

# *Kinematika u jednoj dimenziji*

**FIZIKA  
PSS-GRAD  
11. listopada 2023.**



**Cutnell & Johnson PHYSICS 9e**

**WILEY**

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

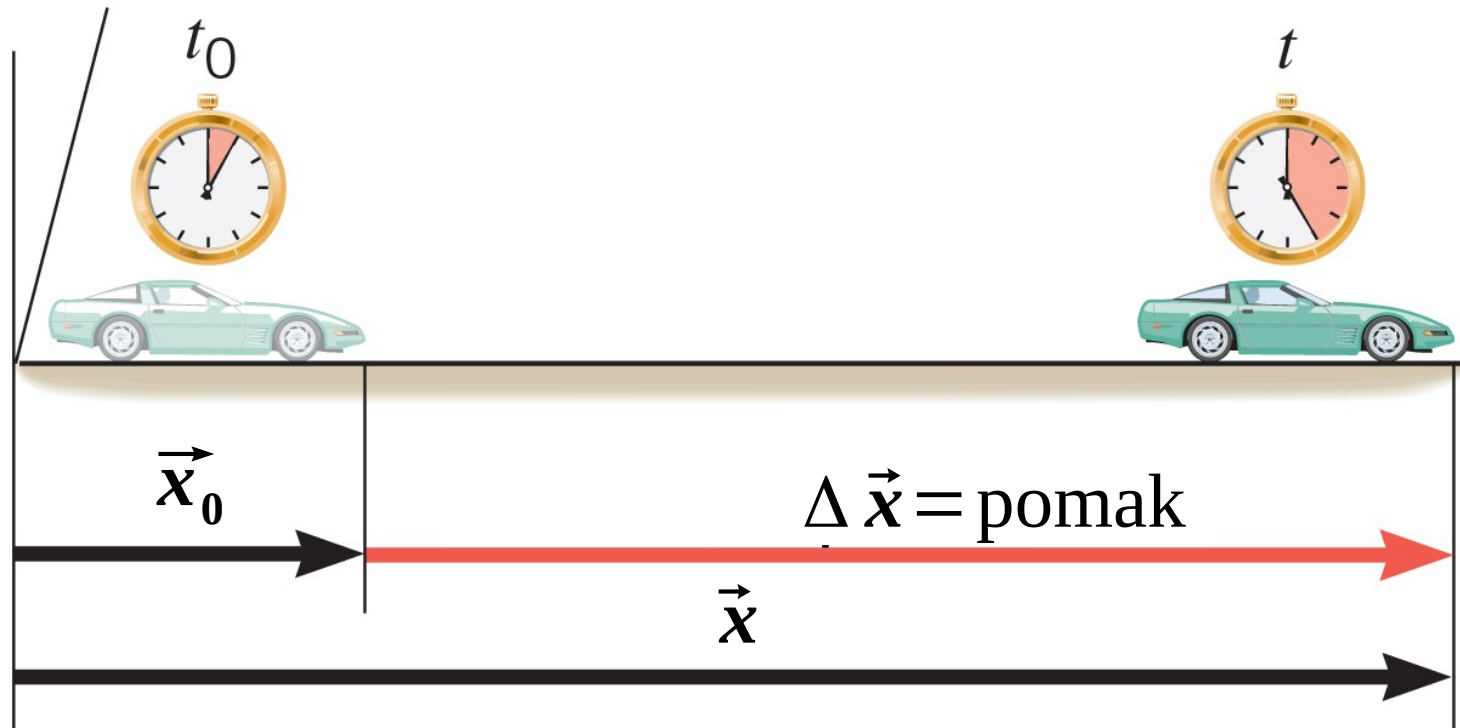
***Kinematika*** se bavi pojmovima potrebnima za opis gibanja.

***Dinamika*** se bavi učincima *sila* na gibanje.

Kinematika i dinamika zajedno čine područje fizike koje nazivamo ***mehanikom***.

## 2.1 Pomak

ishodište



$\vec{x}_0 =$  početni položaj

$\vec{x} =$  konačni položaj

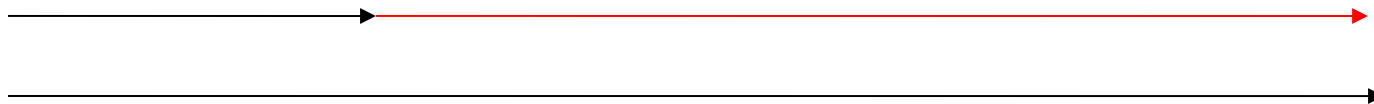
$$\Delta \vec{x} = \vec{x} - \vec{x}_0$$

WILEY

## 2.1 Pomak

$$x_0 = 2,00 \text{ m}$$

$$\Delta x = 5,0 \text{ m}$$



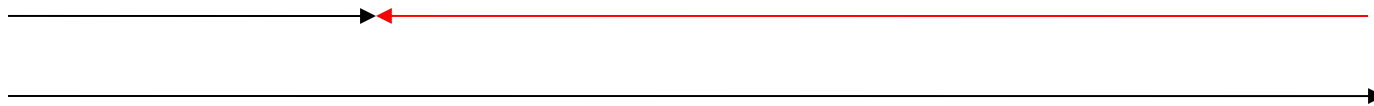
$$x = 7,0 \text{ m}$$

$$\Delta x = x - x_0 = 7,0 \text{ m} - 2,0 \text{ m} = 5,0 \text{ m}$$

## 2.1 Pomak

$$x = 2,0 \text{ m}$$

$$\Delta x = -5,0 \text{ m}$$



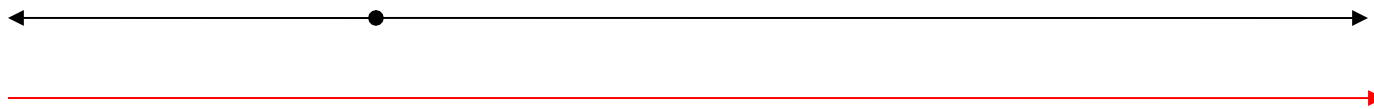
$$x_0 = 7,00 \text{ m}$$

$$\Delta x = x - x_0 = 2,0 \text{ m} - 7,0 \text{ m} = -5,0 \text{ m}$$

## 2.1 Pomak

$$x_0 = -2,00 \text{ m}$$

$$x = 5,0 \text{ m}$$



$$\Delta x = 7,0 \text{ m}$$

$$\Delta x = x - x_0 = 5,0 \text{ m} - (-2,0 \text{ m}) = 7,0 \text{ m}$$

## 2.2 Brzina

**Prosječna brzina** je prijeđena udaljenost podijeljena s vremenom potrebnim da se prijeđe ta udaljenost

$$\text{prosječna brzina} = \frac{\text{prijeđena udaljenost}}{\text{proteklo vrijeme}}$$

jedinica SI za brzinu: **meter po sekundi** (m/s)

brzina kao SKALAR  
*engl. speed*

WILEY

### **Primjer 1** Udaljenost koju džoger pretrči

Koliko džoger pretrči za 1,5 sati (5400 s) ako je njegova prosječna brzina 2,22 m/s?

$$\text{prosječna brzina} = \frac{\text{prijeđena udaljenost}}{\text{proteklo vrijeme}}$$

$$\text{prijeđena udaljenost} = \text{prosječna brzina} \cdot \text{proteklo vrijeme}$$

$$\text{prijeđena udaljenost} = 2,22 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5400 \text{ s} = 12000 \text{ m}$$



## 2.2 Brzina

**Prosječna brzina** je pomak podijeljen s vremenom potrebnim da se prijeđe taj pomak

prosječna brzina =  $\frac{\text{pomak}}{\text{proteklo vrijeme}}$

$$\vec{v} = \frac{\vec{x} - \vec{x}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

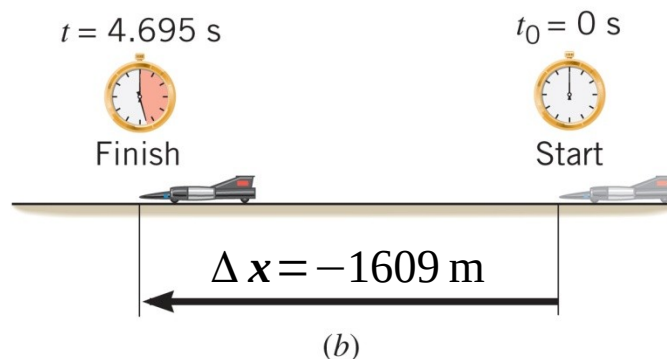
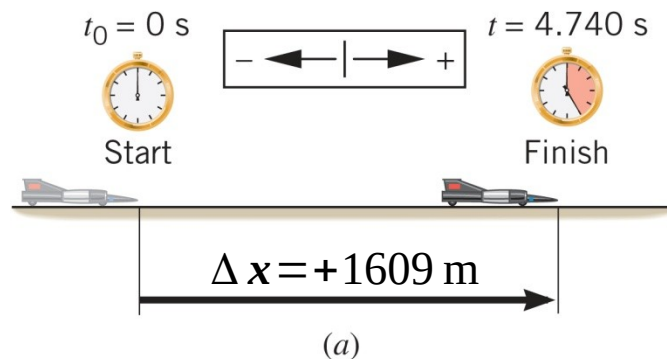
brzina kao VEKTOR  
*engl. velocity*

WILEY

## 2.2 Brzina

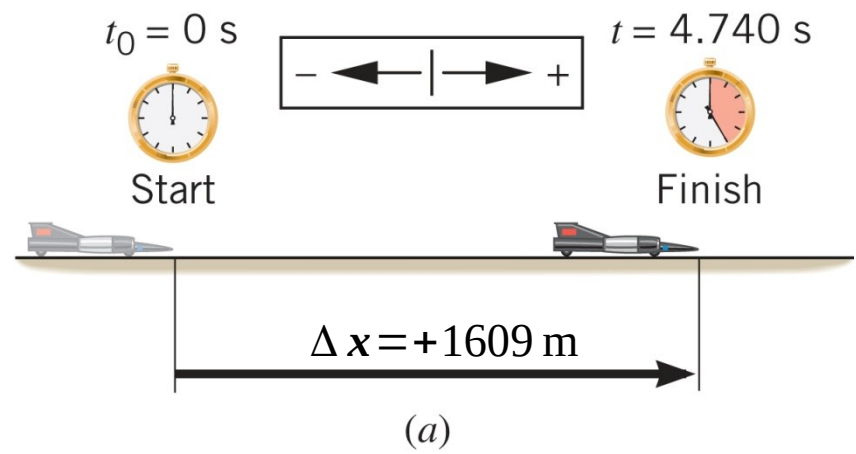
### Primjer 2 Najbrži auto s mlaznim motorom

Andy Green je, 1997. godine, autom *ThrustSSC* postigao svjetski rekord od 341,1 m/s. Za postizanje takvog rekorda potrebne su dvije vožnje, po jedna u svakom smjeru, da bi se poništili doprinosti vjetra. Iz podataka na slici, odredite prosječnu brzinu svake vožnje.

