

Cahaya



Sifat cahaya : partikel?

- Hingga akhir abad ke 19, cahaya dianggap sebagai suatu aliran partikel.
- Partikel tsb dipancarkan oleh benda yang dilihat maupun oleh mata orang yang melihat.
- **Isaac Newton** (1642-1727) adalah penemu teori cahaya.
 - menyatakan bahwa partikel meninggalkan obyek dan merangsang indra penglihatan ketika memasuki mata

Ini adalah anggapan hingga akhir abad ke 18.

Sifat cahaya : gelombang?

Christian Huygens (1629-1695) berpendapat bahwa cahaya kemungkinan merupakan sejenis gerakan gelombang.

Thomas Young (1801) membuktikan pertama kali tentang sifat cahaya sebagai gelombang melalui suatu demonstrasi.

- membuktikan bahwa berkas cahaya saling berinteraksi satu sama lain
 - beberapa sifat tersebut tidak dapat dibuktikan sebagai sifat partikel.
 - Selama abad 19, penemuan tentang teori gelombang dari cahaya lebih diterima.
 - **Maxwell** menegaskan bahwa cahaya adalah suatu bentuk gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi
 - **Hertz** menyetujui pendapat Maxwell.
- Ini adalah anggapan hingga akhir abad ke 19!

Sifat cahaya : partikel, gelombang atau keduanya?

- Beberapa percobaan tidak dapat dijelaskan dengan sifat gelombang dari cahaya.
- Efek *photoelectric* merupakan fenomena utama yang tidak dapat dijelaskan oleh gelombang.
 - Ketika cahaya menabrak permukaan logam, kadang-kadang elektron akan keluar dari permukaan logam.
 - Energi kinetik dari elektron yang terlepas tidak tergantung pada frekuensi cahaya.

Menurut teori Einstein, energi foton sebanding dengan frekuensi gelombang elektromagnet.

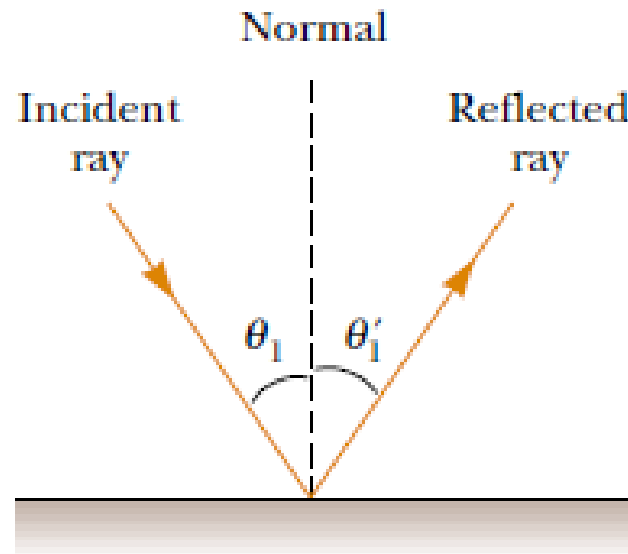
Energi foton sebanding dengan frekuensi gelombang elektromagnet :

$$E = hf$$

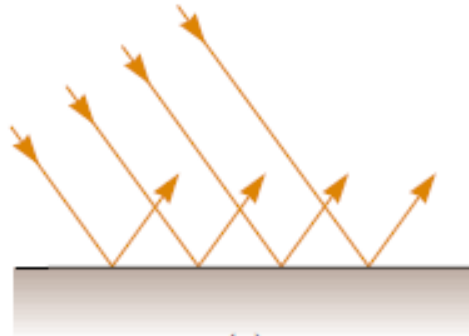
Konstanta kesebandingan $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js adalah konstanta Planck.

Refleksi (pemantulan)

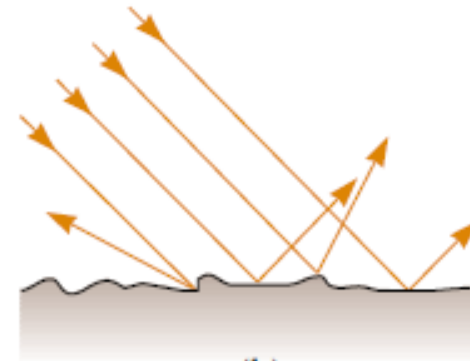
Bila seberkas cahaya yang melalui suatu medium menabrak batas medium lain, sebagian cahaya akan dipantulkan.



Pantulan cahaya dari permukaan licin disebut pantulan **spekular**.



Pantulan cahaya dari permukaan kasar disebut pantulan **diffuse** (**baur**).



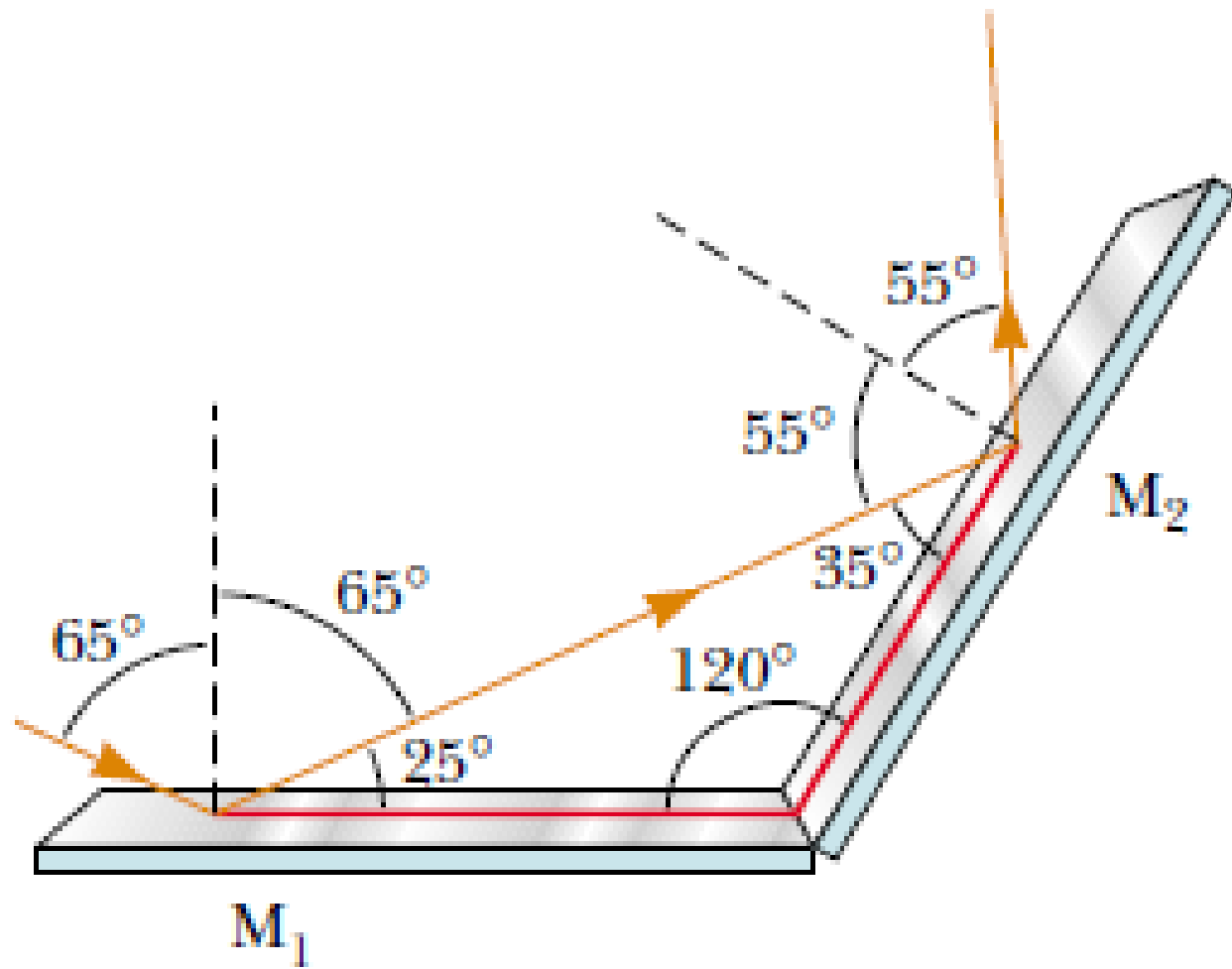
Hukum pantulan cahaya

Sudut datang sama dengan sudut pantul.

$$\theta_1' = \theta_1$$

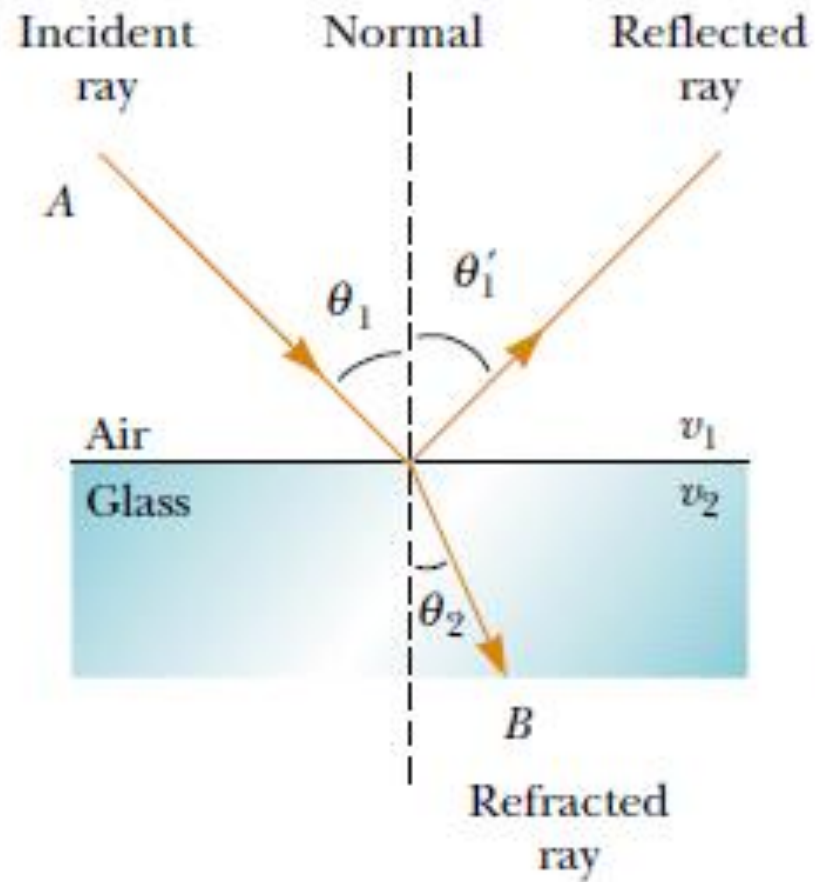
Ex. 1. The Double-Reflected Light Ray

Two mirrors make an angle of 120° with each other, as illustrated in Figure. A ray is incident on mirror M1 at an angle of 65° to the normal. Find the direction of the ray after it is reflected from mirror M2.

