Light Mirrors Lenses and the Human Eye

प्रकाश दर्पण लेंस और मानव नेत्र

RRB Group D | Three teaching lessons and one 20-question optics review | Free bilingual workbook

आरआरबी ग्रुप D | तीन अध्ययन पाठ और 20 प्रश्नों का प्रकाशिकी अभ्यास | निःशुल्क द्विभाषी कार्यपुस्तिका

Learn reflection first, then refraction and lenses, then the eye and optical effects. Work through the calculations and original ray diagrams before attempting the checks. This is an optics study batch, not the complete General Science course or a full CBT simulation.

पहले परावर्तन, फिर अपवर्तन और लेंस, उसके बाद नेत्र और प्रकाशीय प्रभाव पढ़ें। जाँच प्रश्नों से पहले गणनाएँ और मौलिक किरण आरेख समझें। यह प्रकाशिकी की अध्ययन सामग्री है, सामान्य विज्ञान का पूरा पाठ्यक्रम या पूरे सीबीटी का अनुकरण नहीं।

Contents / विषय सूची

Lesson 1 Light Reflection and Mirrors

Lesson 2 Refraction and Lenses

Lesson 3 Human Eye Dispersion and Optical Effects

पाठ 1 प्रकाश परावर्तन और दर्पण

पाठ 2 अपवर्तन और लेंस

पाठ 3 मानव नेत्र वर्ण विक्षेपण और प्रकाशीय प्रभाव

Optics review questions / प्रकाशिकी अभ्यास प्रश्न

Explained review answers / अभ्यास की व्याख्या सहित उत्तर

All diagrams are original. Their captions state the model assumptions. Symbol labels in the figures have matching explanations in both language sections.

सभी आरेख मौलिक हैं। उनकी व्याख्या में मॉडल की शर्तें दी गई हैं। चित्रों के संकेत दोनों भाषाओं के पाठों में समझाए गए हैं।

Light: Reflection and Mirrors

What you will learn

Use a ray diagram and a signed calculation to answer the same question: where does a mirror form an image, and what is that image like? You will distinguish reflection from image formation, choose useful rays, and connect a mirror's use with the object's position. This is secondary-level optics practice within General Science, not a prediction of topic-wise exam marks.

1 Light and the ray model

An object is visible when light from it enters the eye. A lamp emits light; a book is usually seen by the light it reflects. Light can travel through vacuum; its vacuum speed is approximately 3×10^8 m/s.

In a homogeneous transparent medium, where optical properties do not vary from place to place, the school-level ray model represents light travelling in straight lines. A ray is a line with an arrow showing the direction of travel, not a material thread. This model works well when wave effects such as diffraction are negligible. It does not mean that light can never change direction: it can reflect at a surface or refract between media.

2 Reflection uses the normal

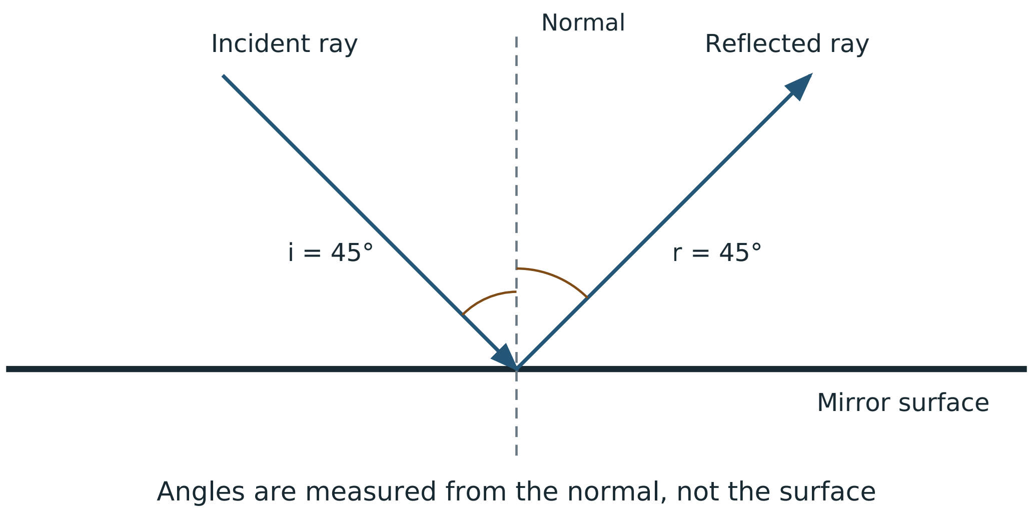
At the point where a ray strikes a surface, draw a perpendicular to that surface. This line is the **normal**. On a spherical mirror, the local normal passes through the centre of curvature.

The angle of incidence i is measured between the incoming ray and the normal. The angle of reflection r is measured between the outgoing ray and the same normal. The laws are:

- i = r
- The incident ray, reflected ray and normal at the point of incidence lie in one plane

Worked angle example: A ray makes 35° with a plane mirror's surface. Its angle with the normal is 90° − 35° = 55°. Therefore i = r = 55°, not 35°. The reflected ray also makes 35° with the surface. Draw the normal before substituting an angle.

A smooth surface can reflect a parallel beam in one regular direction. A rough surface has different local normals, so the reflected rays spread in different directions. This **diffuse reflection still obeys the reflection laws at each point**. It is not a failure of i = r.



Reflection: i = r = 45°, measured from the normal perpendicular to the mirror. Arrows show light travel. The dashed vertical line is a normal guide, not a light ray.

3 Real and virtual images

A real image is formed where the outgoing rays actually meet. A suitably placed screen can receive it. A virtual image is located where the backward extensions of outgoing rays meet; the rays do not actually pass through that apparent point. Such an image cannot be caught directly on a screen there, though an eye or camera can see it by receiving the outgoing light.

Use solid lines with arrows for actual ray paths and dashed lines for backward extensions. "Virtual" does not mean invisible. "Real" does not mean necessarily larger.

4 A plane mirror

For a real object in front of a plane mirror, the image is virtual, erect and equal in size to the object. Its perpendicular distance behind the mirror equals the object's perpendicular distance in front. The familiar left-right reversal in a mirror is called lateral inversion; the mirror does not turn the image upside down.

Worked distance example: A marker is 1.8 m in front of a stationary plane mirror. Its image is 1.8 m behind it, so marker-to-image separation is 3.6 m. Move the marker 0.3 m towards the mirror: the new distances are 1.5 m on each side and the separation is 3.0 m. The separation decreases by 0.6 m. Keep "distance from the mirror" separate from "distance between object and image".

To construct a plane-mirror image, send two rays from the same object point to different mirror points, reflect each with equal angles to its local normal, and extend the reflected rays backwards. Their extensions intersect at the corresponding image point behind the mirror.

5 Spherical mirrors and their landmarks

A concave mirror has its reflecting face curved inward; a convex mirror reflects from the outward-bulging face. Both are parts of a sphere in our model.

- P, the pole, is the middle point of the reflecting surface
- C, the centre of curvature, is the centre of the sphere of which the mirror is a part
- The principal axis is the straight line through P and C

- R is the signed distance PC, the radius of curvature
- F is the principal focus. Rays parallel and close to the axis converge there after reflection from a concave mirror, or appear to come from it after reflection from a convex mirror
- f is the signed distance PF, the focal length

For spherical mirrors in the **paraxial approximation**, $f = R/2$. Paraxial rays remain near the principal axis and make small angles with it. Do not extend this relation into a claim that every wide beam striking a spherical mirror meets at exactly one point. The ray constructions and mirror equation below use the same idealized approximation.

6 Construct the image with two rays

Start both rays at the tip of the same upright object. For a concave mirror, one useful ray travels parallel to the axis and reflects through F. A second ray aimed through C returns along its own path because it strikes along the normal. Alternatively, a ray through F reflects parallel to the axis, or a ray striking P reflects at an equal angle to the axis. Their meeting point is the image tip.

For a convex mirror, a parallel incident ray reflects as if it came from F behind the mirror. A ray aimed towards C is reflected back along its incoming line. The actual reflected rays diverge; their dashed backward extensions meet behind the mirror. Do not draw the solid reflected rays travelling through the mirror to that virtual image.

For real objects on the principal-axis side facing a concave mirror, the main cases are:

- Object beyond C: image between C and F, real, inverted, smaller
- Object at C: image at C, real, inverted, same size
- Object between C and F: image beyond C, real, inverted, larger
- Object at F: outgoing rays from a point are parallel; no image at a finite distance in this ideal model
- Object between F and P: image behind the mirror, virtual, erect, larger
- Very distant object: image approaches the focal plane; an on-axis distant point is imaged near F

For a **finite real object in front of a convex mirror**, the image lies behind the mirror between P and F. It is virtual, erect and diminished. The real-object condition matters; this is not a statement about every possible converging incident beam. As a real object becomes very distant, its image approaches F.

7 Cartesian signs before calculation

Draw incident light travelling from left to right, with the object on the left. Take P as the origin. Measure all distances from P, never from F or C.

- Right of P is positive; left of P is negative
- Height above the axis is positive; height below is negative
- For the real objects here, u is negative
- Concave mirror: f and R are negative; convex mirror: f and R are positive
- A real mirror image in front has v negative; a virtual image behind has v positive

Write the values with their signs before using the **mirror equation**: $1/f = 1/v + 1/u$, so $1/v = 1/f - 1/u$.

Here u is object distance, v image distance, and f focal length. Use one consistent length unit. Signed linear magnification is **$m = h'/h = -v/u$**, where h and h′ are object and image heights. The sign tells orientation: positive means erect and negative means inverted relative to an upright object. The magnitude $|m|$ tells size: above 1 enlarged, below 1 diminished, and 1 equal size.

8 Three signed calculations

Example 1 Concave mirror and a screen: An upright 4 cm object is 36 cm in front of a concave mirror whose focal length has magnitude 12 cm.

$u = -36$ cm; $f = -12$ cm; $h = +4$ cm. $1/v = -1/12 - (-1/36) = -3/36 + 1/36 = -1/18$. Thus $v = -18$ cm. The image is 18 cm in front of the mirror, where a screen can receive it. $m = -(-18)/(-36) = -1/2$, so $h' = (-1/2) \times 4 = -2$ cm. It is real, inverted and half-size. Check the position: C is 24 cm in front; an object beyond C should form its image between C and F, as 18 cm does.

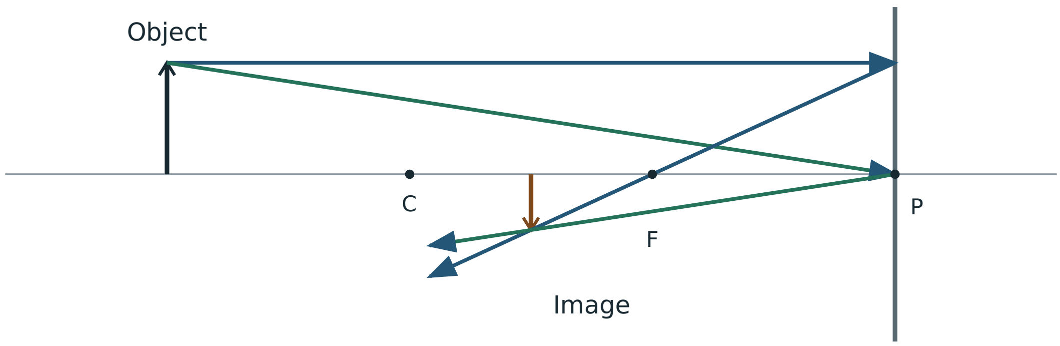
Example 2 Concave mirror used close up: Put an object 10 cm in front of a concave mirror with focal-length magnitude 15 cm.

$u = -10$ cm; $f = -15$ cm. $1/v = -1/15 - (-1/10) = (-2 + 3)/30 = 1/30$. Thus $v = +30$ cm and $m = -30/(-10) = +3$. The image is 30 cm behind the mirror, virtual, erect and three times as tall. The object is inside the focal length. Do not place a screen 30 cm in front merely because “30” is the answer; its sign locates the image.

Example 3 Convex mirror: Put an object 30 cm in front of a convex mirror with $f = +20$ cm.

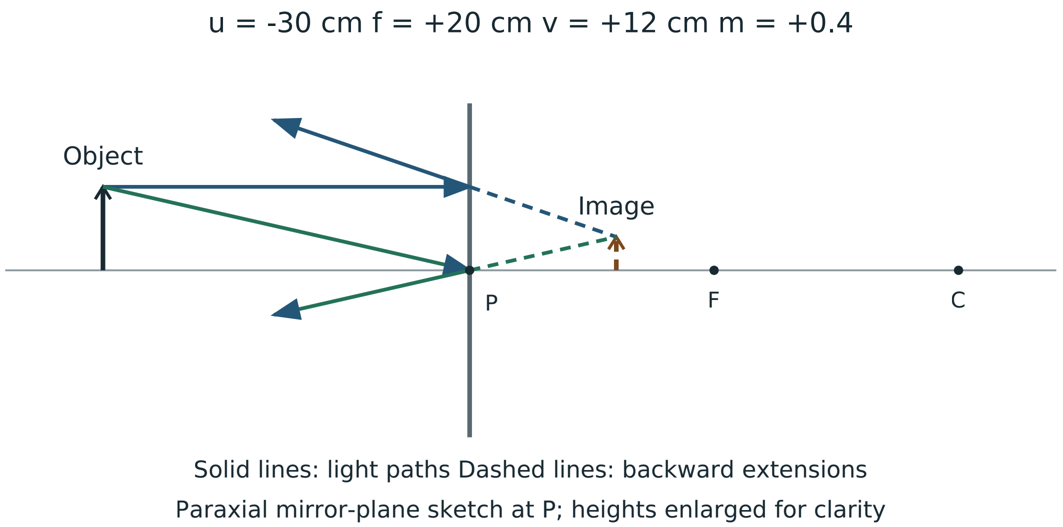
$u = -30$ cm. $1/v = 1/20 - (-1/30) = 3/60 + 2/60 = 1/12$. Thus $v = +12$ cm and $m = -12/(-30) = +0.4$. The image is virtual, erect and 0.4 times the object's height. It lies between P and F behind the mirror, matching the ray construction.

u = -36 cm f = -12 cm v = -18 cm m = -0.5



Solid lines: light paths Dashed lines: backward extensions
Paraxial mirror-plane sketch at P; heights enlarged for clarity

Concave mirror example 1: $u = -36$ cm, $f = -12$ cm, $v = -18$ cm, $m = -0.5$. The object is beyond C and the real inverted image is between C and F. P is the pole; F is the focus; C is the centre of curvature. This is an approximate paraxial pole-plane construction, not an exact trace on a spherical surface. Heights are enlarged relative to axial distances.



Convex mirror example 3: u = −30 cm, f = +20 cm, v = +12 cm, m = +0.4. Reflected rays travel left; their dashed backward extensions meet behind the mirror, between P and F. The virtual image is erect and smaller. As above, the vertical line represents the paraxial mirror plane at P, not a plane mirror.

9 Choose a mirror by what it does

A convex traffic or vehicle mirror gives a wider field of view and smaller erect images of real objects. A concave shaving or dentist's mirror gives an enlarged erect image when the object is between P and F. A concave reflector sends light approximately parallel when a small source is near its focus; this is the school model behind a torch reflector. Concentrating nearly parallel sunlight near a focus is the reverse path. Real devices may use shapes other than spherical mirrors, so the model explains the principle rather than every design detail. Never look at the Sun directly or into focused sunlight.

10 Practice before reading the key

1. A ray makes 25° with a plane mirror surface. What is its reflection angle measured from the normal?

   A. 25°
   B. 50°
   C. 65°
   D. 75°

2. A real object is 0.8 m in front of a plane mirror. What is the object–image separation?

   A. 0.4 m
   B. 0.8 m
   C. 1.6 m
   D. 2.4 m

3. Which statement about diffuse reflection is correct?

   A. The reflection law fails at rough surfaces
   B. Local normals differ, but each ray obeys i = r
   C. Every reflected ray travels parallel to the others
   D. A rough surface absorbs all incident light

4. An upright real object is between F and P of a concave mirror. Which image is obtained in the paraxial model?

A. Real, inverted and smaller

B. Real, erect and larger

C. Virtual, inverted and smaller

D. Virtual, erect and larger

5. A concave mirror has u = −40 cm and f = −10 cm. Find v using the mirror equation.

A. −40/3 cm

B. +40/3 cm

C. −8 cm

D. +8 cm

6. A convex mirror forms a virtual image with u = −24 cm and v = +8 cm. What is its signed magnification?

A. −3

B. +3

C. −1/3

D. +1/3

11 Explained key

1. **C.** The incidence angle is 90° − 25° = 65°, so the reflection angle is 65°. The given surface angle is not i.

