

Odbijanje svjetlosti **ZRCALA**

FIZIKA
PSS-GRAD
17. siječnja 2024.

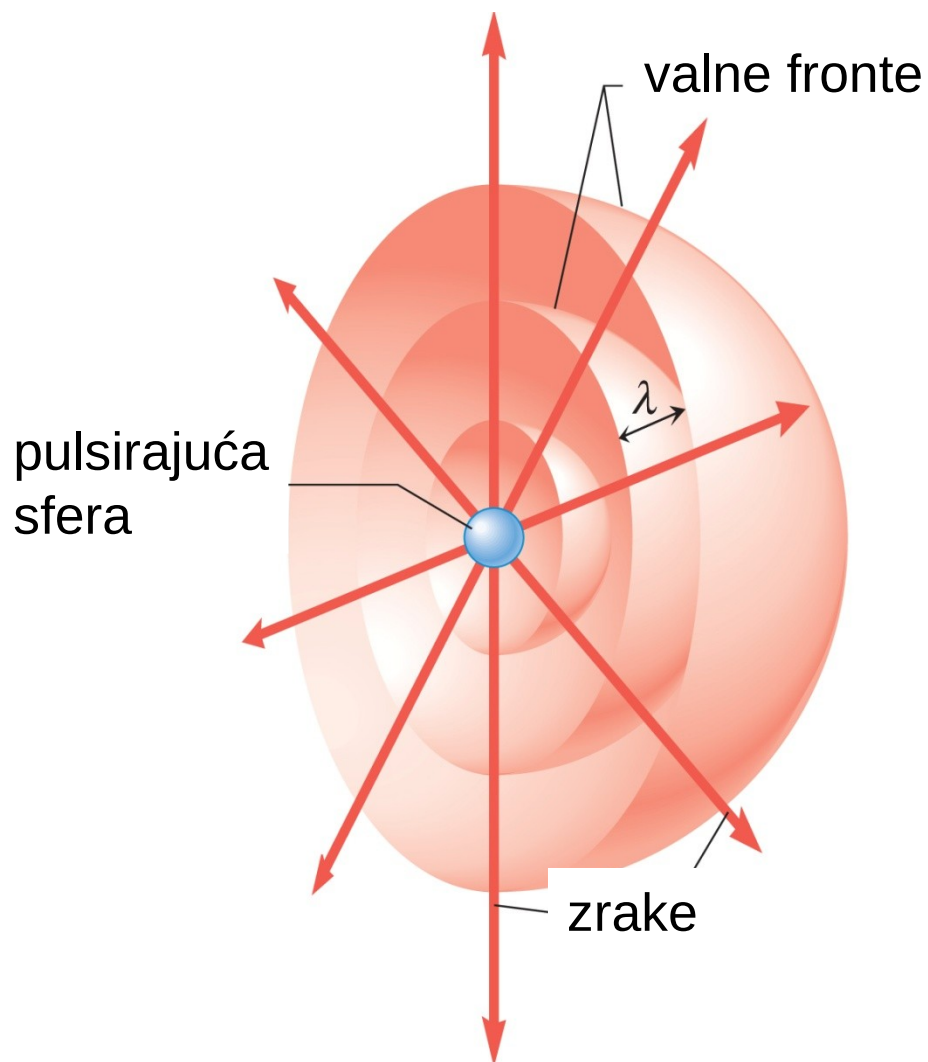


WILEY

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



25.1 Valne fronte i zrake svjetlosti



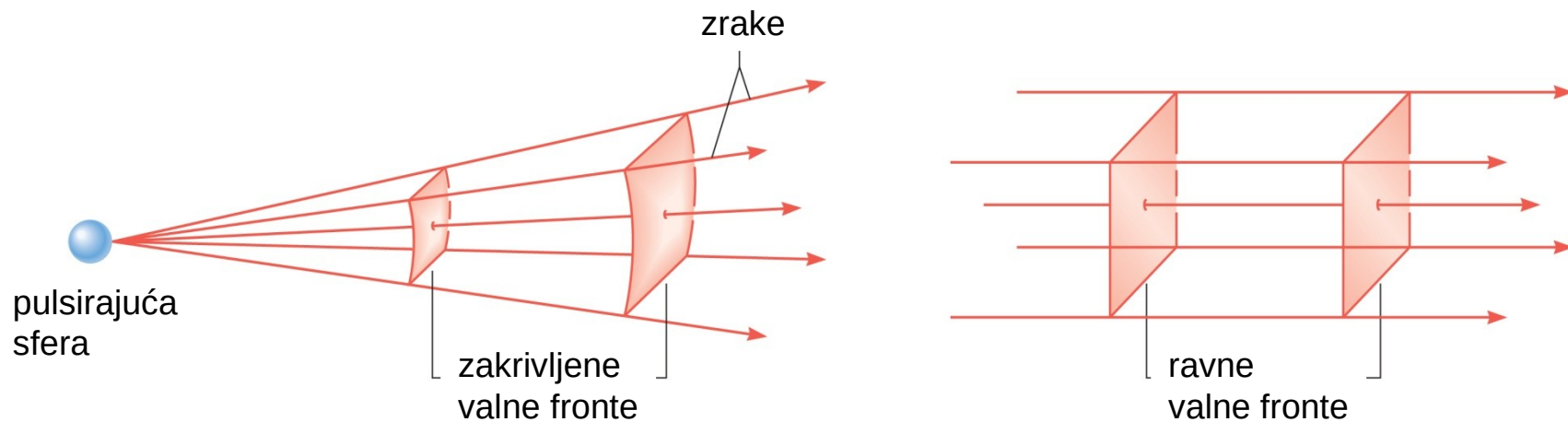
Hemisferni izgled zvučnoga vala kojega emitira pulsirajuća sfera.

Zrake su okomite na valne fronte.

