

Interferencija i valna priroda svjetlosti

**FIZIKA
PSS-GRAD
22. siječnja 2025.**

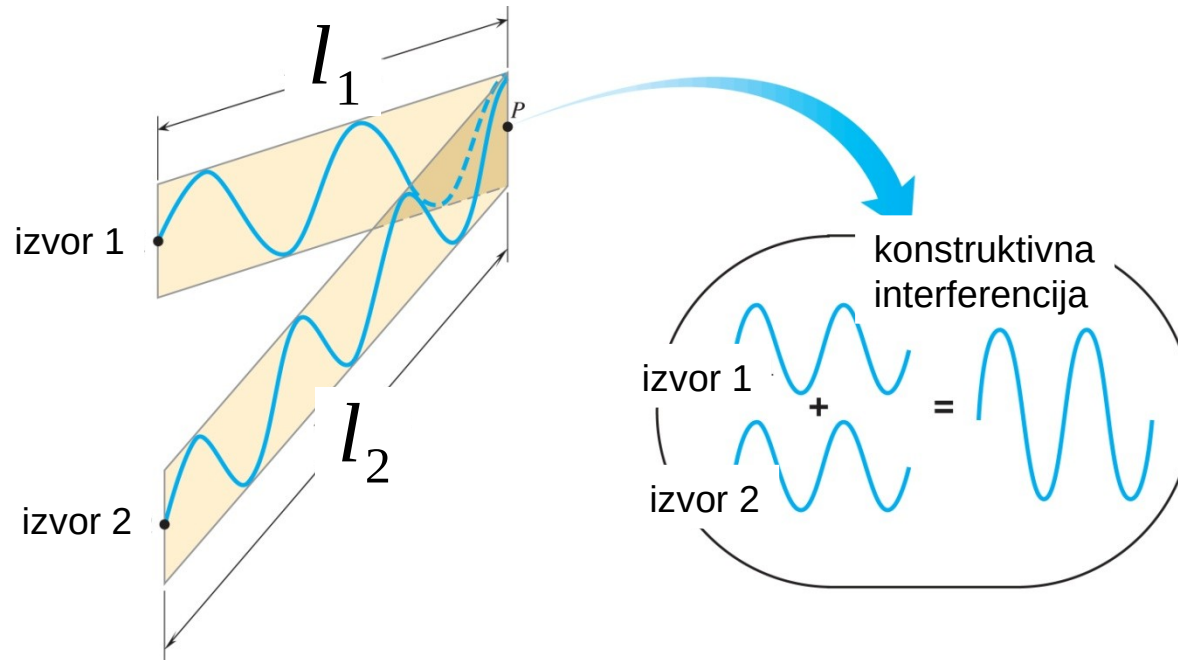


WILEY

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

27.1 Načelo linearne superpozicije

Kad dva svjetlosna vala, ili više njih, prolaze kroz istu točku, njihova se električna polja kombiniraju po načelu superpozicije.



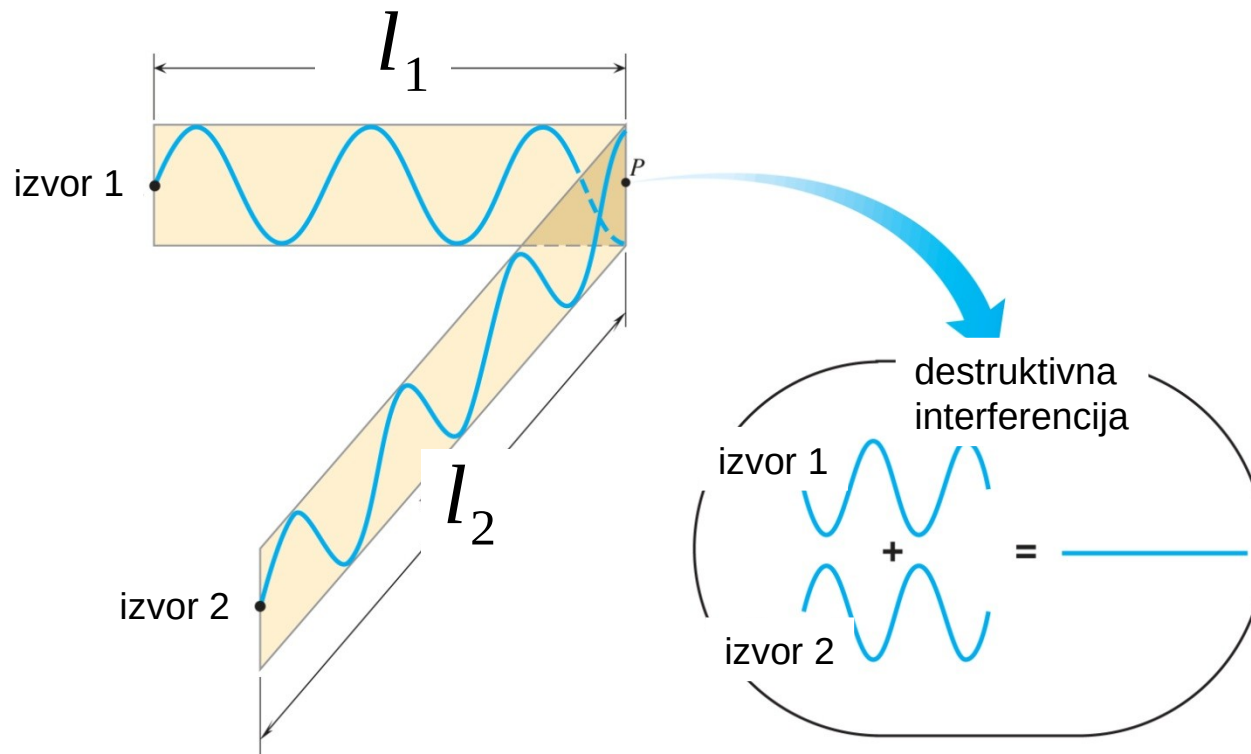
Valovi koji su emitirani *u fazi* te koji u istu točku dolaze *u fazi* daju **konstruktivnu interferenciju**.

$$\Delta l = l_2 - l_1 = m\lambda$$

$$m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

WILEY

27.1 Načelo linearne superpozicije



Valovi koji su emitirani *u fazi* te koji u istu točku dolaze *u protufazi* daju **destruktivnu interferenciju**.