2. **C.** The image is 0.8 m behind the mirror. The total separation is 0.8 + 0.8 = 1.6 m.

3. **B.** Different local surface orientations spread the reflected beam. They do not change the local law. Neither parallel output nor total absorption follows.

4. **D.** Inside the concave focal length, reflected rays diverge and their backward extensions meet behind the mirror: the image is virtual, erect and enlarged.

5. **A.** 1/v = −1/10 − (−1/40) = −3/40, hence v = −40/3 cm. The negative sign places the real image in front; using the lens equation would give a different result.

6. **D.** m = −v/u = −8/(−24) = +1/3. It is erect and one-third as tall. Reversing the ratio gives 3; dropping the mirror minus sign gives −1/3.

Sources and next step

NCERT Science Chapter 9, Light Reflection and Refraction, reprint 2026–27, §§9.1–9.2.4, printed pp.134–145, supplies the secondary-level reflection, image and formula framework. NCERT Physics Part II Chapter 9, §§9.2.1–9.2.3, pp.222–226, makes the paraxial condition explicit. The teaching, numbers and practice here are original. Continue with Refraction and Lenses to compare what changes when light passes through, rather than reflects from, an optical element.

A concrete ray or concept demonstration

Use a ray construction rather than a bouncing-ball analogy. Put a point object to the left of a plane mirror. Draw two incident rays, then use $i = r$ at each point. Extend only the reflected rays backwards with dashed lines. The extensions meet at a point equally far behind the mirror. This shows why the image can be seen without light physically coming through the mirror from that point.

Quick reference

- Measure i and r from the normal; $i = r$ even in diffuse reflection
- Plane mirror: for a real object, virtual, erect, equal size; equal perpendicular object and image distances
- Use the paraxial spherical-mirror model: $f = R/2$; $1/f = 1/v + 1/u$
- Incident light left to right: real object $u < 0$; concave $f < 0$; convex $f > 0$
- Mirror magnification $m = -v/u$; sign gives orientation, $|m|$ gives size
- Concave: a real object inside F gives an enlarged virtual erect image; outside F gives a real inverted image
- Convex: a finite real object gives a virtual erect diminished image between P and F behind the mirror
- Check signs, location and image size against the ray construction

Refraction and Lenses

What you will learn

Explain refraction, trace thin-lens images, and calculate image position, magnification and power. Establish directions and signs before using formulas. Examples and checks are original.

1 Light crossing a boundary

Within a homogeneous transparent medium, light travels in straight lines in the ray model. Homogeneous means that the relevant optical properties are uniform throughout. At a boundary between different refractive indices, transmitted light changes speed and usually direction. This is refraction.

Draw a normal perpendicular to the boundary at the point where the ray arrives. Measure incidence angle i and refraction angle r from this normal, never from the surface. For normal incidence, $i = 0°$ and $r = 0°$: light goes straight through although its speed changes. Therefore, a speed change does not always produce a visible bend.

The absolute refractive index is $n = c/s$, where c is light's speed in vacuum and s is its speed in the medium. Index has no unit. A higher index means lower light speed. “Optically denser” describes this optical comparison, not mass per unit volume. At a stationary boundary, frequency stays unchanged; wavelength changes with speed.

2 Predicting the bend

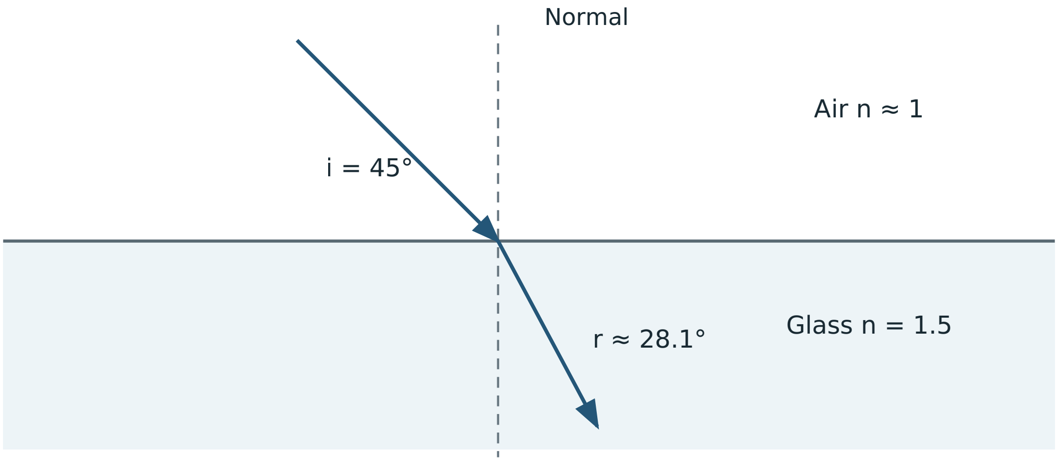
The incident ray, refracted ray and normal lie in one plane. For a given colour travelling from medium 1 into medium 2, Snell's law is:

$n_1 \sin i = n_2 \sin r$

Thus $\sin i/\sin r = n_2/n_1$ for nonzero angles. It equals n_2 alone only when $n_1 = 1$, approximately the air-to-material case. Compare both media:

- Entering a higher-index medium: the transmitted ray bends towards the normal, so $r < i$ for oblique incidence
- Entering a lower-index medium: it bends away, so $r > i$ when a refracted ray exists

From higher to lower index, sufficiently oblique rays can undergo total internal reflection instead of transmission. Do not assume every incident ray must emerge.



$n_1 \sin i = n_2 \sin r$; entering the higher-index medium bends towards the normal

A separate refraction construction: from air with $n_1 \approx 1$ into glass with $n_2 = 1.5$ at $i = 45°$, Snell's law gives $r \approx 28.1°$. The ray bends towards the normal. The dashed normal is a guide, not a backward ray extension.

3 A parallel glass slab

For a slab with parallel faces and air on both sides, draw a normal at each crossing. An oblique ray bends towards the normal on entering glass and away on leaving. The emergent ray is parallel to the original incident direction, but shifted sideways. This is lateral displacement. Parallel emergence does not mean refraction was absent. At normal incidence there is no sideways shift. A prism has nonparallel refracting faces, so this slab result cannot simply be transferred to it.

4 The lens model

Here we use thin glass lenses in air, with lens material optically denser than air. Rays stay close to the principal axis and make small angles with it: these are paraxial rays. Thick lenses and large-angle rays require more detail.

A convex lens is thicker at its centre and converges an axis-parallel beam. A concave lens is thinner at its centre and makes that beam diverge. Mark optical centre O, the principal axis through O, and equal-distance focal points F_L on the left and F_R on the right. Light travels left to right. Focal-length magnitude $|f|$ is the distance OF; 2F marks twice that distance. Convex-lens parallel rays meet at F_R; concave-lens rays have backward extensions meeting at F_L.

5 Construct an image with two rays

Place an upright object arrow on the left, with its base on the axis. From its tip draw two of these rays:

Convex lens: A ray parallel to the axis emerges through F_R. A ray through O continues undeviated in this thin-lens model. A ray whose incident line passes through F_L emerges parallel to the axis.

Concave lens: An axis-parallel ray emerges diverging as if from F_L. A ray through O continues undeviated. A ray directed towards F_R emerges parallel to the axis.

Use solid lines with arrows for actual light travel. If outgoing rays meet, their intersection locates the image tip: the image is real and can be caught on a screen there. If they spread apart, extend their outgoing lines backwards using dashed lines. Their apparent intersection locates a virtual image, which cannot be caught directly on a screen at that position. Dashed extensions are construction lines, not light travelling backwards.

For a convex lens with the object beyond F_L, these rays meet on the right below the axis. With the object between O and F_L, their backward extensions meet on the left above the axis. For a concave lens and a real object, the backward extensions meet between O and F_L above the axis.

6 All the standard image cases

These cases assume a real object on the left: incident rays actually spread from it. Size comparisons refer to height.

Convex lens

- Object very far away: image near F_R, real, inverted and highly diminished; an axial point at infinity focuses at F_R
- Beyond 2F_L: image between F_R and 2F_R, real, inverted and diminished
- At 2F_L: image at 2F_R, real, inverted and the same size
- Between F_L and 2F_L: image beyond 2F_R, real, inverted and enlarged
- At F_L: rays from each object point emerge parallel; no finite screen position receives a focused image, conventionally called an image at infinity
- Between F_L and O: image on the object's side, virtual, upright and enlarged

Concave lens

- Any finite real-object distance: image between O and F_L, virtual, upright and diminished
- Axial object point at infinity: virtual image at F_L; a very distant extended object gives an upright, highly diminished image near F_L

A convex lens can therefore produce either real or virtual images. A magnifying glass uses the inside-focus case. The usual statement that a concave lens always makes a virtual image requires the real-object condition.

7 Signs and formulas

Measure all distances from O. With incident light left to right, rightward distances are positive and leftward distances negative. Hence a real object has $u < 0$; a real image on the right has $v > 0$; a virtual image on the left has $v < 0$. Convex $f > 0$ and concave $f < 0$. Heights above the axis are positive; below it, negative.

Thin-lens formula: $1/f = 1/v - 1/u$

Magnification: $m = h_i/h_o = v/u$

Here h_i and h_o are image and object heights. Positive m means upright; negative m means inverted. Compare $|m|$ with 1 to judge size. Use matching length units in the lens formula. Lens magnification is v/u; the mirror formula has an extra minus sign.

Power: P = 1/f, with f in metres and P in dioptres (D). Convex power is positive, concave power negative. A shorter focal-length magnitude means stronger convergence or divergence, not necessarily a larger image for every object position.

8 Three worked numerical examples

Example 1 Refraction. Light enters a material of $n = 1.60$ from air with $n \approx 1$ at $i = 30°$. Take $c = 3.00 \times 10^8$ m/s.

Speed $s = c/n = 1.875 \times 10^8$ m/s. Snell's law gives $\sin r = (1 \times \sin 30°)/1.60 = 0.3125$, so $r \approx 18.2°$. The smaller angle confirms bending towards the normal. The speed symbol s here is different from image distance v.

Example 2 Convex lens. An upright 4 cm object is 36 cm left of a convex lens with focal length 12 cm.

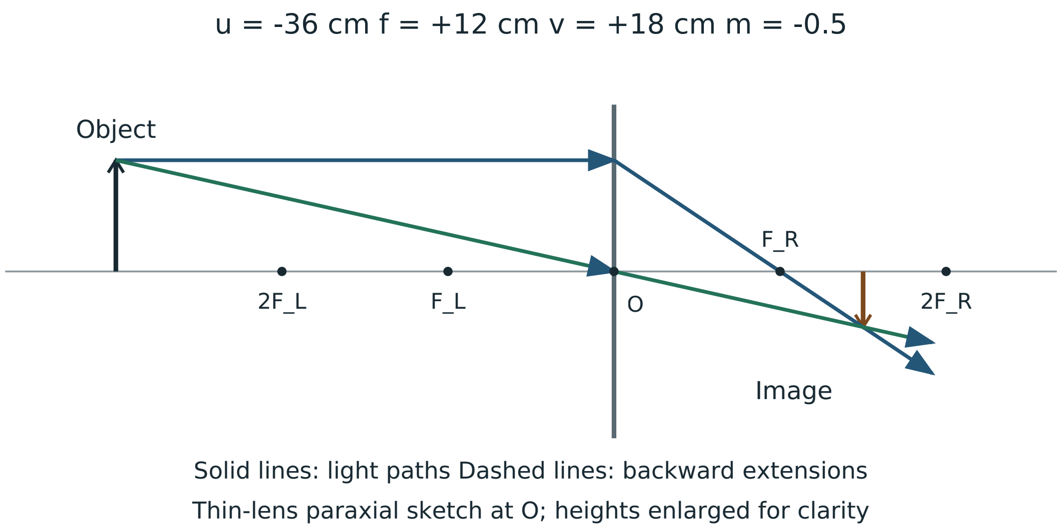
$u = -36$ cm; $f = +12$ cm. $1/v = 1/f + 1/u = 1/12 - 1/36 = 1/18$. Thus $v = +18$ cm and $m = 18/(-36) = -0.50$. $h_i = m\, h_o = -0.50 \times 4 = -2$ cm.

The image is 18 cm right of the lens, real, inverted and half-sized. This agrees with the beyond-2F case. For power, $f = +0.12$ m, so $P \approx +8.33$ D.

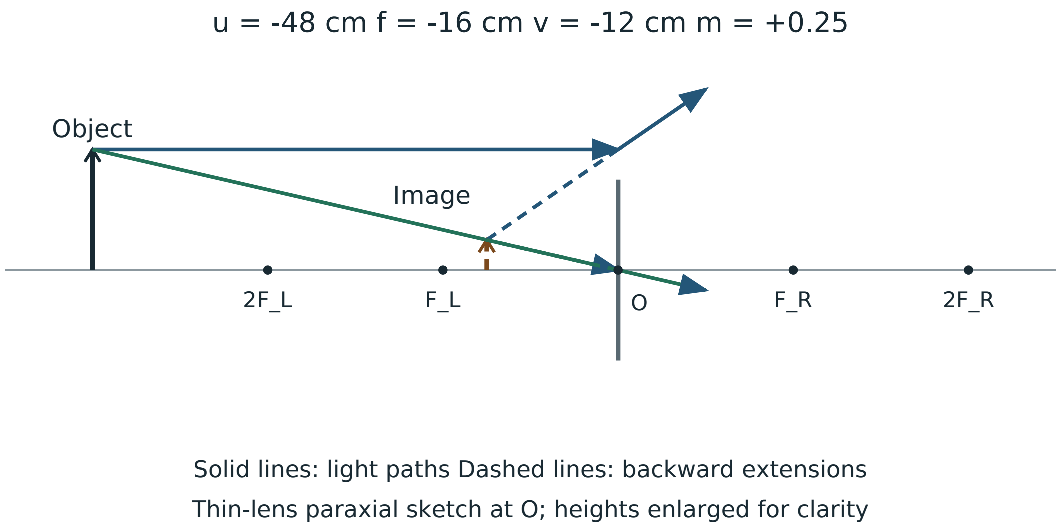
Example 3 Concave lens. An upright 8 cm object is 48 cm left of a concave lens with focal-length magnitude 16 cm.

$u = -48$ cm; $f = -16$ cm. $1/v = -1/16 - 1/48 = -1/12$. Thus $v = -12$ cm and $m = (-12)/(-48) = +1/4$. $h_i = (1/4) \times 8 = +2$ cm.

The image is 12 cm left of the lens, virtual, upright and diminished, between O and F_L. With $f = -0.16$ m, $P = -6.25$ D.



Convex lens example 2: u = −36 cm, f = +12 cm, v = +18 cm, m = −0.5. The two outgoing rays meet at the real inverted half-sized image. O is the optical centre; F_L and F_R mark the left and right focal points; 2F marks twice the focal distance. Thin-lens paraxial construction in air; heights are enlarged for clarity.



Concave lens example 3: u = −48 cm, f = −16 cm, v = −12 cm, m = +0.25. Outgoing rays diverge, but their backward extensions meet between O and F_L at an erect quarter-sized virtual image. The centre ray's backward extension coincides with its incoming straight line. Dashed lines never mean light travelling backwards.

9 Common mistakes and recap

Measure angles from the normal. Compare optical indices, not material weight. Check object position before describing a convex-lens image. Assign signs before calculation and convert centimetres to metres before finding power. Magnification changes with object position even for the same lens. Finally, check whether the calculated side, orientation and size agree with the ray construction.

Check your understanding

Attempt all six before reading the key.

1. A ray enters glass from air along the normal. What changes?

   A. Direction only

   B. Speed, but not direction or frequency

   C. Frequency only

   D. Neither speed nor direction

2. At nonzero angles, light travels from n_1 = 1.20 to n_2 = 1.80. What is sin i/sin r?

   A. 2/3

   B. 1.20

   C. 1.80

   D. 1.50

3. A real object lies between a convex lens and its nearer focus. Its image is:

A. Virtual, upright and enlarged

B. Real, inverted and diminished

C. Virtual, upright and diminished

D. Real, upright and enlarged

4. A concave lens has focal length −80 cm. Its power is:

A. +1.25 D

B. −0.0125 D

C. −1.25 D

D. −80 D

5. For a thin lens, u = −24 cm and v = +12 cm. What is magnification?

A. +0.50

B. −0.50

C. −2

D. +2

6. An oblique ray crosses a parallel glass slab with air on both sides. The emerging ray is:

A. Always perpendicular to the slab

B. Unchanged because no refraction occurs

C. Always aimed at a common focus

D. Parallel to the incident direction and laterally displaced

Explained key

1. **B** — At normal incidence both angles are zero. Speed decreases and wavelength changes; frequency stays the same. A visible bend is not required.