WILEY

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

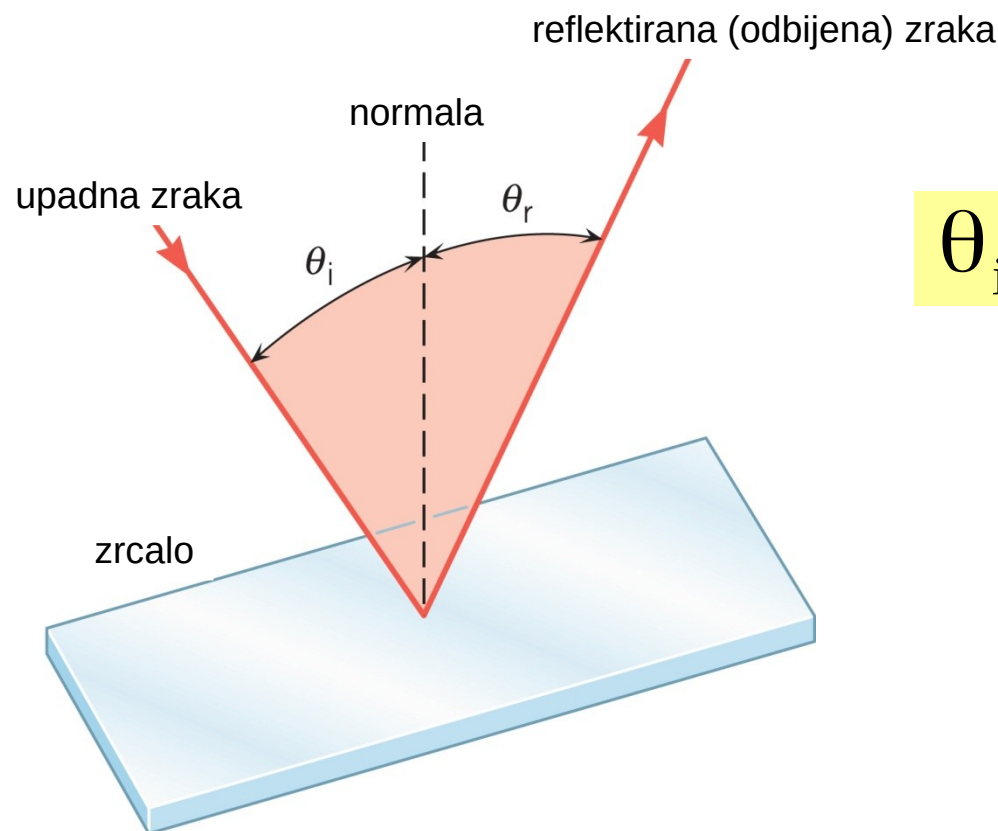
25.1 Valne fronte i zrake svjetlosti



Na velikim udaljenostima od izvora, valne fronte postaju sve manje i manje zakrivljene.

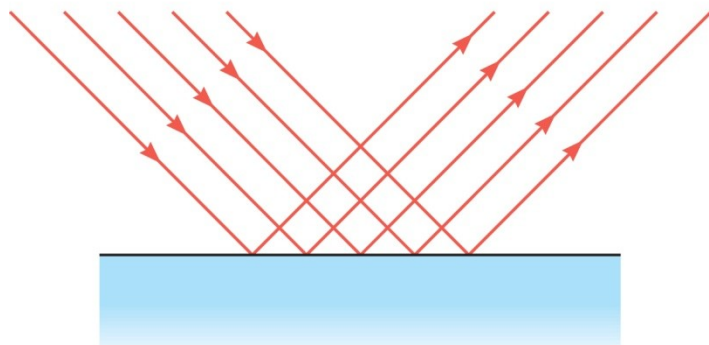
ZAKON REFLEKSIJE

Upadna zraka, reflektirana zraka i normala na plohu, sve leže u istoj ravnini, a **kut upadanja jednak je kutu odbijanja** (refleksije).

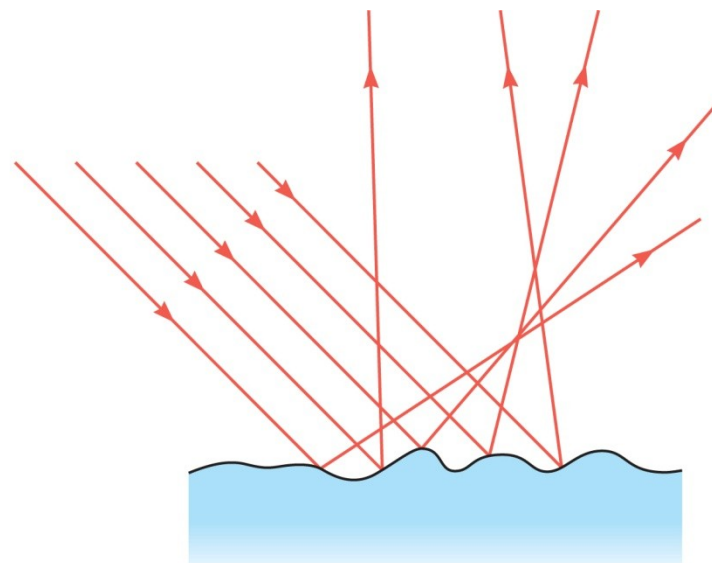


$$\theta_i = \theta_r$$

25.2 Refleksija svjetlosti



(a) zrcalna refleksija



(b) difuzna refleksija

Pri zrcalnoj refleksiji odbijene zrake međusobno su usporedne.

25.3 Kako ravno zrcalo stvara sliku



(a)

Dešnjak je u zrcalu ljevak.

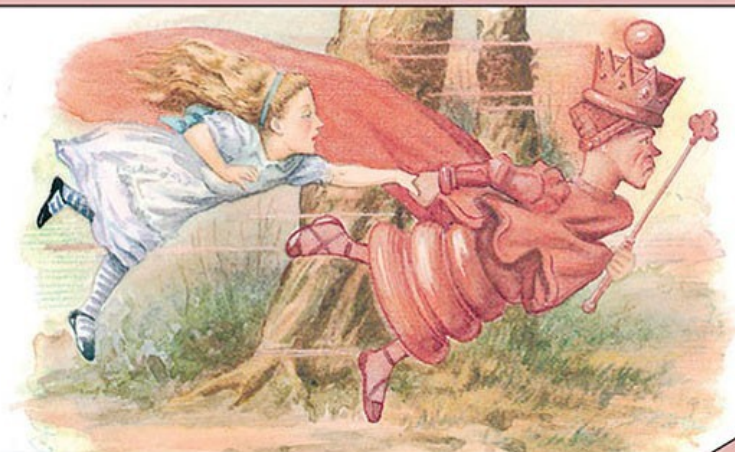
Slika ima tri svojstva:

1. Uspravna je.
2. Iste je veličine.
3. Slika je onoliko *iza zrcala* koliko je predmet ispred zrcala.



(b)