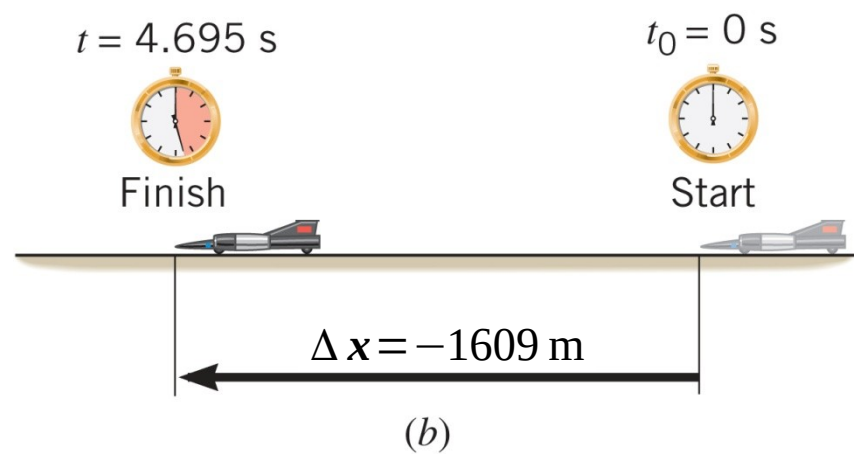


# 2.2 Brzina

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{+1609 \text{ m}}{4,740 \text{ s}} = +339,5 \text{ m/s}$$



$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-1609 \text{ m}}{4,695 \text{ s}} = -342,7 \text{ m/s}$$



## 2.2 Brzina

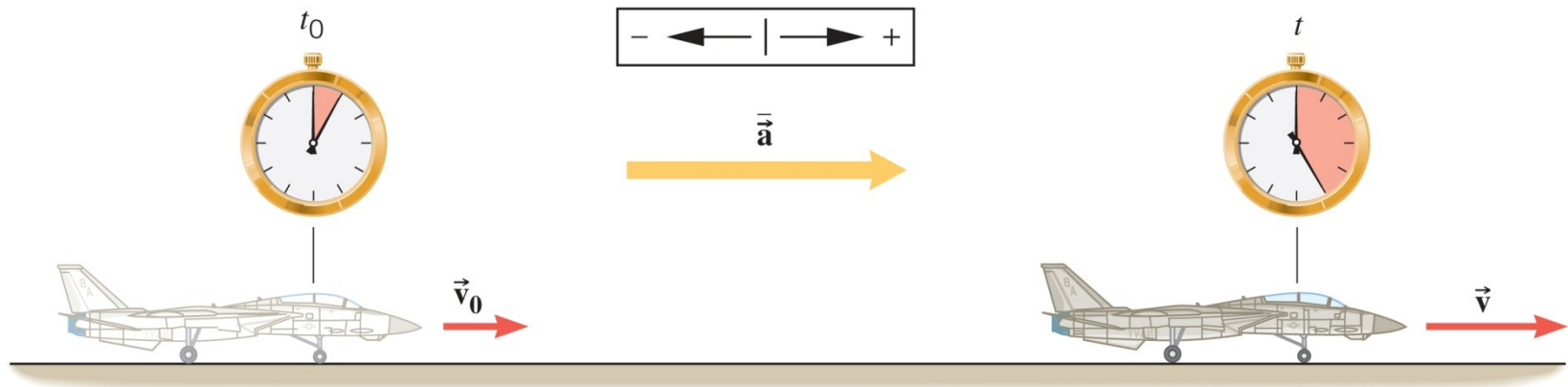
**Trenutačna brzina** pokazuje koliko se brzo i u kojem smjeru objekt u svakom trenutku giba.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

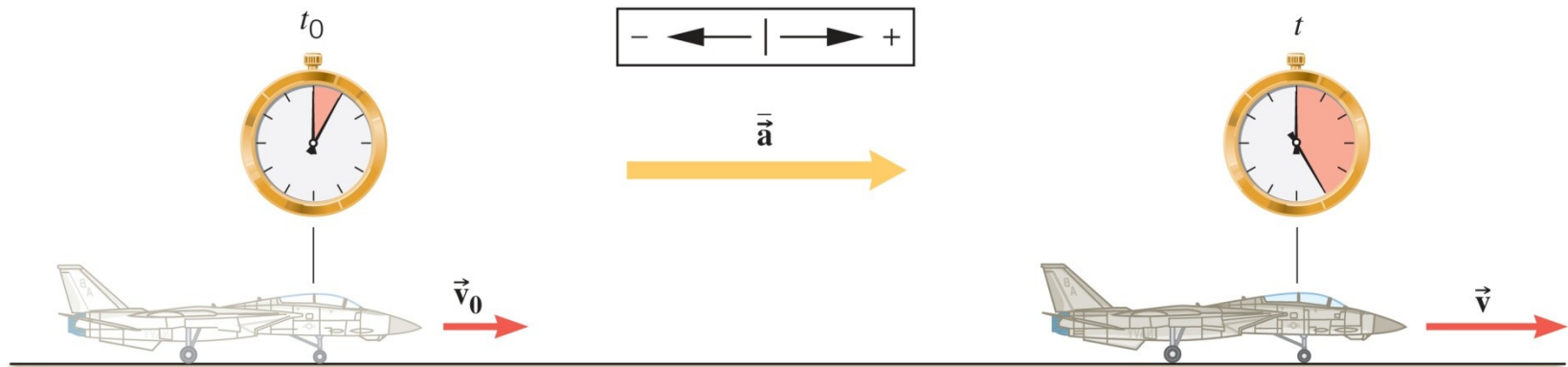
$$\vec{v} = \dot{\vec{x}}$$

## 2.3 Ubrzanje

Do pojma *ubrzanja* dolazimo kad promjenu brzine povežemo s vremenom unutar kojega se ta promjena događa



## 2.3 Ubrzanje



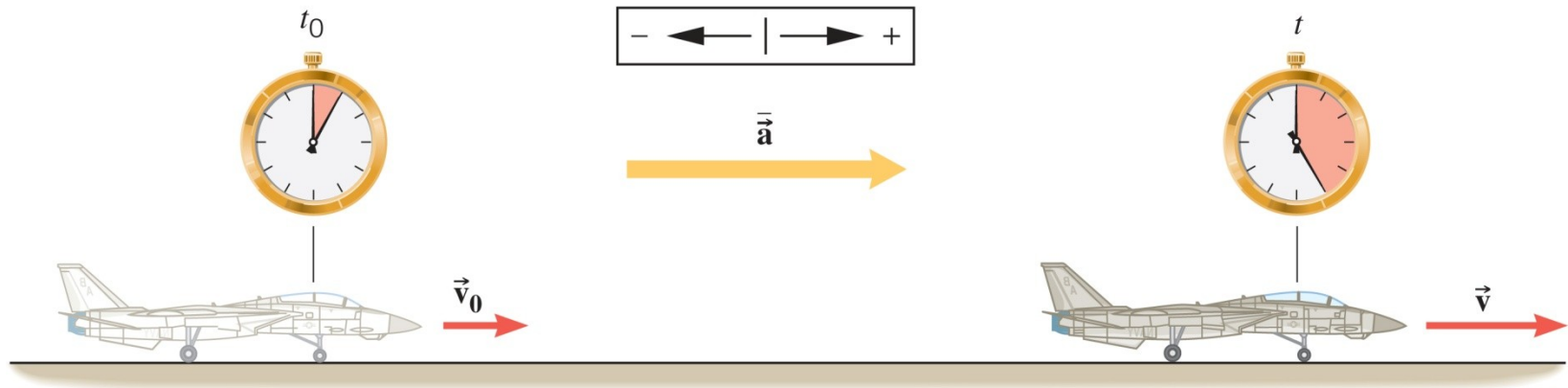
DEFINICIJA PROSJEČNE AKCELERACIJE

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

WILEY

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

## 2.3 Ubrzanje



**Primjer 3** Akceleracija i povećanje brzine


Odredite prosječnu akceleraciju aviona.