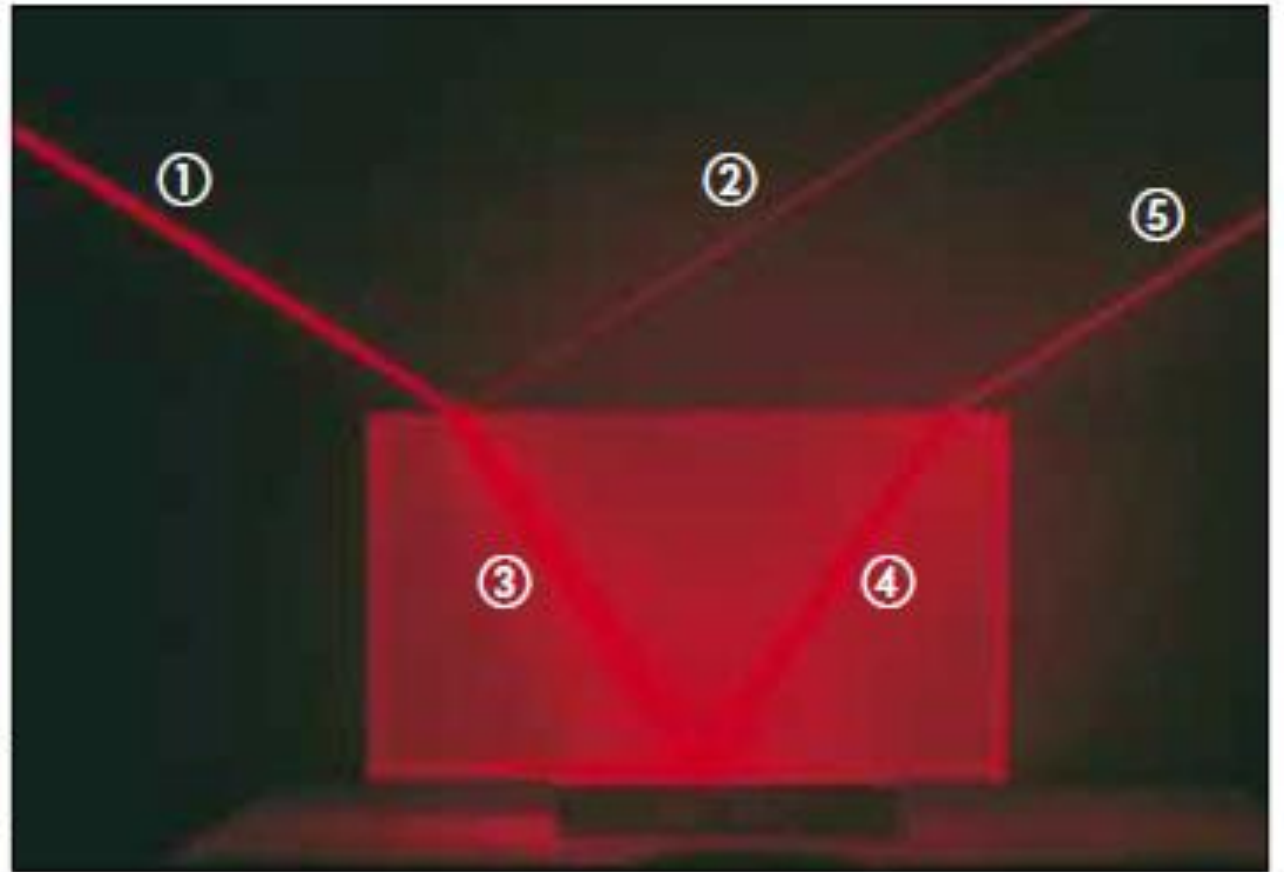


Refraksi (pembiasan)

Bila seberkas cahaya melalui medium transparan menabrak suatu permukaan medium transparan lain, sebagian energi akan dipantulkan dan sebagian lain akan memasuki medium kedua.



Henry Leap and Jim Lehman



Sudut pembiasan tergantung pada sifat-sifat kedua media dan pada sudut datang, sesuai persamaan :

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \text{constant}$$

Dimana v_1 kecepatan cahaya di medium pertama dan v_2 kecepatan cahaya di medium kedua.

Indeks bias

Cahaya merambat dengan kecepatan maksimum pada kondisi vakum.

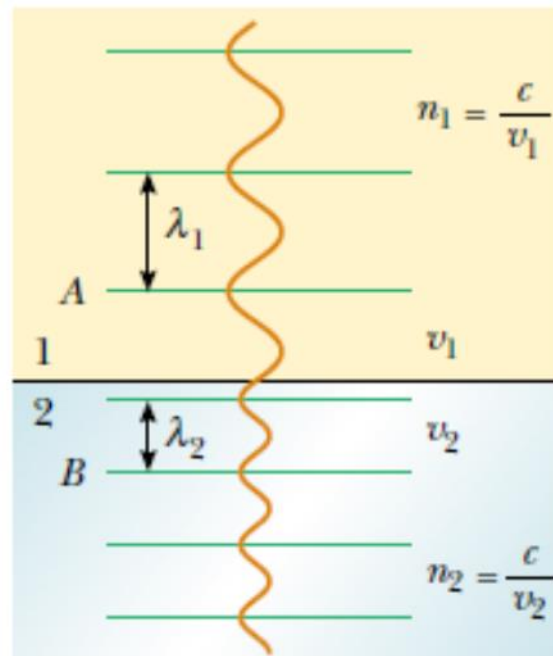
Indeks bias dari suatu medium n adalah :

$$n \equiv \frac{\text{speed of light in vacuum}}{\text{speed of light in a medium}} = \frac{c}{v}$$

Indices of Refraction^a

Substance	Index of Refraction	Substance	Index of Refraction
<i>Solids at 20°C</i>		<i>Liquids at 20°C</i>	
Cubic zirconia	2.20	Benzene	1.501
Diamond (C)	2.419	Carbon disulfide	1.628
Fluorite (CaF ₂)	1.434	Carbon tetrachloride	1.461
Fused quartz (SiO ₂)	1.458	Ethyl alcohol	1.361
Gallium phosphide	3.50	Glycerin	1.473
Glass, crown	1.52	Water	1.333
Glass, flint	1.66		
Ice (H ₂ O)	1.309	<i>Gases at 0°C, 1 atm</i>	
Polystyrene	1.49	Air	1.000 293
Sodium chloride (NaCl)	1.544	Carbon dioxide	1.000 45

Bila cahaya merambat dari satu medium ke medium lain, frekuensinya tidak berubah, tetapi panjang gelombangnya berubah.



$$v = f\lambda$$

$$\because f_1 = f_2 = f$$

$$v_1 = f\lambda_1 \quad \text{and} \quad v_2 = f\lambda_2$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$

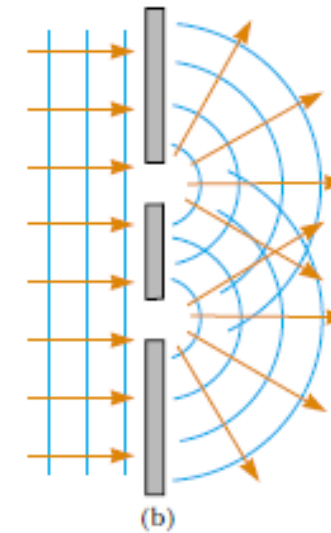
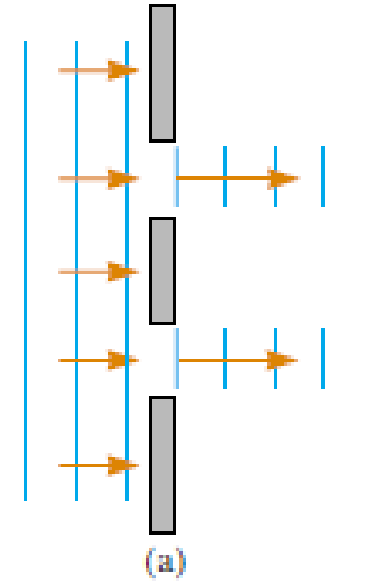
Interferensi cahaya