LEWIS CARROLL



*Alice u Zemlji čudesa
i iza zrcala*

THROUGH
THE LOOKING
GLASS

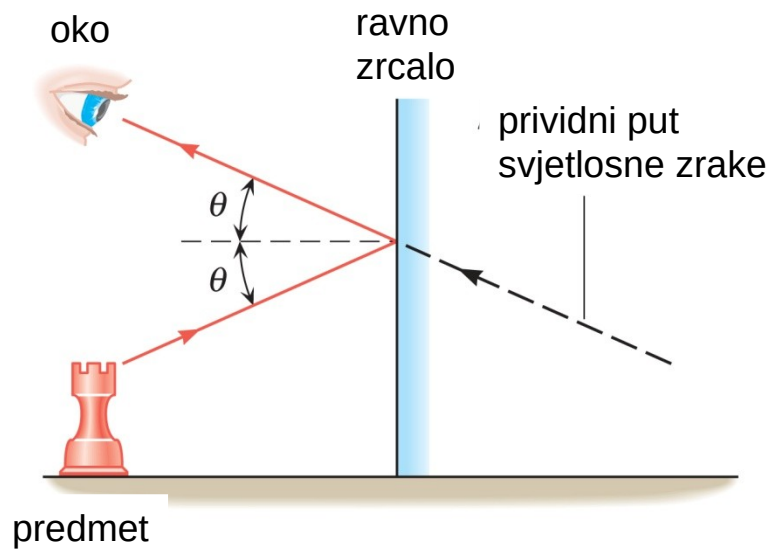


LEWIS CARROLL

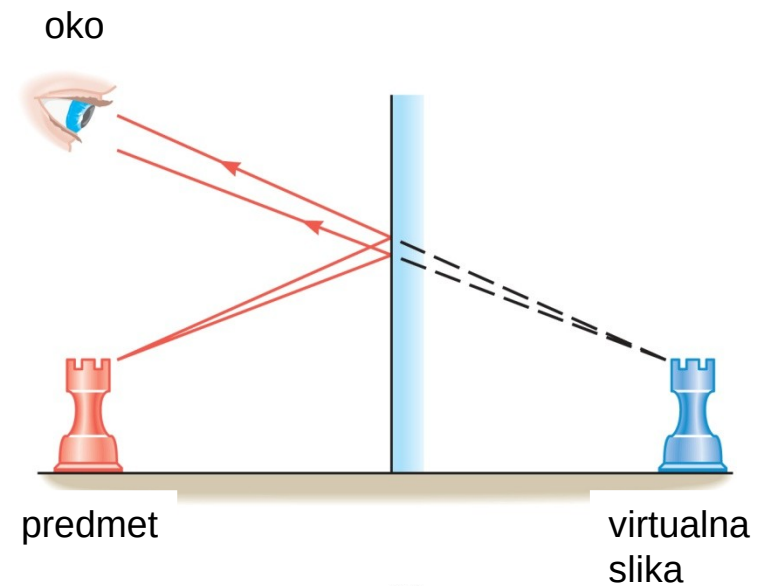
25.3 Kako ravno zrcalo stvara sliku

Svjetlosna zraka koja ide od vrha šahovske figure reflektira se od zrcala. Oku se čini da zraka dolazi sa stražnje strane zrcala.

S obzirom da zrake ne dolaze od slike *stvarno* (realno) nego prividno (virtualno) onda sliku nazivamo **virtualnom slikom**.



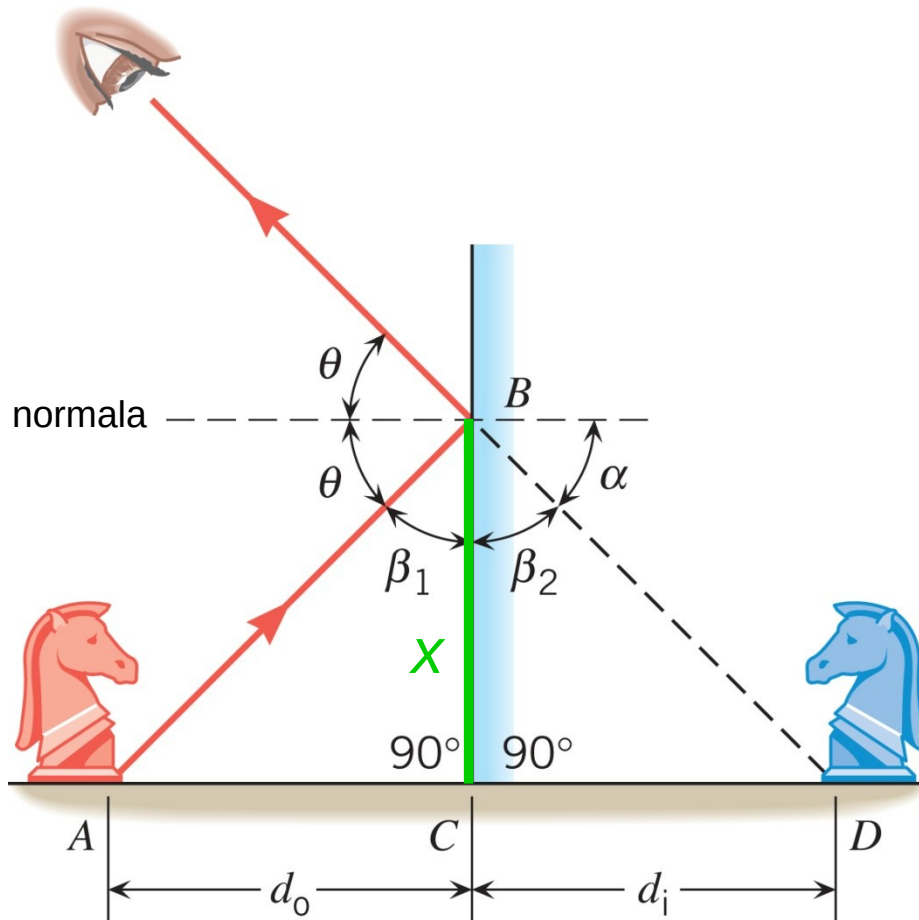
(a)



(b)

WILEY

25.3 Kako ravno zrcalo stvara sliku



$$\theta + \beta_1 = 90^\circ$$

$$\theta + \theta + \beta_1 + \beta_2 = 180^\circ$$

$$\theta + \beta_2 = 90^\circ$$

$$\beta_1 = \beta_2$$

$$\tan \beta_1 = \frac{d_o}{x}$$

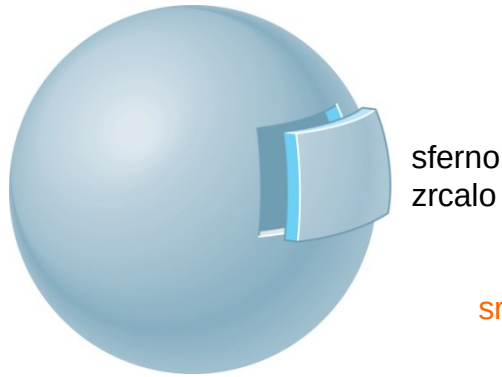
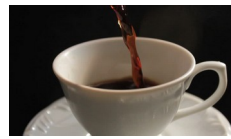
$$\tan \beta_2 = \frac{d_i}{x}$$

Geometrijsko razmatranje iz kojega se vidi da je udaljenost slike ista kao i udaljenost predmeta.

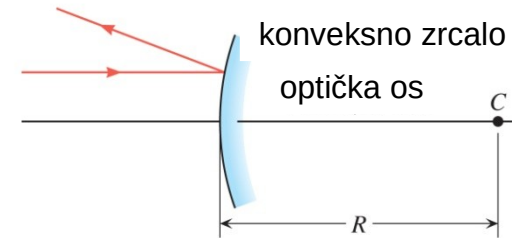
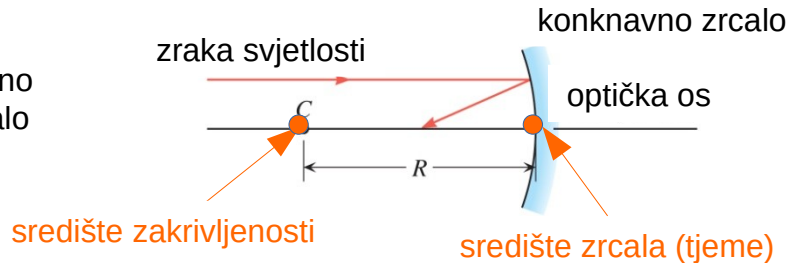
$$d_o = d_i$$