2. **D** — The ratio is n_2/n_1 = 1.80/1.20 = 1.50. Using 1.80 alone incorrectly treats the first medium as having index 1.

3. **A** — Outgoing rays diverge; backward extensions meet on the object side. The inside-focus case gives an enlarged virtual image, not a screen image.

4. **C** — Convert first: f = −0.80 m. P = 1/(−0.80) = −1.25 D. The negative sign identifies divergence; −0.0125 comes from using centimetres incorrectly.

5. **B** — m = v/u = 12/(−24) = −0.50: inverted and half-sized. Adding the mirror formula's extra minus sign would give the wrong orientation.

6. **D** — Refraction occurs at both faces. Parallel faces and the same outside medium restore the direction, while oblique travel through the slab shifts the ray sideways.

Sources

Primary: NCERT Science, §§9.3.1–9.3.8, printed pp. 146–158. Supporting: NIOS Light Energy, §§15.9–15.14, pp. 339–347. Technical cross-check only: NCERT Ray Optics, §9.3 and §§9.5.2–9.5.3.

A concrete ray or concept demonstration

A straight straw viewed obliquely across the water surface can look bent. Rays from its submerged part refract as they leave water. The eye traces the outgoing rays backwards and locates that part at an apparent position. The straw itself has not bent: the light path changed at the boundary.

Refraction and lenses quick reference

- Measure i and r from the normal; normal incidence gives no bend
- n = c/s; higher optical index means lower light speed
- $n_1 \sin i = n_2 \sin r$; frequency is unchanged at a stationary boundary
- Parallel slab, same outside medium: emergent direction parallel; oblique incidence gives lateral shift
- Thin glass lenses in air: convex converges, concave diverges
- Convex plus inside-focus real object: virtual, upright, enlarged image
- Concave plus real object: virtual, upright, diminished image
- Left-to-right light: real object $u < 0$; convex $f > 0$; concave $f < 0$
- Lens: $1/f = 1/v - 1/u$; $m = v/u = h_i/h_o$
- $m < 0$ means inverted; $m > 0$ means upright; $|m|$ gives size ratio
- $P = 1/f$ with f in metres; unit dioptre (D)
- Solid lines show light travel; dashed backward extensions locate virtual images

Human Eye Dispersion and Optical Effects

What you will learn

Learn the causes of eye focusing, prism colours and atmospheric optical effects through original examples.

1 Follow light through the eye

- **Cornea:** the transparent curved front surface provides most of the eye's refraction.
- **Iris and pupil:** the coloured muscular iris controls its central opening, the pupil. Pupil size regulates light entry; the pupil is not a lens.
- **Lens and ciliary muscles:** the transparent flexible lens adjusts focusing. Ciliary muscles help change its curvature and focal length.
- **Retina:** this light-sensitive layer receives the image. Its cells send electrical signals through the optic nerve to the brain.

Clear vision requires a **real, inverted image on the retina**: rays actually meet there. The brain interprets the signals, so we do not experience an upside-down retinal picture.

2 Accommodation keeps the focus on the retina

Different object distances give differently diverging incoming rays. The lens-to-retina distance stays approximately fixed. Accommodation changes lens shape and focal length, not lens position as in some cameras.

For distant objects, ciliary muscles relax and the lens becomes less curved: focal length increases and power decreases. For nearby objects, these muscles contract and the lens becomes more curved and thicker: focal length decreases and power increases. Lens power is the reciprocal of focal length in metres.

The **near point** is the nearest distance for clear, comfortable vision; the **far point** is the farthest clearly visible point. The school model for a young adult with normal vision uses about **25 cm** and **infinity**, respectively. These are reference values, not exact limits for every person or age.

Reasoning example 1: Focus shifts from a distant tree to a book. Must the retina move? No. Near focus requires stronger convergence, so accommodation shortens focal length. Pupil adjustment controls light entry, not this focusing mechanism.

3 Vision defects and lens correction

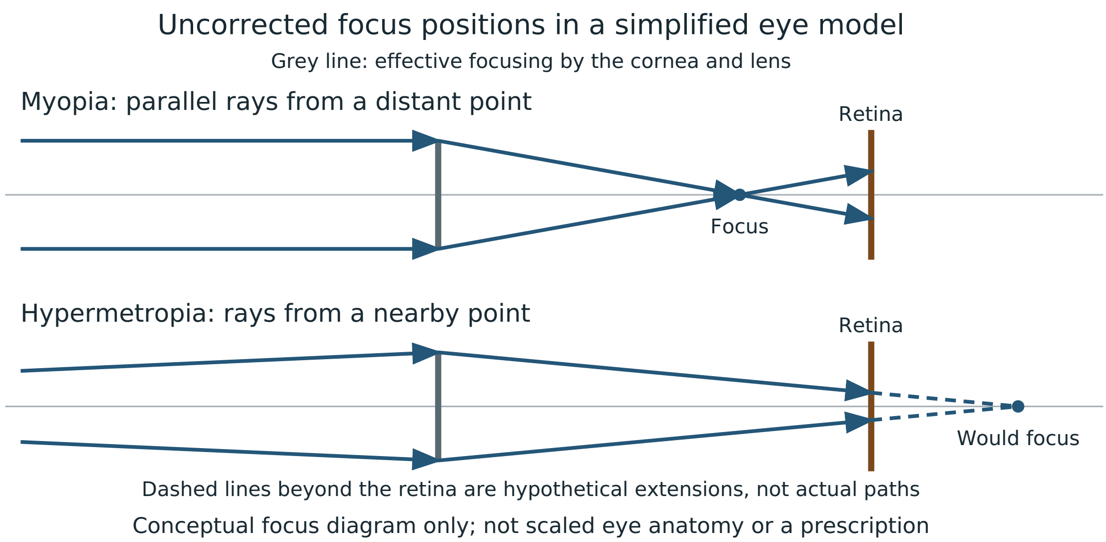
Choose correction by where rays would meet. These simplified models do not diagnose someone or select spectacles.

Myopia or short-sightedness: distant rays converge before the retina, blurring distant objects. The far point is finite. Excessive converging power or an elongated eyeball can cause this. A suitable **concave lens**, with negative power, first diverges incoming rays. The combined system focuses them on the retina rather than too early.

Hypermetropia or long-sightedness: in the basic model, nearby objects require more convergence than the eye provides; their rays would meet behind the retina. The near point lies beyond the normal reference distance. Insufficient converging power or a short eyeball can cause this. A suitable **convex lens**, with positive power, adds convergence to focus on the retina.

Presbyopia: accommodation generally decreases with age as lens flexibility and the focusing mechanism's effectiveness decline. Nearby print becomes harder to focus on; the near point recedes. A converging near-vision correction can compensate. Bifocals can provide separate near and distance corrections when needed. Their distance portion is not necessarily concave; it depends on the correction required. Presbyopia and hypermetropia can both affect near vision but have different causes.

Reasoning example 2: Model eye A focuses distant rays before its retina; B would focus near-print rays behind its retina. A needs initial divergence from a concave correction; B needs extra convergence from a convex correction. Missing the retina does not always require the same correction.



Conceptual eye comparison, not scaled anatomy. Upper panel: parallel rays from a distant point meet before the retina in myopia. Lower panel: rays from a near point would meet behind the retina in the hypermetropic model; dashed segments beyond the retina are hypothetical continuations. A suitable concave correction adds divergence in the upper case; a convex correction adds convergence in the lower case. The diagram does not prescribe spectacles.

4 A prism separates colours already present

A triangular glass prism has non-parallel refracting faces. Entry and exit refraction produce an overall deviation. Glass has different refractive indices for different colours, so white light's components deviate differently. This separation is **dispersion**; the resulting band is a **spectrum**.

For colours emerging from an ordinary triangular glass prism in air under normal visible dispersion, **red deviates least and violet most**. This is not universal for every material and wavelength. Violet, indigo, blue, green, yellow, orange and red name convenient regions of a continuous spectrum, without seven sharp boundaries.

A suitably aligned, reversed second identical prism can recombine the colours into white light. The first prism separates existing components; it does not manufacture colours. Single-colour light can refract without producing a complete white-light spectrum.

5 How a primary rainbow forms

Inside water droplets, the sequence is:

1. Entry refraction and dispersion of sunlight
2. Reflection of some light at the inside back surface
3. Exit refraction

Colours emerge in different directions. With the Sun behind the observer and droplets ahead, suitable rays form the arc opposite the Sun. A primary rainbow has red on its outer edge and violet on its inner edge. “Refraction alone” omits the essential internal-reflection step. This reflection need not be total internal reflection.

6 Atmospheric refraction and twinkling

Air’s refractive index varies with density and temperature. Rays bend through changing atmospheric layers, altering apparent positions. A star near the horizon generally appears higher than its true direction. Atmospheric refraction also allows the Sun to appear before geometric sunrise and after geometric sunset.

Turbulent air continually changes the paths and concentration of starlight reaching the eye. A distant star approximates a point source, making brightness fluctuations noticeable as **twinkling**. A planet usually twinkles less: fluctuations from many points of its apparent disc partly average out. “Planets never twinkle” is too absolute.

7 Scattering explains sky and sunset colours

Scattering redirects light in many directions through interaction with molecules or particles. It differs from a prism separating colours by refraction. Air molecules scatter shorter visible wavelengths more strongly than longer ones. Blue-rich scattered sunlight reaches us from many sky directions, producing a clear blue daytime sky.

Near sunset or sunrise, direct sunlight follows a longer atmospheric path. Much shorter-wavelength light is scattered out of the direct beam, leaving it relatively richer in red and orange. The Sun does not start producing only red light. Dust and clouds can alter the colours.

Reasoning example 3: Above the atmosphere, the surrounding sky appears dark because little sunlight is scattered from other directions. The Sun can still be bright: a dark sky does not mean an absence of sunlight.

Misconceptions to test

- Larger pupil means stronger accommodation? No: light control and focus adjustment differ
- Brain processing makes the retinal image virtual? No: rays really meet at the retina
- Twinkling and blue sky have one cause? No: changing refraction and scattering, respectively
- A prism creates seven colours? No: it separates an existing continuous range

Check your understanding

Try all six before reading the key.

1. An eye shifts focus from a distant tower to a nearby label. Which change describes accommodation?

A. The retina moves towards the lens

B. The lens becomes more curved and its focal length decreases

C. The pupil becomes the image screen

D. The optic nerve changes into a lens

2. In a model eye, distant rays focus before the retina. Which correction has the right effect?

A. Convex lens to add convergence

B. Plane glass to remove every ray

C. Concave lens to introduce divergence

D. Prism to create new colours

3. Rays from near print would meet behind a model eye's retina. What helps them meet sooner?

A. A convex lens adding convergence

B. A concave lens adding divergence

C. Removing the retina

D. Making the pupil the optic nerve

4. White light enters an ordinary triangular glass prism in air under normal visible dispersion. Both red and violet emerge. Which statement is correct?

A. Violet deviates less than red

B. All colours must have equal deviation

C. The glass manufactures the colours

D. Red deviates less than violet

5. Why does a planet usually twinkle less noticeably than a star?

A. Planets have no light reaching the eye

B. Light from different points of the planet's apparent disc partly averages out fluctuations

C. Planets lie outside the atmosphere but stars lie inside it

D. Only starlight can be refracted

6. Why can the direct Sun look reddish near sunset?

A. The Sun stops emitting shorter wavelengths

B. Air produces red paint

C. A longer atmospheric path scatters much shorter-wavelength light out of the direct beam

D. A retinal image becomes upright at sunset

Explained key

1. B. Near focus needs greater convergence. Changing lens curvature adjusts focal length; the retina stays approximately fixed.

2. C. The myopic model converges rays too soon. A concave lens reduces the initial convergence of the combined system.

3. A. Extra convergence moves the focus towards the retina in the hypermetropic near-vision model. Added divergence would worsen this mismatch.

4. D. In this triangular glass prism in air, normal visible dispersion makes emerging red light deviate less than violet. A parallel slab does not have the same net angular-deviation behaviour.

5. B. Both beams cross the atmosphere. A planet's extended apparent disc reduces the net flicker compared with an approximately point-like star.

6. C. The remaining direct beam becomes relatively richer in red and orange. The scattering redistributes light; it does not switch off colours at the Sun.

Recap

Accommodation adjusts focus; corrective lenses adjust convergence. Dispersion separates colours, atmospheric refraction changes directions, and scattering redistributes light.

Sources and scope

Based on NCERT Science Chapter 10, The Human Eye and the Colourful World, reprint 2026–27, sections 10.1–10.6, pp. 161–169, with NIOS Light Energy, sections 15.15–15.16, pp. 347–351 for the dispersion and eye models. The sunset explanation applies scattering to a longer atmospheric path. Explanations and checks are original.

A concrete ray or concept demonstration

Compare the pupil to a camera aperture and the retina to its sensor. However, eye accommodation changes lens curvature at approximately fixed lens-to-retina distance.

Eye and colour quick reference

- Cornea: most refraction; iris/pupil: light control; retina: real inverted image
- Near focus: greater lens curvature, shorter focal length, higher power
- Normal young-adult reference: near point about 25 cm; far point infinity
- Myopia: distant focus before retina; concave negative-power correction
- Hypermetropia: near focus behind retina; convex positive-power correction
- Presbyopia: reduced accommodation with age
- Triangular glass prism in air, normal visible dispersion, colours emerge: red least, violet most deviation
- Primary rainbow: entry refraction and dispersion → internal reflection → exit refraction
- Twinkling: changing atmospheric refraction; blue sky and red sunset: scattering

प्रकाश परावर्तन और दर्पण

आप क्या सीखेंगे

किरण आरेख और चिह्न सहित गणना से एक ही प्रश्न का उत्तर निकालें: दर्पण प्रतिबिंब कहाँ बनाता है और वह कैसा होता है? आप परावर्तन और प्रतिबिंब बनने में अंतर करेंगे, उपयोगी किरणें चुनेंगे और दर्पण के उपयोग को वस्तु की स्थिति से जोड़ेंगे। यह सामान्य विज्ञान का माध्यमिक-स्तरीय प्रकाशिकी अभ्यास है, किसी विषय से आने वाले परीक्षा-अंकों की भविष्यवाणी नहीं।

1 प्रकाश और किरण मॉडल

वस्तु से आया प्रकाश आँख में प्रवेश करता है, तभी वस्तु दिखाई देती है। दीपक प्रकाश उत्सर्जित करता है; पुस्तक सामान्यतः अपने द्वारा परावर्तित प्रकाश से दिखती है। प्रकाश निर्वात में भी चलता है; निर्वात में उसकी चाल लगभग 3×10^8 m/s है।

समांगी पारदर्शी माध्यम में, जहाँ प्रकाशीय गुण स्थान के साथ नहीं बदलते, विद्यालयी किरण मॉडल प्रकाश को सीधी रेखाओं में चलता हुआ दर्शाता है। किरण दिशा बताने वाले तीर सहित रेखा है, कोई भौतिक धागा नहीं। जब विवर्तन जैसे तरंग-प्रभाव नगण्य हों, यह मॉडल उपयोगी होता है। इसका अर्थ यह नहीं कि प्रकाश कभी दिशा नहीं बदल सकता: सतह से परावर्तन या माध्यम बदलने पर अपवर्तन हो सकता है।

2 परावर्तन में अभिलंब का उपयोग

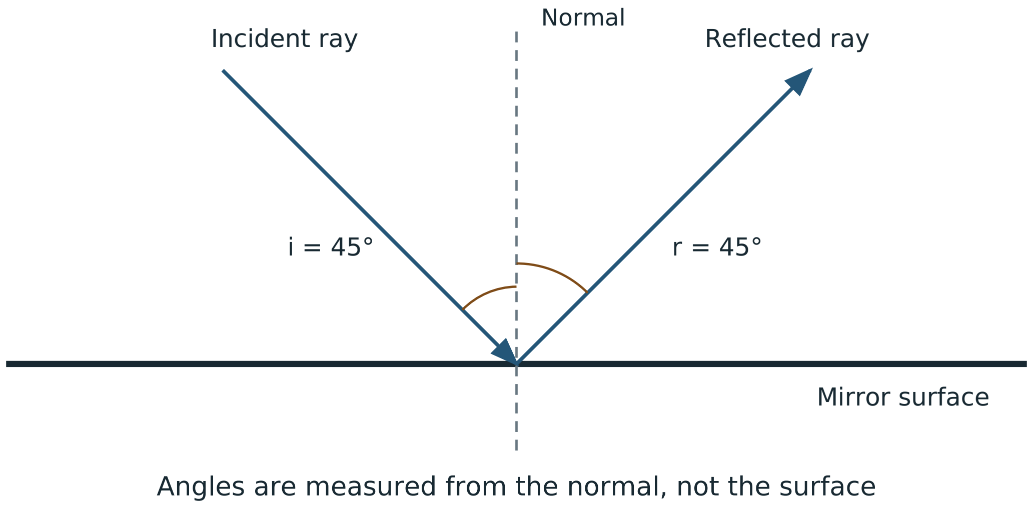
किरण सतह पर जहाँ टकराती है, उस बिंदु पर सतह के लंबवत रेखा खींचें। यही **अभिलंब** है। गोलीय दर्पण पर स्थानीय अभिलंब वक्रता केंद्र से होकर जाता है।