$$\Delta l = l_2 - l_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

WILEY

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

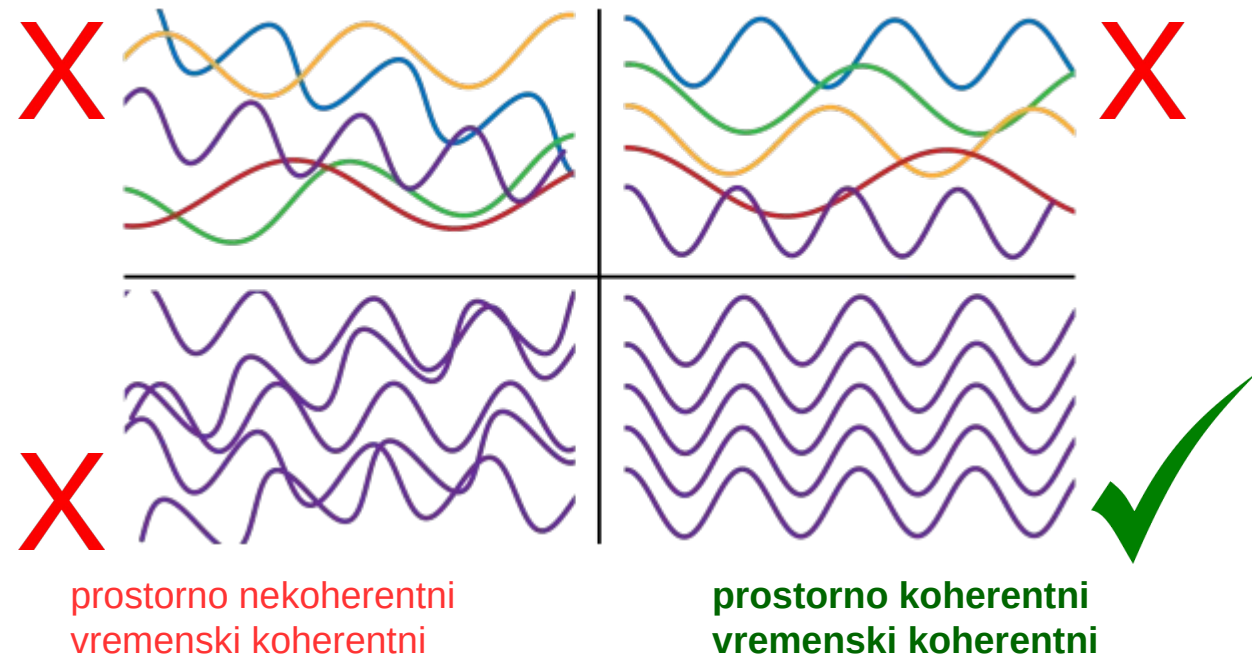
27.1 Načelo linearne superpozicije



koherentan = usklađen

prostorno nekoherentni
vremenski nekoherentni

prostorno koherentni
vremenski nekoherentni

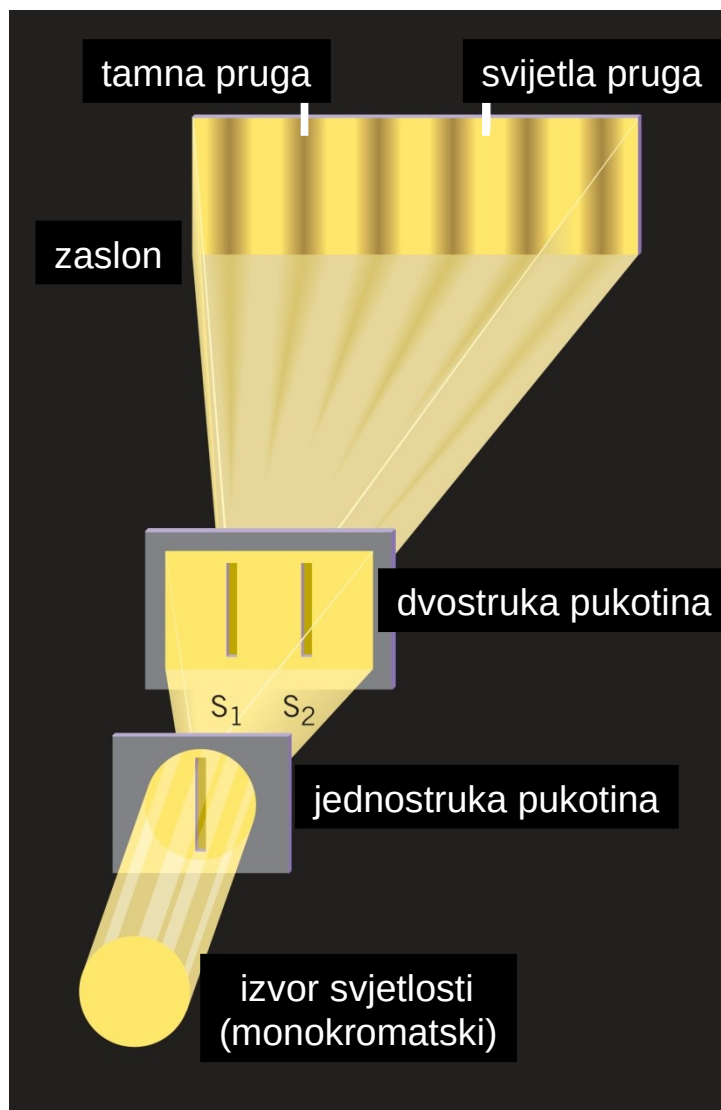


Da bi se konstruktivna ili destruktivna interferencija nastavila događati u danoj točki, izvori valova moraju biti **koherentni**.

Dva su izvora koherentni ako su i prostorno koherentni (valovi putuju u istom smjeru) i vremenski koherentni (valovi imaju istu valnu duljinu). U tom slučaju imaju **stalnu razliku faza**.

WILEY

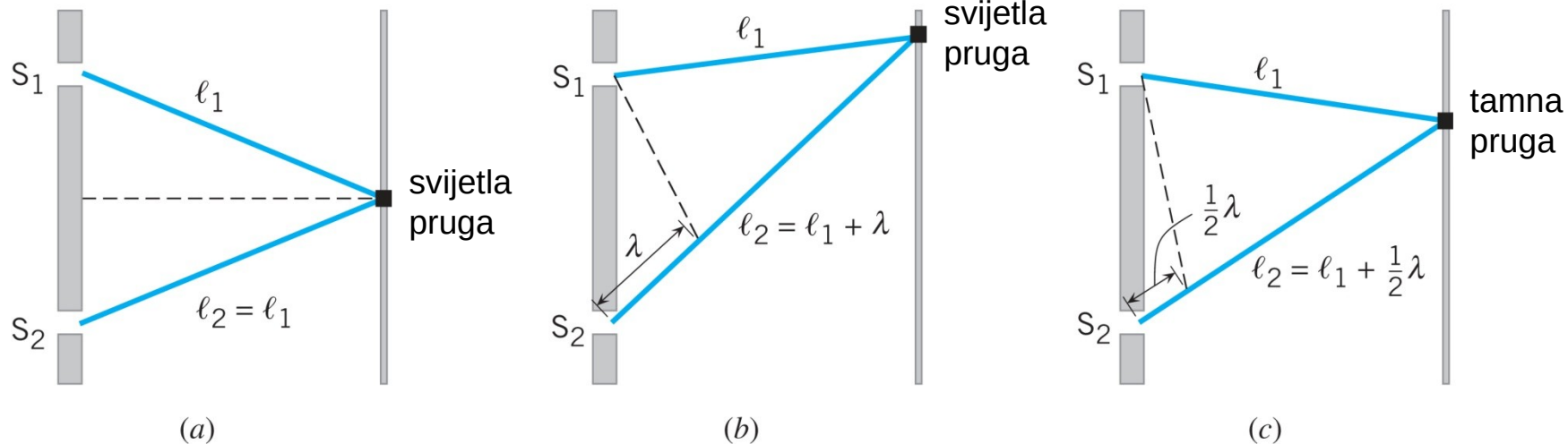
27.2 Youngov pokus s dvije pukotine



U Youngovom pokusu, dvije pukotine djeluju kao koherentni izvori svjetlosti.

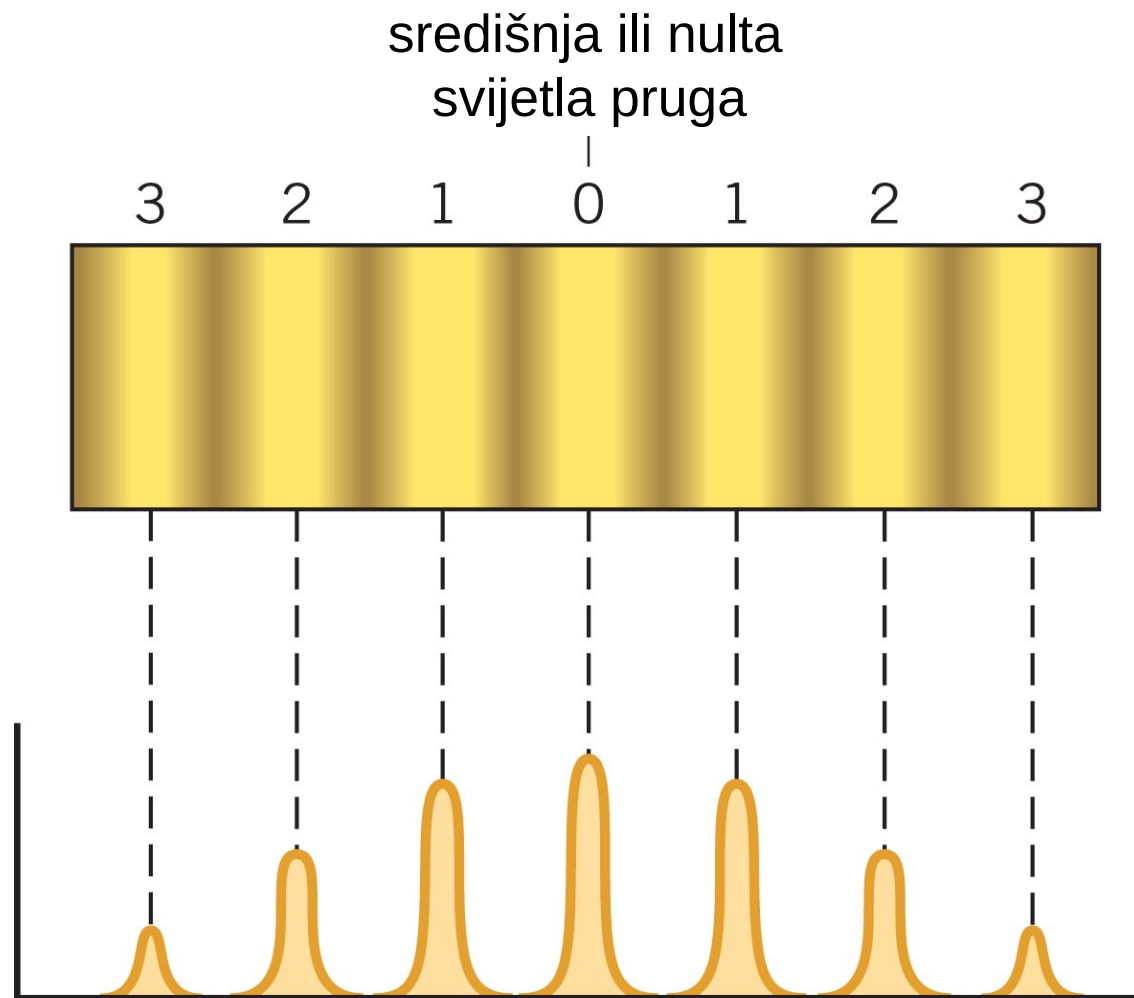
Valovi iz tih pukotina na zaslonu konstruktivno i destruktivno interferiraju.