WILEY

25.4 Sferna zrcala



sferno
zrcalo



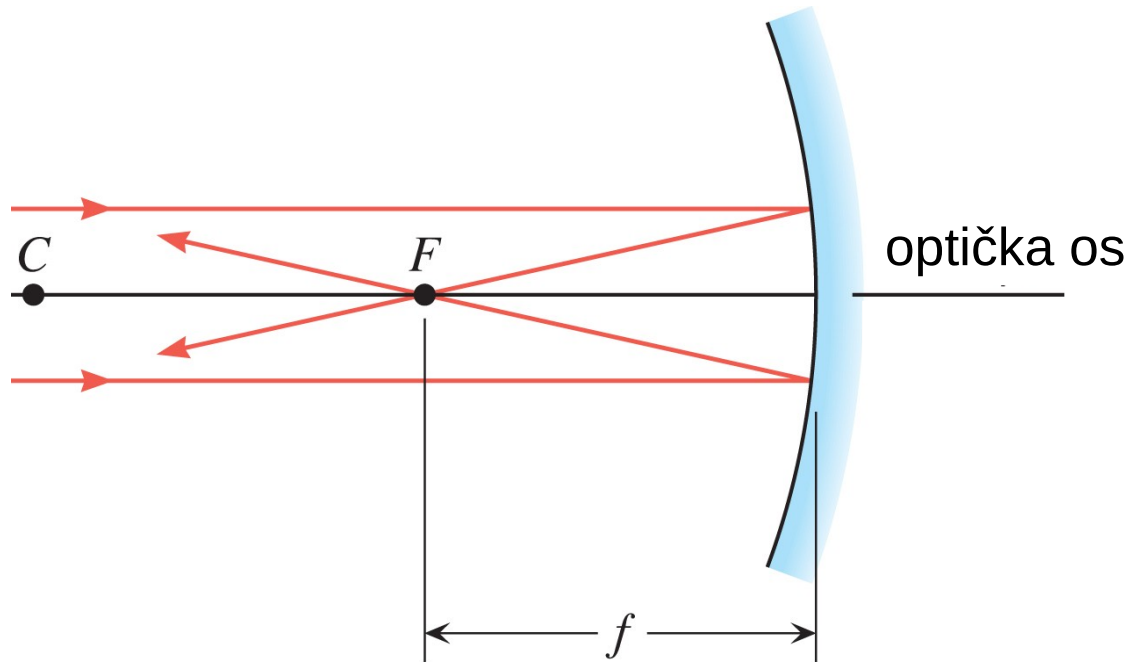
Ako je sjajna (reflektirajuća) *unutrašnja* strana zrcala, onda je zrcalo **konkavno**.

Ako je sjajna (reflektirajuća) *vanjska* strana zrcala, onda je zrcalo **konveksno**.

Zakon refleksije vrijedi za sferno zrcalo, jednako kao što vrijedi za ravno zrcalo.

Optička os je pravac koji prolazi kroz središte zrcala i središte zakrivljenosti.

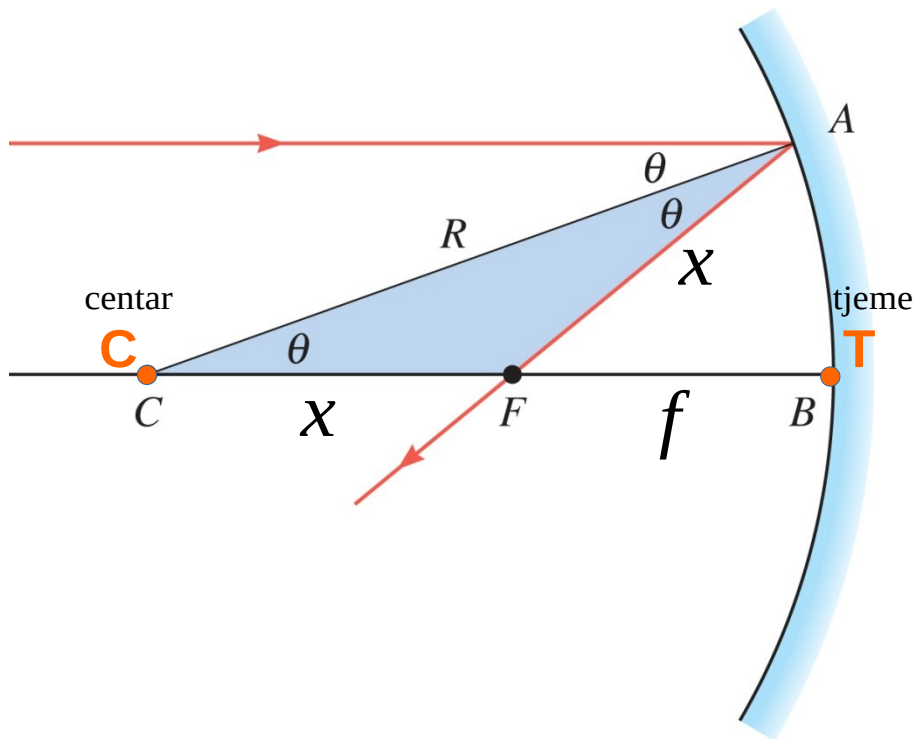
25.4 Sferna zrcala



Svjetlosne zrake usporedne s optičkom osi nakon refleksije skupljaju se u žarištu (fokusu).

Žarišna (fokalna) **d**aljina je udaljenost od zrcala do žarišta.

25.4 Sferna zrcala



točno

$$\overline{CA} = \overline{CB} = R$$

$$\overline{CF} = \overline{FA} = x$$

$$x + f = R$$

približno

$$\text{za } \theta \ll 1$$

$$x \approx f$$

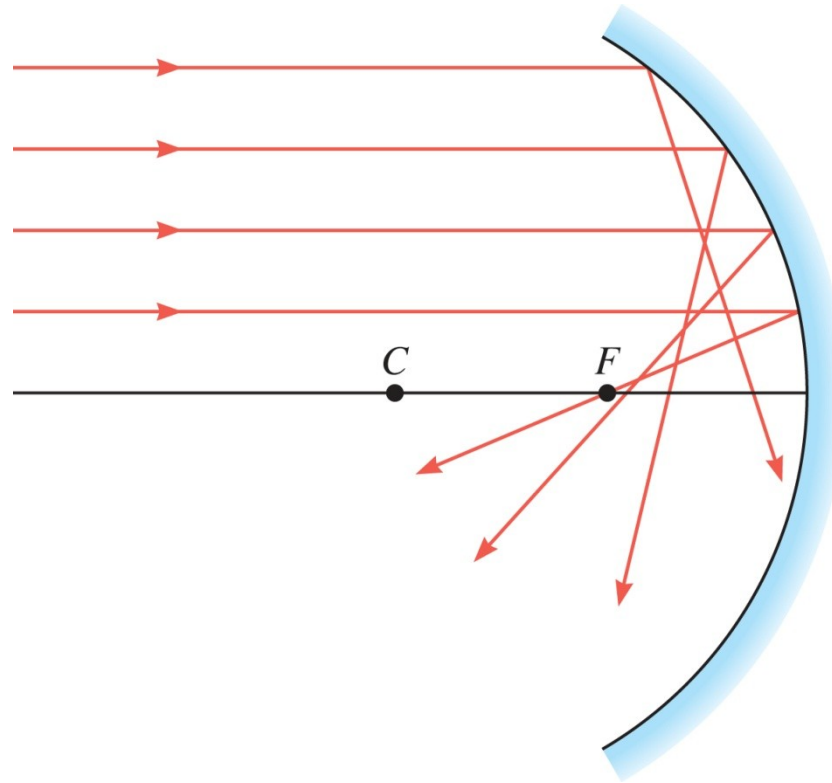
$$2f \approx R$$

Žarište konkavnog zrcala je u polovištu duljine čije su rubne točke središte zakrivljenosti (C) i središte zrcala (T).

$$f = \frac{R}{2}$$

WILEY

25.4 Sferna zrcala



Zrake koje su dalje od optičke osi ne konvergiraju u istu točku. Činjenicu da sferno zrcalo ne fokusira sve usporedne zrake u jednu točku nazivamo **sfernom aberacijom**.