आपतन कोण i, आने वाली किरण और अभिलंब के बीच मापा जाता है। परावर्तन कोण r, बाहर जाने वाली किरण और उसी अभिलंब के बीच मापा जाता है। नियम हैं:

- $i = r$
- आपतित किरण, परावर्तित किरण और आपतन बिंदु का अभिलंब एक ही तल में होते हैं

कोण का हल सहित उदाहरण: किरण समतल दर्पण की सतह से 35° का कोण बनाती है। अभिलंब से उसका कोण 90° − 35° = 55° है। अतः $i = r = 55°$, न कि 35°। परावर्तित किरण भी सतह से 35° बनाती है। कोण रखने से पहले अभिलंब खींचें।

चिकनी सतह समानांतर किरणों को एक नियमित दिशा में परावर्तित कर सकती है। खुरदरी सतह पर अलग बिंदुओं के स्थानीय अभिलंब अलग दिशाओं में होते हैं, इसलिए परावर्तित किरणें कई दिशाओं में फैलती हैं। यह **विसरित परावर्तन भी हर बिंदु पर परावर्तन के नियम मानता है**। इसमें $i = r$ का उल्लंघन नहीं होता।



परावर्तन: दर्पण के लंबवत अभिलंब से मापे कोण $i = r = 45°$ हैं। तीर प्रकाश की दिशा दिखाते हैं। खड़ी टूटी रेखा अभिलंब की सहायक रेखा है, प्रकाश-किरण नहीं।

3 वास्तविक और आभासी प्रतिबिंब

वास्तविक प्रतिबिंब वहाँ बनता है जहाँ बाहर जाने वाली किरणें सचमुच मिलती हैं। उचित स्थान पर रखा पर्दा उसे प्राप्त कर सकता है। आभासी प्रतिबिंब वहाँ माना जाता है जहाँ बाहर जाती किरणों के पीछे की ओर बढ़ाए गए विस्तार मिलते हैं; वास्तविक किरणें उस आभासी बिंदु से नहीं गुजरतीं। वहाँ पर्दा रखकर प्रतिबिंब सीधे प्राप्त नहीं किया जा सकता, लेकिन बाहर आती किरणें पाकर आँख या कैमरा उसे देख सकता है।

वास्तविक किरण-पथ के लिए तीर वाली सतत रेखाएँ और पीछे बढ़ाए गए विस्तारों के लिए टूटी रेखाएँ बनाएँ। “आभासी” का अर्थ अदृश्य नहीं है। “वास्तविक” का अर्थ हमेशा बड़ा भी नहीं है।

4 समतल दर्पण

समतल दर्पण के सामने रखी वास्तविक वस्तु का प्रतिबिंब आभासी, सीधा और वस्तु के बराबर आकार का होता है। दर्पण के पीछे उसकी लंबवत दूरी उतनी ही होती है जितनी सामने वस्तु की लंबवत दूरी। दर्पण में दिखने वाला परिचित बाएँ-दाएँ उलटाव पार्श्व परिवर्तन कहलाता है; प्रतिबिंब ऊपर-नीचे नहीं उलटता।

दूरी का हल सहित उदाहरण: एक मार्कर स्थिर समतल दर्पण के सामने 1.8 m पर है। उसका प्रतिबिंब पीछे 1.8 m पर होगा, इसलिए वस्तु और प्रतिबिंब का अंतर 3.6 m है। मार्कर को दर्पण की ओर 0.3 m खिसकाएँ: अब दोनों तरफ दूरी 1.5 m और कुल अंतर 3.0 m है। अंतर 0.6 m घटा। “दर्पण से दूरी” और “वस्तु तथा प्रतिबिंब के बीच दूरी” अलग रखें।

समतल दर्पण का प्रतिबिंब बनाने के लिए एक ही वस्तु-बिंदु से दो किरणें दर्पण के अलग बिंदुओं तक भेजें। हर किरण को उसके स्थानीय अभिलंब से बराबर कोण पर परावर्तित करें। परावर्तित किरणों को पीछे की ओर बढ़ाएँ। उनके विस्तार दर्पण के पीछे संबंधित प्रतिबिंब-बिंदु पर मिलते हैं।

5 गोलीय दर्पण और मुख्य बिंदु

अवतल दर्पण का परावर्तक तल भीतर की ओर मुड़ा होता है; उत्तल दर्पण बाहर उभरे तल से परावर्तन करता है। हमारे मॉडल में दोनों किसी गोले के भाग हैं।

- P, ध्रुव, परावर्तक सतह का मध्य बिंदु है
- C, वक्रता केंद्र, उस गोले का केंद्र है जिसका दर्पण एक भाग है
- मुख्य अक्ष P और C से गुजरने वाली सीधी रेखा है
- R, चिह्न सहित दूरी PC, वक्रता त्रिज्या है
- F मुख्य फोकस है। अक्ष के समानांतर और पास की किरणें अवतल दर्पण से परावर्तन के बाद वहाँ मिलती हैं; उत्तल दर्पण में वे वहाँ से आती हुई प्रतीत होती हैं
- f, चिह्न सहित दूरी PF, फोकस दूरी है

गोलीय दर्पणों के **उपाक्षीय सन्निकटन** में $f = R/2$ होता है। उपाक्षीय किरणें मुख्य अक्ष के पास रहती हैं और उससे छोटे कोण बनाती हैं। इससे यह दावा न करें कि गोलीय दर्पण पर पड़ने वाली किसी चौड़े किरण-पुंज की सभी किरणें ठीक एक ही बिंदु पर मिलेंगी। आगे के किरण-निर्माण और दर्पण सूत्र भी इसी आदर्शीकृत सन्निकटन पर आधारित हैं।

6 दो किरणों से प्रतिबिंब बनाएँ

दोनों किरणें उसी सीधी वस्तु के शीर्ष से शुरू करें। अवतल दर्पण के लिए एक उपयोगी किरण अक्ष के समानांतर जाती है और परावर्तन के बाद F से गुजरती है। C से होकर जाने वाली दूसरी किरण अपने ही पथ पर लौटती है, क्योंकि वह अभिलंब की दिशा में टकराती है। विकल्प के रूप में F से होकर जाने वाली किरण अक्ष के समानांतर लौटती है, या P पर पड़ने वाली किरण अक्ष से समान कोण पर परावर्तित होती है। किरणों का मिलन-बिंदु प्रतिबिंब का शीर्ष है।

उत्तल दर्पण में अक्ष के समानांतर आपतित किरण परावर्तन के बाद दर्पण के पीछे F से आती हुई लगती है। C की ओर भेजी गई किरण अपनी आने वाली रेखा पर वापस लौटती है। वास्तविक परावर्तित किरणें फैलती हैं; उनके पीछे बढ़ाए गए टूटे विस्तार दर्पण के पीछे मिलते हैं। आभासी प्रतिबिंब तक दर्पण के आर-पार जाती सतत परावर्तित किरणें न बनाएँ।

अवतल दर्पण के सामने मुख्य अक्ष की ओर रखी वास्तविक वस्तुओं के प्रमुख मामले:

- वस्तु C से परे (P से दूरी PC से अधिक): प्रतिबिंब C और F के बीच, वास्तविक, उल्टा और छोटा
- वस्तु C पर: प्रतिबिंब C पर, वास्तविक, उल्टा और समान आकार का
- वस्तु C और F के बीच: प्रतिबिंब C से परे (P से दूरी PC से अधिक), वास्तविक, उल्टा और बड़ा
- वस्तु F पर: एक बिंदु से आने वाली किरणें परावर्तन के बाद समानांतर होती हैं; इस आदर्श मॉडल में सीमित दूरी पर प्रतिबिंब नहीं बनता
- वस्तु F और P के बीच: प्रतिबिंब दर्पण के पीछे, आभासी, सीधा और बड़ा
- बहुत दूर की वस्तु: प्रतिबिंब फोकस तल के निकट आता है; अक्ष पर बहुत दूर स्थित बिंदु का प्रतिबिंब F के निकट बनता है

उत्तल दर्पण के सामने सीमित दूरी पर रखी वास्तविक वस्तु का प्रतिबिंब दर्पण के पीछे P और F के बीच बनता है। वह आभासी, सीधा और छोटा होता है। वास्तविक वस्तु की शर्त महत्त्वपूर्ण है; कथन हर संभावित अभिसारी आपतित किरण-पुंज के लिए नहीं है। वास्तविक वस्तु बहुत दूर जाने पर उसका प्रतिबिंब F के निकट आता है।

7 गणना से पहले कार्तीय चिह्न

आपतित प्रकाश को बाएँ से दाएँ जाता दिखाएँ और वस्तु बाईं ओर रखें। P को मूल बिंदु मानें। सभी दूरियाँ P से मापें, F या C से नहीं।

- P के दाएँ धनात्मक; बाएँ ऋणात्मक
- अक्ष के ऊपर ऊँचाई धनात्मक; नीचे ऋणात्मक
- यहाँ की वास्तविक वस्तुओं के लिए u ऋणात्मक है
- अवतल दर्पण में f और R ऋणात्मक; उत्तल दर्पण में f और R धनात्मक
- सामने बनने वाले वास्तविक प्रतिबिंब का v ऋणात्मक; पीछे बनने वाले आभासी प्रतिबिंब का v धनात्मक

दर्पण सूत्र लगाने से पहले मानों को चिह्न सहित लिखें: $1/f = 1/v + 1/u$, इसलिए $1/v = 1/f - 1/u$।

यहाँ u वस्तु दूरी, v प्रतिबिंब दूरी और f फोकस दूरी है। लंबाई की एक ही इकाई रखें। चिह्न सहित रैखिक आवर्धन **$m = h'/h = -v/u$** है, जहाँ h वस्तु और h′ प्रतिबिंब की ऊँचाई है। सीधी वस्तु के सापेक्ष धनात्मक चिह्न सीधा और ऋणात्मक चिह्न उल्टा प्रतिबिंब बताता है। परिमाण $|m|$ आकार बताता है: 1 से अधिक तो बड़ा, 1 से कम तो छोटा और 1 तो समान आकार।

8 चिह्न सहित तीन गणनाएँ

उदाहरण 1 अवतल दर्पण और पर्दा: 4 cm ऊँची सीधी वस्तु अवतल दर्पण के सामने 36 cm पर है। फोकस दूरी का परिमाण 12 cm है।

$u = -36$ cm; $f = -12$ cm; $h = +4$ cm। $1/v = -1/12 - (-1/36) = -3/36 + 1/36 = -1/18$। अतः $v = -18$ cm। प्रतिबिंब दर्पण के सामने 18 cm पर बनेगा, जहाँ पर्दे पर उसे प्राप्त किया जा सकता है। $m = -(-18)/(-36) = -1/2$, इसलिए $h' = (-1/2) \times 4 = -2$ cm। प्रतिबिंब वास्तविक, उल्टा और आधे आकार का है। स्थिति जाँचें: C सामने 24 cm पर है; C से परे रखी वस्तु का प्रतिबिंब C और F के बीच होना चाहिए, और 18 cm यही शर्त पूरी करता है।

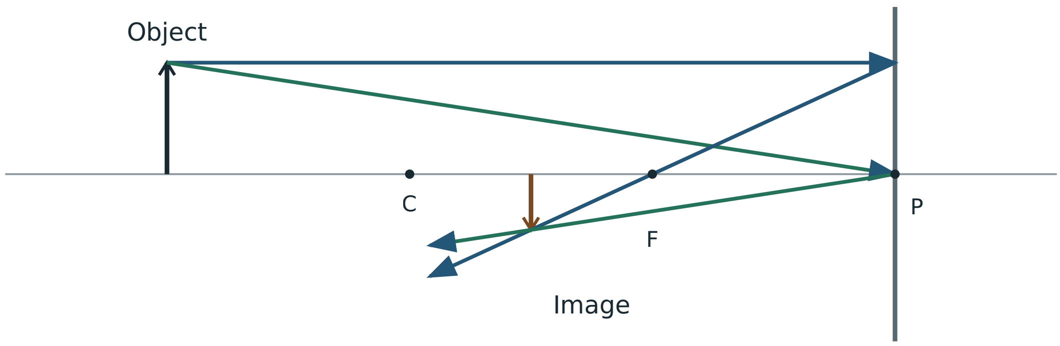
उदाहरण 2 पास से उपयोग किया गया अवतल दर्पण: फोकस दूरी के परिमाण 15 cm वाले अवतल दर्पण के सामने वस्तु 10 cm पर रखें।

$u = -10$ cm; $f = -15$ cm। $1/v = -1/15 - (-1/10) = (-2 + 3)/30 = 1/30$। अतः $v = +30$ cm और $m = -30/(-10) = +3$। प्रतिबिंब दर्पण के पीछे 30 cm पर, आभासी, सीधा और तीन गुनी ऊँचाई का है। वस्तु फोकस दूरी के भीतर है। उत्तर में “30” देखकर पर्दा सामने 30 cm पर न रखें; चिह्न प्रतिबिंब की तरफ बताता है।

उदाहरण 3 उत्तल दर्पण: $f = +20$ cm वाले उत्तल दर्पण के सामने वस्तु 30 cm पर रखें।

u = −30 cm। 1/v = 1/20 − (−1/30) = 3/60 + 2/60 = 1/12। अतः v = +12 cm और m = −12/(−30) = +0.4। प्रतिबिंब आभासी, सीधा और वस्तु की ऊँचाई का 0.4 गुना है। वह दर्पण के पीछे P और F के बीच है, जो किरण-निर्माण से मेल खाता है।

u = -36 cm f = -12 cm v = -18 cm m = -0.5

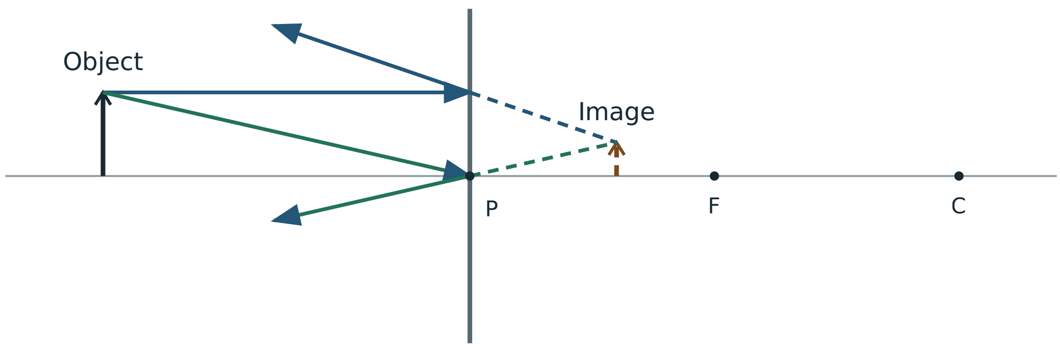


Solid lines: light paths Dashed lines: backward extensions

Paraxial mirror-plane sketch at P; heights enlarged for clarity

अवतल दर्पण, उदाहरण 1: u = −36 cm, f = −12 cm, v = −18 cm, m = −0.5। वस्तु C से परे और वास्तविक उल्टा प्रतिबिंब C तथा F के बीच है। P ध्रुव, F फोकस और C वक्रता केंद्र हैं। यह सन्निकट उपाक्षीय ध्रुव-तल निर्माण है, गोलीय सतह पर सटीक किरण-अनुरेखण नहीं। अक्षीय दूरियों की तुलना में ऊँचाइयाँ बड़ी दिखाई गई हैं।

u = -30 cm f = +20 cm v = +12 cm m = +0.4



Solid lines: light paths Dashed lines: backward extensions

Paraxial mirror-plane sketch at P; heights enlarged for clarity

उत्तल दर्पण, उदाहरण 3: u = −30 cm, f = +20 cm, v = +12 cm, m = +0.4। परावर्तित किरणें बाईं ओर जाती हैं; उनके पीछे बढ़ाए गए टूटे विस्तार दर्पण के पीछे P और F के बीच मिलते हैं। आभासी प्रतिबिंब सीधा और छोटा है। ऊपर की तरह खड़ी रेखा P पर उपाक्षीय दर्पण-तल दिखाती है, समतल दर्पण नहीं।

9 कार्य के आधार पर दर्पण चुनें

उत्तल यातायात या वाहन-दर्पण अधिक दृष्टि-क्षेत्र और वास्तविक वस्तुओं के छोटे सीधे प्रतिबिंब देता है। अवतल दाढ़ी बनाने या दंत चिकित्सक के दर्पण में वस्तु P और F के बीच हो तो बड़ा सीधा प्रतिबिंब मिलता है। अवतल परावर्तक के फोकस के पास छोटा प्रकाश स्रोत रखें तो प्रकाश लगभग समानांतर निकलता है; टॉर्च के परावर्तक का विद्यालयी मॉडल यही है। लगभग समानांतर सूर्य-किरणों को फोकस के पास एकत्र करना इसका उल्टा पथ है। वास्तविक उपकरणों में गोलीय दर्पण से अलग आकार भी हो सकते हैं; मॉडल सिद्धांत समझाता है, हर उपकरण की पूरी बनावट नहीं। सूर्य को सीधे या केंद्रित सूर्य-प्रकाश में कभी न देखें।

10 उत्तरमाला से पहले अभ्यास

1. किरण समतल दर्पण की सतह से 25° बनाती है। अभिलंब से मापा परावर्तन कोण कितना है?