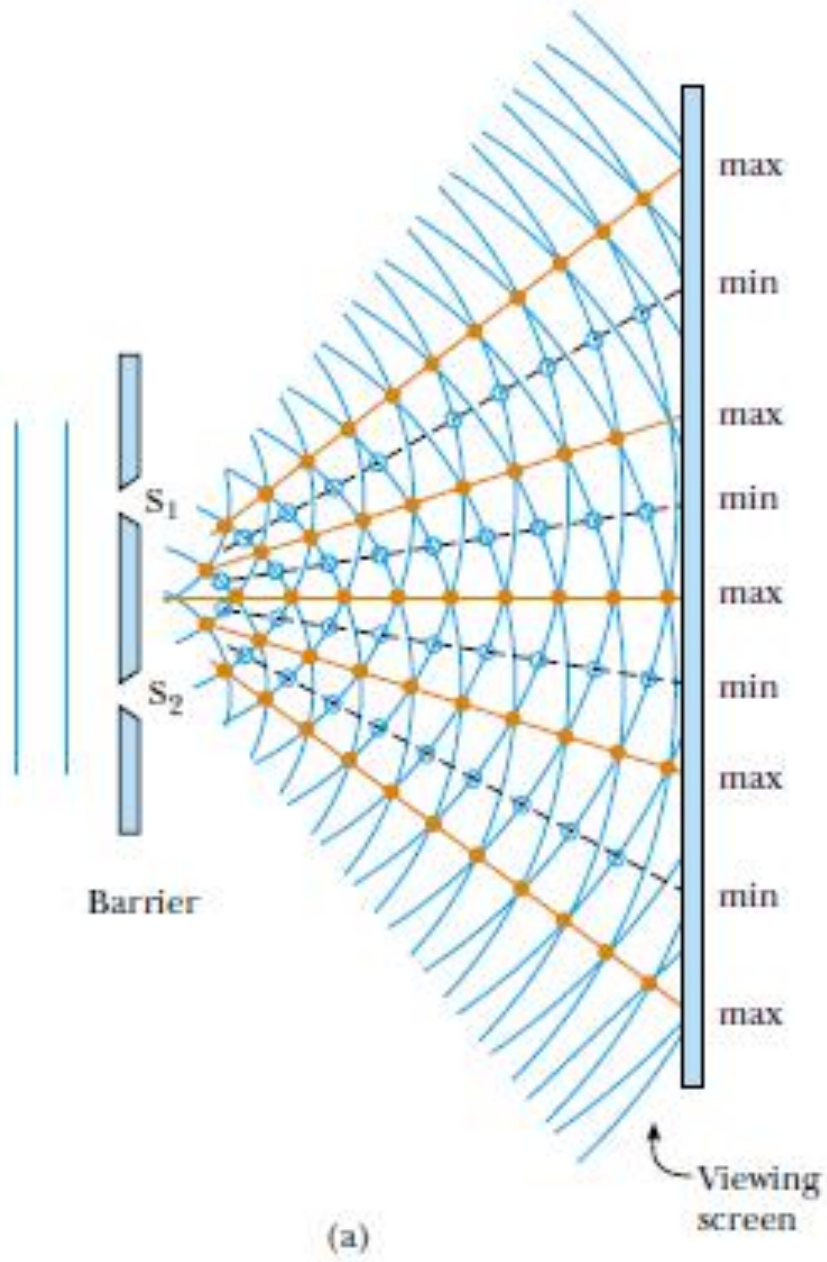
Interferensi cahaya terjadi apabila 2 atau lebih gelombang saling tumpang tindih pada titik tertentu.

Pola gangguannya terdiri atas 2 macam :

- (1) sumber cahayanya coherent (runtut)
- (2) sumber cahayanya mempunyai panjang gelombang yang identik (monokromatis).

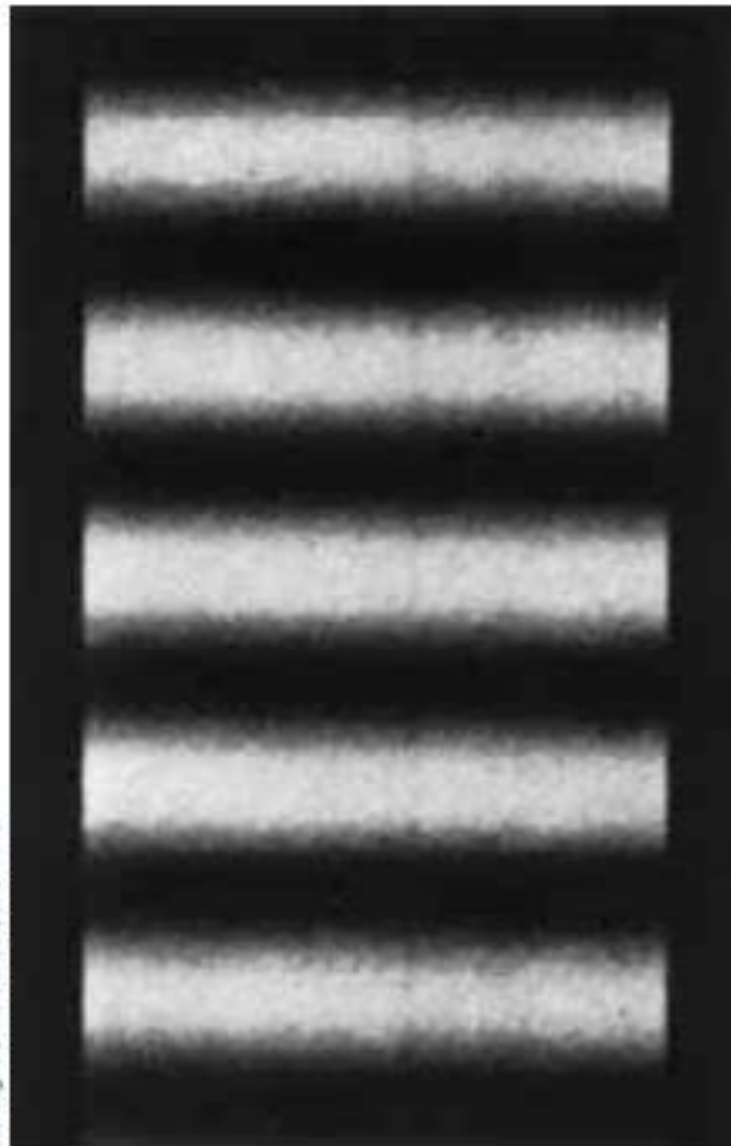
- (a) Bila gelombang cahaya tidak menyebar setelah melewati celah, maka tidak akan terjadi gangguan.
- (b) Bila gelombang dari 2 celah saling tumpang tindih saat mereka menyebar, mengisi area bayangan dengan cahaya, dan menghasilkan *interference fringes* pada layar di samping celah.





(a)

M. Cagnat, M. Francon, J. C. Thier



(b)

fringes

Diffraksi

Diffraksi adalah pembelokan cahaya dari jalur lurus oleh celah sempit sebagai penghalang. Hal ini sesuai dengan sifat cahaya sebagai gelombang.

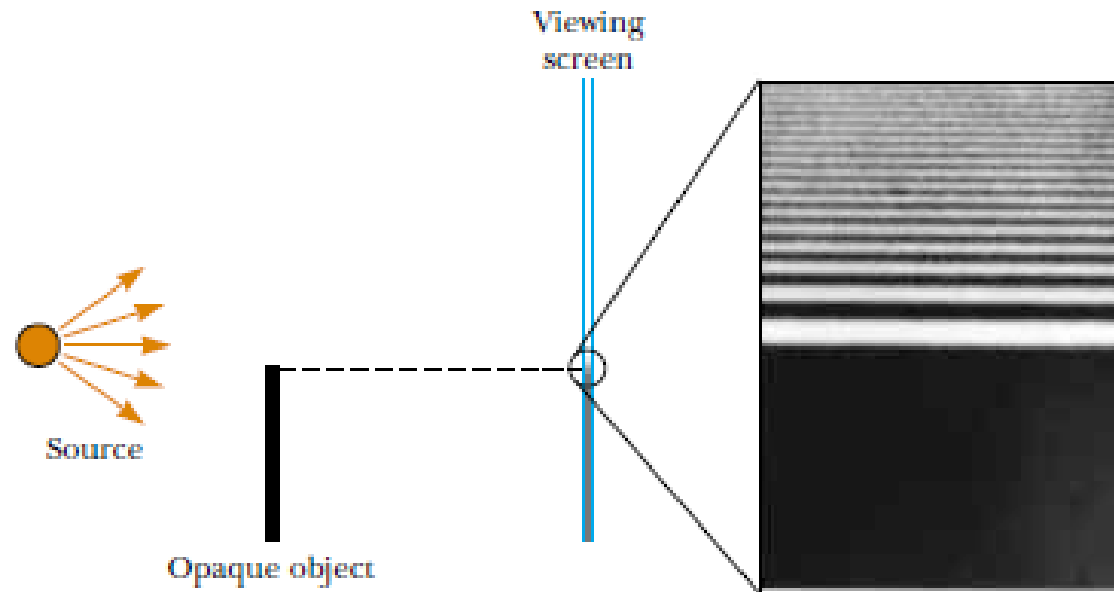
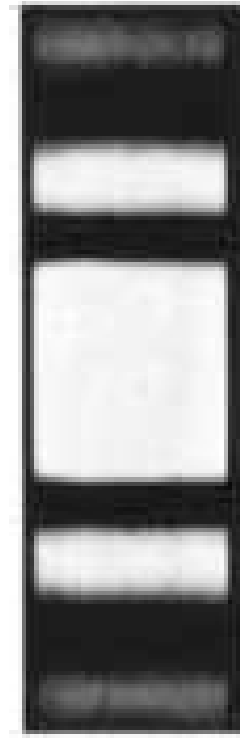
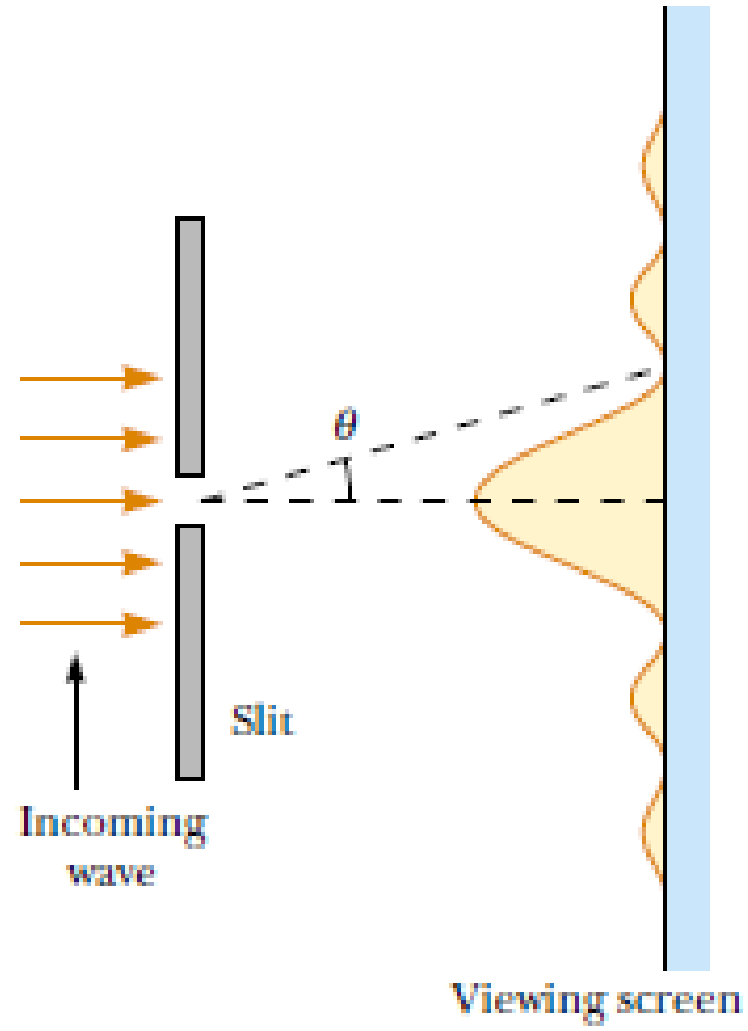
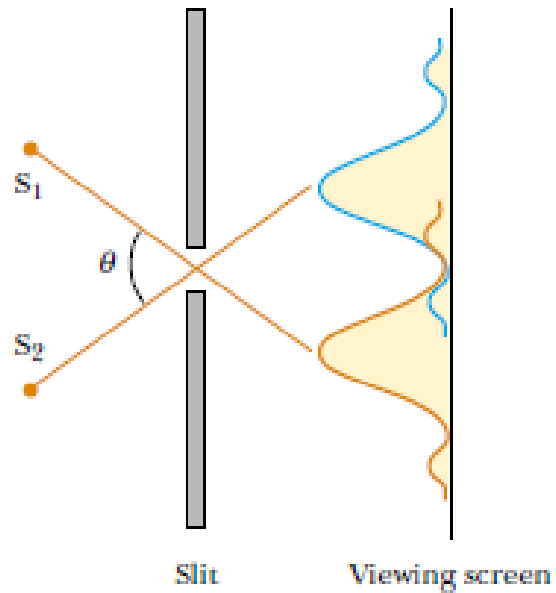