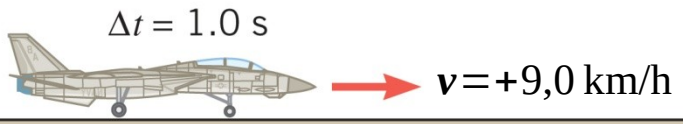
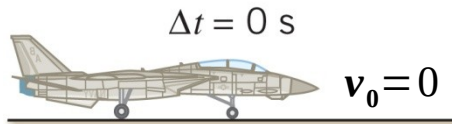
$$v_0 = 0 \quad v = 260 \text{ km/h} \quad t_0 = 0 \quad t = 29 \text{ s}$$

$$\bar{a} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{260 \text{ km/h} - 0}{29 \text{ s} - 0} = +9,0 \frac{\text{km/h}}{\text{s}}$$

WILEY

# 2.3 Ubrzanje

$$\bar{a} = +9,0 \frac{\text{km/h}}{\text{s}}$$






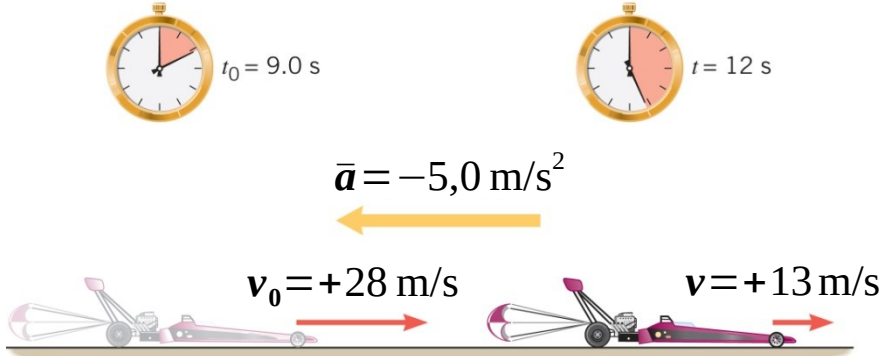
# 2.3 Ubrzanje

## Primjer 4 Akceleracija i smanjenje brzine

$$\bar{a} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{13 \text{ m/s} - 28 \text{ m/s}}{12 \text{ s} - 9 \text{ s}} = -5,0 \text{ m/s}^2$$



CHRISTOPHER SZAGOLA/CSM/Landov LLC



(b)

# 2.3 Ubrzanje

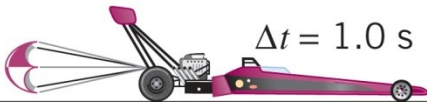
$$\bar{a} = -5,0 \text{ m/s}^2$$



$\Delta t = 0 \text{ s}$



$v_0 = +28 \text{ m/s}$



$\Delta t = 1.0 \text{ s}$



$v = +23 \text{ m/s}$



$\Delta t = 2.0 \text{ s}$



$v = +18 \text{ m/s}$

## 2.4 *Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje*

$$\bar{\vec{v}} = \frac{\vec{x} - \vec{x}_0}{t - t_0}$$

$$\bar{\vec{a}} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0}$$

Za opis gibanja u jednoj dimenziji uobičajeno je izostaviti oznake vektora. Orijentaciju određuje pozitivan ili negativan predznak.

$$\bar{v} = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

$$\bar{a} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

## 2.4 *Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje*

U početnom trenutku objekt je u ishodištu.

$$x_0 = 0 \quad t_0 = 0$$

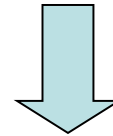
$$\bar{v} = \frac{x - x_0}{t - t_0} \quad \longrightarrow \quad \bar{v} = \frac{x}{t}$$

$$x = \bar{v} t = \frac{v_0 + v}{2} t$$

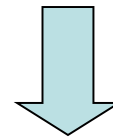
WILEY

## 2.4 *Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje*

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{v - v_0}{t}$$



$$a t = v - v_0$$



$$v = v_0 + a t$$

## 2.4 *Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje*

Pet kinematičkih varijabli:

1. pomak,  $x$

2. akceleracija (konstantna),  $a$

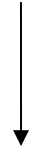
3. konačna brzina (u vremenu  $t$ ),  $v$

4. početna brzina  $v_0$

5. proteklo vrijeme,  $t$

## 2.4 *Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje*

$$v = v_0 + at$$



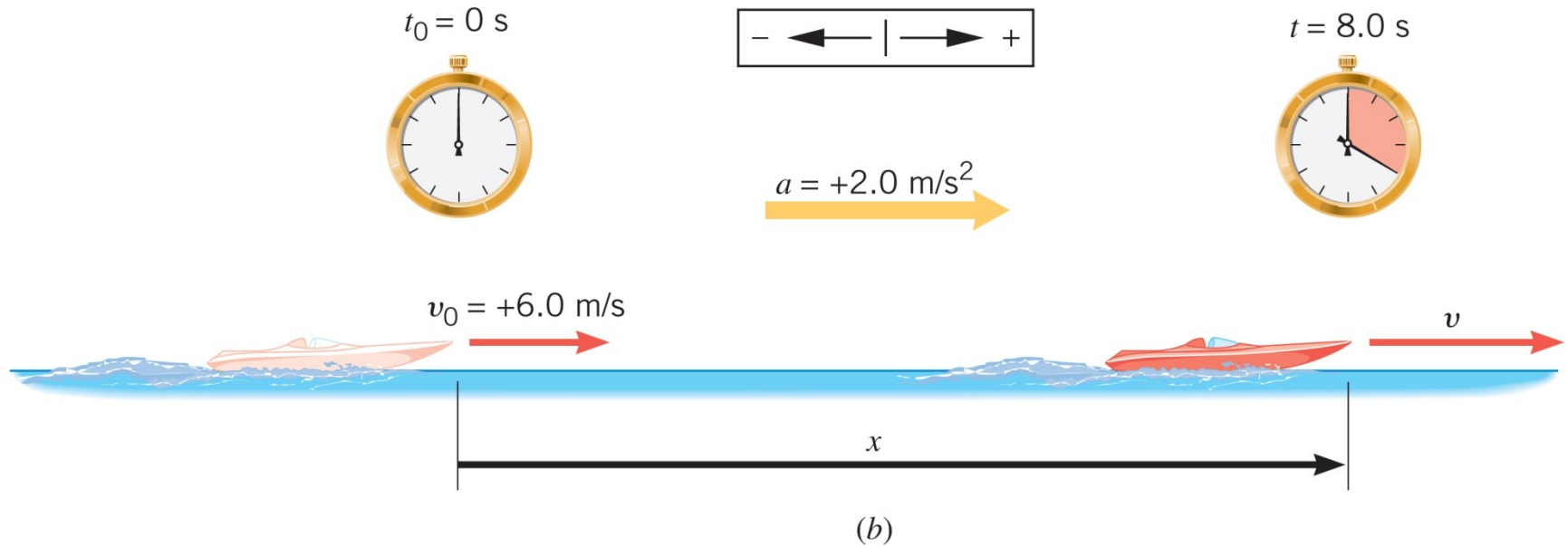
$$x = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{v_0 + v_0 + at}{2} t$$



$$x = v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

WILEY

## 2.4 Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje



$$x = v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

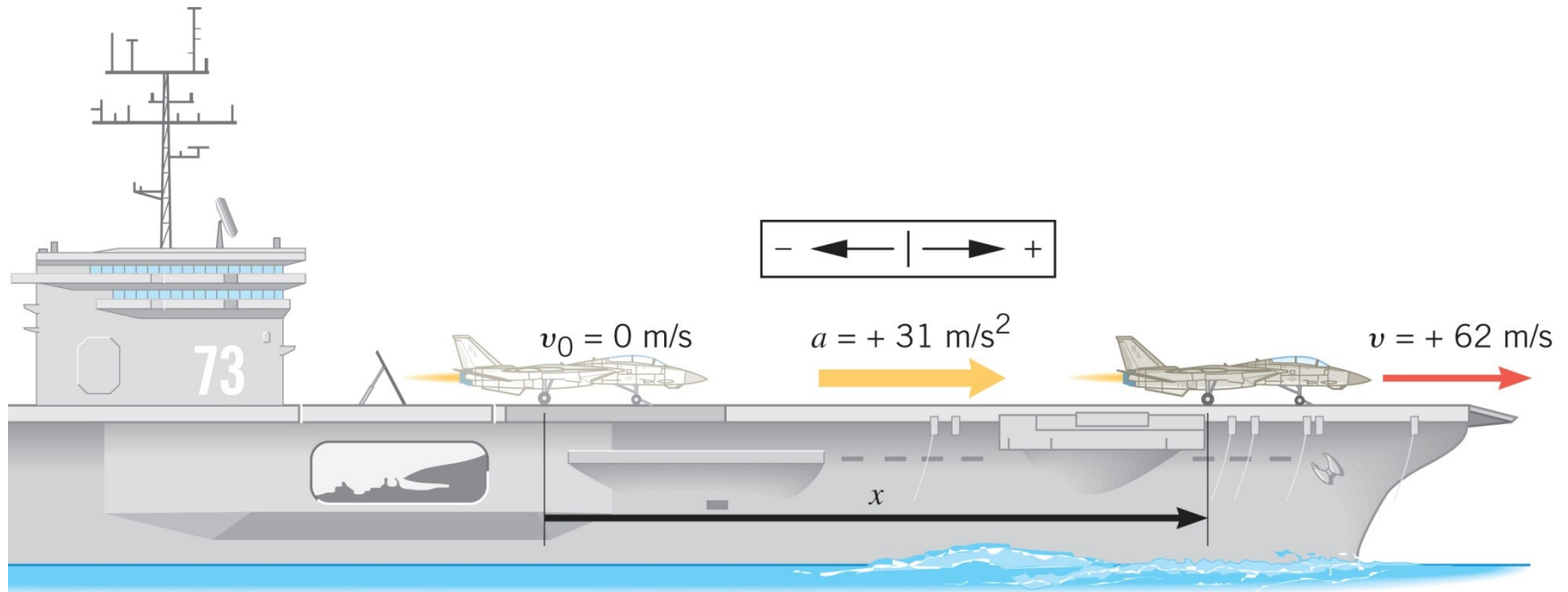
$$x = 6,0 \text{ m/s} \cdot 8,0 \text{ s} + \frac{2,0 \text{ m/s}^2}{2} (8,0 \text{ s})^2$$

$$x = 110,0 \text{ m}$$

WILEY



## 2.4 Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje



(b)