27.2 Youngov pokus s dvije pukotine

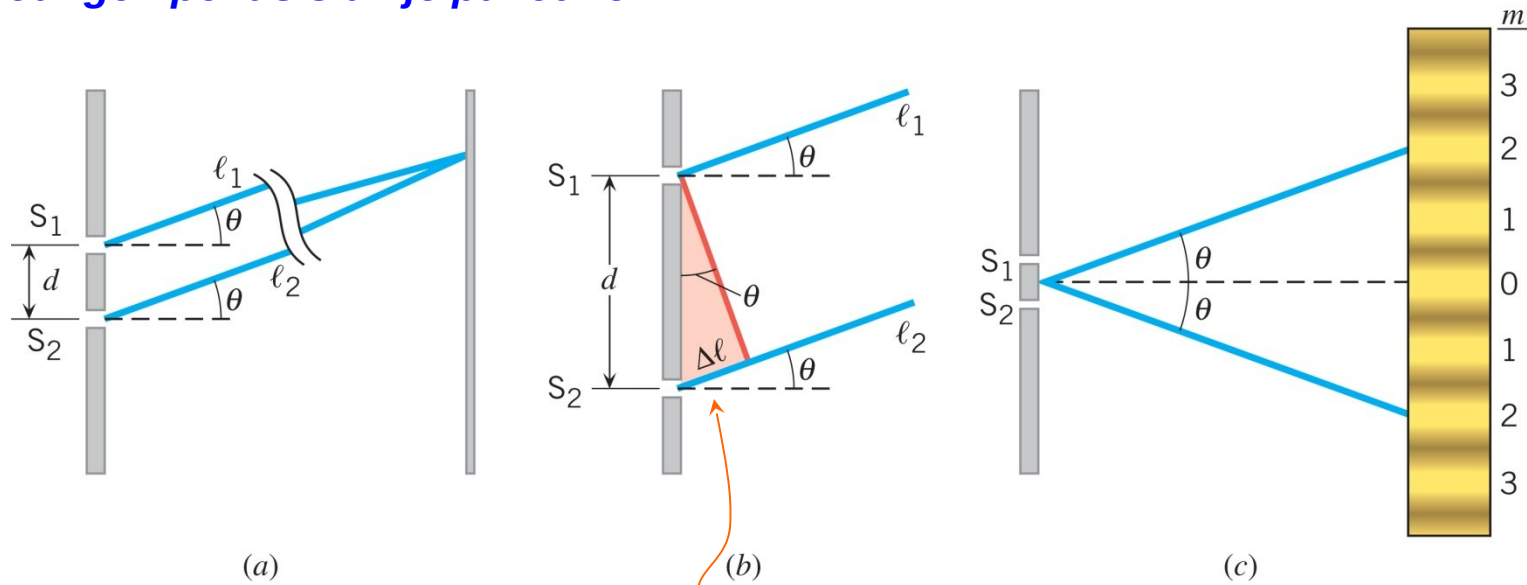


Valovi iz pukotina interferiraju na zaslonu konstruktivno ili destruktivno, ovisno o razlici **putova**.

27.2 Youngov pokus s dvije pukotine



27.2 Youngov pokus s dvije pukotine



$\sin \theta = \frac{\Delta l}{d}$

uvjet za svijetle pruge

$\sin \theta = \frac{m \lambda}{d}$

prva svijetla pruga
 $m = 0, 1, 2, 3, \dots$

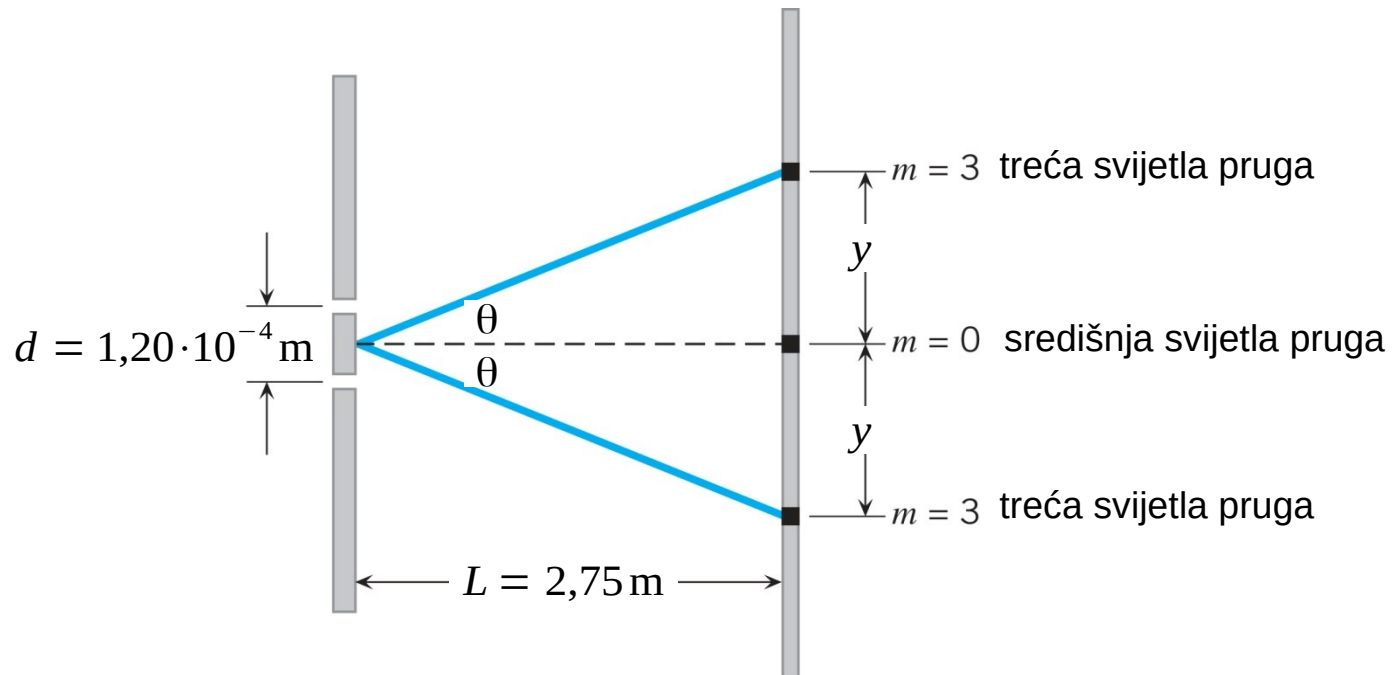
uvjet za tamne pruge

$\sin \theta = \frac{(m + \frac{1}{2}) \lambda}{d}$

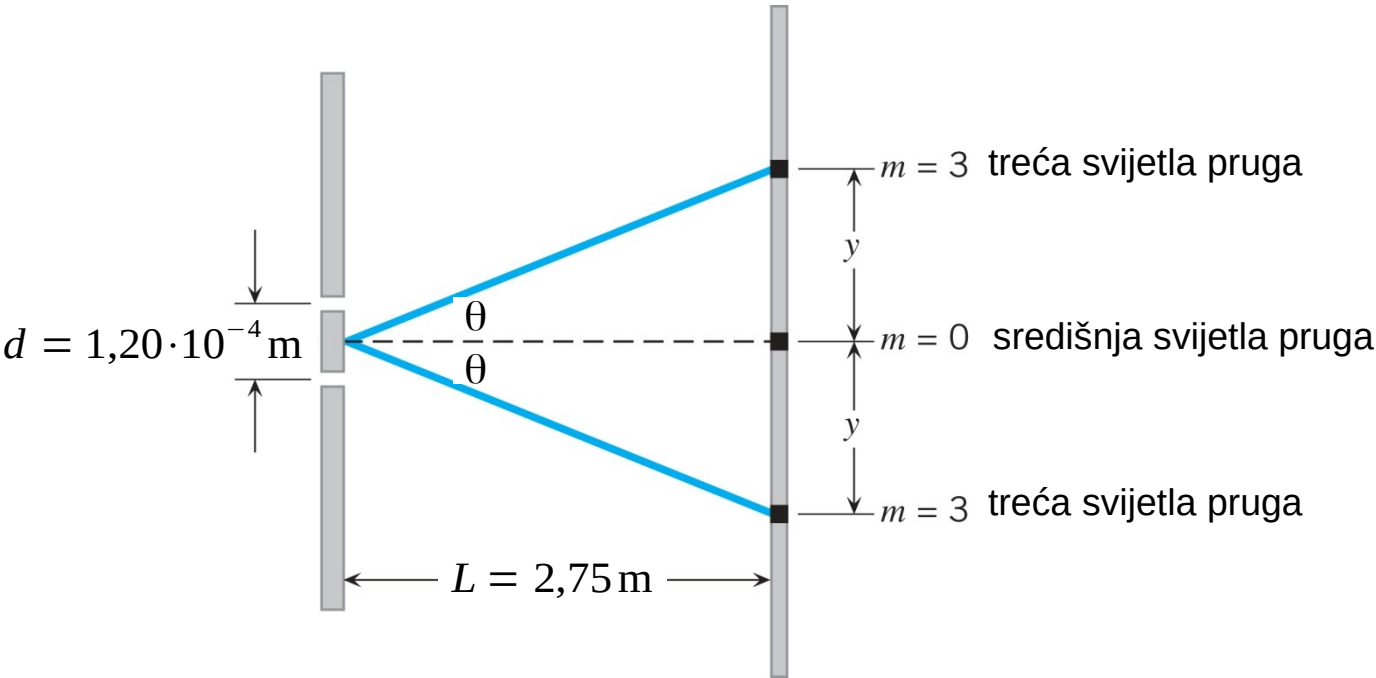
prva tamna pruga
 $m = 0, 1, 2, 3, \dots$

Primjer 1 Youngov pokus

U Youngovom pokusu, s pukotinama razmaknutim $0,000120\text{ m}$, koristi se crvena svjetlost (664 nm). Zaslon je od pukotina udaljen $2,75\text{ m}$. Koliko su, na zaslonu, razmaknute središnja svijetla pruga i treća svijetla pruga?