Figure 38.2 Light from a small source passes by the edge of an opaque object. We might expect no light to appear on the screen below the position of the edge of the object. In reality, light bends around the top edge of the object and enters this region. Because of these effects, a diffraction pattern consisting of bright and dark fringes appears in the region above the edge of the object.

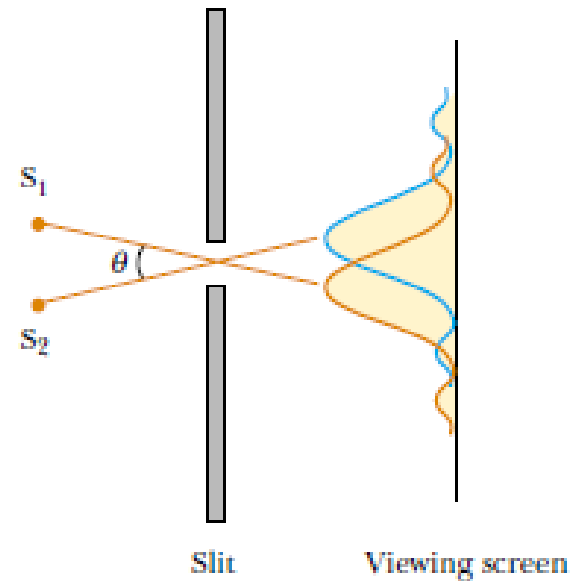


M. Cagnet, M. Francon and J. C. Thier

(b)



(a)



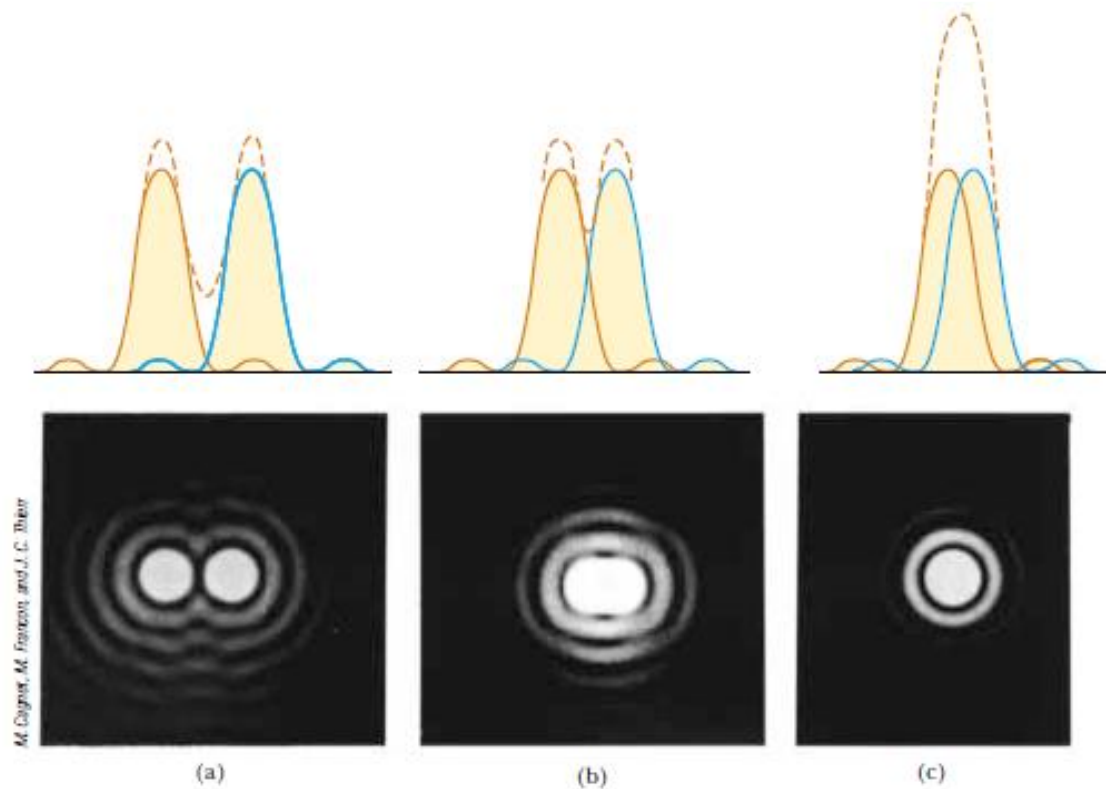
(b)

Dua sumber cahaya yang jauh dari celah sempit, masing-masing akan menghasilkan pola difraksi yang berbeda.

- (a) Bila sudut datang sinar yang melewati celah cukup besar, maka pola difraksinya mudah dibedakan.
- (b) Bila sudut datang sinar yang melewati celah cukup besar, maka pola difraksinya tumpang tindih dan gambar yang dihasilkan sulit dibedakan.

Pola difraksi individu dari 2 sumber cahaya (garis tebal) dan pola resultan (garis putus-putus) untuk berbagai sudut pemisahan sumber cahaya. Pada tiap kasus, garis putus-putus merupakan penjumlahan dari garis tebal.

- (a) Kedua sumber saling berjauhan, dan kedua pola terpisah dengan jelas.
- (b) Kedua sumber cukup dekat sehingga sudut pemisahan memenuhi kriteria Rayleigh dan polanya cukup terpisah dengan jelas.
- (c) Kedua sumber begitu dekat sehingga polanya tumpang tindih tidak jelas.



M. Dagny, M. Farnon, and J. C. Thier

Ex 2. An Index of Refraction Measurement

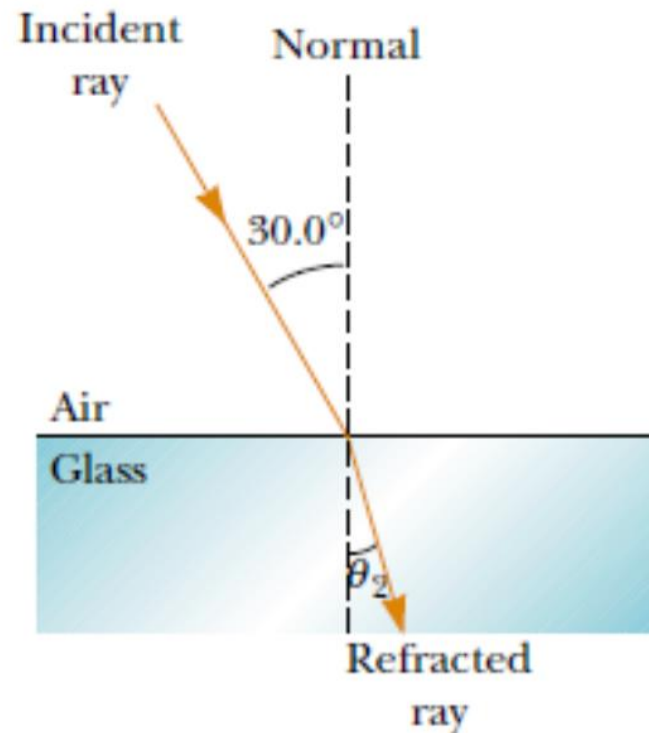
A beam of light of wavelength 550 nm traveling in air is incident on a slab of transparent material. The incident beam makes an angle of 40.0° with the normal, and the refracted beam makes an angle of 26.0° with the normal. Find the index of refraction of the material.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\begin{aligned} n_2 &= \frac{n_1 \sin \theta_1}{\sin \theta_2} = (1.00) \frac{\sin 40.0^\circ}{\sin 26.0^\circ} \\ &= \frac{0.643}{0.438} = 1.47 \end{aligned}$$

Ex 3. Angle of Refraction for Glass

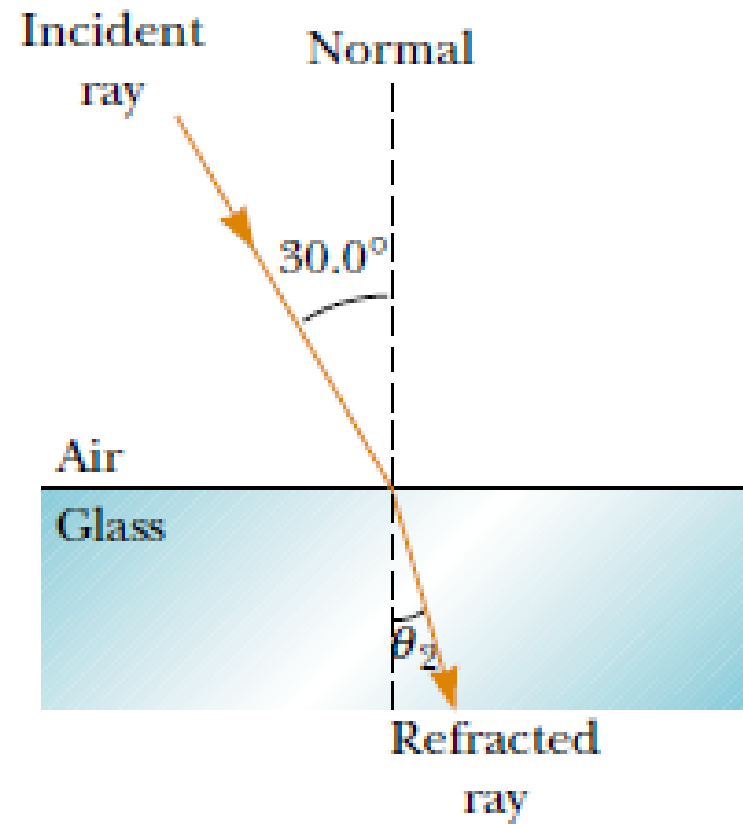
A light ray of wavelength 589 nm traveling through air is incident on a smooth, flat slab of crown glass at an angle of 30.0° to the normal, as sketched in Figure 35.15. Find the angle of refraction.