### **Example 6** Katapultiranje mlažnjaka

Odredite pomak.

$$v_0 = 0$$

$$a = +31 \text{ m/s}^2$$

$$x = ?$$

$$v = +62 \text{ m/s}$$

**WILEY**

## 2.4 *Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje*

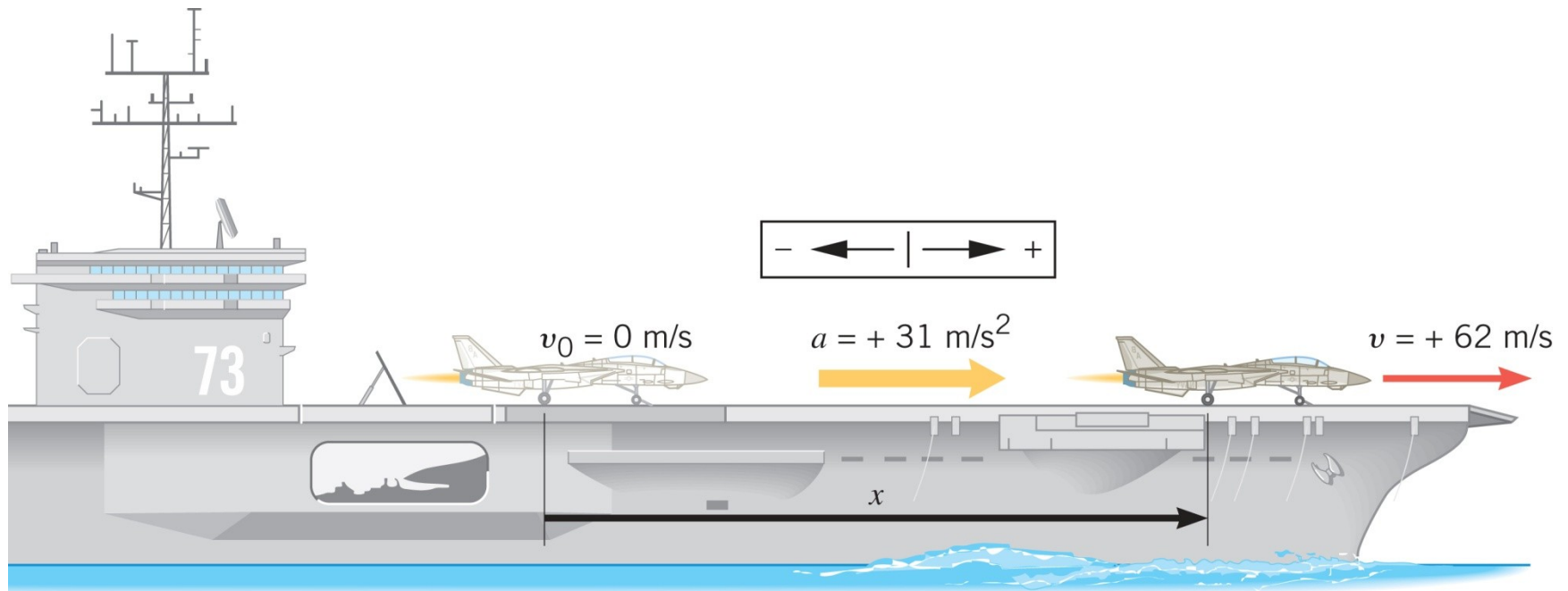
$$a = \frac{v - v_0}{t} \quad \longrightarrow \quad t = \frac{v - v_0}{a}$$

$$x = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot \frac{v - v_0}{a}$$

$$x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

WILEY

## 2.4 Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje



(b)

$$x = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{(62 \text{ m/s})^2 - 0}{2 \cdot 31 \text{ m/s}^2} = +62 \text{ m}$$

WILEY

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

## 2.4 *Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje*

Jednadžbe kinematike za konstantno ubrzanje

$$v = v_0 + at$$

$$x = \frac{v_0 + v}{2} t$$



$$v^2 = v_0^2 + 2ax$$

$$x = v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

## 2.5 *Primjena kinematičkih jednadžbi*

### Strategija za rješavanje kinematičkih problema

1. Napravite skicu.
2. Odaberite pozitivnu (+) i negativnu (-) orijentaciju.
3. Od pet kinematičkih varijabli, zapišite one vrijednosti koje su zadane.
4. Provjerite jesu li poznate barem tri vrijednosti od pet kinematičkih varijabli. Identificirajte nepoznanice i odaberite odgovarajuće jednadžbe.
5. Kad je gibanje podijeljeno u segmente, uzmite u obzir da konačna brzina jednog segmenta odgovara početnoj brzini drugog segmenta.
6. Ne zaboravite da možda postoje dva rješenja problema.

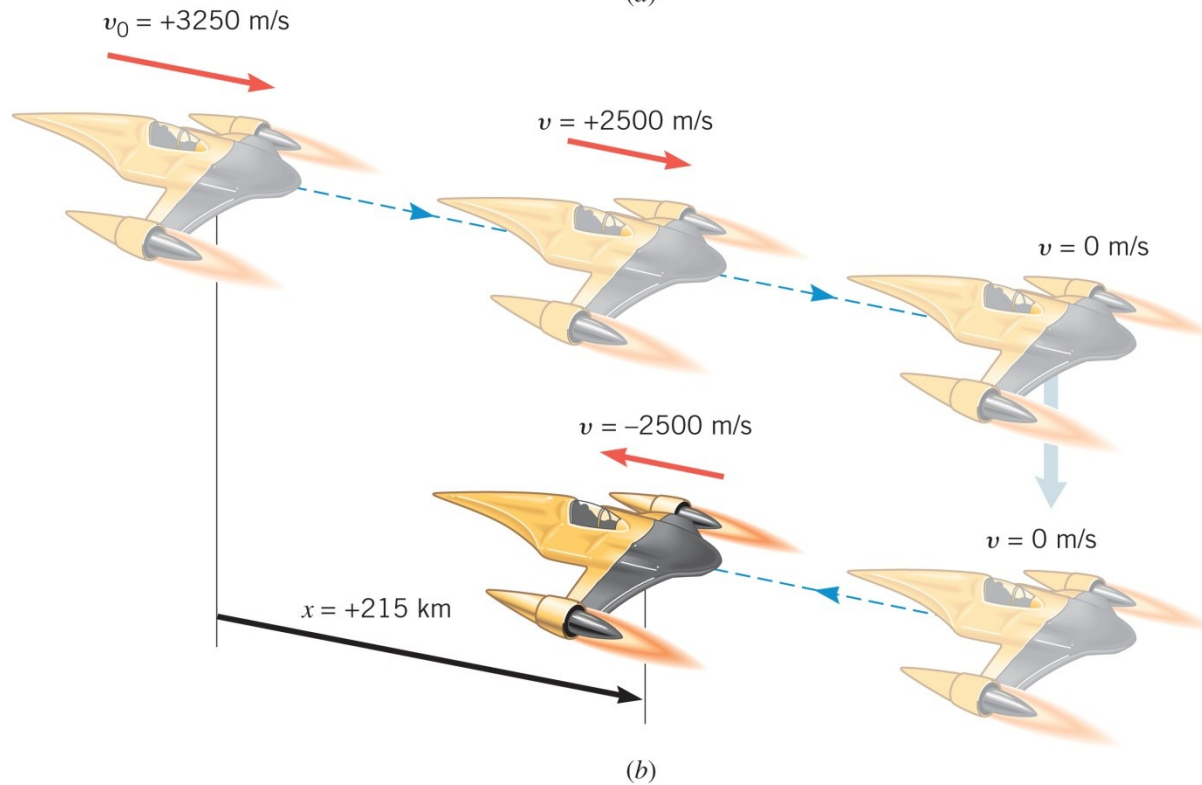
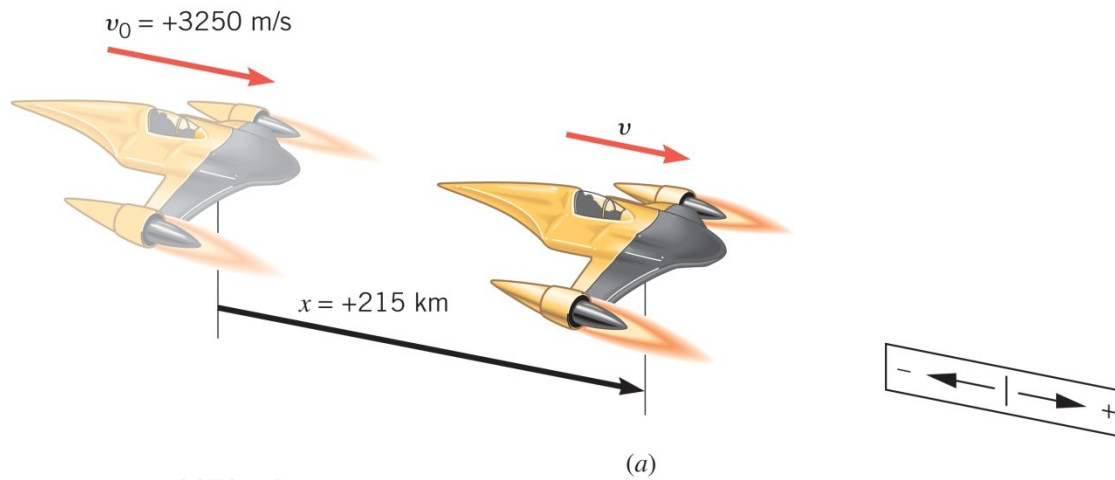
## 2.5 Primjena kinematičkih jednažbi

### **Primjer 8** Svemirska letjelica koja ubrzava

Svemirska letjelica putuje brzinom  $+3250 \text{ m/s}$ . U jednom se času uključuju rakete za kočenje i letjelica počinje usporavati akceleracijom  $10,0 \text{ m/s}^2$ . Koja je brzina letjelice nakon pomaka od  $+215 \text{ km}$ , s obzirom na položaj u kojem su rakete startane.