27.2 Youngov pokus s dvije pukotine

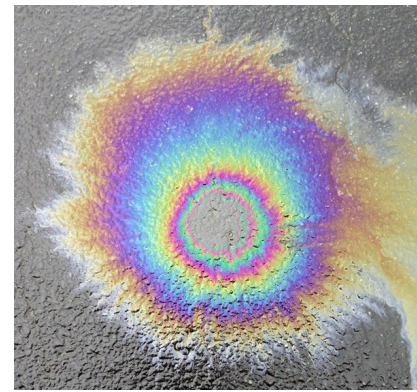
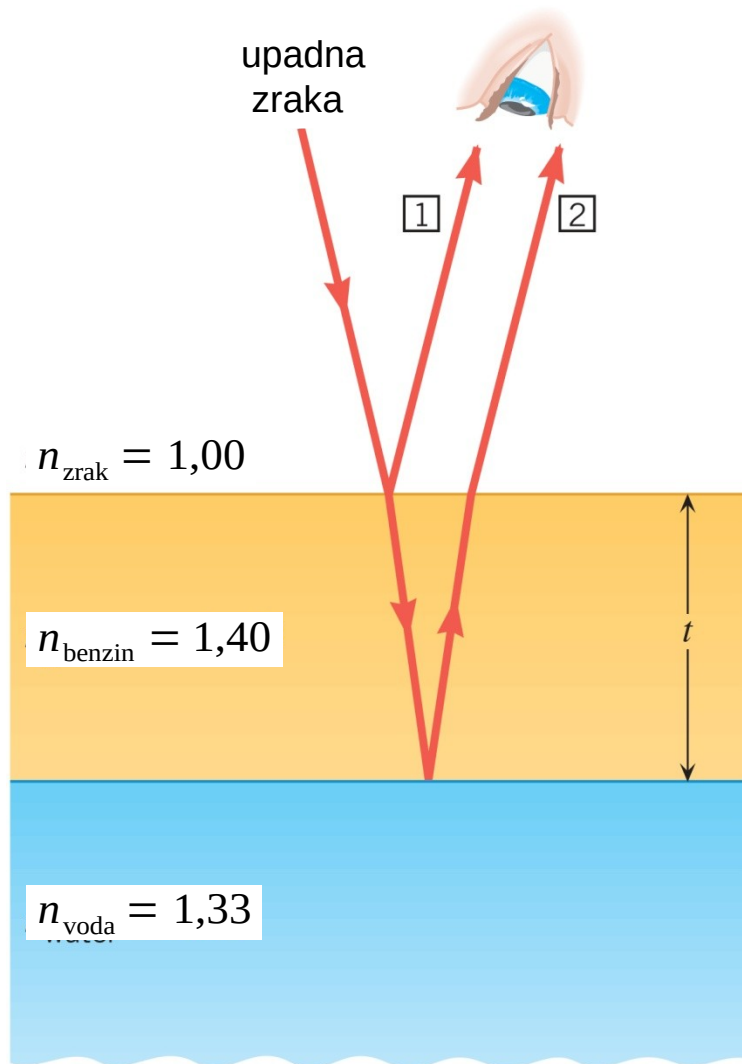


$$\sin \theta = \frac{m \lambda}{d} \quad \theta = \sin^{-1} \left(\frac{m \lambda}{d} \right) \quad \theta = \sin^{-1} \left(\frac{3 \cdot 664 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{1,20 \cdot 10^{-4} \text{ m}} \right)$$

$$\tan \theta = \frac{y}{L} \quad y = L \tan \theta \quad y = 2,75 \text{ m} \cdot \tan \left[\sin^{-1} \left(\frac{664 \cdot 10^{-9}}{0,40 \cdot 10^{-4}} \right) \right]$$

$$y = 0,0457 \text{ m}$$

27.3 Interferencija na tankom sloju



Kad svjetlost obasjava tanki sloj benzina koji pliva na debljem sloju vode, dio se svjetlosti odbija od gornjeg sloja benzina, a dio se lomi na granici zrak-benzin pa se odbija od granice benzin-voda i ponovo lomi na gornjoj granici.

Zbog dodatnog puta, koji svjetlost prevaljuje kroz tanki sloj, moguća je interferencija.

$$c = \lambda_{\text{vakuum}} f$$

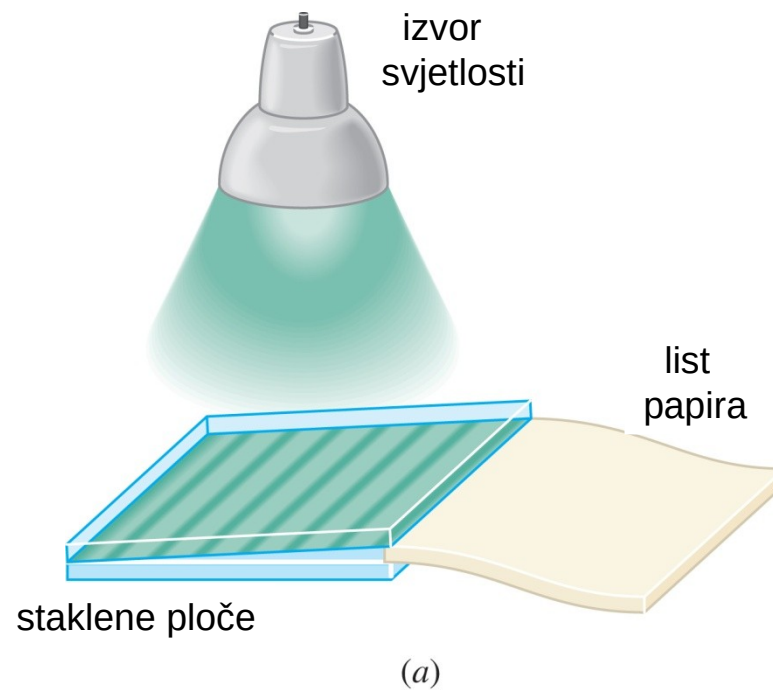
$$v = \lambda_{\text{sloj}} f$$

$$n = \frac{c}{v}$$

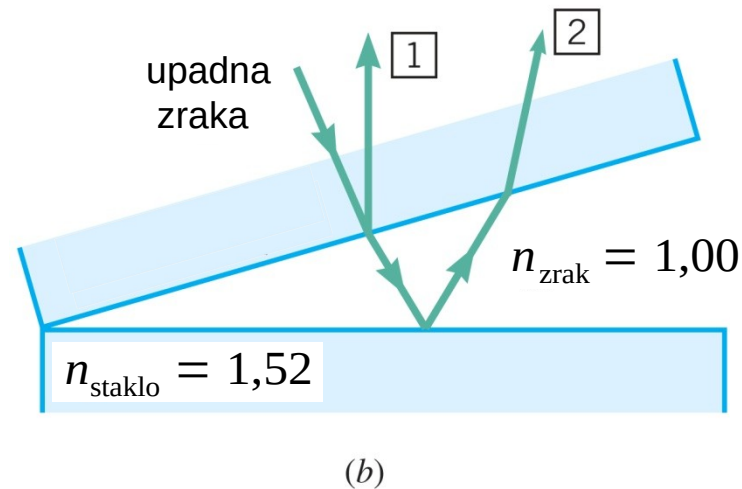
$$\lambda_{\text{sloj}} = \frac{\lambda_{\text{vakuum}}}{n}$$

WILEY

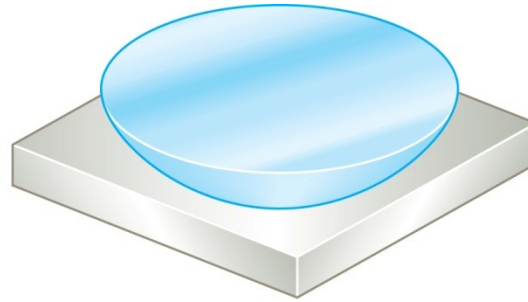
27.3 Interferencija na tankom sloju



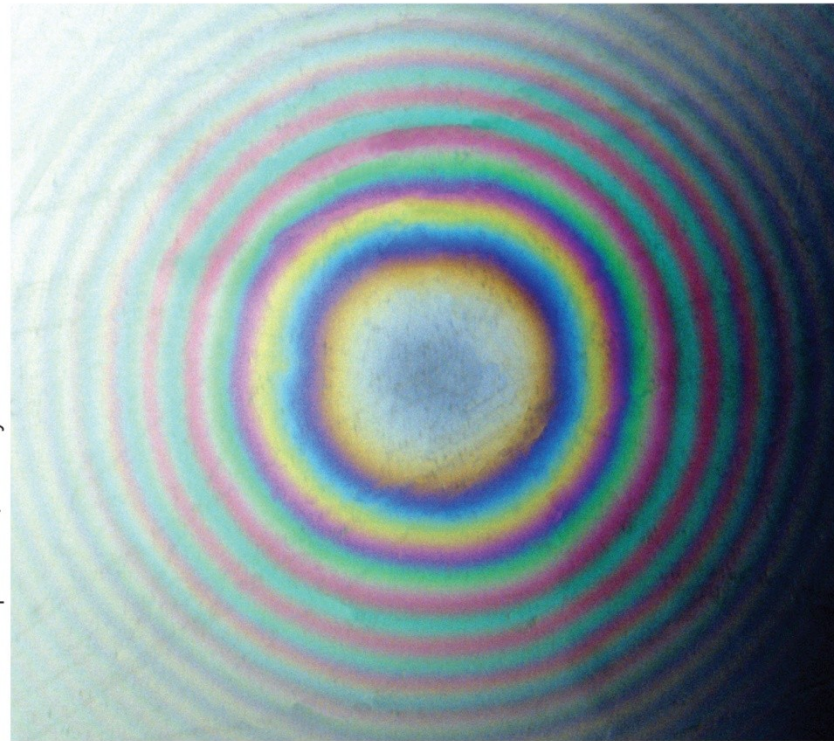
Zračni klin koji nastaje između dviju staklenih ploča uzrokuje interferencijski uzorak svijetlih i tamnih pruga.