$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$$

$$\sin \theta_2 = \left(\frac{1.00}{1.52} \right) \sin 30.0^\circ = 0.329$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}(0.329) = 19.2^\circ$$



Ex 4. Laser Light in a Compact Disc

A laser in a compact disc player generates light that has a wavelength of 780 nm in air.

- a) Find the speed of this light once it enters the plastic of a compact disc ($n = 1.55$).
- b) What is the wavelength of this light in the plastic?

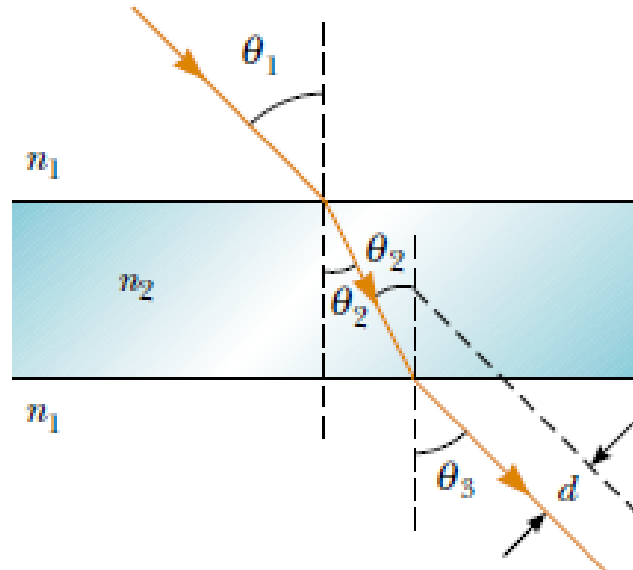
$$v = \frac{c}{n} = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.55}$$

$$v = 1.94 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} = \frac{780 \text{ nm}}{1.55} = 503 \text{ nm}$$

Ex 5. Light Passing Through a Slab

A light beam passes from medium 1 to medium 2, with the latter medium being a thick slab of material whose index of refraction is n_2 . Show that the emerging beam is parallel to the incident beam.



$$(1) \quad \sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$$

$$(2) \quad \sin \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_3 = \frac{n_2}{n_1} \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 \right) = \sin \theta_1$$

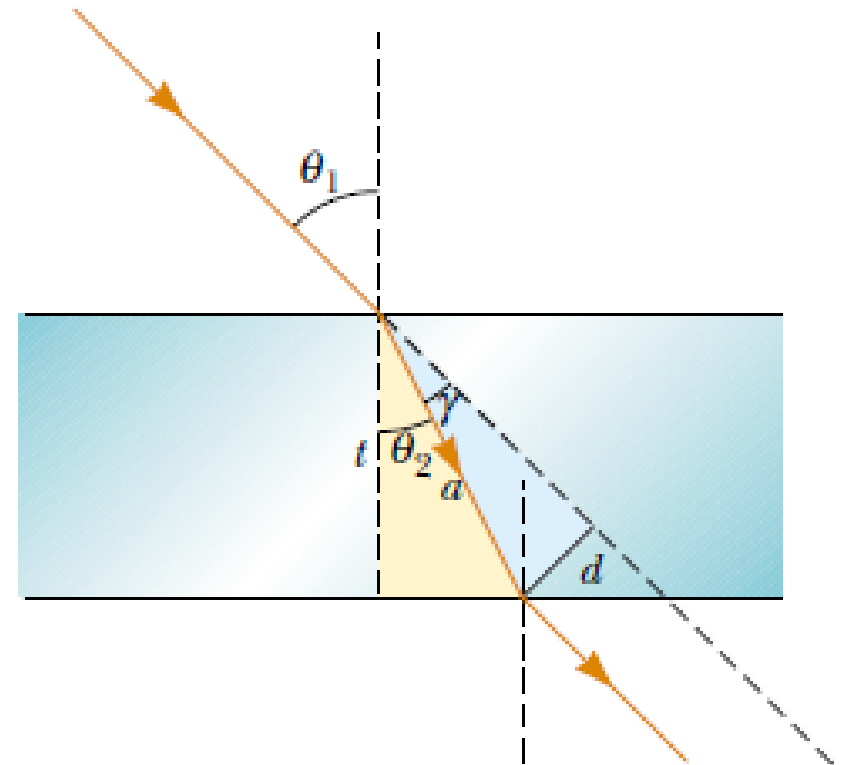
$$\theta_3 = \theta_1$$

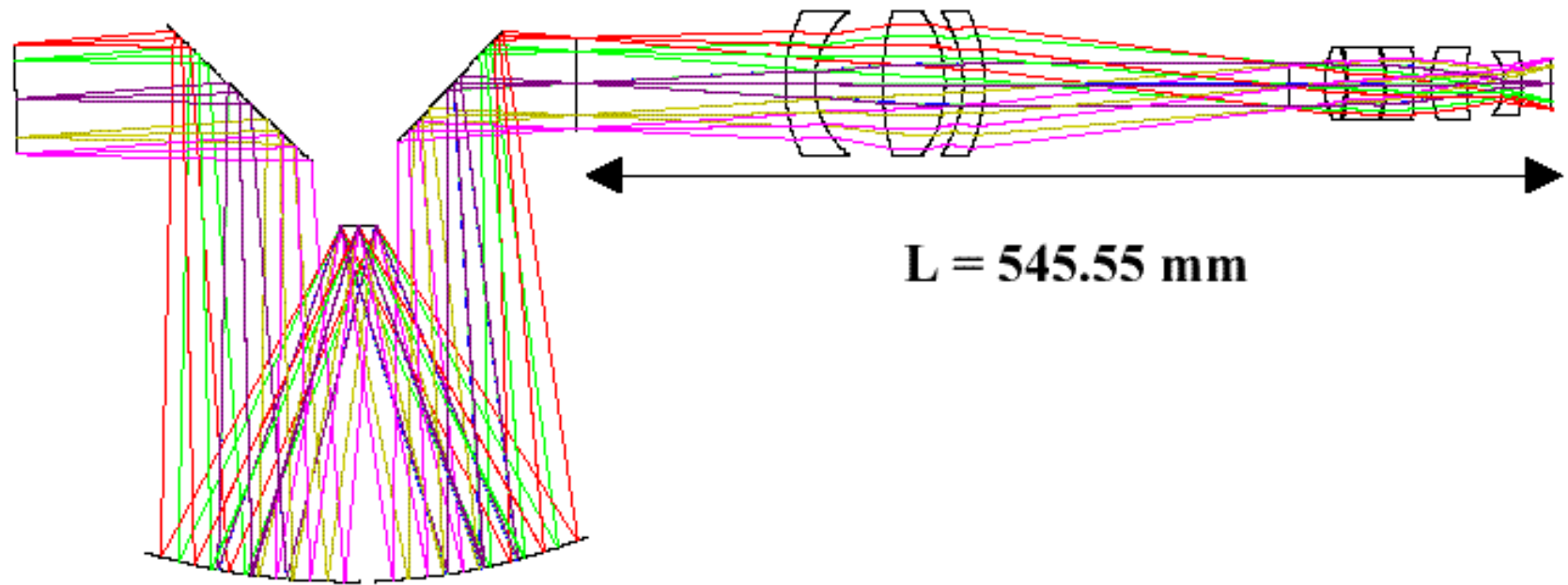
$$a = \frac{t}{\cos \theta_2}$$

$$d = a \sin \gamma = a \sin(\theta_1 - \theta_2)$$

Combining these equations, we have

$$d = \frac{t}{\cos \theta_2} \sin(\theta_1 - \theta_2)$$





Optik

Cermin dan lensa

Istilah-istilah dalam pemantulan

Real Image (foto/gambar nyata)

- Foto dihasilkan dari berkas cahaya nyata yang mengumpul pada titik fokus yang nyata pula, sehingga gambarnya NYATA.
- Dapat diproyeksikan pada layar karena cahaya benar-benar melewati titik dimana gambarnya muncul.
- Gambarnya selalu terbalik.

Virtual Image (gambar maya)

- “tidak nyata” karena tidak dapat diproyeksikan
- gambar hanya ada di “situ”.

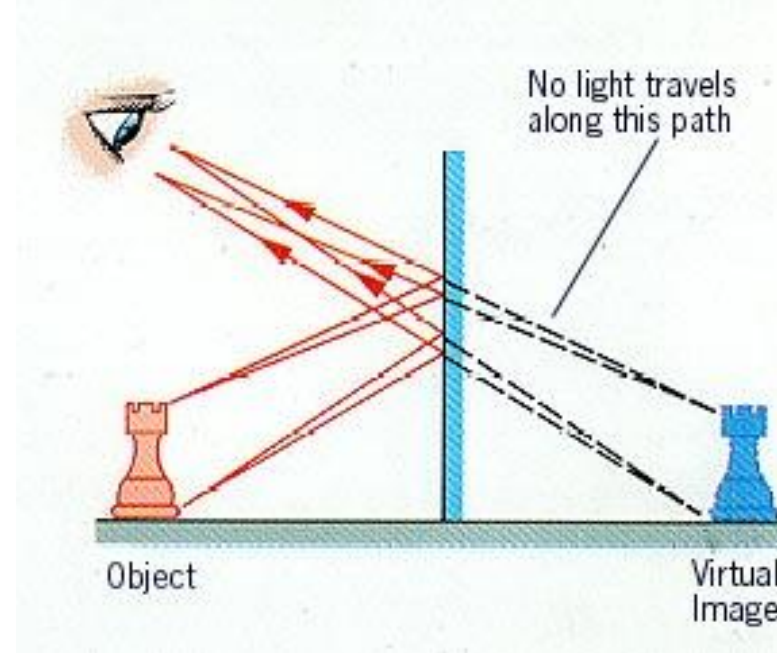
Gambar maya pada cermin datar (*plane mirror*)

- Sinar/cahaya seakan-akan datang dari belakang cermin, tetapi sebenarnya jelas tidak. Ini hanya seolah-olah cahayanya datang dari belakang cermin.