$x$	$a$	$v$	$v_o$	$t$
$+215000 \text{ m}$	$-10,0 \text{ m/s}^2$	?	$+3250 \text{ m/s}$	

## 2.5 Primjena kinematičkih jednažbi



WILEY

## 2.5 Primjena kinematičkih jednažbi

$x$	$a$	$v$	$v_0$	$t$
+215000 m	-10,0 m/s <sup>2</sup>	?	+3250 m/s	

$$v^2 = v_0^2 + 2ax \quad \longrightarrow \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2ax}$$

$$v = \pm \sqrt{(3250 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot (-10,0 \text{ m/s}^2) \cdot 215000 \text{ m}}$$

$$v = \pm 2500 \text{ m/s}$$



## 2.6 Tijela u slobodnom padu

Ako nema otpora zraka, sva tijela - s istog mjesta iznad površine Zemlje - padaju okomito prema dolje s istom akceleracijom. Ako je visina  $s$  koje padaju relativno mala u odnosu na polumjer Zemlje onda je ubrzanje tijekom cijelog pada *konstantno*.

To idealizirano gibanje nazivamo *slobodnim padom*, a ubrzanje tijela koje slobodno pada nazivamo *gravitacijskim ubrzanjem*.

$$g = 9,80 \text{ m/s}^2$$

## 2.6 Tijela u slobodnom padu



cijev ispunjena  
zrakom



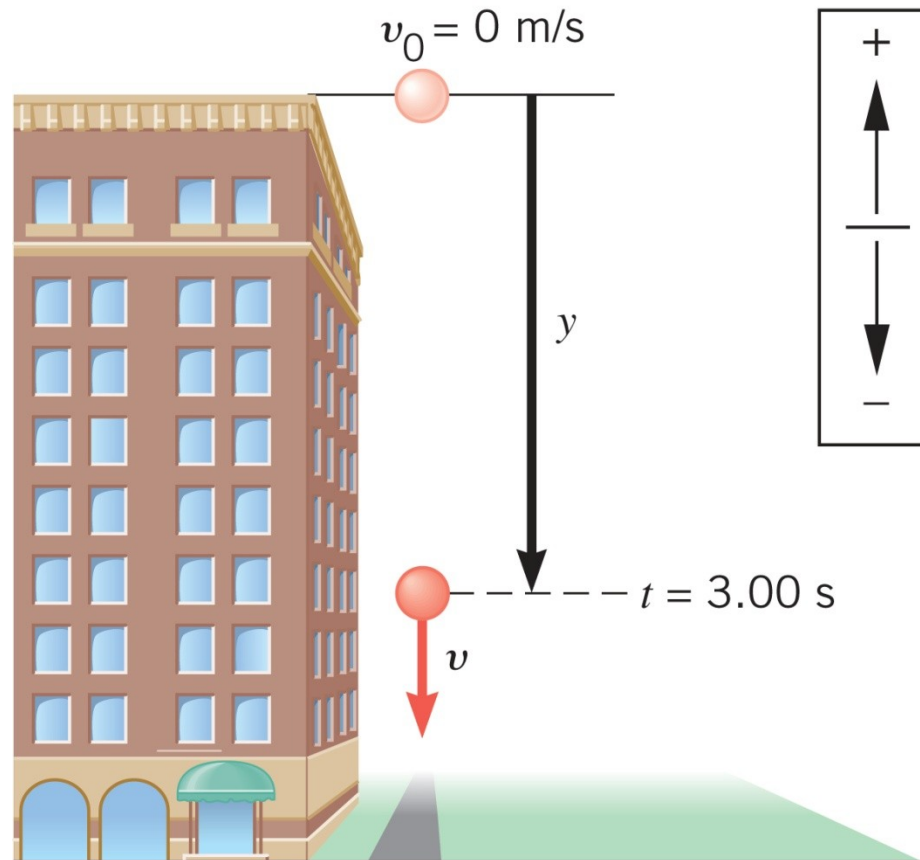
evakuirana  
cijev

$$g = 9,80 \text{ m/s}^2$$

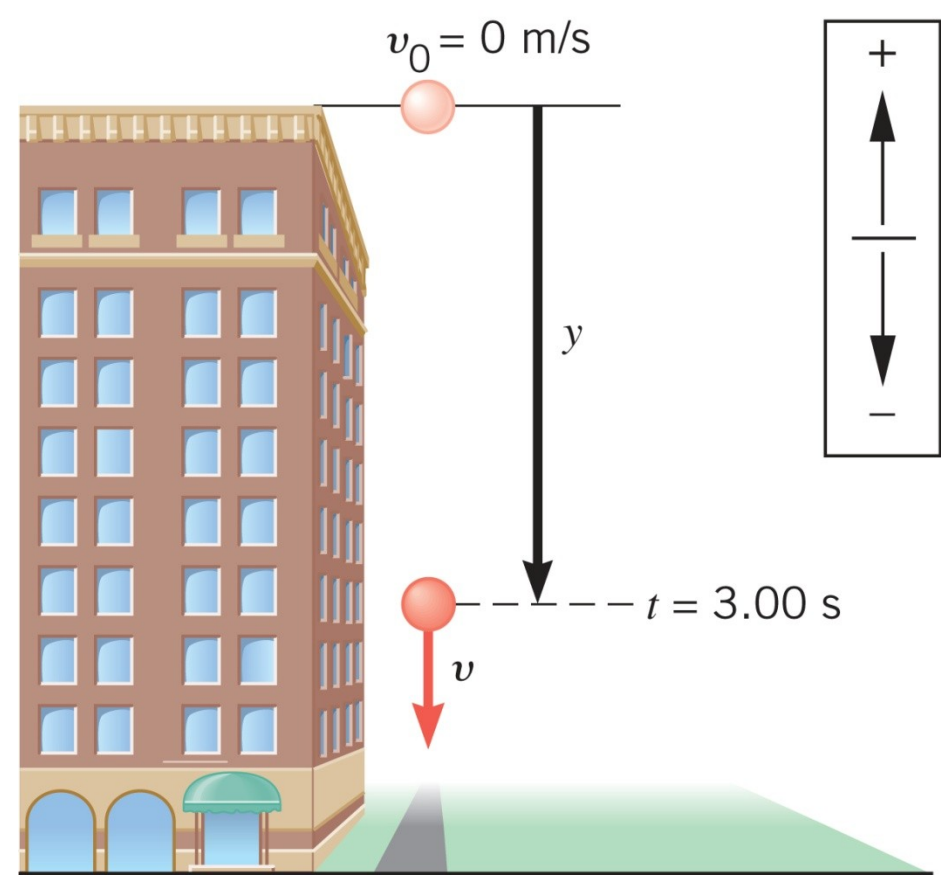
## 2.6 Tijela u slobodnom padu

### **Primjer 10** Kamen koji pada

Kamen je ispušten s vrha visoke zgrade. Odredite njegov pomak  $y$  nakon 3,00 s slobodnog pada.



# 2.6 Tijela u slobodnom padu



$y$	$a$	$v$	$v_0$	$t$
?	$-9,80 \text{ m/s}^2$		$0 \text{ m/s}$	$3,00 \text{ s}$

**WILEY**

## 2.6 Tijela u slobodnom padu

$y$	$a$	$v$	$v_0$	$t$
?	-9,80 m/s <sup>2</sup>		0 m/s	3,00 s

$$y = v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

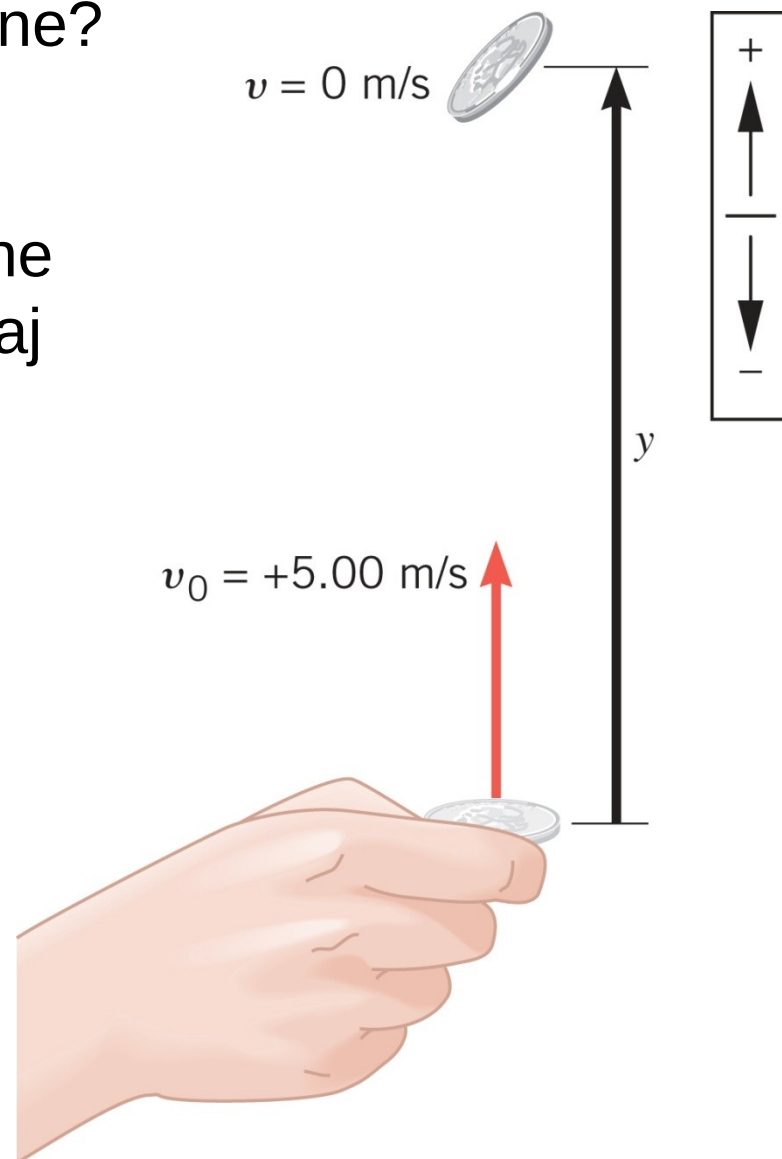
$$y = 0 \cdot 3,00 \text{ s} + \frac{-9,8 \text{ m/s}^2}{2} (3,00 \text{ s})^2$$