27.3 *Interferencija na tankom sloju*



(a)



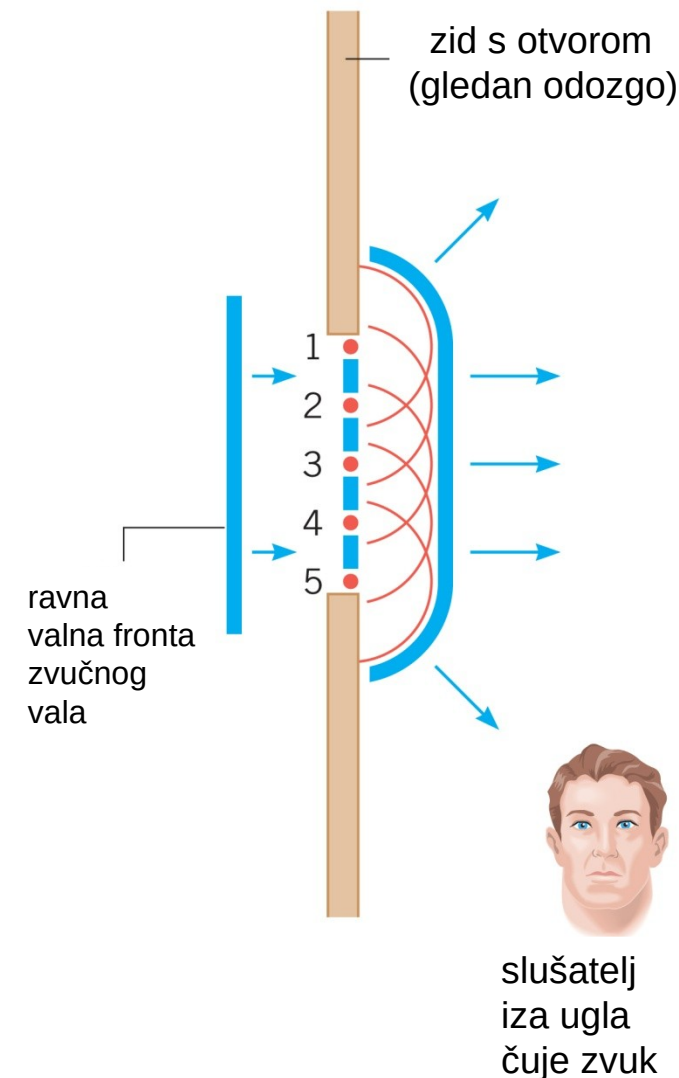
© sciencephotos/Alamy

(b)

WILEY

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

27.5 Difrakcija



Difrakcija je skretanje valova oko prepreke ili ruba otvora.

Huygensovo načelo

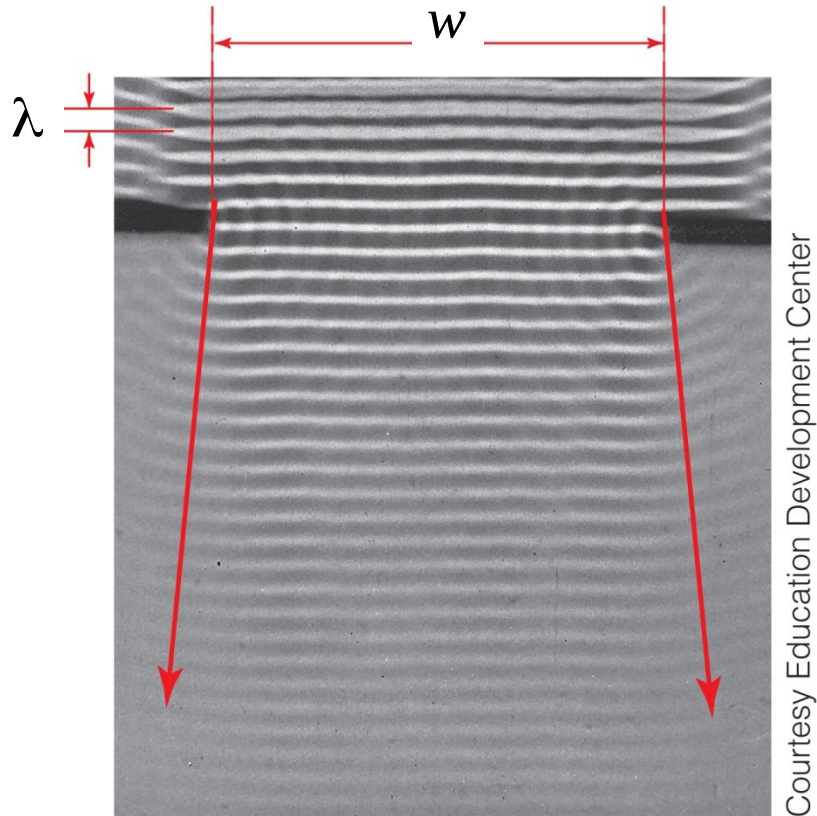
Svaka točka na valnoj fronti djeluje kao izvor malog valića koji se giba istom valnom brzinom; valna fronta u kasnijem trenutku je ploha tangencijalna na valiće.

difrakcija = ogib

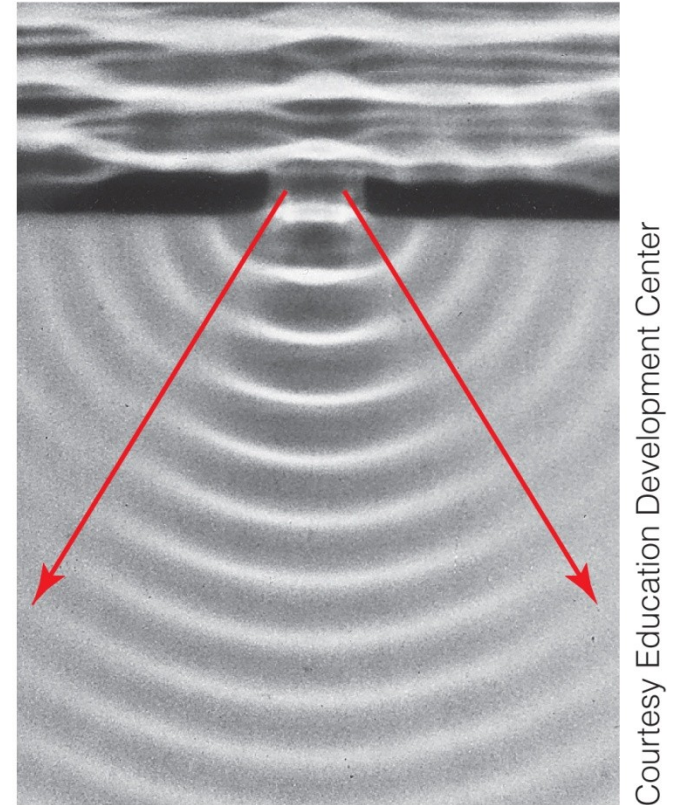


WILEY

27.5 Difrakcija



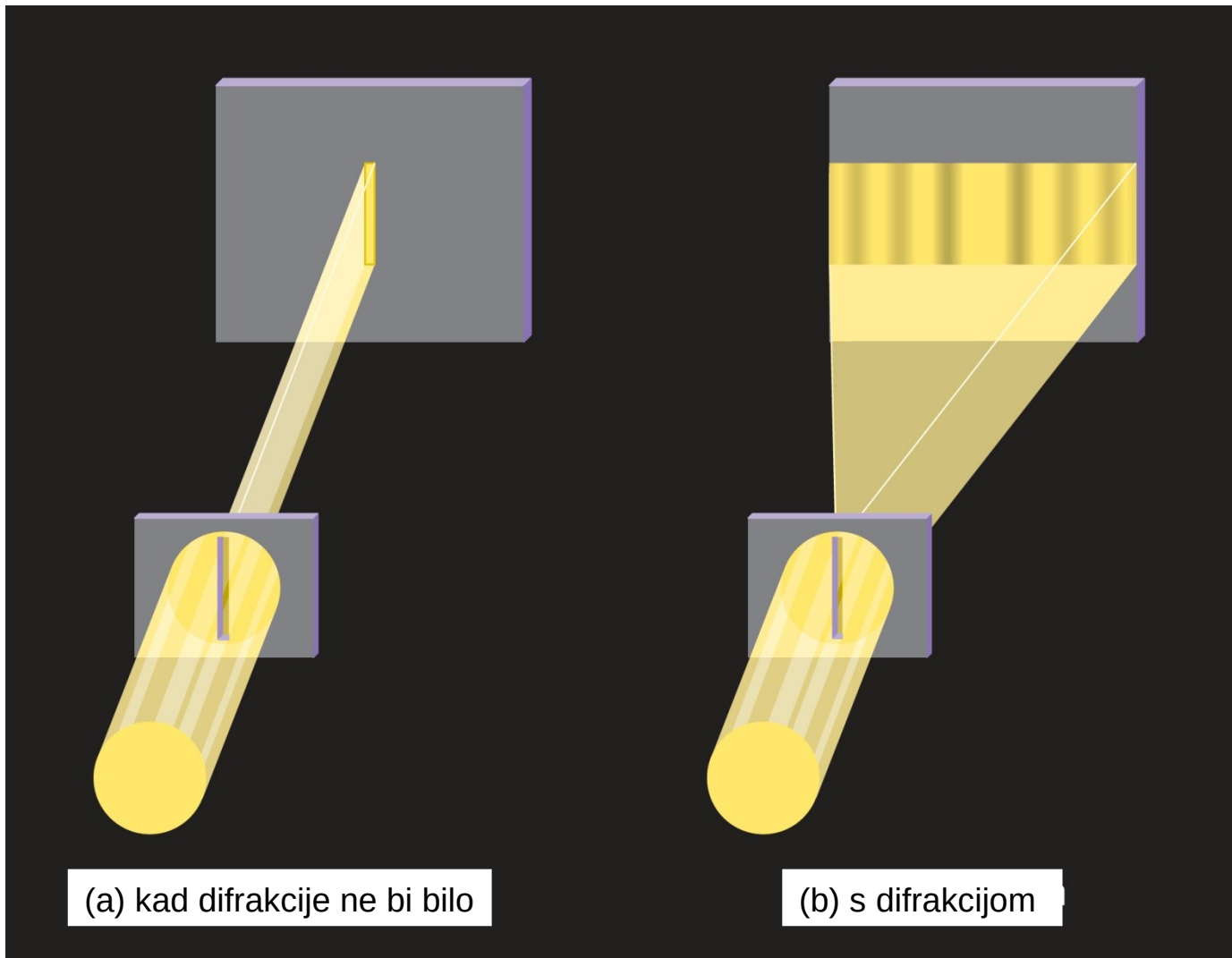
(a) Manja vrijednost λ/w , manja difrakcija.