   A. 25°

   B. 50°

   C. 65°

   D. 75°

2. वास्तविक वस्तु समतल दर्पण के सामने 0.8 m पर है। वस्तु और प्रतिबिंब में कितना अंतर है?

   A. 0.4 m

   B. 0.8 m

   C. 1.6 m

   D. 2.4 m

3. विसरित परावर्तन के बारे में कौन-सा कथन सही है?

   A. खुरदरी सतह पर परावर्तन का नियम नहीं चलता

   B. स्थानीय अभिलंब अलग होते हैं, पर हर किरण $i = r$ मानती है

   C. हर परावर्तित किरण बाकी के समानांतर जाती है

   D. खुरदरी सतह सारा आपतित प्रकाश सोख लेती है

4. सीधी वास्तविक वस्तु अवतल दर्पण के F और P के बीच है। उपाक्षीय मॉडल में कैसा प्रतिबिंब मिलेगा?

   A. वास्तविक, उल्टा और छोटा

   B. वास्तविक, सीधा और बड़ा

   C. आभासी, उल्टा और छोटा

   D. आभासी, सीधा और बड़ा

5. अवतल दर्पण में $u = -40$ cm और $f = -10$ cm हैं। दर्पण सूत्र से v ज्ञात करें।

   A. −40/3 cm

   B. +40/3 cm

   C. −8 cm

   D. +8 cm

6. उत्तल दर्पण में आभासी प्रतिबिंब के लिए $u = -24$ cm और $v = +8$ cm हैं। चिह्न सहित आवर्धन कितना है?

   A. −3

   B. +3

   C. −1/3

   D. +1/3

11 व्याख्या सहित उत्तरमाला

1. **C।** आपतन कोण 90° − 25° = 65° है, इसलिए परावर्तन कोण भी 65° है। दिया सतह का कोण i नहीं है।

2. **C।** प्रतिबिंब दर्पण के पीछे 0.8 m पर है। कुल अंतर 0.8 + 0.8 = 1.6 m है।

3. **B।** सतह की स्थानीय दिशाएँ अलग होने से परावर्तित किरणें फैलती हैं। स्थानीय नियम नहीं बदलता। इससे न सभी किरणों का समानांतर होना निकलता है, न पूरा अवशोषण।

4. **D।** अवतल दर्पण की फोकस दूरी के भीतर परावर्तित किरणें फैलती हैं और उनके पीछे बढ़ाए विस्तार दर्पण के पीछे मिलते हैं; प्रतिबिंब आभासी, सीधा और बड़ा होता है।

5. **A।** $1/v = -1/10 - (-1/40) = -3/40$, अतः $v = -40/3$ cm। ऋणात्मक चिह्न सामने का वास्तविक प्रतिबिंब बताता है; लेंस सूत्र लगाने से अलग परिणाम मिलेगा।

6. **D।** $m = -v/u = -8/(-24) = +1/3$। प्रतिबिंब सीधा और एक-तिहाई ऊँचा है। अनुपात उलटने पर 3 और दर्पण के सूत्र का ऋण चिह्न हटाने पर $-1/3$ मिलता है।

स्रोत और अगला कदम

एनसीईआरटी विज्ञान अध्याय 9 प्रकाश परावर्तन तथा अपवर्तन, पुनर्मुद्रण 2026–27, खंड 9.1–9.2.4, मुद्रित पृष्ठ 134–145, माध्यमिक स्तर पर परावर्तन, प्रतिबिंब और सूत्रों का आधार देता है। एनसीईआरटी भौतिकी भाग 2 अध्याय 9, खंड 9.2.1–9.2.3, पृष्ठ 222–226, उपाक्षीय शर्त स्पष्ट करता है। यहाँ की व्याख्या, संख्याएँ और अभ्यास मौलिक हैं। आगे अपवर्तन और लेंस पढ़कर तुलना करें कि प्रकाश किसी प्रकाशीय साधन से परावर्तित होने के बजाय उसके आर-पार जाने पर क्या बदलता है।

किरण या अवधारणा का ठोस उदाहरण

उछलती गेंद की उपमा के बजाय किरण-निर्माण करें। समतल दर्पण के बाएँ एक बिंदु-वस्तु रखें। दो आपतित किरणें खींचकर हर बिंदु पर $i = r$ लगाएँ। केवल परावर्तित किरणों को पीछे की ओर टूटी रेखाओं से बढ़ाएँ। विस्तार दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर मिलेंगे। इससे समझ आता है कि प्रकाश उस बिंदु से दर्पण के आर-पार वास्तव में आए बिना भी प्रतिबिंब कैसे दिखता है।

त्वरित संदर्भ

- i और r अभिलंब से मापें; विसरित परावर्तन में भी $i = r$
- वास्तविक वस्तु के लिए समतल दर्पण: आभासी, सीधा, समान आकार; वस्तु और प्रतिबिंब की लंबवत दूरियाँ बराबर
- उपाक्षीय गोलीय-दर्पण मॉडल में $f = R/2$; $1/f = 1/v + 1/u$
- प्रकाश बाएँ से दाएँ हो: वास्तविक वस्तु का $u < 0$; अवतल $f < 0$; उत्तल $f > 0$
- दर्पण का आवर्धन $m = -v/u$; चिह्न सीधा या उल्टा होना और $|m|$ आकार बताता है
- अवतल: F के भीतर की वास्तविक वस्तु का बड़ा आभासी सीधा प्रतिबिंब; F के बाहर वास्तविक उल्टा प्रतिबिंब
- उत्तल: सीमित दूरी की वास्तविक वस्तु का प्रतिबिंब पीछे P और F के बीच, आभासी, सीधा और छोटा
- चिह्न, स्थान और आकार को किरण-निर्माण से जाँचें

अपवर्तन और लेंस

आप क्या सीखेंगे

अपवर्तन समझना, पतले लेंसों से बनने वाले प्रतिबिंबों का किरण-निर्माण करना तथा प्रतिबिंब की स्थिति, आवर्धन और लेंस की क्षमता की गणना करना सीखेंगे। पहले किरण की दिशा और चिह्न परिपाटी तय करें; फिर सूत्र में मान रखें। उदाहरण और अभ्यास प्रश्न मौलिक शिक्षण सामग्री हैं।

1 प्रकाश का माध्यम की सीमा पार करना

किरण मॉडल में प्रकाश किसी समांगी पारदर्शी माध्यम में सीधी रेखा में चलता है। समांगी का अर्थ है कि संबंधित प्रकाशीय गुण पूरे माध्यम में एकसमान हैं। अलग-अलग अपवर्तनांक वाले माध्यमों की सीमा पार करते समय पारगमित प्रकाश की चाल और सामान्यतः दिशा बदलती है। यह अपवर्तन है।

किरण जहाँ सीमा पर पहुँचती है, वहाँ सीमा के लंबवत अभिलंब खींचें। आपतन कोण i और अपवर्तन कोण r को इसी अभिलंब से मापें, सतह से कभी नहीं। लंबवत आपतन में $i = 0°$ और $r = 0°$ होते हैं: चाल बदलने पर भी प्रकाश सीधे आगे जाता है। इसलिए चाल बदलने का अर्थ हमेशा किरण का मुड़ना नहीं है।

निरपेक्ष अपवर्तनांक $n = c/s$ है। यहाँ c निर्वात में प्रकाश की चाल और s माध्यम में उसकी चाल है। अपवर्तनांक की कोई इकाई नहीं होती। अधिक अपवर्तनांक का अर्थ प्रकाश की कम चाल है। “प्रकाशीय रूप से सघन” इसी प्रकाशीय तुलना को बताता है, प्रति इकाई आयतन द्रव्यमान को नहीं। स्थिर सीमा पार करने पर आवृत्ति अपरिवर्तित रहती है; चाल के साथ तरंगदैर्ध्य बदलता है।

2 किरण किस ओर मुड़ेगी

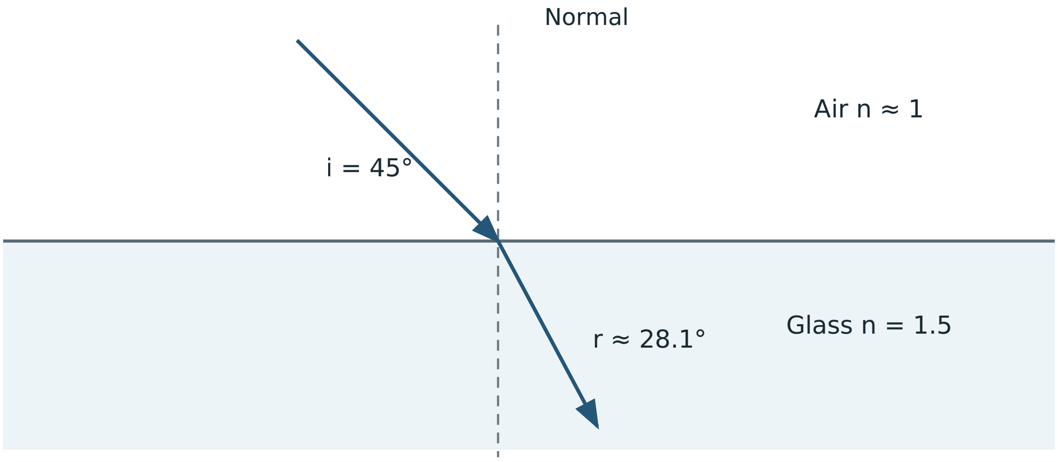
आपतित किरण, अपवर्तित किरण और अभिलंब एक ही तल में होते हैं। निश्चित रंग के माध्यम 1 से माध्यम 2 में जाने वाले प्रकाश के लिए स्नेल का नियम है:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

इसलिए अशून्य कोणों के लिए $\sin i/\sin r = n_2/n_1$ होता है। यह केवल n_2 के बराबर तब है जब $n_1 = 1$ हो; वायु से किसी पदार्थ में प्रवेश के लिए यह लगभग सही है। दोनों माध्यमों की तुलना करें:

- अधिक अपवर्तनांक वाले माध्यम में प्रवेश: पारगमित किरण अभिलंब की ओर मुड़ती है; तिरछे आपतन में $r < i$
- कम अपवर्तनांक वाले माध्यम में प्रवेश: किरण अभिलंब से दूर मुड़ती है; अपवर्तित किरण बनने पर $r > i$

अधिक से कम अपवर्तनांक वाले माध्यम में जाते समय पर्याप्त तिरछी किरण का पारगमन होने के बजाय पूर्ण आंतरिक परावर्तन हो सकता है। हर आपतित किरण का बाहर निकलना अनिवार्य न मानें।



$n_1 \sin i = n_2 \sin r$; entering the higher-index medium bends towards the normal

अपवर्तन का अलग निर्माण: $n_1 \approx 1$ वाली वायु से $n_2 = 1.5$ वाले काँच में $i = 45°$ पर आने से स्नेल के नियम के अनुसार $r \approx 28.1°$ मिलता है। किरण अभिलंब की ओर मुड़ती है। टूटा अभिलंब सहायक रेखा है, पीछे बढ़ाया गया किरण-विस्तार नहीं।

3 समांतर फलकों वाली काँच की पट्टिका

समांतर फलकों वाली पट्टिका के दोनों ओर वायु हो तो प्रवेश और निर्गमन बिंदु पर अलग-अलग अभिलंब खींचें। तिरछी किरण काँच में प्रवेश करते समय अभिलंब की ओर और बाहर निकलते समय उससे दूर मुड़ती है। निर्गत किरण मूल आपतित दिशा के समांतर होती है, लेकिन बगल की ओर खिसक जाती है। इसे पार्श्व विस्थापन कहते हैं। समांतर निर्गमन का अर्थ अपवर्तन का न होना नहीं है। लंबवत आपतन में पार्श्व विस्थापन नहीं होता। प्रिज्म के अपवर्तक फलक समांतर नहीं होते, इसलिए पट्टिका का यह निष्कर्ष उस पर सीधे लागू नहीं कर सकते।

4 लेंस का मॉडल

यहाँ हम वायु में रखे पतले काँच के लेंस लेते हैं, जिनका पदार्थ वायु से प्रकाशीय रूप से अधिक सघन है। किरणें मुख्य अक्ष के पास रहती हैं और उससे छोटे कोण बनाती हैं; इन्हें उपाक्षीय किरणें कहते हैं। मोटे लेंसों और बड़े कोण वाली किरणों के लिए अधिक विस्तृत अध्ययन चाहिए।

उत्तल लेंस बीच में मोटा होता है और अक्ष के समांतर किरण-पुंज को अभिसारित करता है। अवतल लेंस बीच में पतला होता है और ऐसे पुंज को अपसारित करता है। प्रकाशिक केंद्र O, उससे गुजरता मुख्य अक्ष तथा O से बराबर दूरी पर बाईं ओर F_L और दाईं ओर F_R फोकस चिह्नित करें। प्रकाश बाएँ से दाएँ चलता है। फोकस दूरी का परिमाण $|f|$, OF दूरी है; 2F इससे दोगुनी दूरी दर्शाता है। उत्तल लेंस की समांतर किरणें F_R पर मिलती हैं; अवतल लेंस से निकलती किरणों के पीछे बढ़ाए गए विस्तार F_L पर मिलते हैं।

5 दो किरणों से प्रतिबिंब बनाएँ

बाईं ओर सीधा वस्तु-तीर बनाएँ, जिसका आधार अक्ष पर हो। उसके शीर्ष से नीचे दी गई किरणों में से दो खींचें:

उत्तल लेंस: अक्ष के समांतर किरण लेंस से निकलकर F_R से गुजरती है। O से गुजरने वाली किरण पतले लेंस के इस मॉडल में बिना विचलन के आगे बढ़ती है। जिस आपतित किरण की रेखा F_L से गुजरती है, वह लेंस के बाद अक्ष के समांतर निकलती है।

अवतल लेंस: अक्ष के समांतर किरण ऐसे अपसारित होती है मानो F_L से आई हो। O से गुजरने वाली किरण बिना विचलन आगे बढ़ती है। F_R की ओर निर्देशित किरण लेंस के बाद अक्ष के समांतर निकलती है।

वास्तविक प्रकाश-पथ के लिए तीरयुक्त सतत रेखाएँ खींचें। निर्गत किरणें मिलें तो उनका प्रतिच्छेद प्रतिबिंब का शीर्ष बताता है: प्रतिबिंब वास्तविक है और वहाँ पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है। किरणें फैल रही हों तो उनकी निर्गत रेखाओं को पीछे की ओर टूटी रेखाओं से बढ़ाएँ। उनका आभासी प्रतिच्छेद आभासी प्रतिबिंब की स्थिति बताता है। उस स्थिति पर उसे सीधे पर्दे पर प्राप्त नहीं किया जा सकता। टूटी रेखाएँ केवल निर्माण के लिए हैं; प्रकाश पीछे नहीं चल रहा।

उत्तल लेंस में वस्तु F_L से दूर हो तो समांतर किरण और केंद्र से गुजरने वाली किरण दाईं ओर अक्ष के नीचे मिलती हैं। वस्तु O और F_L के बीच हो तो उनके पीछे बढ़ाए गए विस्तार बाईं ओर अक्ष के ऊपर मिलते हैं। अवतल लेंस के सामने वास्तविक वस्तु हो तो पीछे बढ़ाए गए विस्तार O और F_L के बीच अक्ष के ऊपर मिलते हैं।

6 प्रतिबिंब बनने की सभी सामान्य स्थितियाँ

इन स्थितियों में वास्तविक वस्तु बाईं ओर है: आपतित किरणें वास्तव में उससे फैलकर आती हैं। “समान आकार” और “छोटा” कहने पर प्रतिबिंब की ऊँचाई की तुलना वस्तु की ऊँचाई से की जाती है।