$$y = -44,1 \text{ m}$$

## 2.6 Tijela u slobodnom padu

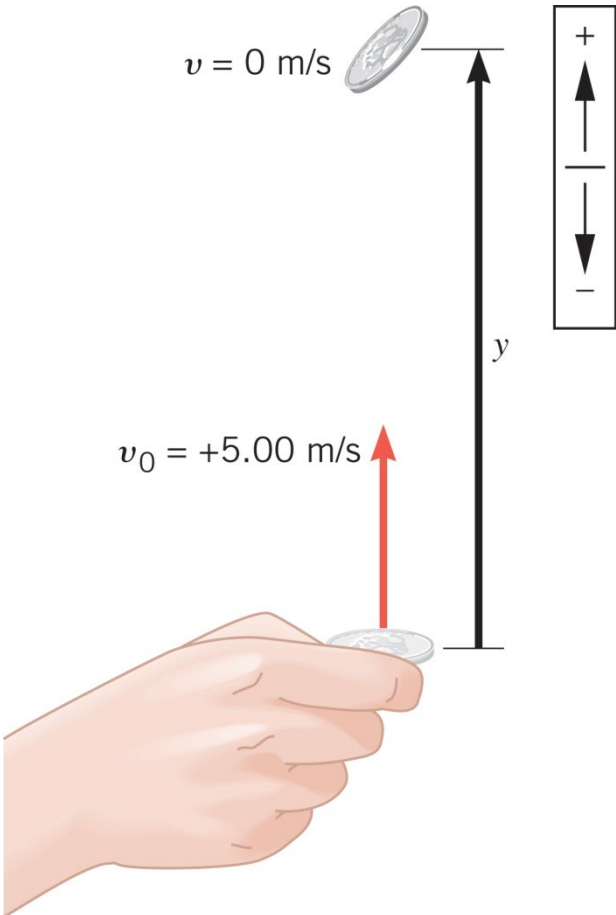
**Primjer 12** Do koje se visine popne?

Sudac baci novčić uvis početnom brzinom 5,00 m/s. Do koje se visine novčić popne, s obzirom na položaj s kojega je bačen? Zanemarite otpor zraka.



**WILEY**

# 2.6 Tijela u slobodnom padu



$y$	$a$	$v$	$v_0$	$t$
?	$-9,80 \text{ m/s}^2$	$0 \text{ m/s}$	$+5,00 \text{ m/s}$	

## 2.6 Tijela u slobodnom padu

$y$	$a$	$v$	$v_0$	$t$
?	-9,80 m/s <sup>2</sup>	0 m/s	+5,00 m/s	

$$v^2 = v_0^2 + 2ay \quad \longrightarrow \quad y = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$y = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0^2 - (5,00 \text{ m/s})^2}{2 \cdot (-9,8 \text{ m/s}^2)} = 1,28 \text{ m}$$



### ***Konceptualni primjer 14*** Akceleracija i brzina

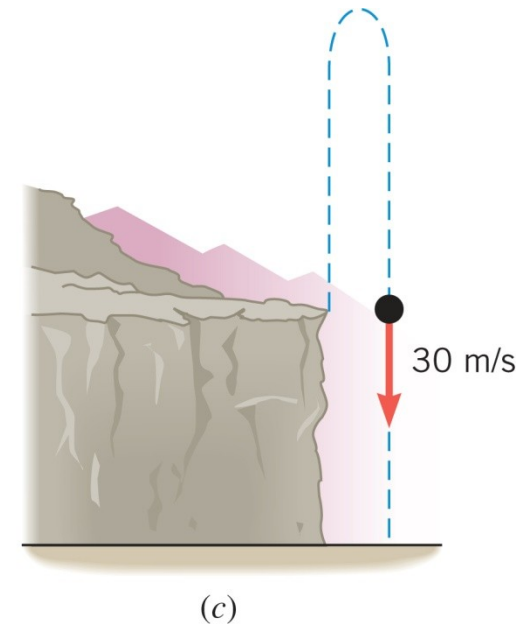
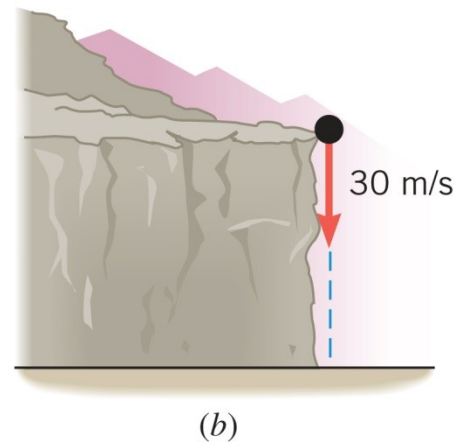
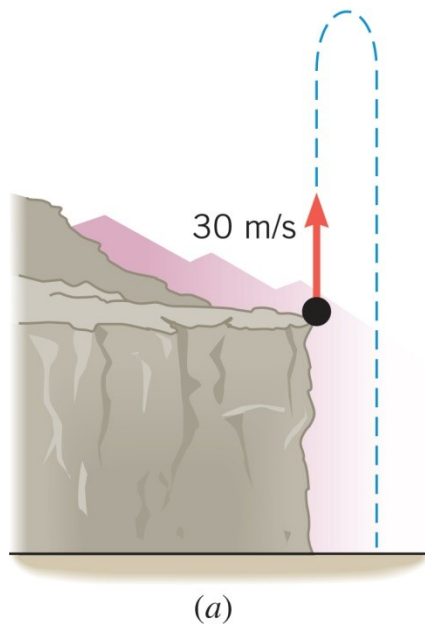
Gibanje novčića možemo podijeliti na tri dijela. Pri uspinjanju vektor brzine ima orijentaciju prema gore, a iznos brzine se smanjuje. U najvišoj točki trenutačna brzina novčića je nula. Pri padanju vektor brzine ima orijentaciju prema dolje, a iznos brzine se povećava.

Zanemarimo li otpor zraka, mijenja li se i ubrzanje novčića (poput brzine) u svakom od tri dijela gibanja?

## 2.6 Tijela u slobodnom padu

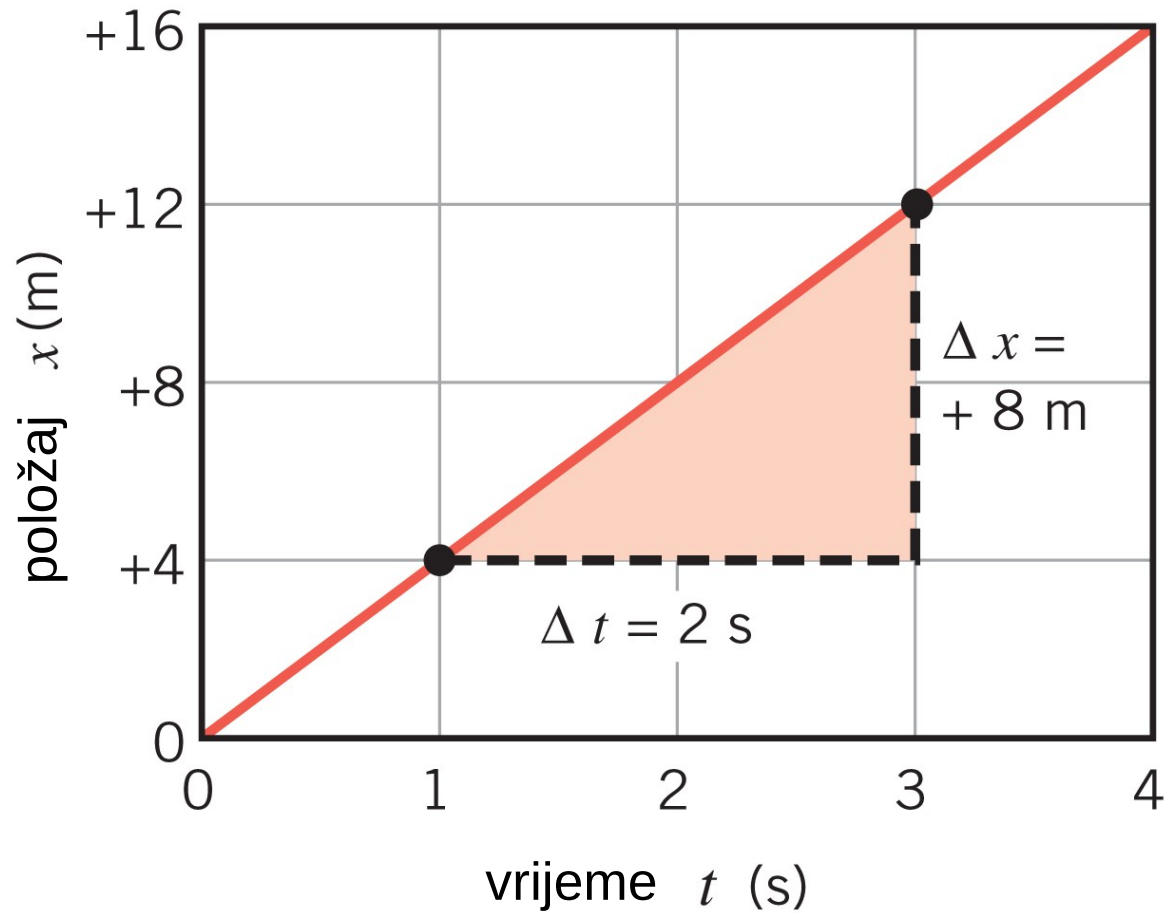
### Konceptualni primjer 15 Prednost simetrije

Je li brzina kugle na dnu litice u slučaju b veća, manja ili ista kao i brzina kugle na dnu litice u slučaju a?