"Virtually": seolah-olah

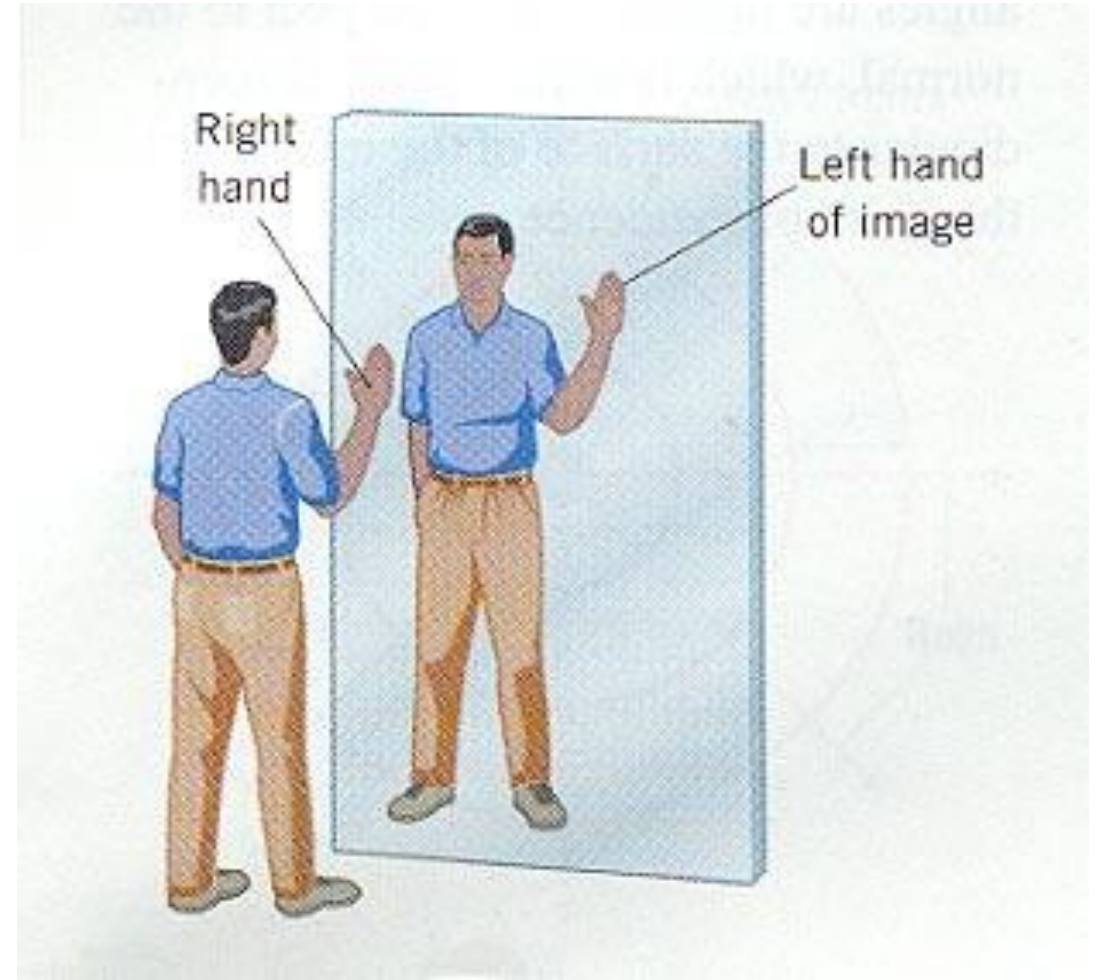
- Otak akan mengatur sehingga efek yang dihasilkan akan sama dengan bila cermin itu tidak ada, dan obyek/benda ybs ada pada posisi virtual.

Jika energi cahaya tidak mengalir dari gambar, maka gambar itu adalah gambar maya (virtual).



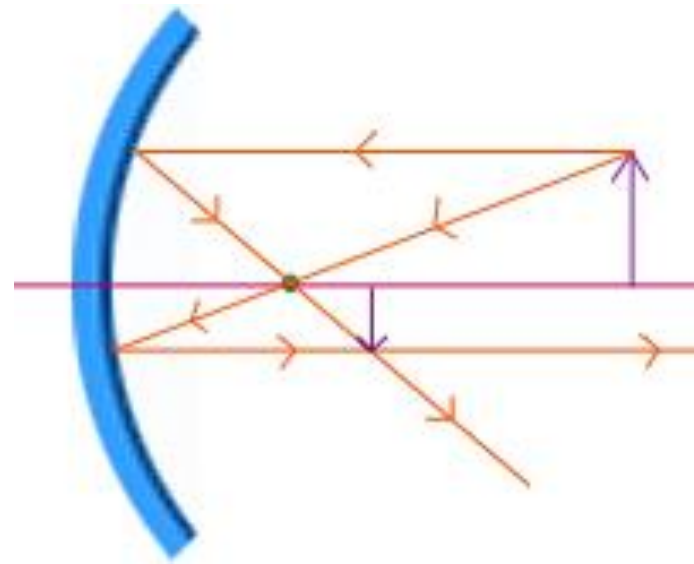
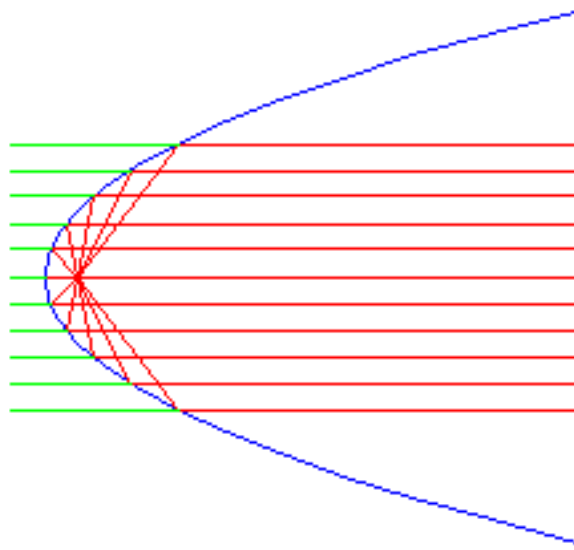
PEMBALIKAN KIRI-KANAN

AMBULANCE



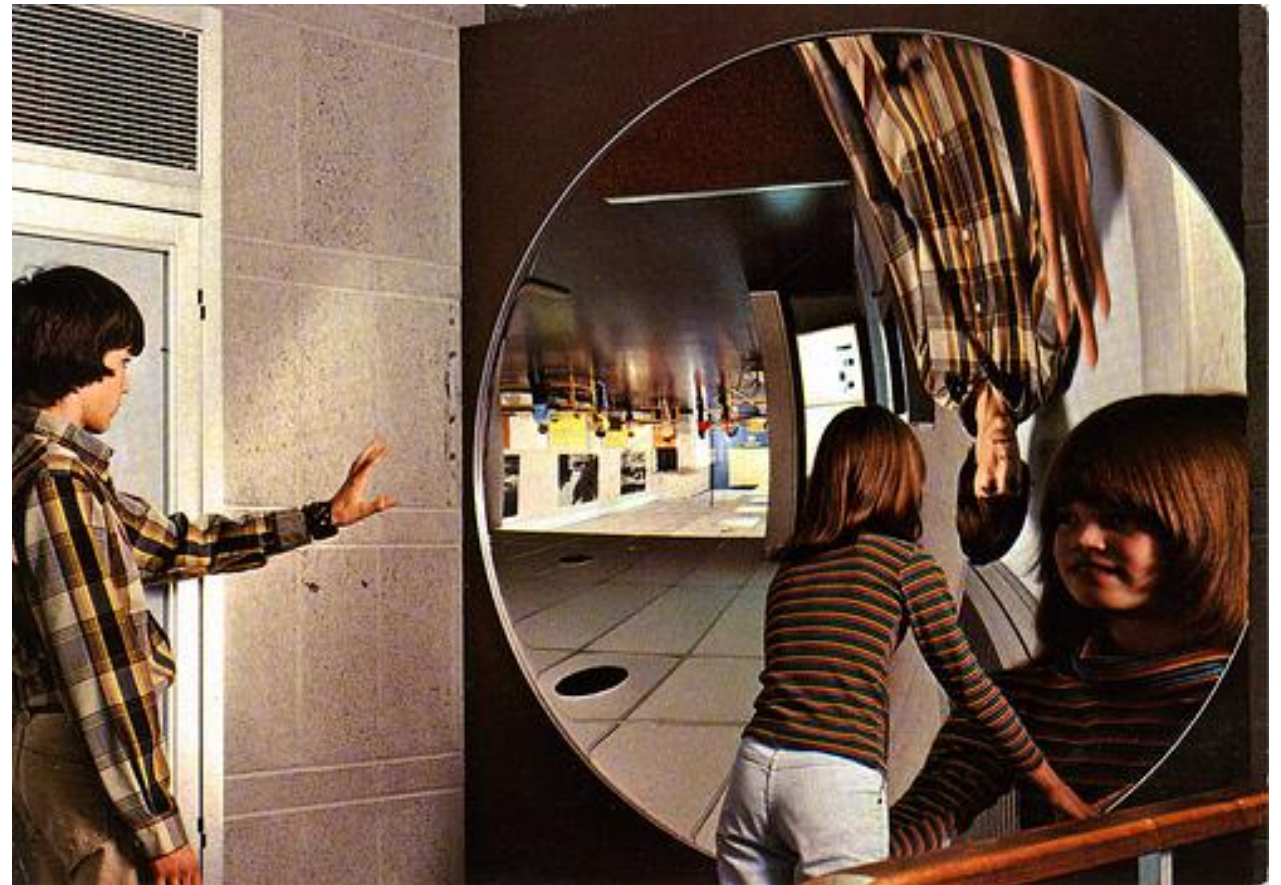
Curved mirrors (CERMIN LENGKUNG)