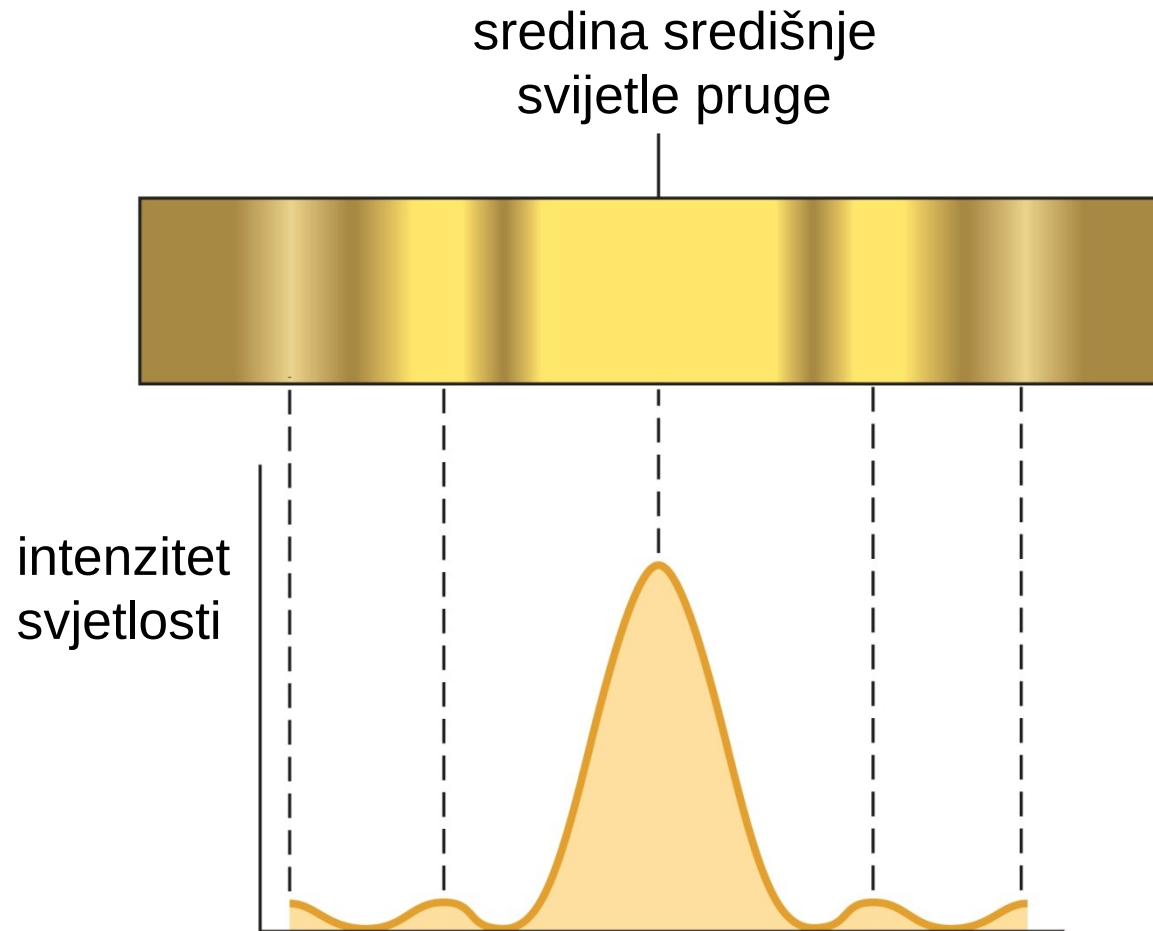
(b) Veća vrijednost λ/w , veća difrakcija.

Difrakcija je veća što je veća vrijednost omjera valne duljine i širine otvora.

27.5 Difrakcija



27.5 Difrakcija



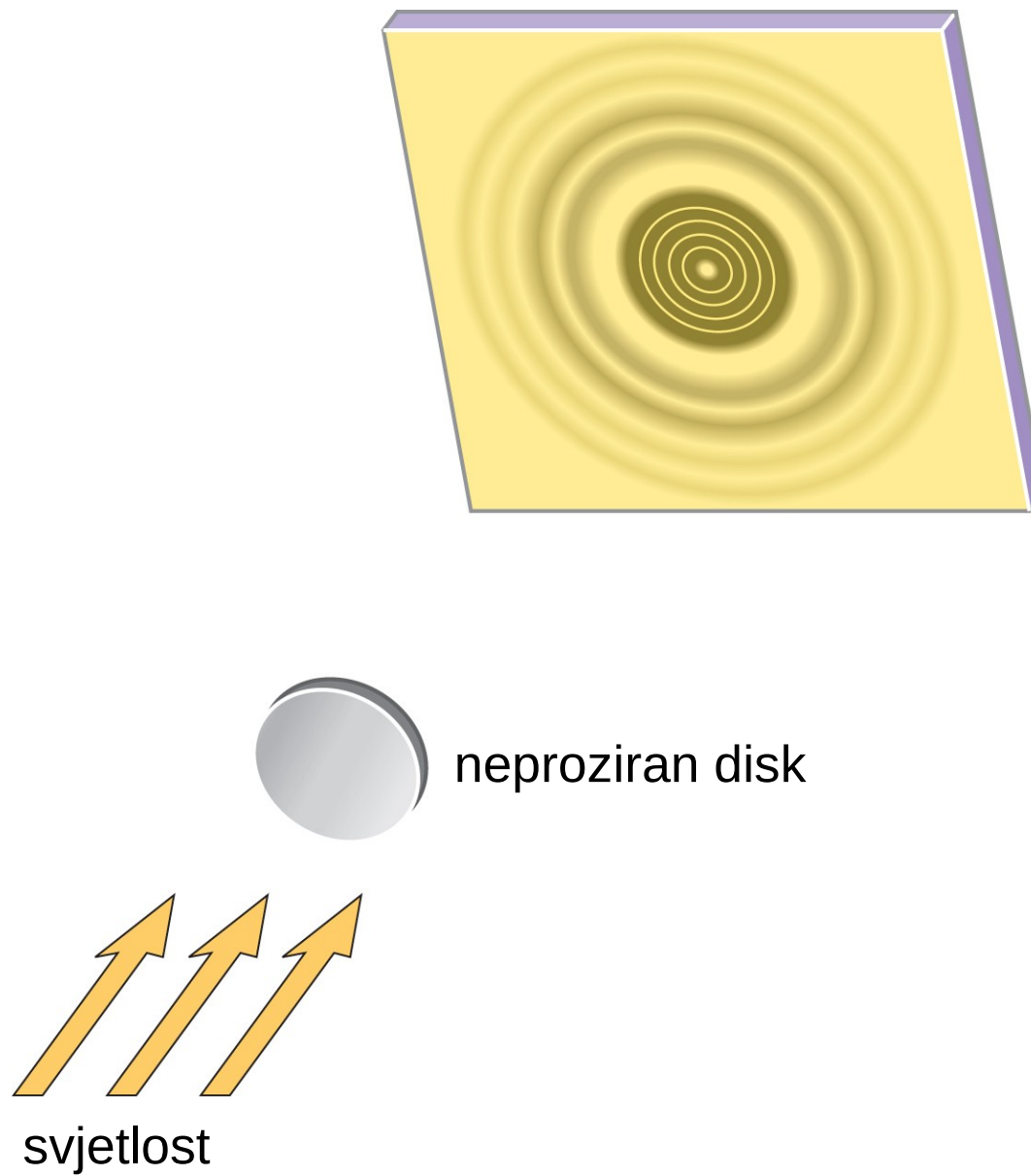
*tamne pruge
za difrakciju na
jednoj pukotini*