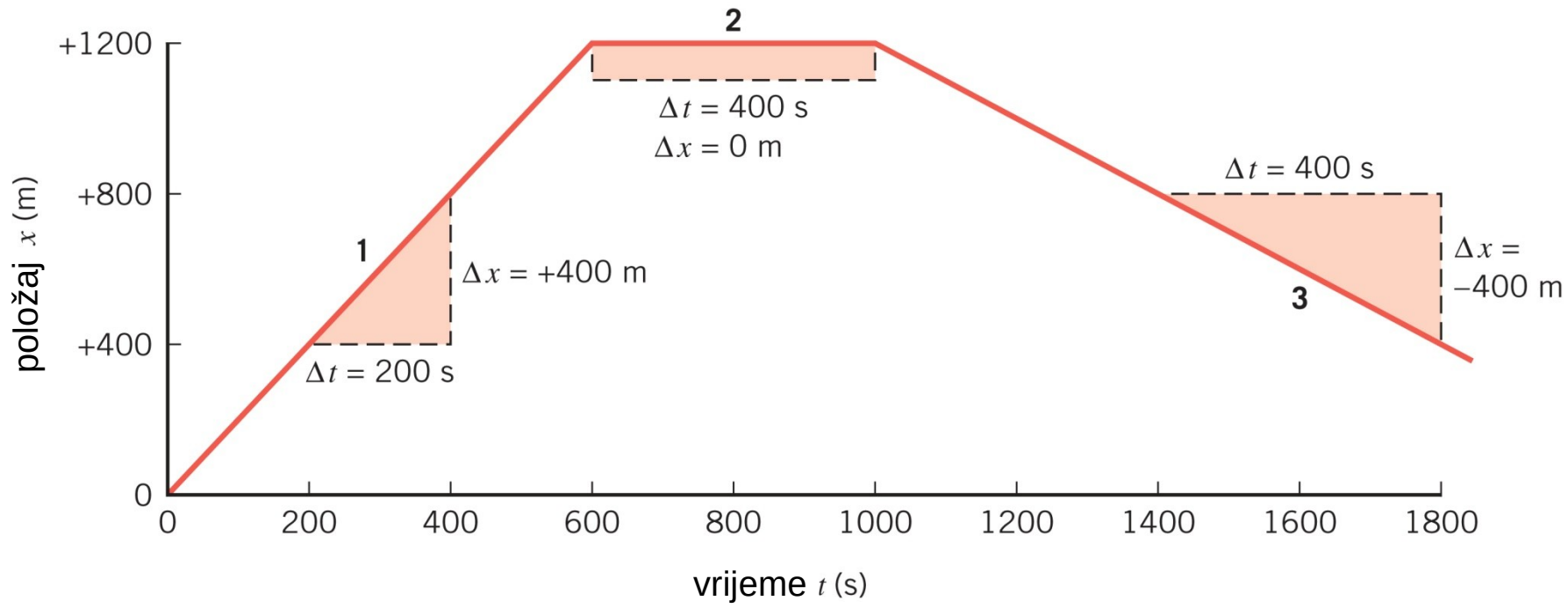
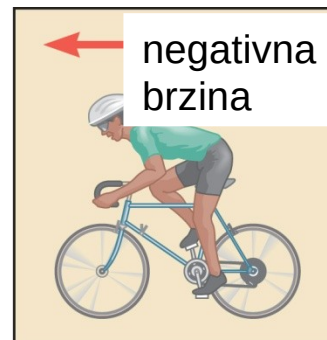
WILEY

## 2.7 Grafička analiza brzine i ubrzanja

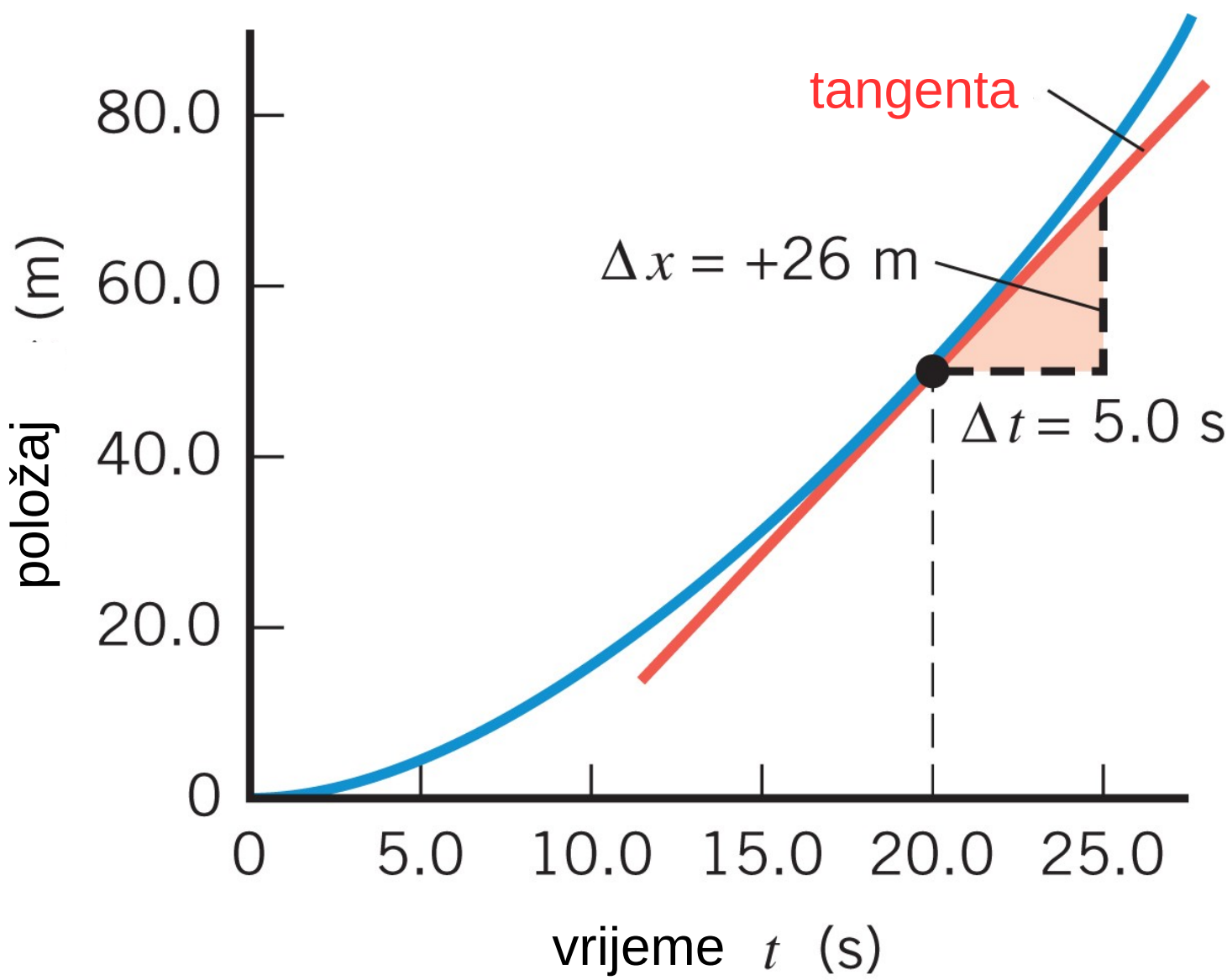


$$\text{nagib} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{+8 \text{ m}}{2 \text{ s}} = +4 \text{ m/s}$$