- Bagaimana bila cerminnya tidak datar?
 - Cahaya masih mengikuti teori yang sama, dengan permukaan *lokal* yang normal.
 - Cermin parabola memiliki fokus yang nyata.
 - Digunakan dalam teleskop, antena parabola dll
 - Juga menghasilkan gambar maya



Concave Mirrors (cermin cekung)

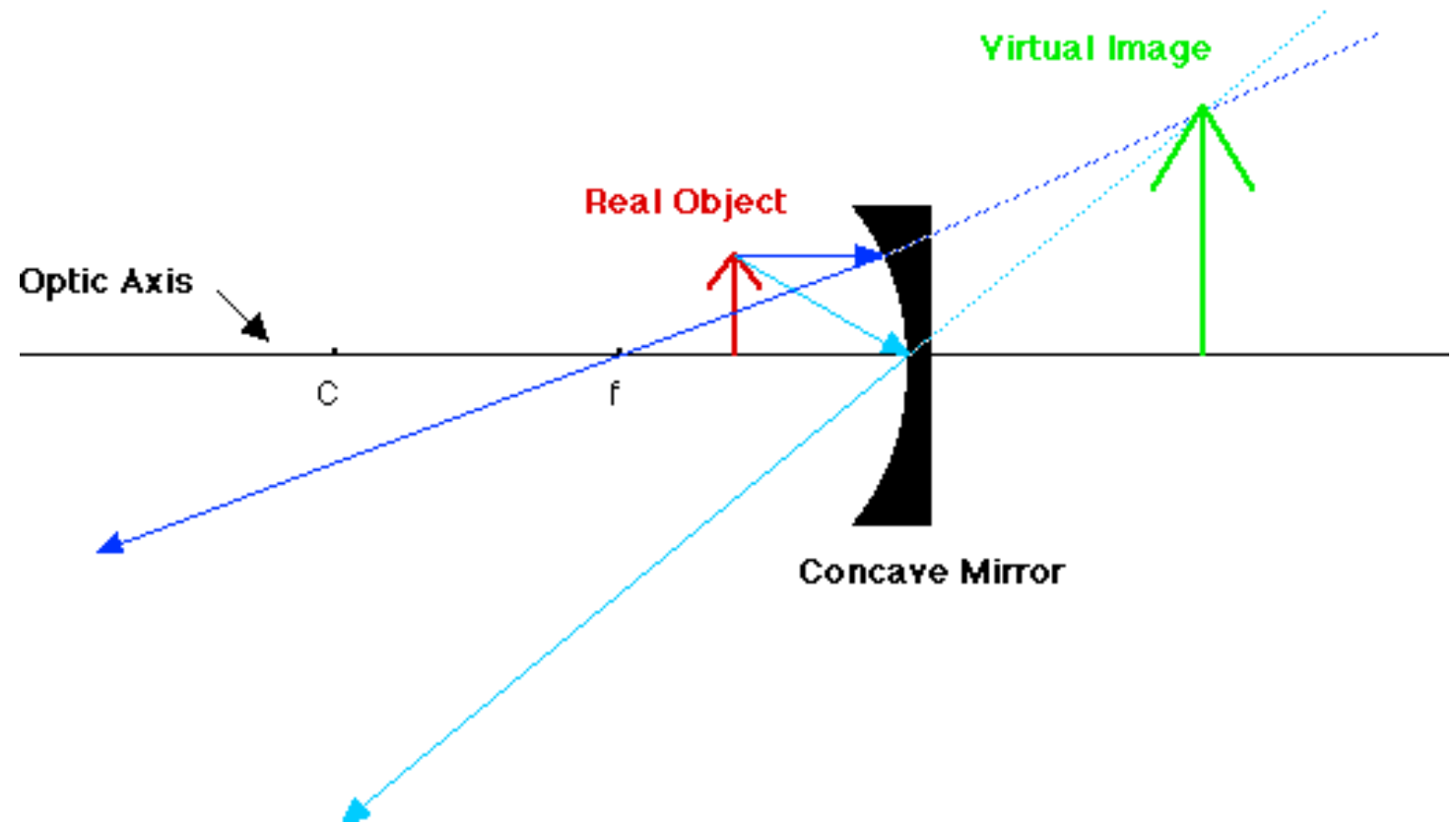
- Melengkung ke dalam
- Bisa berupa gambar nyata atau maya



Untuk benda nyata di antara f dan cermin, sebuah gambar maya terbentuk di belakang cermin.

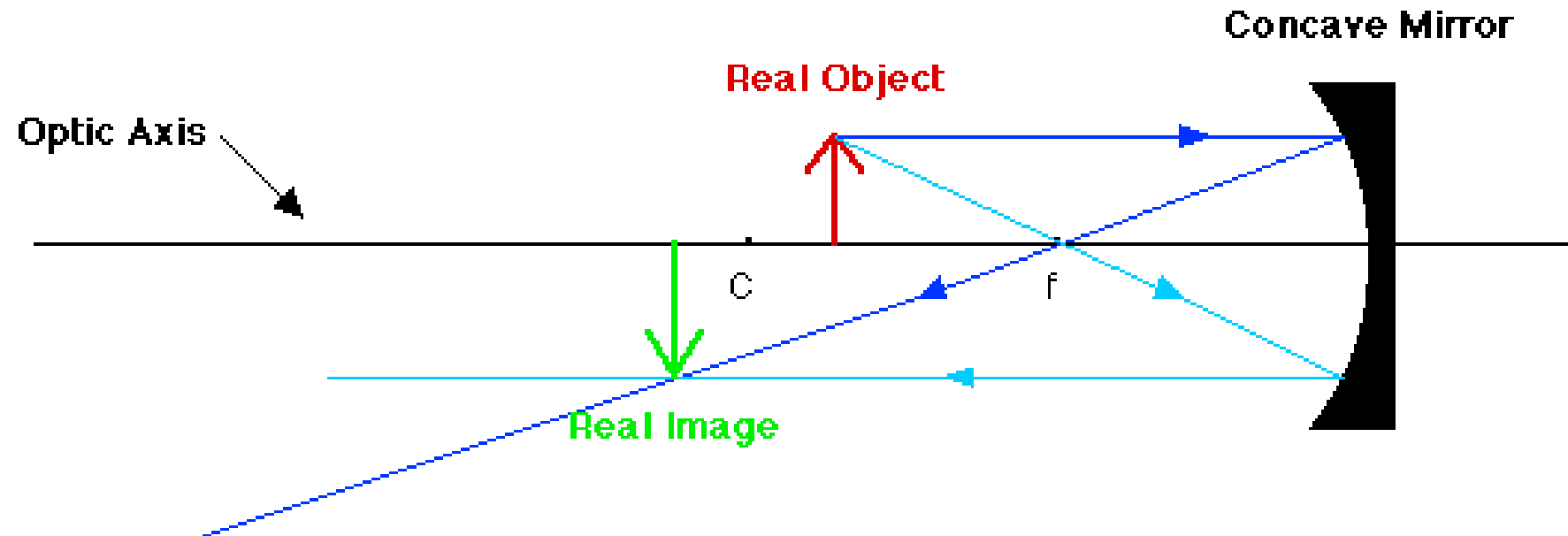
Posisi gambar didapatkan dengan menelusuri cahaya yang dipantulkan kembali di belakang cermin ke arah pertemuan mereka.

Gambar tegak lurus dan lebih besar dari obyek.

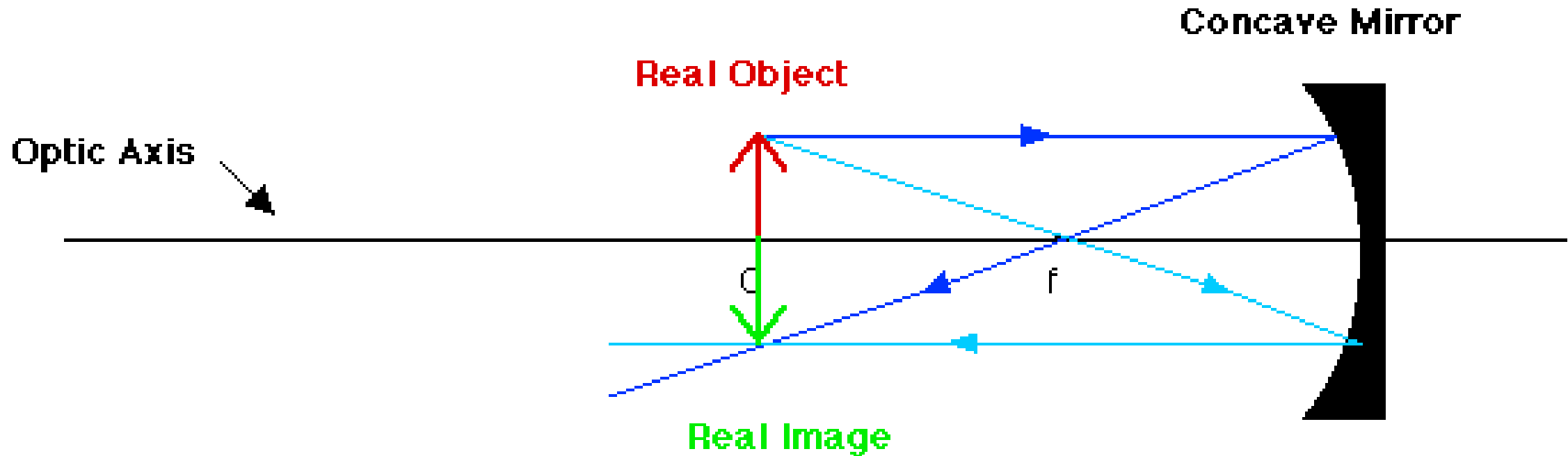


Untuk gambar nyata di antara C dan f, gambar nyata terbentuk di luar C.