$$\sin \theta = \frac{m \lambda}{w}$$

$$m = 1, 2, 3, \dots$$

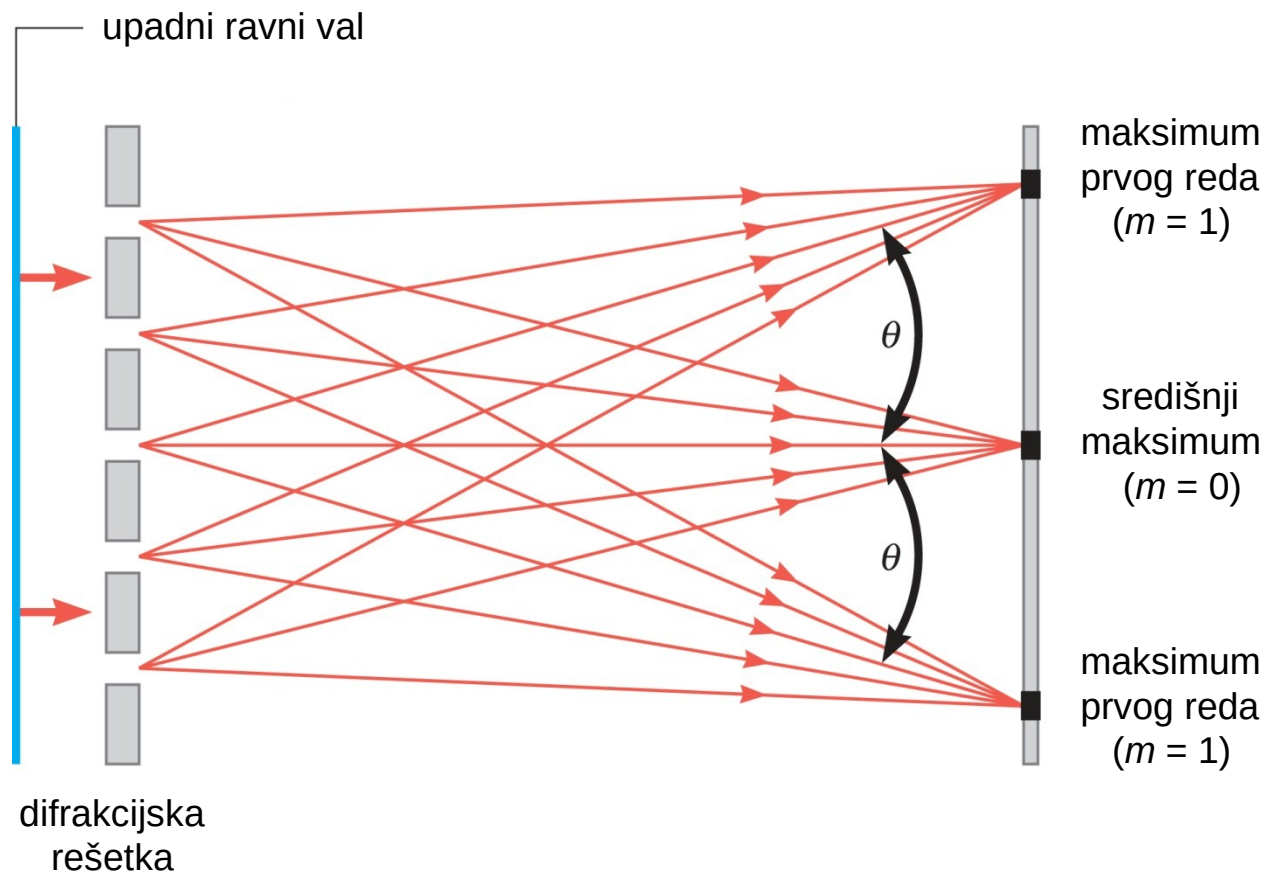
WILEY

27.5 Difrakcija

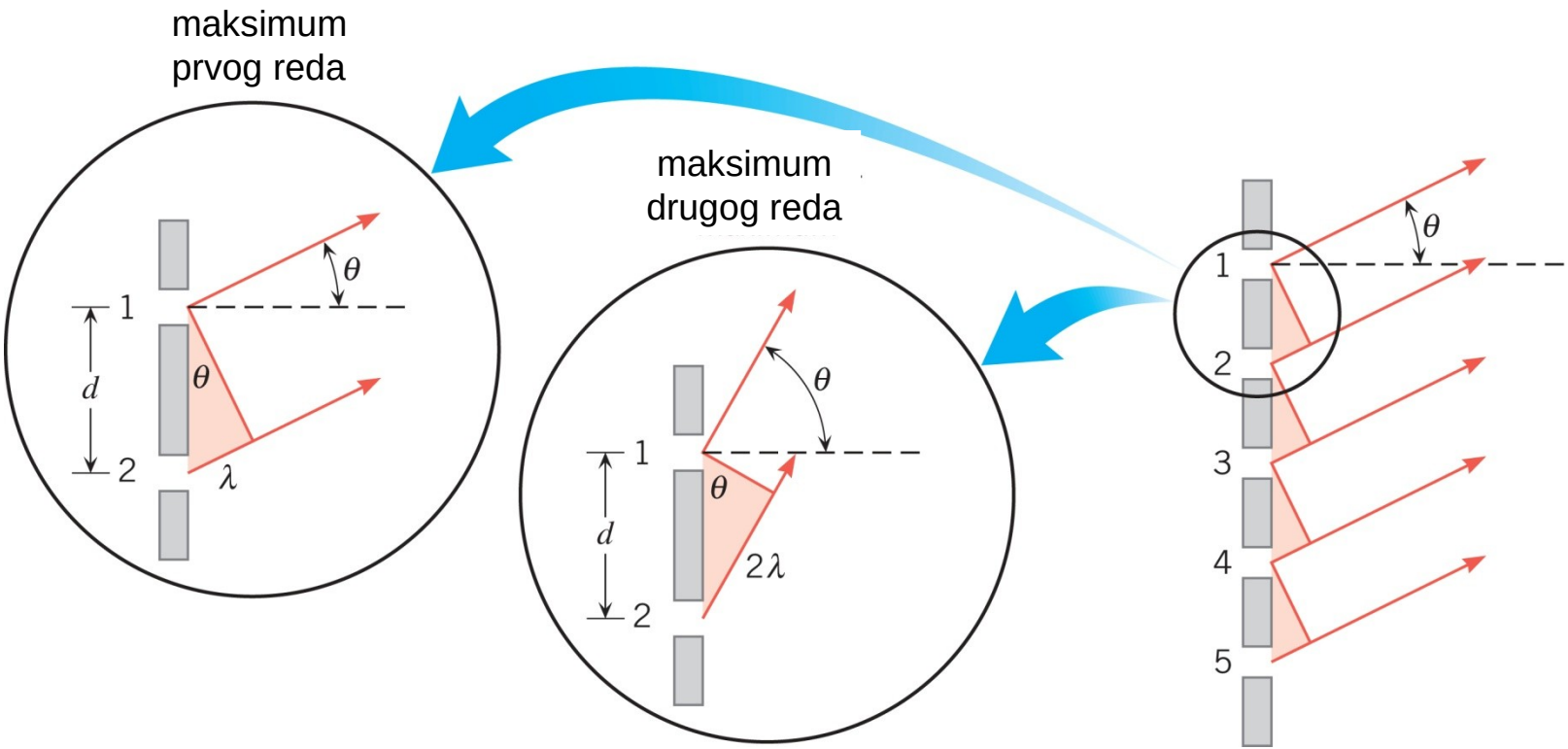


WILEY

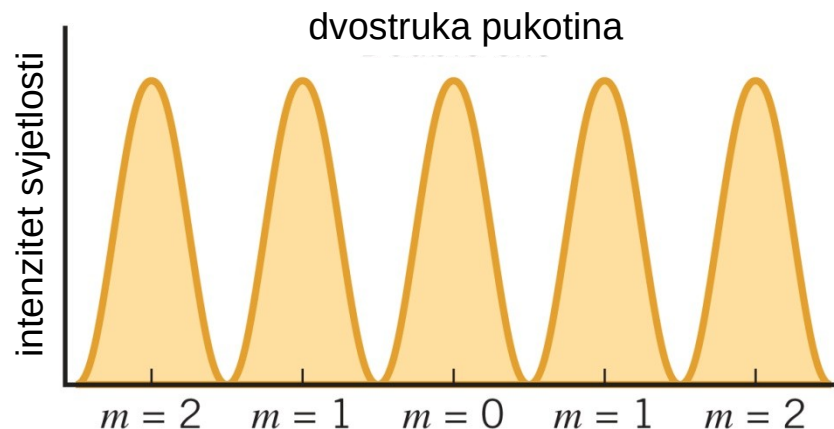
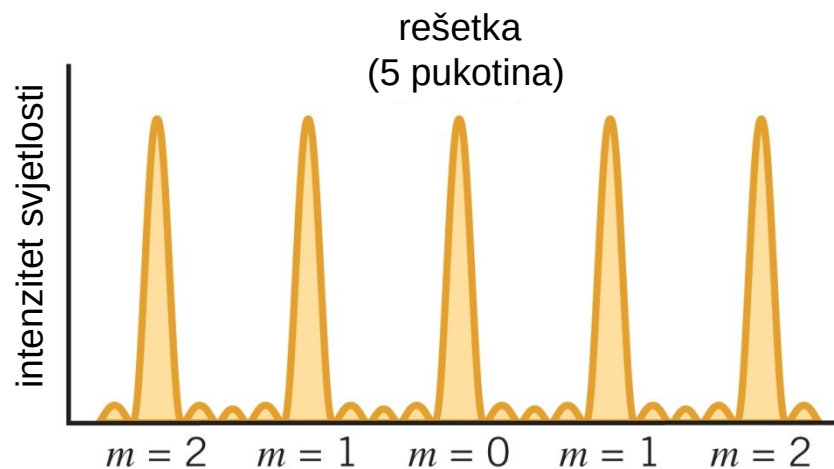
OPTIČKA REŠETKA = naprava sastavljena od niza usporednih pukotina



27.7 Difrakcijska rešetka



27.7 Difrakcijska rešetka



Svijetle pruge koje stvara difrakcijska rešetka puno su uže nego pruge koje stvara dvostruka pukotina.