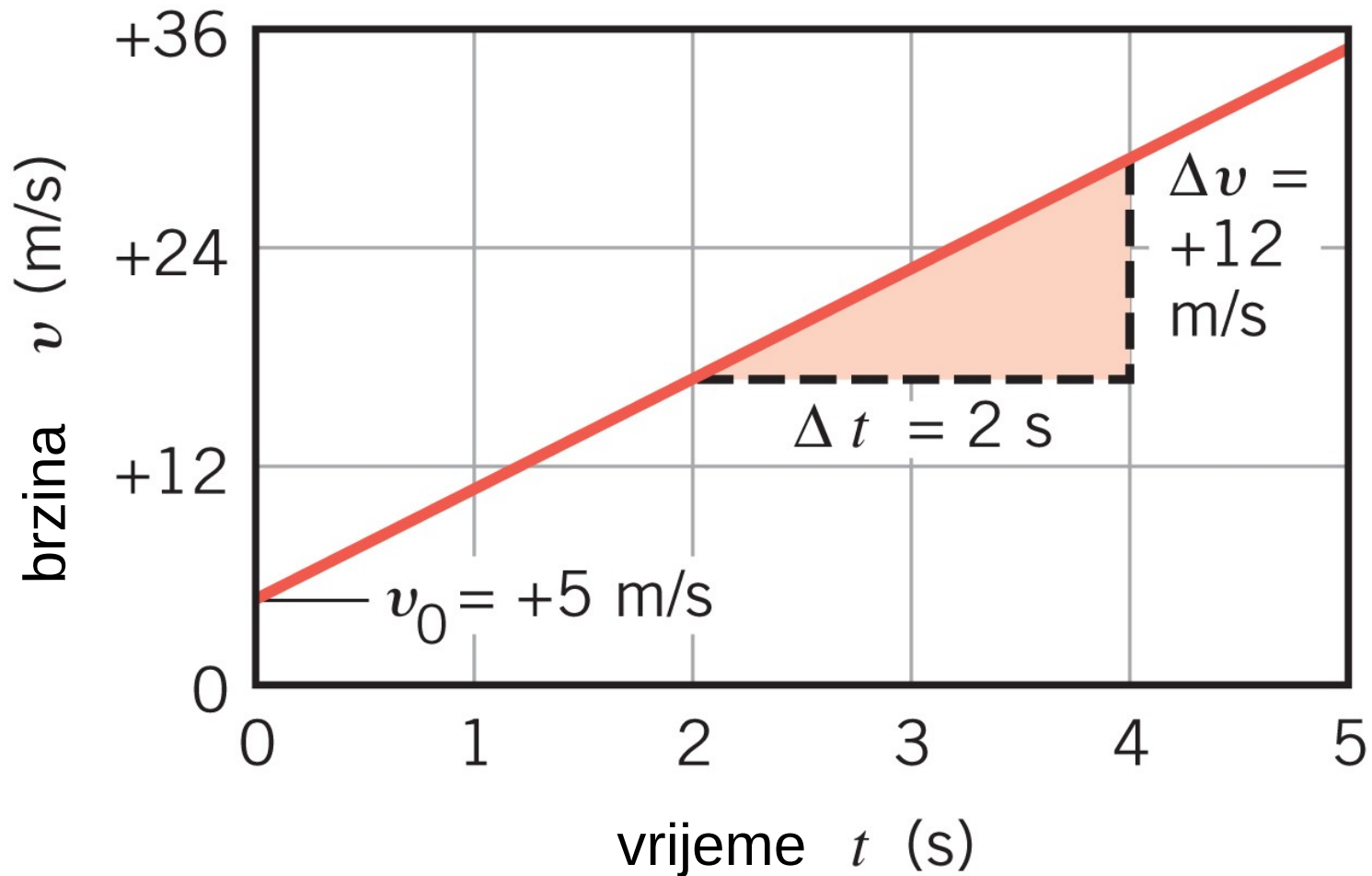
# 2.7 Grafička analiza brzine i ubrzanja



# 2.7 Grafička analiza brzine i ubrzanja



## 2.7 Grafička analiza brzine i ubrzanja



$$\text{nagib} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{+12 \text{ m/s}}{2 \text{ s}} = +6 \text{ m/s}^2$$

WILEY

# ZADACI ZA VJEŽBU

1. Space shuttle se giba brzinom 7,6 km/s. Treptaj oka astronauta traje oko 110 ms. Koliko nogometnih igrališta space shuttle prođe za vrijeme jednog treptaja oka? Duljina jednog nogometnog igrališta je 91,4 m.

**RJEŠENJE: 9,1**

2. Zbog pomicanja kontinenata, Europa se od Sjeverne Amerike udaljava prosječnom brzinom od oko 3 cm na godinu. Za koliko će se vremena ti kontinenti udaljiti dodatnih 1500 m?

**RJEŠENJE: 50000 godina**

3. Od 0 do 60,0 mi/h VW Buba ubrzava akceleracijom 2,35 m/s<sup>2</sup>. (a) Koliko traje to ubrzavanje? (b) Dragster od 0 do 60,0 mi/h može ubrzati za 0,600 s. Odredite akceleraciju dragstera.

**RJEŠENJE: (a) 11,4 s (b) 44,7 m/s<sup>2</sup>**

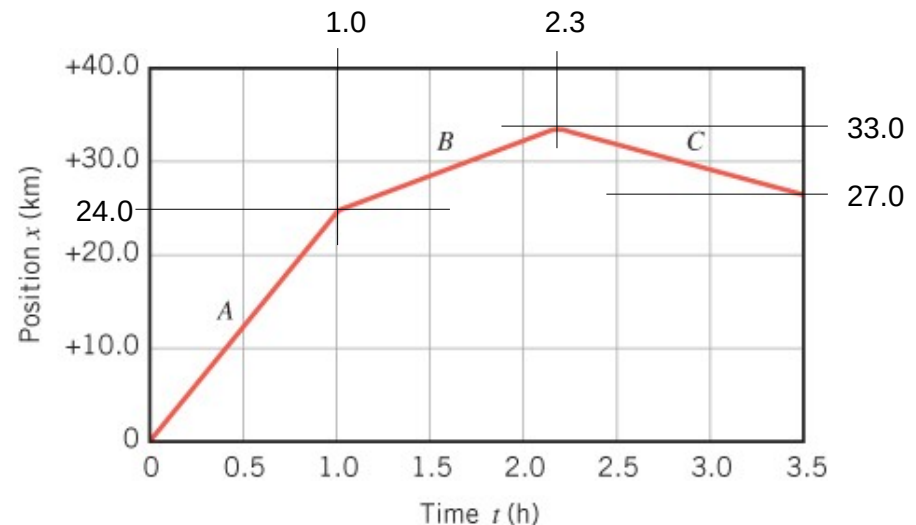
# ZADACI ZA VJEŽBU

4. Crijepl pada s krova zgrade. Opažač u zgradi vidi da je crijeplu trebalo 0,20 s da prijeđe udaljenost od gornjeg do donjeg dijela prozora. Koliko je krov viši od vrha prozora? Prozor je visok 1,6 m.

**RJEŠENJE: 2,5 m**

5. Gibanje autobusa prikazano je na grafu. Odredite prosječno ubrzanje autobusa (u  $\text{km/h}^2$ ) za cijeli prikazani period.

**RJEŠENJE:  $-8,3 \text{ km/h}^2$**



6. Dva automobila prijeđu istu udaljenost gibajući se pravocrtno. Automobil A giba se konstantnom brzinom. Automobil B kreće iz mirovanja i giba se konstantnom akceleracijom. Oba automobila prođu 460 m za 210 s. Pretpostavite da se gibaju u smjeru  $x$ . Odredite: (a) konstantnu brzinu automobila A, (b) konačnu brzinu automobila B, (c) ubrzanje automobila B.

**RJEŠENJE: 2,2 m/s; 4,4 m/s; 0,021 m/s<sup>2</sup>**

**WILEY**



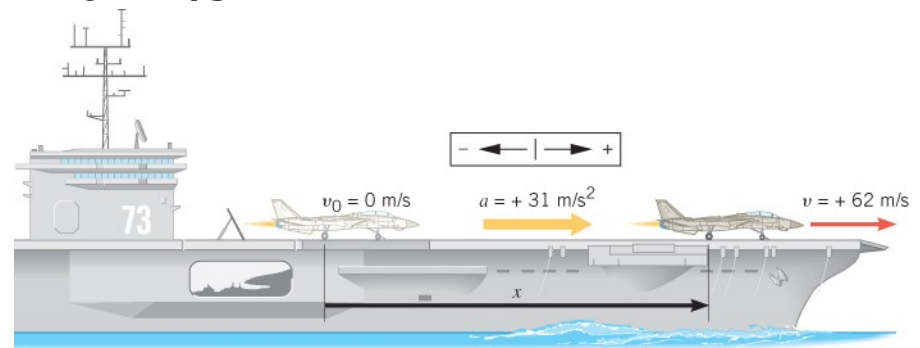
# ZADACI ZA VJEŽBU

7. Turist kojega lovi razbješnjeli medvjed trči pravocrtno prema automobilu brzinom od  $4,0 \text{ m/s}$ . Automobil je na udaljenosti  $d$ . Medvjed je  $26 \text{ m}$  iza turista i trči brzinom od  $6,0 \text{ m/s}$ . Turist se dočepa automobila. Koja je najveća moguća vrijednost  $d$ ?

**RJEŠENJE:  $52 \text{ m}$**

8. U periodu od  $2,16$  godina, brzina planeta koji orbitira oko udaljene zvijezde promijeni se od  $+20,9 \text{ km/s}$  do  $-18,5 \text{ km/s}$ . Odredite: (a) ukupnu promjenu brzine planeta, (b) prosječno ubrzanje planeta u tom intervalu.

**RJEŠENJE:  $-3,94 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ ;  $-5,78 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$**



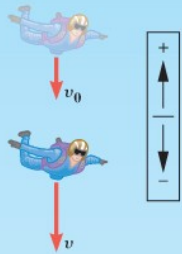
9. Mlažnjak polijeće s palube nosača aviona kao što je prikazano na slici. Iz stanja mirovanja, mlažnjak je katapultiran stalnim ubrzanjem  $31 \text{ m/s}^2$  te neposredno prije polijetanja doseže brzinu od  $62 \text{ m/s}$ . Koliki je pomak mlažnjaka na palubi?

**RJEŠENJE:  $62 \text{ m}$**

**WILEY**



## ZADACI ZA VJEŽBU



(a)

10. Padobranac pada u negativnom mjeru osi  $y$ .
- (a) Prije otvaranja padobrana brzina mu se, u 1,5 s, poveća od 16 m/s do 28 m/s.
- (b) Nakon otvaranja padobrana brzina mu se, u 11 s, smanji od 48 m/s do 26 m/s.
- Odredite iznos i smjer akceleracije u oba slučaja.

**RJEŠENJE: (a)  $-8,0 \text{ m/s}^2$ ; (b)  $+2,0 \text{ m/s}^2$**



(b)

**WILEY**

# PITANJA ZA PONAVLJANJE

1. kinematika
2. pomak
3. prosječna brzina
4. trenutačna brzina
5. prosječna akceleracija
6. trenutačna akceleracija
7. jedinice SI za pomak, brzinu i akceleraciju
8. jednadžbe kinematike
9. slobodni pad
10. grafička analiza brzine i akceleracije