25.4 Sferna zrcala

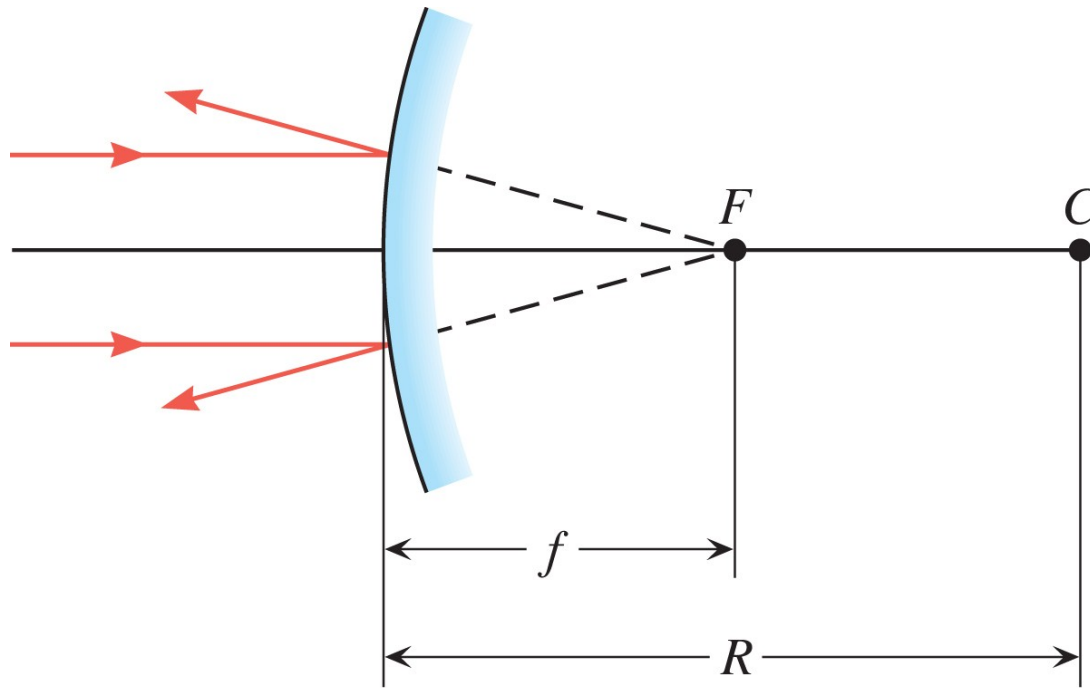


©Jim West/Alamy

WILEY

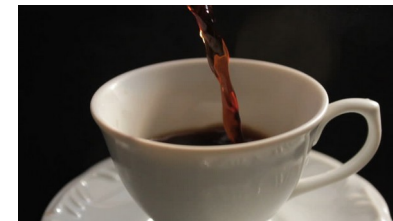
Copyright © 2015 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

25.4 Sferna zrcala

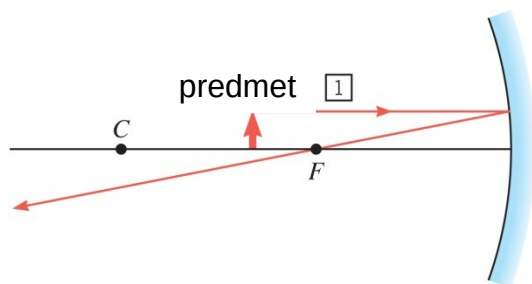


Kad zrake usporedne s optičkom osi padaju na konveksno zrcalo reflektiraju se tako da njihovi zamišljeni produžeci prolaze kroz žarište.

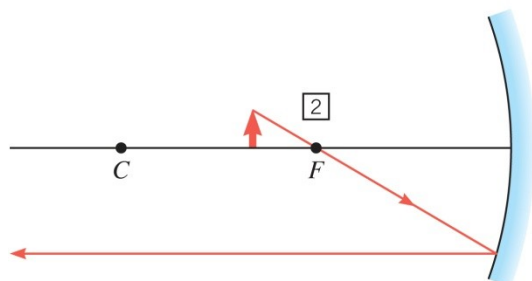
$$f = -\frac{R}{2}$$



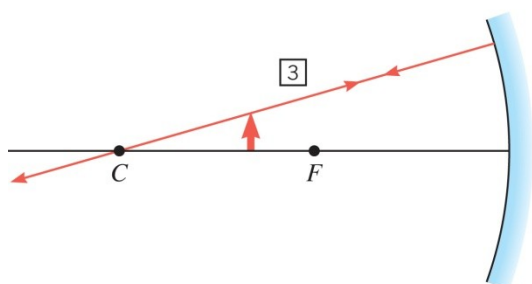
KONKAVNA (udubljena) ZRCALA



Zraka usporedna s optičkom osi nakon refleksije prolazi kroz žarište.