उत्तल लेंस

- वस्तु बहुत दूर: प्रतिबिंब F_R के पास, वास्तविक, उलटा और अत्यधिक छोटा; अनंत पर अक्षीय बिंदु का प्रतिबिंब F_R पर
- वस्तु 2F_L से दूर: प्रतिबिंब F_R और 2F_R के बीच, वास्तविक, उलटा और छोटा
- वस्तु 2F_L पर: प्रतिबिंब 2F_R पर, वास्तविक, उलटा और समान आकार का
- वस्तु F_L और 2F_L के बीच: प्रतिबिंब 2F_R से दूर, वास्तविक, उलटा और बड़ा
- वस्तु F_L पर: वस्तु के प्रत्येक बिंदु से आई किरणें लेंस से समांतर निकलती हैं; किसी सीमित दूरी पर पर्दे को स्पष्ट प्रतिबिंब नहीं मिलता, इसे प्रचलित रूप में अनंत पर प्रतिबिंब कहते हैं
- वस्तु F_L और O के बीच: प्रतिबिंब वस्तु वाली ओर, आभासी, सीधा और बड़ा

अवतल लेंस

- वास्तविक वस्तु किसी भी सीमित दूरी पर: प्रतिबिंब O और F_L के बीच, आभासी, सीधा और छोटा
- अक्षीय वस्तु-बिंदु अनंत पर: आभासी प्रतिबिंब F_L पर; बहुत दूर की विस्तृत वस्तु का सीधा और अत्यधिक छोटा प्रतिबिंब F_L के पास

इसलिए उत्तल लेंस वास्तविक या आभासी दोनों प्रकार के प्रतिबिंब बना सकता है। आवर्धक काँच में वस्तु फोकस के भीतर रखी जाती है। “अवतल लेंस हमेशा आभासी प्रतिबिंब बनाता है” वाले सामान्य कथन में वास्तविक वस्तु की शर्त आवश्यक है।

7 चिह्न और सूत्र

सभी दूरियाँ O से मापें। आपतित प्रकाश बाएँ से दाएँ हो तो दाईं ओर की दूरी धनात्मक और बाईं ओर की दूरी ऋणात्मक है। इसलिए वास्तविक वस्तु के लिए $u < 0$; दाईं ओर वास्तविक प्रतिबिंब के लिए $v > 0$; बाईं ओर आभासी प्रतिबिंब के लिए $v < 0$ होता है। उत्तल लेंस के लिए $f > 0$ और अवतल लेंस के लिए $f < 0$ है। अक्ष के ऊपर की ऊँचाई धनात्मक और नीचे की ऋणात्मक है।

पतले लेंस का सूत्र: $1/f = 1/v - 1/u$

आवर्धन: $m = h_i/h_o = v/u$

यहाँ h_i और h_o क्रमशः प्रतिबिंब तथा वस्तु की ऊँचाइयाँ हैं। धनात्मक m का अर्थ सीधा और ऋणात्मक m का अर्थ उलटा प्रतिबिंब है। आकार जानने के लिए $|m|$ की तुलना 1 से करें। लेंस सूत्र में लंबाई की समान इकाइयाँ लें। लेंस का आवर्धन v/u है; दर्पण के सूत्र में अतिरिक्त ऋण चिह्न होता है।

क्षमता: $P = 1/f$, जहाँ f मीटर में और P डायोप्टर (D) में है। उत्तल लेंस की क्षमता धनात्मक और अवतल की ऋणात्मक होती है। फोकस दूरी का परिमाण जितना कम होगा, अभिसरण या अपसरण उतना अधिक होगा; इससे हर वस्तु-स्थिति में प्रतिबिंब का बड़ा होना आवश्यक नहीं।

8 तीन हल सहित संख्यात्मक उदाहरण

उदाहरण 1 अपवर्तन। प्रकाश $n \approx 1$ वाली वायु से $n = 1.60$ वाले पदार्थ में $i = 30°$ पर प्रवेश करता है। $c = 3.00 \times 10^8$ m/s लें।

चाल $s = c/n = 1.875 \times 10^8$ m/s। स्नेल के नियम से $\sin r = (1 \times \sin 30°)/1.60 = 0.3125$, इसलिए $r \approx 18.2°$। छोटा कोण पुष्टि करता है कि किरण अभिलंब की ओर मुड़ी। यहाँ चाल का संकेत s, प्रतिबिंब दूरी v से अलग है।

उदाहरण 2 उत्तल लेंस। 4 cm ऊँची सीधी वस्तु, 12 cm फोकस दूरी वाले उत्तल लेंस से 36 cm बाईं ओर है।

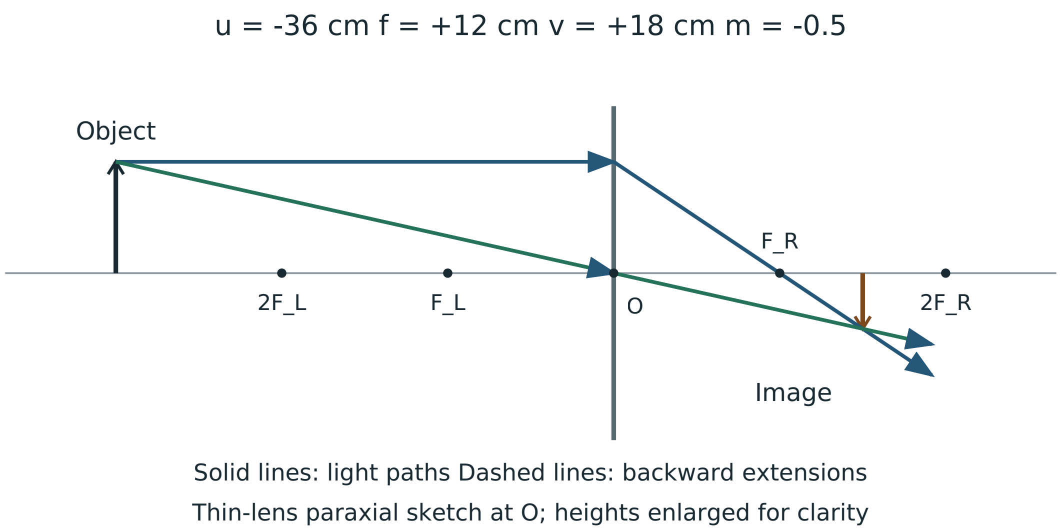
u = −36 cm; f = +12 cm। 1/v = 1/f + 1/u = 1/12 − 1/36 = 1/18। अतः v = +18 cm और m = 18/(−36) = −0.50। h_i = m h_o = −0.50 × 4 = −2 cm।

प्रतिबिंब लेंस से 18 cm दाईं ओर, वास्तविक, उलटा और आधे आकार का है। यह 2F से दूर रखी वस्तु के किरण-निर्माण से मेल खाता है। क्षमता के लिए f = +0.12 m, इसलिए P ≈ +8.33 D।

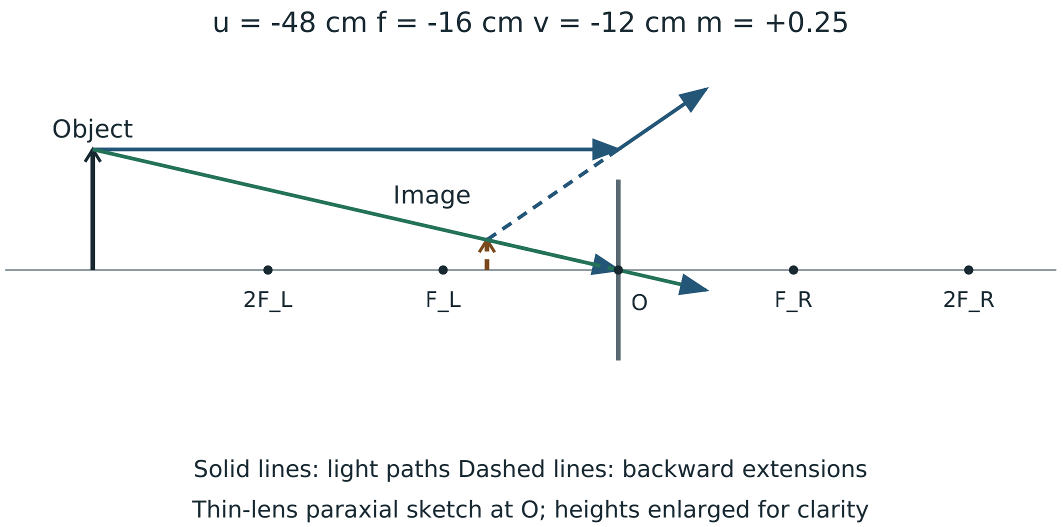
उदाहरण 3 अवतल लेंस। 8 cm ऊँची सीधी वस्तु एक अवतल लेंस से 48 cm बाईं ओर है। फोकस दूरी का परिमाण 16 cm है।

u = −48 cm; f = −16 cm। 1/v = −1/16 − 1/48 = −1/12। अतः v = −12 cm और m = (−12)/(−48) = +1/4। h_i = (1/4) × 8 = +2 cm।

प्रतिबिंब लेंस से 12 cm बाईं ओर, आभासी, सीधा और छोटा है। यह O और F_L के बीच है। f = −0.16 m रखने पर P = −6.25 D मिलता है।



उत्तल लेंस, उदाहरण 2: u = −36 cm, f = +12 cm, v = +18 cm, m = −0.5। दो निर्गत किरणें वास्तविक, उल्टे और आधे आकार के प्रतिबिंब पर मिलती हैं। O प्रकाशिक केंद्र; F_L और F_R बाएँ तथा दाएँ फोकस; 2F दुगुनी फोकस दूरी है। यह वायु में पतले लेंस का उपाक्षीय निर्माण है; स्पष्टता के लिए ऊँचाइयाँ बड़ी दिखाई गई हैं।



अवतल लेंस, उदाहरण 3: u = −48 cm, f = −16 cm, v = −12 cm, m = +0.25। निर्गत किरणें फैलती हैं, लेकिन उनके पीछे बढ़ाए विस्तार O और F_L के बीच सीधे तथा चौथाई आकार के आभासी प्रतिबिंब पर मिलते हैं। केंद्र से गुजरती किरण का पीछे बढ़ाया विस्तार उसकी आने वाली सीधी रेखा पर ही पड़ता है। टूटी रेखाएँ प्रकाश का पीछे चलना नहीं बतातीं।

9 सामान्य गलतियाँ और पुनरावृत्ति

कोण अभिलंब से मापें। पदार्थ के भार के बजाय प्रकाशीय अपवर्तनांक की तुलना करें। उत्तल लेंस का प्रतिबिंब बताने से पहले वस्तु की स्थिति जाँचें। गणना से पहले चिह्न लगाएँ और क्षमता निकालने से पहले सेंटीमीटर को मीटर में बदलें। एक ही लेंस के लिए भी वस्तु की स्थिति बदलने पर आवर्धन बदलता है। अंत में जाँचें कि गणना से मिली प्रतिबिंब की ओर, दिशा और आकार किरण-निर्माण से मेल खाते हैं या नहीं।

अपनी समझ जाँचिए

उत्तरमाला पढ़ने से पहले सभी छह प्रश्न हल करें।

1. किरण वायु से काँच में अभिलंब के अनुदिश प्रवेश करती है। क्या बदलता है?

   A. केवल दिशा

   B. चाल, लेकिन दिशा और आवृत्ति नहीं

   C. केवल आवृत्ति

   D. न चाल, न दिशा

2. अशून्य कोणों पर प्रकाश $n_1 = 1.20$ से $n_2 = 1.80$ वाले माध्यम में जाता है। sin i/sin r कितना है?

   A. 2/3

   B. 1.20

   C. 1.80

   D. 1.50

3. वास्तविक वस्तु उत्तल लेंस और उसके निकट वाले फोकस के बीच है। उसका प्रतिबिंब कैसा है?

   A. आभासी, सीधा और बड़ा

   B. वास्तविक, उलटा और छोटा

   C. आभासी, सीधा और छोटा

   D. वास्तविक, सीधा और बड़ा

4. एक अवतल लेंस की फोकस दूरी −80 cm है। उसकी क्षमता कितनी है?

   A. +1.25 D

   B. −0.0125 D

   C. −1.25 D

   D. −80 D

5. पतले लेंस के लिए u = −24 cm और v = +12 cm है। आवर्धन कितना है?

   A. +0.50

   B. −0.50

   C. −2

   D. +2

6. एक तिरछी किरण समांतर फलकों वाली काँच की पट्टिका पार करती है, जिसके दोनों ओर वायु है। निर्गत किरण कैसी है?

A. हमेशा पट्टिका के लंबवत

B. अपरिवर्तित, क्योंकि अपवर्तन नहीं होता

C. हमेशा एक साझा फोकस की ओर

D. आपतित दिशा के समांतर और पार्श्व विस्थापित

व्याख्या सहित उत्तरमाला

1. **B** — लंबवत आपतन में दोनों कोण शून्य हैं। चाल कम और तरंगदैर्ध्य परिवर्तित होता है; आवृत्ति समान रहती है। किरण का मुड़ना आवश्यक नहीं।

2. **D** — अनुपात n_2/n_1 = 1.80/1.20 = 1.50 है। केवल 1.80 लेने पर पहले माध्यम का अपवर्तनांक गलत रूप से 1 मान लिया जाता है।

3. **A** — निर्गत किरणें फैलती हैं; पीछे बढ़ाए गए विस्तार वस्तु वाली ओर मिलते हैं। फोकस के भीतर की वस्तु का बड़ा आभासी प्रतिबिंब बनता है, पर्दे पर मिलने वाला प्रतिबिंब नहीं।

4. **C** — पहले बदलें: f = −0.80 m। P = 1/(−0.80) = −1.25 D। ऋण चिह्न अपसरण बताता है; −0.0125 सेंटीमीटर का गलत उपयोग करने से मिलता है।

5. **B** — m = v/u = 12/(−24) = −0.50: प्रतिबिंब उलटा और आधे आकार का है। दर्पण सूत्र का अतिरिक्त ऋण चिह्न लगाने से दिशा गलत मिलेगी।

6. **D** — दोनों फलकों पर अपवर्तन होता है। समांतर फलक और बाहर समान माध्यम होने से मूल दिशा लौटती है, जबकि पट्टिका में तिरछे चलने से किरण बगल की ओर खिसकती है।

स्रोत

मुख्य स्रोत: NCERT विज्ञान, खंड 9.3.1–9.3.8, मुद्रित पृ. 146–158। सहायक स्रोत: NIOS प्रकाश ऊर्जा, खंड 15.9–15.14, पृ. 339–347। केवल तकनीकी जाँच: NCERT किरण प्रकाशिकी, खंड 9.3 और 9.5.2–9.5.3।

किरण या अवधारणा का ठोस उदाहरण

पानी की सतह के आर-पार तिरछी दिशा से देखने पर सीधी स्ट्रॉ मुड़ी हुई लग सकती है। उसके डूबे भाग से आने वाली किरणें पानी से बाहर निकलते समय अपवर्तित होती हैं। आँख निर्गत किरणों को पीछे की ओर सीधा मानकर उस भाग को आभासी स्थिति पर देखती है। स्ट्रॉ स्वयं नहीं मुड़ी; सीमा पर प्रकाश का पथ बदला है।

अपवर्तन और लेंस संक्षिप्त संदर्भ

- i और r अभिलंब से मापें; लंबवत आपतन में किरण नहीं मुड़ती
- $n = c/s$; अधिक प्रकाशीय अपवर्तनांक का अर्थ प्रकाश की कम चाल
- $n_1 \sin i = n_2 \sin r$; स्थिर सीमा पर आवृत्ति अपरिवर्तित
- समांतर पट्टिका और बाहर समान माध्यम: निर्गत दिशा समांतर; तिरछे आपतन में पार्श्व विस्थापन
- वायु में पतले काँच के लेंस: उत्तल अभिसारी, अवतल अपसारी
- उत्तल लेंस और फोकस के भीतर वास्तविक वस्तु: आभासी, सीधा, बड़ा प्रतिबिंब
- अवतल लेंस और वास्तविक वस्तु: आभासी, सीधा, छोटा प्रतिबिंब
- बाएँ से दाएँ प्रकाश: वास्तविक वस्तु के लिए $u < 0$; उत्तल $f > 0$; अवतल $f < 0$
- लेंस: $1/f = 1/v - 1/u$; $m = v/u = h_i/h_o$
- $m < 0$ का अर्थ उलटा; $m > 0$ का अर्थ सीधा; $|m|$ आकार का अनुपात
- $P = 1/f$ में f मीटर में लें; इकाई डायोप्टर (D)
- सतत रेखाएँ प्रकाश-पथ बताती हैं; पीछे की टूटी रेखाएँ आभासी प्रतिबिंब खोजती हैं