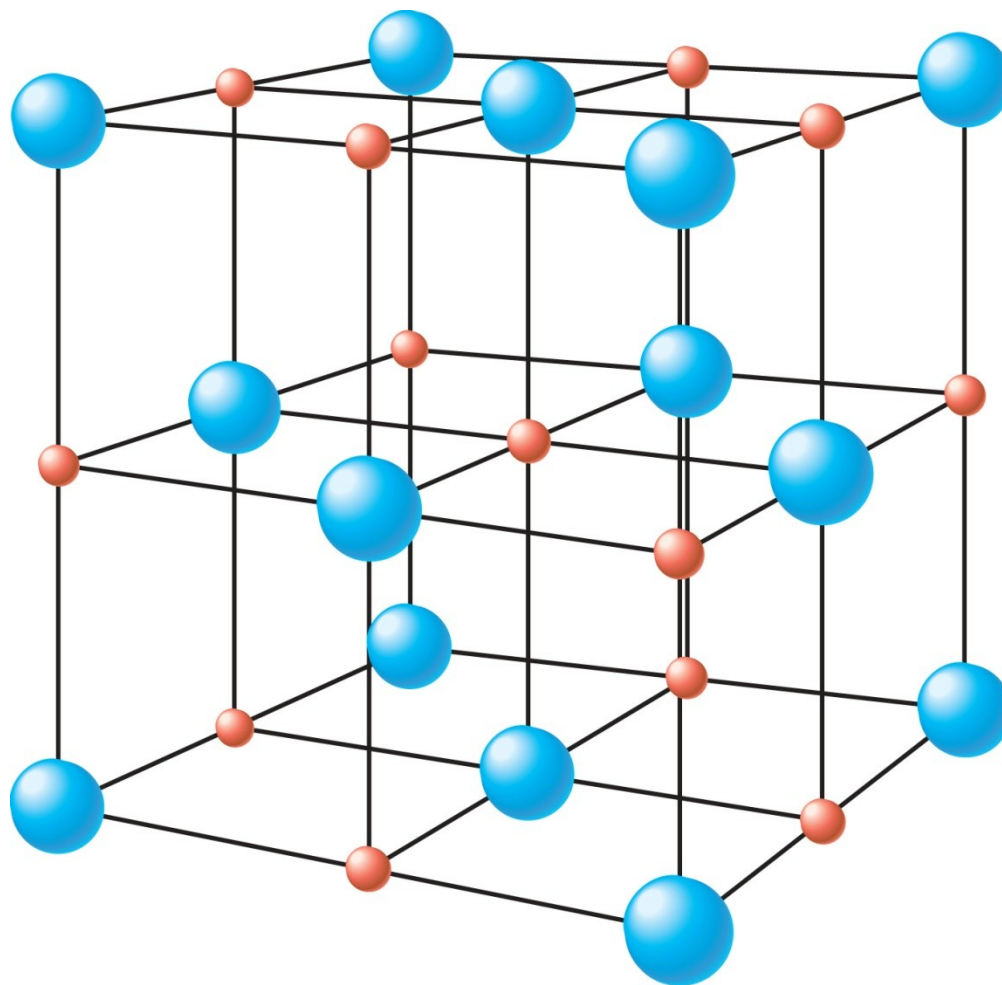
***glavni maksimumi
difrakcijske rešetke***

$$\sin \theta = \frac{m \lambda}{d} \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

razmak između
pukotina rešetke

WILEY

27.9 Rendgenska difrakcija

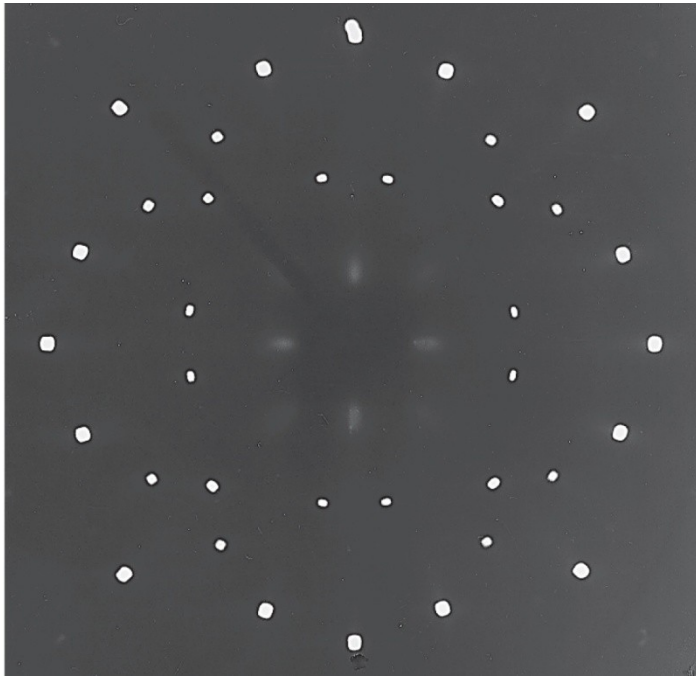


WILEY

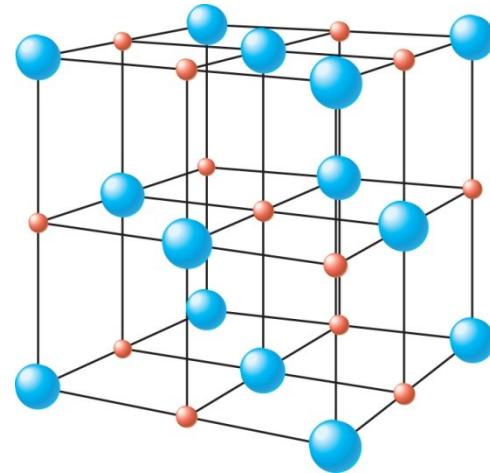
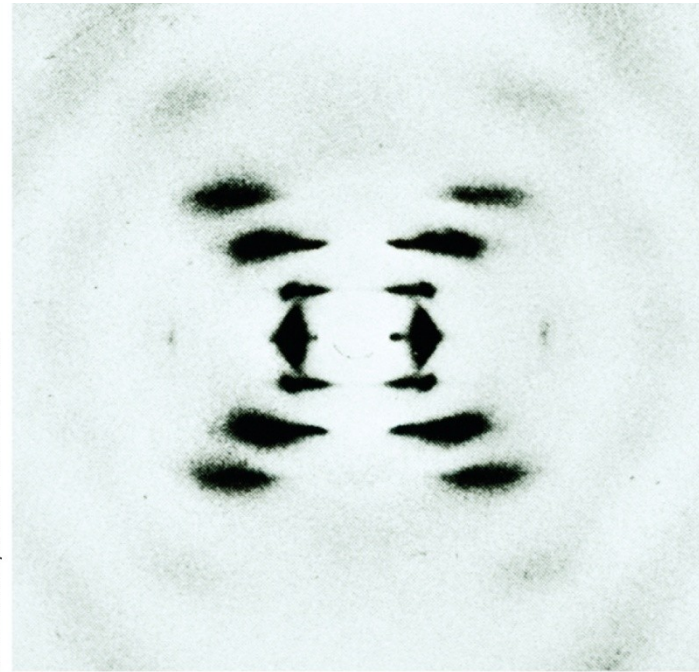
Copyright © 2015 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

27.9 *Rendgenska difrakcija*

Courtesy Edwin Jones, University of
South Carolina



Omikron/Science Source



WILEY

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

ZADACI ZA VJEŽBU

1. U Youngovom pokusu s dvije pukotine (razmaknute $1,4 \mu\text{m}$) koristi se svjetlost valne duljine 520 nm . Pod kojim se kutom vidi:

- (a) tamna pruga za koju je $m = 0$;
- (b) svijetla pruga za koju je $m = 1$;
- (c) tamna pruga za koju je $m = 1$;
- (d) svijetla pruga za koju je $m = 2$?

RJEŠENJE: 11° ; 22° ; 34° ; 48°

2. Tamna pruga za koju je $m = 0$, u Youngovom pokusu s dvije pukotine, vidi se pod kutom od 15° . Pod kojim se kutom vidi tamna pruga za koju je $m = 1$?

RJEŠENJE: 51°

3. Sedma tamna pruga, u Youngovom pokusu s dvije pukotine, na zaslonu je udaljena $0,025 \text{ m}$ od središnje svijetle pruge. Razmak zaslona i pukotina je $1,1 \text{ m}$, a razmak samih pukotina $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$. Odredite valnu duljinu svjetlosti.

RJEŠENJE: 490 nm

ZADACI ZA VJEŽBU

4. Koliko najviše svijetlih pruga može nastati sa svake strane središnje svijetle pruge ako svjetlost valne duljine 625 nm pada na dvije pukotine koje su međusobno razmaknute $3,76 \cdot 10^{-6}$ m?

RJEŠENJE: 6

5. Tamna pruga difrakcijskog uzorka koji stvara jedna pukotina (nazovimo ju A) vidi se pod kutom od 34° . Ista tamna pruga, uz istu svjetlost, koji stvara jedna druga pukotina (nazovimo ju B) vidi se pod kutom od 56° . Odredite omjer širina pukotina A i B.

RJEŠENJE: 1,5

6. Svjetlost obasjava pukotinu širine $5,6 \cdot 10^{-4}$ m. Difrakcijski uzorak nastaje na ravnom zaslonu udaljenom 4,0 m. Udaljenost središnje svijetle pruge i prve tamne pruge je 3,5 mm. Izračunajte valnu duljinu svjetlosti.

RJEŠENJE: 490 nm

7. Koliko će tamnih pruga nastati sa svake strane središnjeg maksimuma ako svjetlost valne duljine 651 nm upada na jednu pukotinu širine $5,47 \cdot 10^{-6}$ m?

RJEŠENJE: 8

ZADACI ZA VJEŽBU

8. Difrakcijska rešetka širine 1,50 cm ima 2400 pukotina. Kad se koristi svjetlost određene valne duljine, maksimum trećeg reda nastaje pod kutom $18,0^\circ$.

Odredite valnu duljinu te svjetlosti.

RJEŠENJE: 644 nm

9. Svjetlost valne duljine 495 nm pada na difrakcijsku rešetku. Svijetla pruga drugog reda nastaje pod kutom 9.34° . Koliko ta rešetka ima pukotina po centimetru?

RJEŠENJE: 1640

10. Difrakcijska rešetka stvara maksimum prvoga reda pod kutom $18,0^\circ$. Pod kojim se kutom, za istu svjetlost, vidi maksimum trećega reda?

RJEŠENJE: $68,0^\circ$

PITANJA ZA PONAVLJANJE

1. Načelo linearne superpozicije
2. Konstruktivna interferencija
3. Destruktivna interferencija
4. Koherentni izvori
5. Youngov pokus
6. Interferencija na tankom sloju
7. Difrakcija
8. Difrakcija na jednoj pukotini
9. Difrakcijska rešetka
10. Rendgenska difrakcija