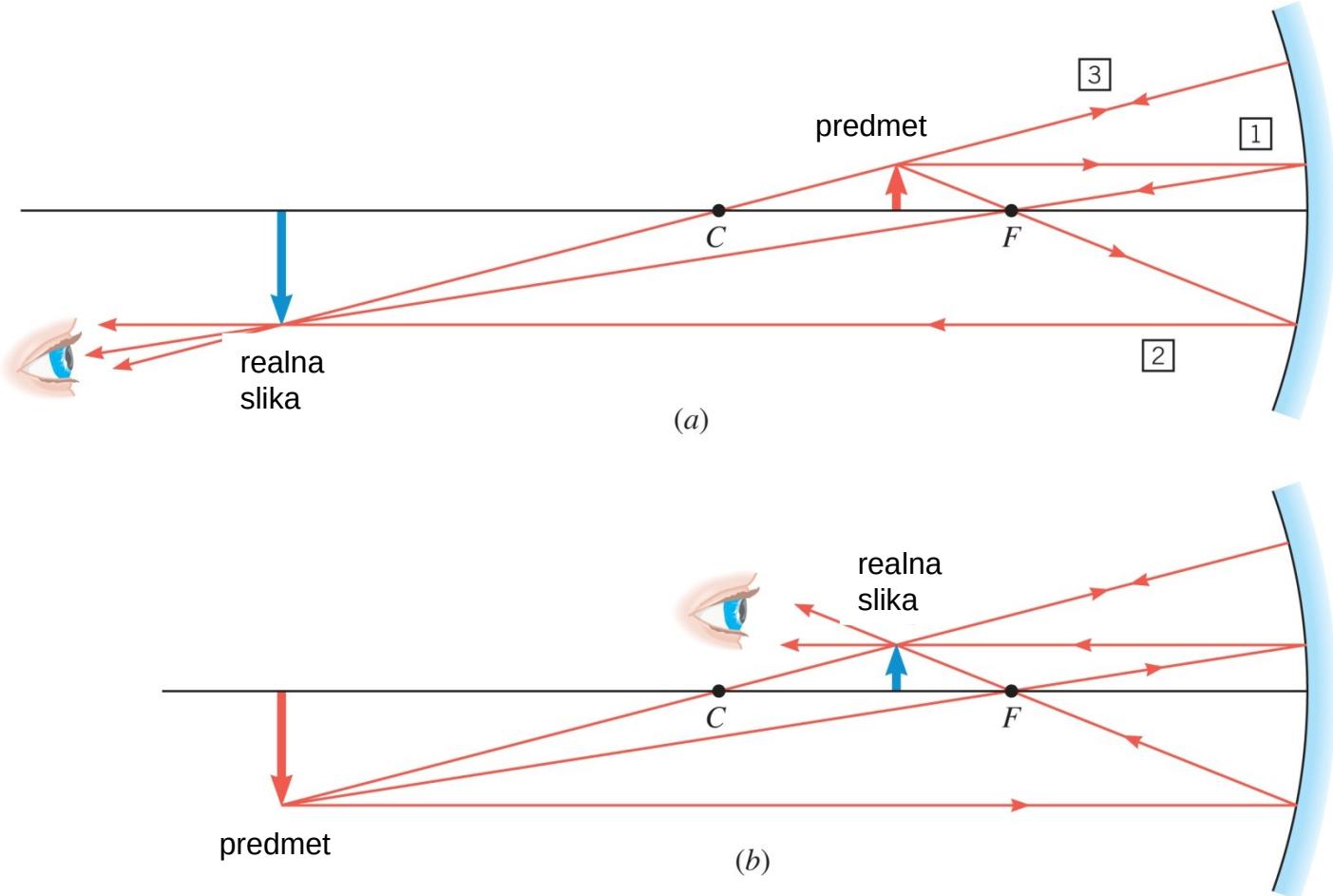


Zraka koja prolazi kroz žarište je nakon refleksije usporedna s optičkom osi.

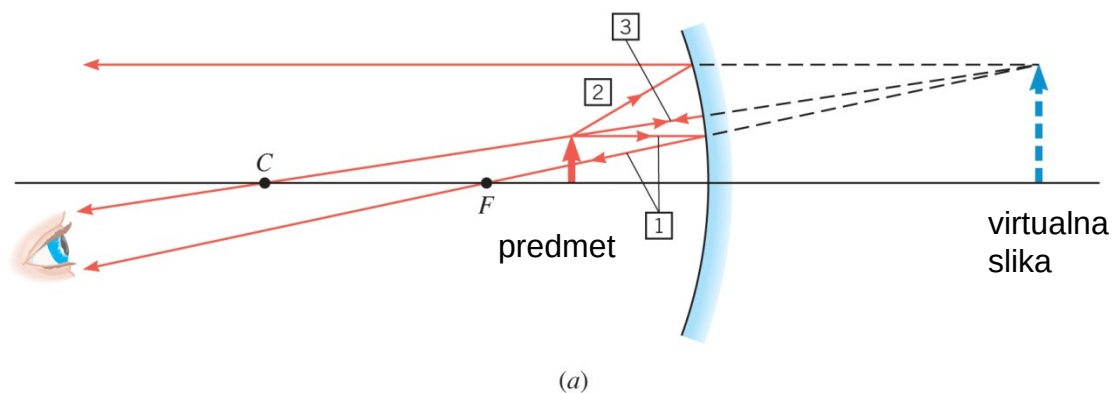


Zraka koja prolazi kroz središte se nakon refleksije vraća kroz središte.

Nastanak slike i načelo reverzibilnosti



25.5 Kako sferno zrcalo stvara sliku



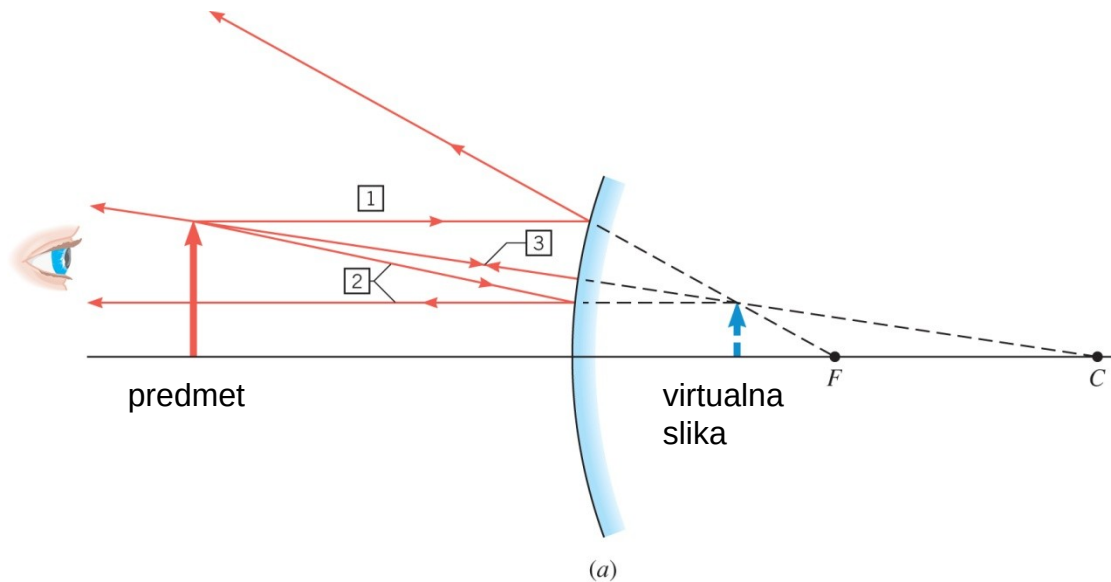
fantom_rd / Shutterstock

Kad je predmet smješten između žarišta i konkavnog zrcala slika je uvećana, uspravna i **virtualna**.