मानव नेत्र वर्ण विक्षेपण और प्रकाशीय प्रभाव

आप क्या सीखेंगे

लेंस के अपवर्तन को दृष्टि से जोड़ना, श्वेत प्रकाश के रंगों में बँटने का कारण समझाना और वायुमंडलीय अपवर्तन तथा प्रकीर्णन में अंतर करना सीखें। केवल परिचित शब्द देखकर उत्तर चुनने के बजाय घटना का कारण समझें। यहाँ के उदाहरण मौलिक शिक्षण सामग्री हैं, पूर्व-वर्षीय प्रश्न नहीं।

1 नेत्र में प्रकाश का मार्ग

नेत्र में कई अंग मिलकर प्रकाश को उचित स्थान पर केंद्रित करते हैं।

- **कॉर्निया या स्वच्छ मंडल:** सामने की पारदर्शी वक्र सतह नेत्र में होने वाले अधिकांश अपवर्तन के लिए उत्तरदायी है।
- **परितारिका और पुतली:** परितारिका रंगीन पेशीय पट है; उसके बीच का छिद्र पुतली है। पुतली का आकार बदलने से भीतर जाने वाले प्रकाश की मात्रा नियंत्रित होती है। पुतली कोई लेंस नहीं है।
- **नेत्र लेंस और पक्ष्माभी पेशियाँ:** पारदर्शी, लचीला लेंस फोकस का सूक्ष्म समायोजन करता है। पक्ष्माभी पेशियों की क्रिया से लेंस की वक्रता और इसलिए उसकी फोकस दूरी बदलती है।
- **दृष्टिपटल या रेटिना:** प्रकाश-संवेदी परत पर प्रतिबिंब बनता है। इसकी कोशिकाएँ विद्युत संकेत बनाती हैं, जो दृक् तंत्रिका से मस्तिष्क तक पहुँचते हैं।

स्पष्ट दृष्टि के लिए नेत्र का प्रकाशिक तंत्र **रेटिना पर वास्तविक और उलटा प्रतिबिंब** बनाता है। वास्तविक का अर्थ है कि किरणें सचमुच वहाँ मिलती हैं। मस्तिष्क संकेतों की व्याख्या करता है; हमें उलटी रेटिना-तस्वीर देखने का अनुभव नहीं होता। प्रतिबिंब ग्रहण करने वाले रेटिना और प्रकाश की मात्रा नियंत्रित करने वाली परितारिका को एक न समझें।

2 समंजन से फोकस रेटिना पर बना रहता है

अलग-अलग दूरियों की वस्तुओं से नेत्र में आने वाले किरण-पुंजों का अपसरण अलग होता है। लेंस और रेटिना के बीच की दूरी लगभग स्थिर रहती है। नेत्र लेंस का आकार और फोकस दूरी बदलकर **समंजन** करता है; कुछ कैमरों की तरह लेंस को आगे-पीछे खिसकाकर नहीं।

दूर की वस्तु देखने पर पक्ष्माभी पेशियाँ शिथिल होती हैं और लेंस कम वक्र होता है। उसकी फोकस दूरी बढ़ती और क्षमता घटती है। पास की वस्तु देखने पर पेशियाँ सिकुड़ती हैं, लेंस अधिक वक्र तथा मोटा होता है, फोकस दूरी घटती और क्षमता बढ़ती है। याद रखें, लेंस की क्षमता मीटर में मापी गई फोकस दूरी का व्युत्क्रम है।

निकट बिंदु स्पष्ट और आरामदायक दृष्टि की न्यूनतम दूरी है; **दूर बिंदु** वह अधिकतम दूरी है जहाँ तक स्पष्ट दिखाई देता है। सामान्य पाठ्यपुस्तकीय मॉडल में सामान्य दृष्टि वाले युवा वयस्क का निकट बिंदु लगभग **25 cm** और दूर बिंदु **अनंत** पर होता है। ये संदर्भ मान हैं, हर व्यक्ति और हर आयु के लिए बिल्कुल समान सीमाएँ नहीं।

तर्क सहित उदाहरण 1: नेत्र दूर के पेड़ से पुस्तक पर फोकस करता है। क्या रेटिना को खिसकना चाहिए? नहीं। पास की पुस्तक के लिए अधिक अभिसरण चाहिए, इसलिए समंजन से लेंस की फोकस दूरी घटती है। केवल पुतली छोटी होने का वर्णन प्रकाश-नियंत्रण बताता है, फोकस बदलने की यह प्रक्रिया नहीं।

3 दृष्टि दोष और लेंस से संशोधन

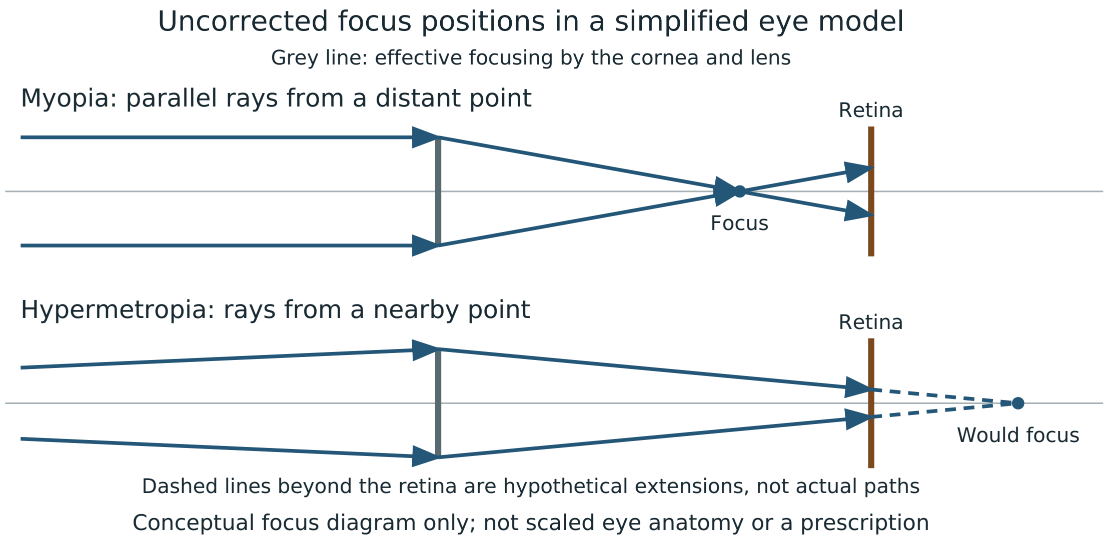
संशोधक लेंस चुनने से पहले समझें कि किरणें कहाँ मिलेंगी। ये सरल प्रकाशिक मॉडल हैं; किसी व्यक्ति का रोग-निदान करने या चश्मा चुनने की विधि नहीं।

निकट-दृष्टि दोष या मायोपिया: दूर की वस्तुओं की किरणें रेटिना के सामने मिलती हैं, इसलिए वे धुँधली दिखती हैं। दूर बिंदु सीमित दूरी पर होता है। अत्यधिक अभिसारी क्षमता या नेत्रगोलक की अधिक लंबाई इसका कारण हो सकती है। ऋणात्मक क्षमता वाला उपयुक्त **अवतल लेंस** पहले आने वाली किरणों को अपसारित करता है। इसके बाद संयुक्त तंत्र उन्हें बहुत पहले केंद्रित करने के बजाय रेटिना पर केंद्रित करता है।

दूर-दृष्टि दोष या हाइपरमेट्रोपिया: मूल मॉडल में पास की वस्तु के लिए जितना अभिसरण चाहिए, नेत्र उतना नहीं दे पाता; किरणें रेटिना के पीछे मिलतीं। निकट बिंदु सामान्य संदर्भ दूरी से आगे होता है। कम अभिसारी क्षमता या नेत्रगोलक का छोटा होना इसका कारण हो सकता है। धनात्मक क्षमता वाला उपयुक्त **उत्तल लेंस** अतिरिक्त अभिसरण देता है, जिससे प्रतिबिंब रेटिना पर बनता है।

जरा-दूरदृष्टिता या प्रेसबायोपिया: आयु बढ़ने पर सामान्यतः नेत्र लेंस का लचीलापन घटता है और फोकस बदलने की व्यवस्था कम प्रभावी होती है। समंजन कम होने से पास का छपा पाठ स्पष्ट देखना कठिन होता है और निकट बिंदु दूर हटता है। पास देखने के लिए अभिसारी संशोधन कम समंजन की भरपाई कर सकता है। यदि पास और दूर के लिए अलग-अलग संशोधन चाहिए, तो द्विफोकसी लेंस दोनों उपलब्ध करा सकता है। उसका दूर देखने वाला भाग आवश्यक रूप से अवतल नहीं होता; यह दूर देखने के लिए अपेक्षित संशोधन पर निर्भर है। प्रेसबायोपिया और हाइपरमेट्रोपिया दोनों पास की दृष्टि प्रभावित कर सकते हैं, लेकिन उनके मूल कारण अलग हैं।

तर्क सहित उदाहरण 2: मॉडल नेत्र A दूर से आने वाली समांतर किरणों को रेटिना से पहले केंद्रित करता है। मॉडल नेत्र B पास के पाठ की किरणों को रेटिना के पीछे केंद्रित करता। A में प्रारंभिक अभिसरण कम करना है, जिसके लिए अवतल संशोधन उपयुक्त है। B में अतिरिक्त अभिसरण चाहिए, जिसके लिए उत्तल संशोधन उपयुक्त है। “दोनों का प्रतिबिंब रेटिना पर नहीं बना” का अर्थ यह नहीं कि दोनों को एक ही लेंस चाहिए।



नेत्र की अवधारणात्मक तुलना, मापानुसार शरीर-रचना नहीं। ऊपर: दूर के बिंदु की समानांतर किरणें निकट-दृष्टि दोष में रेटिना से पहले मिलती हैं। नीचे: पास के बिंदु की किरणें दूर-दृष्टि दोष के मॉडल में रेटिना के पीछे मिलतीं; रेटिना के पार टूटे भाग काल्पनिक विस्तार हैं। ऊपर उपयुक्त अवतल संशोधक अपसरण और नीचे उत्तल संशोधक अभिसरण जोड़ता है। चित्र चश्मे का पर्चा नहीं देता।

4 प्रिज़्म पहले से उपस्थित रंग अलग करता है

त्रिकोणीय काँच के प्रिज़्म के अपवर्तक फलक समांतर नहीं होते। किरण प्रवेश और निर्गमन पर अपवर्तित होती है तथा अपनी आरंभिक दिशा से कुल विचलन प्राप्त करती है। श्वेत प्रकाश के अलग-अलग रंगों के लिए काँच का अपवर्तनांक अलग होता है, इसलिए उनका विचलन भी अलग होता है। रंगों का अलग होना **वर्ण-विक्षेपण** और बनी रंगीन पट्टी **वर्णक्रम** कहलाती है।

वायु में रखे साधारण त्रिकोणीय काँच प्रिज़्म से बाहर निकलने वाले रंगों के लिए, सामान्य दृश्य वर्ण-विक्षेपण की दशा में **लाल का विचलन सबसे कम और बैंगनी का सबसे अधिक** होता है। इसे हर पदार्थ और हर तरंगदैर्ध्य के लिए सार्वभौमिक नियम न मानें। बैंगनी, जामुनी, नीला, हरा, पीला, नारंगी और लाल सुविधाजनक नामित क्षेत्र हैं; दृश्य वर्णक्रम सतत होता है, सात स्पष्ट सीमाओं में बँटा नहीं।

पहले प्रिज़्म के सापेक्ष उलटा रखा गया, सही ढंग से समायोजित दूसरा समान प्रिज़्म अलग रंगों को फिर मिलाकर श्वेत प्रकाश दे सकता है। इससे स्पष्ट होता है कि पहला प्रिज़्म आपतित प्रकाश में उपस्थित घटक अलग करता है, नए रंग बनाता नहीं। एक ही रंग की किरण अपवर्तित हो सकती है, लेकिन उससे श्वेत प्रकाश का पूरा वर्णक्रम नहीं बनता।

5 प्राथमिक इंद्रधनुष कैसे बनता है

प्राथमिक इंद्रधनुष में जल की बूँदों के भीतर यह क्रम होता है:

1. प्रवेश करते समय सूर्य का प्रकाश अपवर्तित और वर्ण-विक्षेपित होता है

2. प्रकाश का कुछ भाग बूँद की भीतरी पिछली सतह से परावर्तित होता है

3. बाहर निकलते समय वह फिर अपवर्तित होता है

अलग रंग अलग दिशाओं में निकलते हैं। सूर्य प्रेक्षक के पीछे और बूँदें सामने होने पर उपयुक्त किरणें आँखों तक पहुँचकर सूर्य की विपरीत दिशा में रंगीन चाप बनाती हैं। प्राथमिक इंद्रधनुष में लाल बाहरी किनारे और बैंगनी भीतरी किनारे पर होता है। आंतरिक परावर्तन इस व्याख्या का आवश्यक भाग है; केवल “अपवर्तन” कहना अधूरा है। यह परावर्तन पूर्ण आंतरिक परावर्तन होना आवश्यक नहीं।

6 वायुमंडलीय अपवर्तन और टिमटिमाना

वायु का अपवर्तनांक उसके घनत्व और तापमान के साथ बदलता है। बदलती वायुमंडलीय परतों से गुजरती किरण मुड़ती है, इसलिए वस्तु की आभासी स्थिति वास्तविक स्थिति से अलग हो सकती है। क्षितिज के निकट तारा सामान्यतः अपनी वास्तविक दिशा से ऊँचा दिखाई देता है। इसी प्रभाव से ज्यामितीय सूर्योदय से कुछ पहले और ज्यामितीय सूर्यास्त के कुछ बाद तक सूर्य दिखाई दे सकता है।

अशांत वायु के कारण आँख तक पहुँचने वाले ताराप्रकाश के मार्ग और उसकी सघनता लगातार बदलते हैं। बहुत दूर का तारा लगभग बिंदु-स्रोत जैसा होता है, इसलिए इन बदलावों से उसकी चमक में स्पष्ट उतार-चढ़ाव अर्थात **टिमटिमाना** दिखता है। ग्रह की आभासी डिस्क के अनेक बिंदुओं से आने वाले प्रकाश के उतार-चढ़ाव आंशिक रूप से औसत हो जाते हैं, इसलिए ग्रह सामान्यतः बहुत कम टिमटिमाता है। “ग्रह कभी नहीं टिमटिमाते” जैसा निरपेक्ष कथन न अपनाएँ।

7 प्रकीर्णन से आकाश और सूर्यास्त के रंग

अणुओं या कणों के साथ अंतःक्रिया से प्रकाश का अनेक दिशाओं में पुनर्निर्देशित होना प्रकीर्णन है। यह प्रिज़्म द्वारा अपवर्तन से रंगों को अलग दिशाओं में बाँटने से अलग प्रक्रिया है। वायु के अणु छोटी दृश्य तरंगदैर्ध्यों का प्रकीर्णन बड़ी तरंगदैर्ध्यों की तुलना में बहुत अधिक करते हैं। आकाश की अलग-अलग दिशाओं से नीले रंग में समृद्ध प्रकीर्णित सूर्यप्रकाश हमारे पास आता है, इसलिए साफ दिन का आकाश नीला दिखता है।

सूर्यास्त या सूर्योदय के पास सीधा सूर्यप्रकाश वायुमंडल में अधिक लंबा मार्ग तय करता है। उसकी छोटी तरंगदैर्ध्यों का बड़ा भाग सीधे पुंज से बाहर प्रकीर्णित हो जाता है। सूर्य की दिशा से बचा हुआ प्रकाश अपेक्षाकृत लाल और नारंगी में समृद्ध होता है। यह उसी तरंगदैर्ध्य-निर्भर प्रकीर्णन का परिणाम है; सूर्य अचानक केवल लाल प्रकाश बनाना शुरू नहीं करता। धूल और बादल दिखाई देने वाले रंग बदल सकते हैं।

तर्क सहित उदाहरण 3: वायुमंडल के ऊपर किसी प्रेक्षक तक सूर्यप्रकाश पहुँचने की कल्पना करें। पर्याप्त वायुमंडल न होने से सूर्यप्रकाश पूरे आकाश की दिशाओं से प्रकीर्णित होकर नहीं आता, इसलिए आसपास का आकाश अँधेरा दिखता है। सूर्य फिर भी चमकीला हो सकता है: “अँधेरा आकाश” का अर्थ “सूर्यप्रकाश का अभाव” नहीं है।

गलत धारणाएँ जाँचिए

- क्या बड़ी पुतली का अर्थ अधिक समंजन है? नहीं: प्रकाश प्रवेश और फोकस समायोजन अलग कार्य हैं
- क्या मस्तिष्क द्वारा संकेतों की व्याख्या होने से रेटिना का प्रतिबिंब आभासी हो जाता है? नहीं: किरणें रेटिना पर सचमुच मिलती हैं
- क्या टिमटिमाना और नीला आकाश एक ही प्रक्रिया से होते हैं? नहीं: बदलता अपवर्तन मुख्यतः टिमटिमाना और प्रकीर्णन नीला आकाश समझाता है
- क्या प्रिज़्म सात नए रंग बनाता है? नहीं: वह पहले से उपस्थित सतत रंग-परास अलग करता है

अपनी समझ जाँचिए

उत्तरमाला पढ़ने से पहले सभी छह प्रश्न हल करें।

1. नेत्र दूर की मीनार से पास के लेबल पर फोकस करता है। कौन-सा परिवर्तन समंजन बताता है?