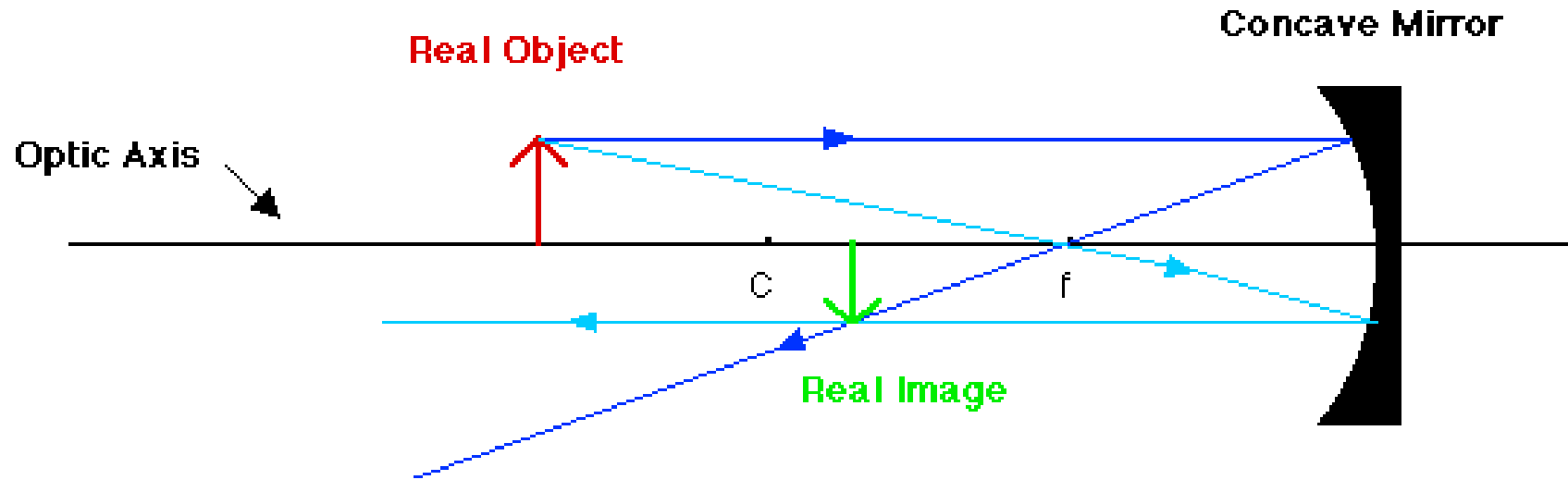
Gambar tersebut terbalik dan lebih besar daripada bendanya.



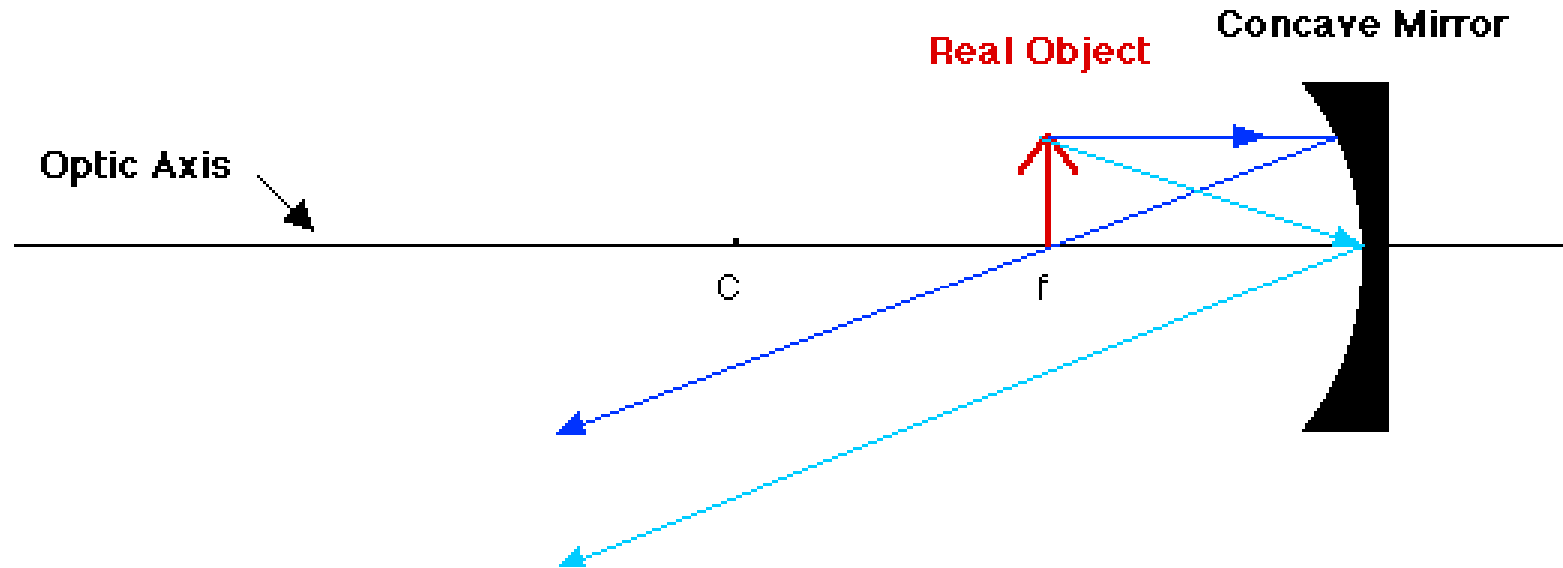
Untuk benda nyata di C, gambar nyata terbentuk di C.
Gambar terbalik dan seukuran dengan obyek.



Untuk benda nyata yang dekat dengan cermin tetapi di luar pusat kelengkungan, gambar nyata terbentuk antara C dan f. Gambar terbalik dan lebih kecil dari obyek.



Berapa ukuran gambar yang terbentuk bila benda nyata ditempatkan di titik fokus f ?



Untuk benda nyata pada f , tidak ada gambar yang terbentuk. Cahaya yang dipantulkan sejajar dan tidak pernah bertemu.

Convex Mirrors (Cermin cembung)

Melengkung keluar

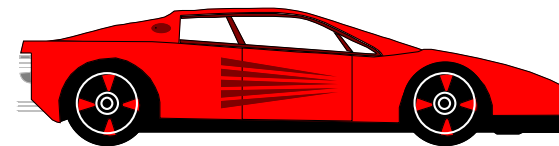
Memperkecil bayangan

Gambar maya

Digunakan dalam kaca spion,
keamanan toko



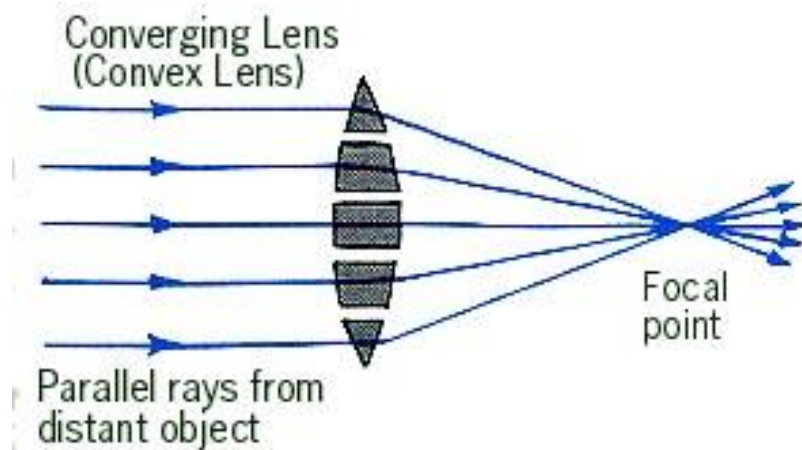
CAUTION! Objects are closer than they appear!



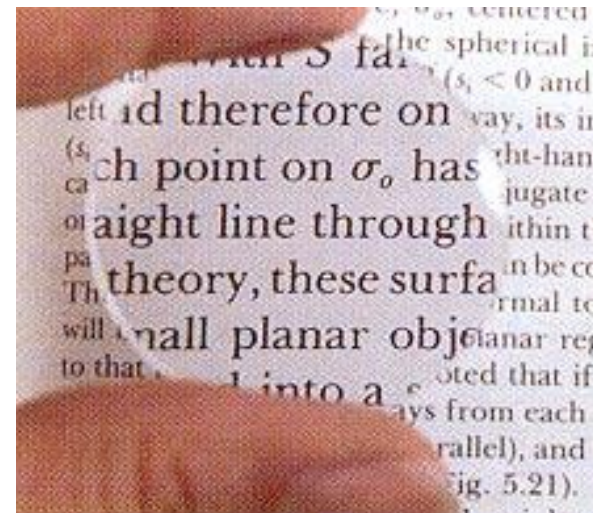
Convex Lenses (lensa cembung)

lebih tebal di pusatnya daripada di tepinya

- Lensa yang mengumpulkan berkas cahaya.
- Membentuk gambar nyata dan gambar maya tergantung posisi benda.



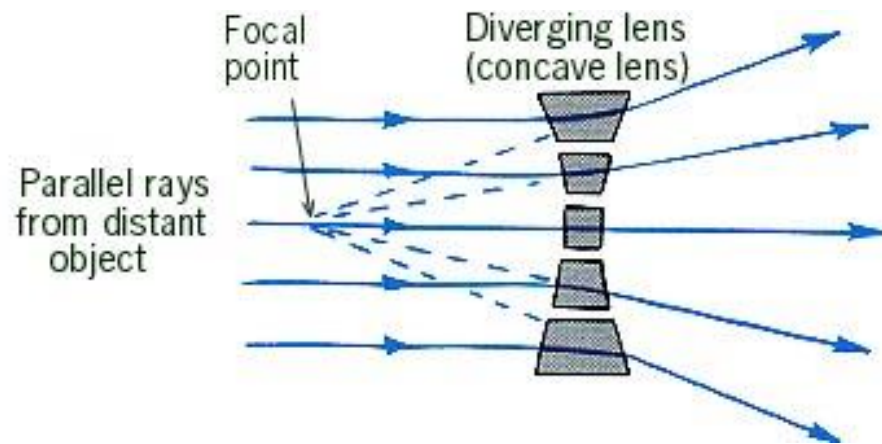
Kaca pembesar



Concave Lenses (lensa cekung)

lebih tebal di tepinya daripada di pusatnya.

- Menyebarkan berkas cahaya
- Semua gambar tegak dan diperkecil.



Kaca pengecil