WILEY

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

KONVEKSNA (izbočena) ZRCALA



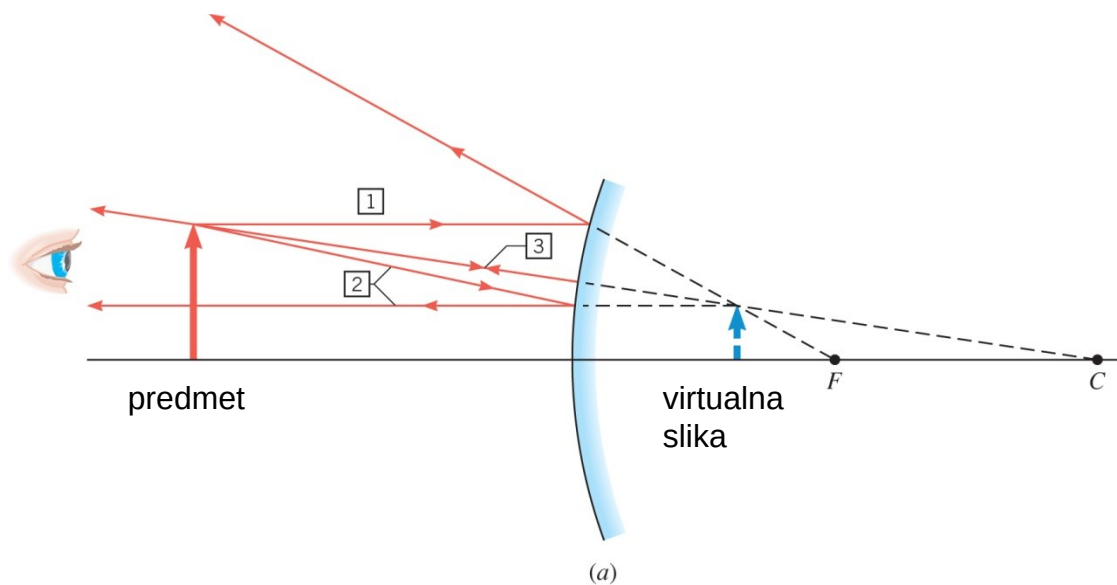
McPHOTO/Age Fotostock

ZRAKA 1 koja je usporedna s optičkom osi, reflektira se tako da joj zamišljeni produžetak prolazi kroz žarište.

ZRAKA 2 koja je usmjerena prema žarištu, nakon refleksije je usporedna s optičkom osi.

ZRAKA 3 koja je usmjerena prema središtu, nakon refleksije vraća se kroz središte.

25.5 Kako sferno zrcalo stvara sliku



McPHOTO/Age Fotostock

Virtualna slika je smanjena i uspravna.

WILEY

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

f = žarišna daljina

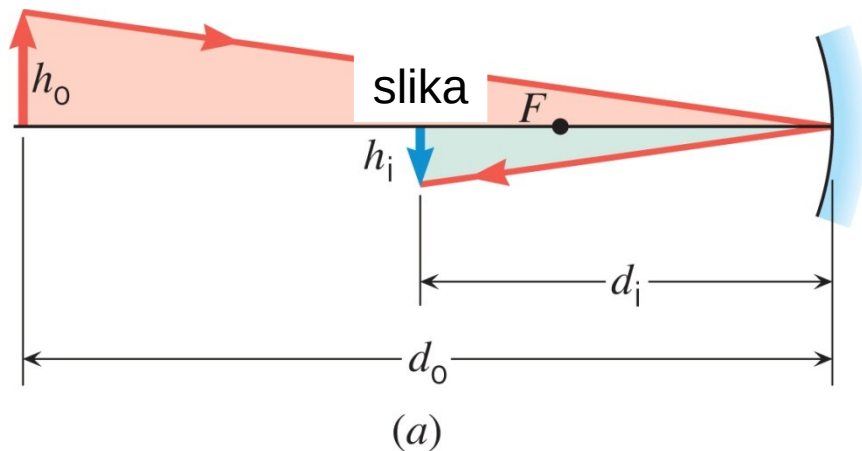
d_o = udaljenost predmeta

d_i = udaljenost slike

m = povećanje

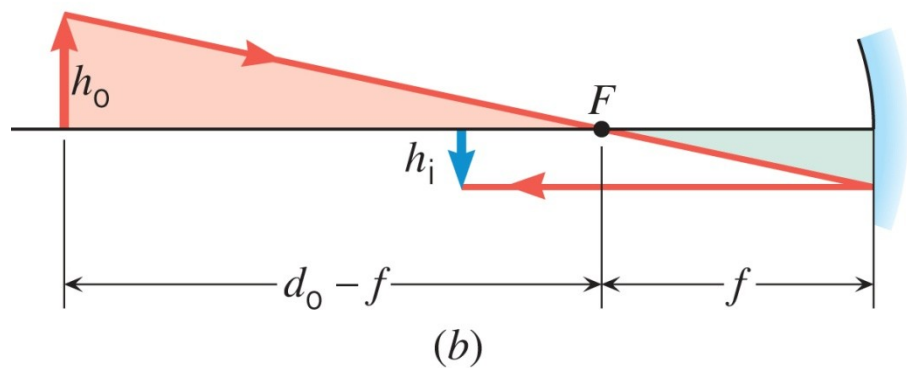
25.6 Jednadžba zrcala i povećanje

predmet



Iz ovih se dijagrama može izvesti jednadžba zrcala.

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$



$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}$$

WILEY

Primjer 5 Virtualna slika koju stvara konveksno zrcalo

Konveksno zrcalo stvara sliku predmeta udaljenog 66 cm. Žarišna daljina zrcala je -46 cm. Odredite udaljenost slike i povećanje zrcala.

$$\frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_o} = \frac{1}{-46 \text{ cm}} - \frac{1}{66 \text{ cm}}$$

$$d_i = -27 \text{ cm}$$

$$m = -\frac{d_i}{d_o} = -\frac{-27 \text{ cm}}{66 \text{ cm}} = +0,41$$

slika je uspravna
i umanjena

25.6 *Jednadžba zrcala i povećanje*

Konvencija o predznacima za sferna zrcala

$f > 0$ za konkavno zrcalo

$f < 0$ za konveksno zrcalo

$d_o > 0$ ako je predmet ispred zrcala

$d_o < 0$ ako je predmet iza zrcala

$d_i > 0$ ako je slika ispred zrcala (realna)

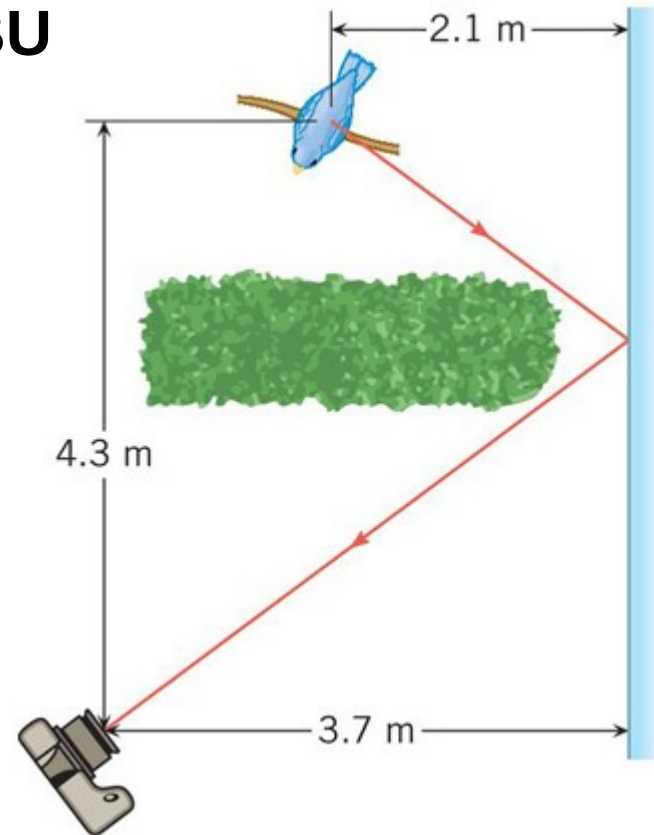
$d_i < 0$ ako je slika iza zrcala (virtualna)

