigonometrija
7. pouzdane znamenke
8. skalari i vektori
9. zbrajanje i oduzimanje vektora
10. rastavljanje vektora na komponente