$m > 0$ ako je slika uspravna

$m < 0$ ako je slika obrnuta

ZADACI ZA VJEŽBU

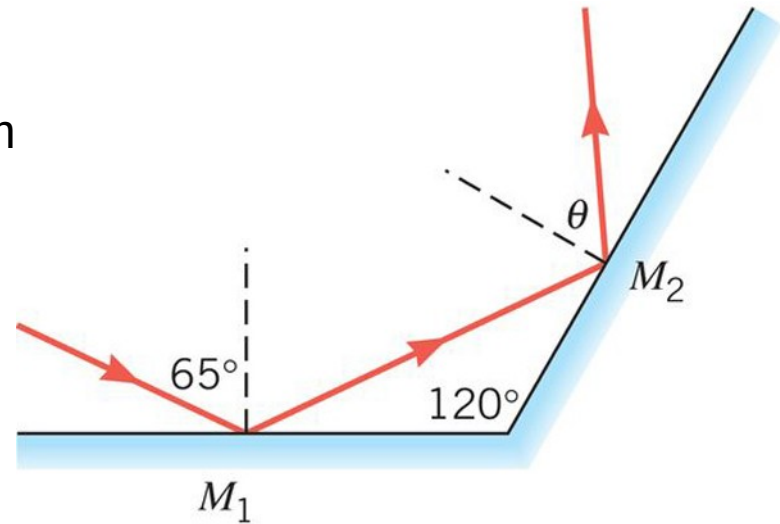
1. Pokušavate fotografirati pticu koja sjedi na grani, ali vam smeta visoka živica. No pticu vidite u zrcalu, kao što prikazuje slika. Na koju udaljenost morate fokusirati fotoaparata da biste dobili oštru sliku ptice?
RJEŠENJE: 7,2 m



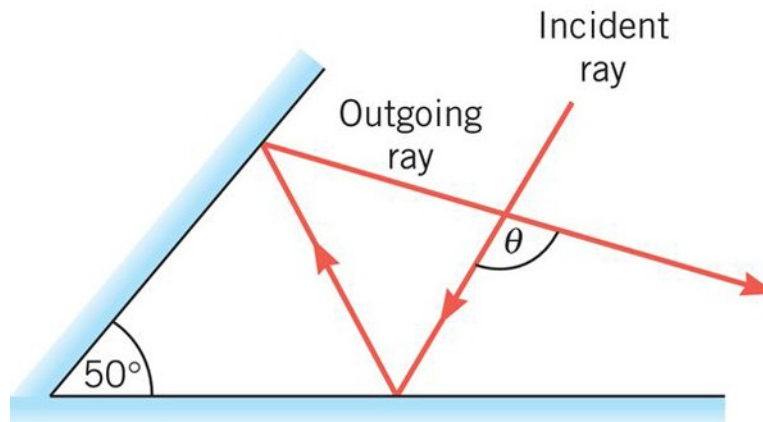
2. Pretpostavite da hodate stalnom brzinom od 0,90 m/s, okomito prema mirnom, ravnom zrcalu. Kojom se brzinom, s obzirom na vas, giba vaša slika? Neka je smjer u kojem hodate pozitivan.
RJEŠENJE: -1,8 m/s

ZADACI ZA VJEŽBU

3. Dva ravna zrcala položena su pod kutom od 120° , kao na slici. Pod kojim kutom svjetlost napušta drugo zrcalo ako na prvo zrcalo pada pod kutom od 65° ?
RJEŠENJE: 55°



4. Slika prikazuje dva ravna zrcala položena pod kutom od 50° . Upadna zraka reflektira se najprije od prvog, a zatim od drugog zrcala. Pod kojim se kutom sijeku upadna i izlazna zraka?
RJEŠENJE: 100°



ZADACI ZA VJEŽBU

5. Zrcalo stvara sliku koja je 34,0 cm iza zrcala dok je predmet smješten 7,5 cm ispred zrcala. Izračunajte žarišnu daljinu. Je li zrcalo konkavno ili konveksno?

RJEŠENJE: konkavno; 9,62 cm

6. Sferno zrcalo ima reflektirajuće plohe s obje strane. Kad se kao zrcalo koristi konkavna strana povećanje je 2,0. Koje je povećanje ako se kao zrcalo koristi konveksna strana? Predmet je jednako udaljen od zrcala u oba slučaja.

RJEŠENJE: +0,67

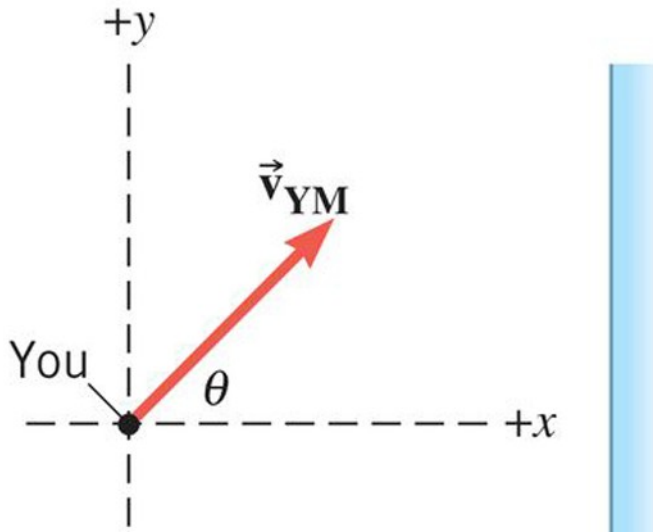
7. Konkavno zrcalo ima žarišnu daljinu od 42 cm. Slika koju zrcalo stvara nalazi se 97 cm ispred zrcala. Na kojoj je udaljenosti predmet?

RJEŠENJE: 74 cm

8. Jednaki predmeti smješteni su na istim udaljenostima od dvaju sfernih zrcala, A i B. Zrcalo A daje povećanje od 4,0, a zrcalo B daje povećanje od 2,0. Odredite omjer žarišnih daljina zrcala A i B.

RJEŠENJE: 0,67

ZADACI ZA VJEŽBU



9. Hodate stalnom brzinom od $0,90 \text{ m/s}$, pod kutom od 50° prema mirnom, ravnom zrcalu. Kojom se brzinom (po iznosu i smjeru) giba vaša slika, s obzirom na vas?
RJEŠENJE: $1,2 \text{ m/s}$; okomito na zrcalo

10. Svijeća se nalazi $15,0 \text{ cm}$ ispred konveksnog zrcala. Kad se konveksno zrcalo zamijeni s ravnim zrcalom, slika se udalji za $7,0 \text{ cm}$. Odredite žarišnu daljinu konveksnog zrcala.
RJEŠENJE: -17 cm

PITANJA ZA PONAVLJANJE

1. Valne fronte i zrake svjetlosti
2. Lom svjetlosti
3. Ravno zrcalo
4. Sferno zrcalo
5. Jednadžba zrcala
6. Karakteristične zrake
7. Povećanje zrcala
8. Realna i virtualna slika
9. Konstrukcija slike ravnog zrcala
10. Konstrukcija slike sfernog zrcala