   A. रेटिना लेंस की ओर खिसकता है

   B. लेंस अधिक वक्र होता है और उसकी फोकस दूरी घटती है

   C. पुतली प्रतिबिंब का पर्दा बन जाती है

   D. दृक् तंत्रिका लेंस में बदलती है

2. एक मॉडल नेत्र में दूर की किरणें रेटिना से पहले केंद्रित होती हैं। किस संशोधन का प्रभाव उचित है?

A. अभिसरण बढ़ाने वाला उत्तल लेंस

B. सभी किरणें हटाने वाला समतल काँच

C. अपसरण देने वाला अवतल लेंस

D. नए रंग बनाने वाला प्रिज़्म

3. पास के पाठ से आने वाली किरणें मॉडल नेत्र के रेटिना के पीछे मिलतीं। उन्हें पहले मिलाने में क्या सहायक है?

A. अभिसरण बढ़ाने वाला उत्तल लेंस

B. अपसरण बढ़ाने वाला अवतल लेंस

C. रेटिना को हटा देना

D. पुतली को दृक् तंत्रिका बना देना

4. श्वेत प्रकाश वायु में रखे साधारण त्रिकोणीय काँच प्रिज़्म में प्रवेश करता है। सामान्य दृश्य वर्ण-विक्षेपण होता है तथा लाल और बैंगनी दोनों बाहर निकलते हैं। कौन-सा कथन सही है?

A. बैंगनी का विचलन लाल से कम होता है

B. हर रंग का विचलन बराबर होना चाहिए

C. काँच रंगों का निर्माण करता है

D. लाल का विचलन बैंगनी से कम होता है

5. ग्रह सामान्यतः तारे की तुलना में कम क्यों टिमटिमाता है?

A. ग्रहों का कोई प्रकाश आँख तक नहीं पहुँचता

B. ग्रह की आभासी डिस्क के अलग बिंदुओं के प्रकाश का उतार-चढ़ाव आंशिक रूप से औसत हो जाता है

C. ग्रह वायुमंडल के बाहर और तारे भीतर हैं

D. केवल ताराप्रकाश का अपवर्तन हो सकता है

6. सूर्यास्त के पास सीधा सूर्य लालिमा लिए क्यों दिख सकता है?

A. सूर्य छोटी तरंगदैर्ध्यों का उत्सर्जन बंद कर देता है

B. वायु लाल रंग बनाती है

C. लंबे वायुमंडलीय मार्ग में छोटी तरंगदैर्ध्यों का बहुत-सा प्रकाश सीधे पुंज से बाहर प्रकीर्णित होता है

D. सूर्यास्त पर रेटिना का प्रतिबिंब सीधा हो जाता है

व्याख्या सहित उत्तरमाला

1. B। पास फोकस के लिए अधिक अभिसरण चाहिए। लेंस की वक्रता बदलने से फोकस दूरी बदलती है; रेटिना लगभग स्थिर रहता है।

2. C। मायोपिया के मॉडल में किरणें बहुत पहले मिलती हैं। अवतल लेंस संयुक्त तंत्र का प्रारंभिक अभिसरण कम करता है।

3. A। हाइपरमेट्रोपिया के निकट-दृष्टि मॉडल में अतिरिक्त अभिसरण फोकस को रेटिना की ओर लाता है। अतिरिक्त अपसरण यह अंतर और बढ़ाएगा।

4. D। वायु में रखे इस त्रिकोणीय काँच प्रिज़्म में सामान्य दृश्य वर्ण-विक्षेपण के कारण बाहर निकलते लाल प्रकाश का विचलन बैंगनी से कम होता है। समांतर फलकों वाली पट्टिका में यही कुल कोणीय विचलन नहीं होता।

5. B। दोनों का प्रकाश वायुमंडल से गुजरता है। लगभग बिंदु-स्रोत तारे की तुलना में ग्रह की विस्तृत आभासी डिस्क कुल टिमटिमाहट घटाती है।

6. C। बचे हुए सीधे पुंज में लाल और नारंगी का अनुपात बढ़ता है। प्रकीर्णन प्रकाश का पुनर्वितरण करता है; सूर्य पर रंगों का उत्सर्जन बंद नहीं करता।

पुनरावृत्ति

नेत्र समंजन से फोकस करता है; प्रकाशिक मॉडल में संशोधक लेंस अभिसरण का अंतर ठीक करते हैं। प्रिज़्म रंगों का वर्ण-विक्षेपण करता है, बूँदों में अपवर्तन और आंतरिक परावर्तन साथ होते हैं, बदलती वायु वायुमंडलीय अपवर्तन उत्पन्न करती है और प्रकीर्णन सूर्यप्रकाश का पुनर्वितरण करता है।

स्रोत और सीमा

आधार: NCERT विज्ञान अध्याय 10, The Human Eye and the Colourful World, पुनर्मुद्रण 2026–27, खंड 10.1–10.6, पृ. 161–169। वर्ण-विक्षेपण और नेत्र के मॉडल के लिए NIOS Light Energy, खंड 15.15–15.16, पृ. 347–351 भी देखें। सूर्यास्त की व्याख्या में तरंगदैर्ध्य-निर्भर प्रकीर्णन को लंबे वायुमंडलीय मार्ग पर लागू किया गया है। व्याख्याएँ और अभ्यास प्रश्न मौलिक हैं। पाठ प्रश्नों की संभावित संख्या का अनुमान या चिकित्सकीय सलाह नहीं देता।

किरण या अवधारणा का ठोस उदाहरण

कैमरे की तुलना से अंगों के कार्य समझें: पुतली प्रकाश प्रवेश का छिद्र और रेटिना प्रतिबिंब ग्रहण करने वाली सतह है। लेकिन कैमरे की हर प्रक्रिया नेत्र पर लागू न करें। मानव नेत्र के समंजन में मुख्यतः लेंस की वक्रता बदलती है और लेंस–रेटिना दूरी लगभग स्थिर रहती है; कैमरे के लेंस को खिसकाने वाली विधि नेत्र की फोकस-विधि नहीं है।

नेत्र और रंग संक्षिप्त संदर्भ

- कॉर्निया: अधिकांश अपवर्तन; परितारिका/पुतली: प्रकाश नियंत्रण; रेटिना: वास्तविक उलटा प्रतिबिंब
- पास फोकस: अधिक लेंस वक्रता, कम फोकस दूरी, अधिक क्षमता
- सामान्य युवा वयस्क का संदर्भ: निकट बिंदु लगभग 25 cm; दूर बिंदु अनंत
- मायोपिया: दूर की किरणों का फोकस रेटिना से पहले; ऋणात्मक क्षमता का अवतल संशोधन
- हाइपरमेट्रोपिया: पास की किरणों का फोकस रेटिना के पीछे; धनात्मक क्षमता का उत्तल संशोधन
- प्रेसबायोपिया: आयु के साथ समंजन घटना
- वायु में त्रिकोणीय काँच प्रिज़्म से रंग बाहर निकलें, सामान्य दृश्य वर्ण-विक्षेपण हो: लाल का सबसे कम, बैंगनी का सबसे अधिक विचलन
- प्राथमिक इंद्रधनुष: प्रवेश पर अपवर्तन और वर्ण-विक्षेपण → आंतरिक परावर्तन → निर्गमन पर अपवर्तन
- टिमटिमाना: बदलता वायुमंडलीय अपवर्तन; नीला आकाश और लाल सूर्यास्त: प्रकीर्णन

Optics Review / प्रकाशिकी अभ्यास

How to use this review

Attempt this free, original learning review after the three optics lessons: Reflection and Mirrors; Refraction and Lenses; Human Eye, Dispersion and Optical Effects. There are 20 questions, each worth one mark, with exactly one correct option. The review is untimed, with no negative marking and no pass cutoff. A suggested 25 minutes is only a study aid, not an official examination duration. This is not a full RRB CBT simulation and does not reproduce official CBT scoring.

Use real upright objects unless a question says otherwise. Mirror and lens calculations use the paraxial model (rays close to the principal axis); lenses are thin and in air. Incident light travels from left to right. Under the Cartesian convention, distances to the right are positive and distances to the left negative, measured from the mirror pole or the lens optical centre. Thus $u < 0$ for the real objects used here. The sign of v must be interpreted for the particular mirror or lens, not guessed from the word “real”. Angles of incidence, reflection and refraction are measured from the normal.

Before viewing an explanation, record your choice and one reason or calculation. Then identify any error: normal versus surface, object position, sign convention, wrong mirror/lens formula, unit conversion, image nature, or confusion between refraction, dispersion and scattering. Revisit the relevant lesson and retry the missed question without looking at the answer.

इस अभ्यास का उपयोग कैसे करें

यह निःशुल्क, मौलिक अध्ययन अभ्यास प्रकाशिकी के तीनों पाठों के बाद करें: परावर्तन और दर्पण; अपवर्तन और लेंस; मानव नेत्र, वर्ण-विक्षेपण और प्रकाशीय प्रभाव। कुल 20 प्रश्न हैं, प्रत्येक एक अंक का है और हर प्रश्न में ठीक एक विकल्प सही है। अभ्यास बिना समय-सीमा, ऋणात्मक अंकन और उत्तीर्ण सीमा के है। सुझाए गए 25 मिनट केवल अध्ययन-सहायता हैं, आधिकारिक परीक्षा अवधि नहीं। यह पूरे RRB सीबीटी का अनुकरण नहीं है और उसकी आधिकारिक अंकन-व्यवस्था को नहीं दोहराता।

जब तक प्रश्न कुछ और न कहे, वस्तु वास्तविक और सीधी मानें। दर्पण तथा लेंस की गणनाओं में मुख्य अक्ष के पास चलने वाली किरणों का सन्निकटन अपनाएँ; लेंस पतले और हवा में हैं। आपतित प्रकाश बाएँ से दाएँ चलता है। कार्तीय चिह्न परंपरा में दर्पण के ध्रुव या लेंस के प्रकाशिक केंद्र से दाईं ओर की दूरियाँ धनात्मक और बाईं ओर की दूरियाँ ऋणात्मक हैं। इसलिए यहाँ प्रयुक्त वास्तविक वस्तुओं के लिए $u < 0$ है। v का चिह्न दर्पण या लेंस के अनुसार समझें; केवल “वास्तविक” शब्द देखकर अनुमान न लगाएँ। आपतन, परावर्तन और अपवर्तन कोण अभिलंब से मापे जाते हैं।

व्याख्या देखने से पहले अपना विकल्प और एक कारण या गणना लिखें। फिर गलती पहचानें: अभिलंब और सतह का भ्रम, वस्तु की स्थिति, चिह्न परंपरा, दर्पण–लेंस का गलत सूत्र, मात्रक परिवर्तन, प्रतिबिंब की प्रकृति या अपवर्तन, वर्ण-विक्षेपण और प्रकीर्णन में भ्रम। संबंधित पाठ फिर पढ़ें और उत्तर देखे बिना छूटा प्रश्न दोबारा हल करें।

Write your chosen option and a short reason in the space after each question. Identical choices are shared by both languages. / प्रत्येक प्रश्न के बाद चुना विकल्प और छोटा कारण लिखें। समान विकल्प दोनों भाषाओं पर लागू हैं।

1. A ray strikes a plane mirror at an angle of 28° to the mirror surface. What is the angle of reflection, measured from the normal?

एक किरण समतल दर्पण की सतह से 28° का कोण बनाते हुए उस पर पड़ती है। अभिलंब से मापा गया परावर्तन कोण कितना है?

Option / विकल्प	Shared choices / समान विकल्प
A	28°
B	56°
C	62°
D	90°

---

2. Parallel rays fall on a rough wall and are reflected in different directions. Which statement best explains this?

समांतर किरणें खुरदरी दीवार पर पड़कर अलग-अलग दिशाओं में परावर्तित होती हैं। इसका सही कारण क्या है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	The local normals differ, but each reflected ray obeys the laws of reflection.	अलग-अलग बिंदुओं पर अभिलंब अलग होते हैं, फिर भी हर परावर्तित किरण परावर्तन के नियम मानती है।
B	The angle of reflection is unrelated to the angle of incidence on a rough surface.	खुरदरी सतह पर परावर्तन कोण का आपतन कोण से कोई संबंध नहीं होता।
C	The wall sends each ray through its surface without reflection.	दीवार प्रत्येक किरण को बिना परावर्तन के अपने आर-पार भेज देती है।
D	Each reflected ray must remain parallel to every other reflected ray.	हर परावर्तित किरण को बाकी सभी परावर्तित किरणों के समांतर रहना चाहिए।

---

3. A person is initially 1.5 m in front of a fixed plane mirror. The person moves 0.4 m directly towards it. By how much does the distance between the person and their image decrease?

एक व्यक्ति स्थिर समतल दर्पण के सामने शुरू में 1.5 m दूर है। वह सीधा दर्पण की ओर 0.4 m चलता है। व्यक्ति और उसके प्रतिबिंब के बीच की दूरी कितनी घटती है?

Option / विकल्प	Shared choices / समान विकल्प
A	0.4 m
B	0.8 m
C	1.1 m
D	2.2 m

---

4. A real object is placed between the principal focus F and the centre of curvature C of a concave mirror. Which description of its image is correct?

एक वास्तविक वस्तु अवतल दर्पण के मुख्य फोकस F और वक्रता केंद्र C के बीच रखी है। उसके प्रतिबिंब का कौन-सा वर्णन सही है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	Virtual, erect and diminished, behind the mirror	आभासी, सीधा और छोटा, दर्पण के पीछे
B	Real, inverted and diminished, between F and C	वास्तविक, उलटा और छोटा, F तथा C के बीच
C	Real, inverted and the same size, at C	वास्तविक, उलटा और समान आकार का, C पर
D	Real, inverted and enlarged, beyond C	वास्तविक, उलटा और बड़ा, C के पार

---

5. A concave mirror has f = −16 cm. A real object is at u = −48 cm. Which pair gives the image distance v and signed magnification m?

एक अवतल दर्पण की फोकस दूरी f = −16 cm है। वास्तविक वस्तु u = −48 cm पर है। कौन-सा जोड़ा प्रतिबिंब दूरी v और चिह्न सहित आवर्धन m बताता है?

Option / विकल्प	Shared choices / समान विकल्प
A	v = +24 cm; m = +1/2
B	v = −24 cm; m = −1/2
C	v = −12 cm; m = −1/4
D	v = −24 cm; m = +1/2

---

6. A spherical mirror forms an image of a real upright object with signed magnification m = +2. Which statement is correct?

एक गोलीय दर्पण वास्तविक सीधी वस्तु का ऐसा प्रतिबिंब बनाता है जिसका चिह्न सहित आवर्धन m = +2 है। कौन-सा कथन सही है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	The image is real, inverted and twice as tall as the object.	प्रतिबिंब वास्तविक, उलटा और वस्तु से दोगुनी ऊँचाई का है।
B	The image is virtual, erect and half as tall as the object.	प्रतिबिंब आभासी, सीधा और वस्तु की आधी ऊँचाई का है।
C	The image is virtual, erect and twice as tall as the object.	प्रतिबिंब आभासी, सीधा और वस्तु से दोगुनी ऊँचाई का है।
D	The image is real, erect and the same height as the object.	प्रतिबिंब वास्तविक, सीधा और वस्तु के समान ऊँचाई का है।

---

7. A convex mirror has f = +24 cm and a real object at u = −48 cm. Where is the image formed?

एक उत्तल दर्पण के लिए f = +24 cm और वास्तविक वस्तु के लिए u = −48 cm है। प्रतिबिंब कहाँ बनेगा?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	16 cm behind the mirror	दर्पण के 16 cm पीछे
B	16 cm in front of the mirror	दर्पण के 16 cm सामने
C	48 cm behind the mirror	दर्पण के 48 cm पीछे
D	48 cm in front of the mirror	दर्पण के 48 cm सामने

---

8. A concave spherical mirror has a radius of curvature of magnitude 36 cm. In the paraxial approximation, what is its signed focal length?

एक अवतल गोलीय दर्पण की वक्रता त्रिज्या का परिमाण 36 cm है। मुख्य अक्ष के पास चलने वाली किरणों के सन्निकटन में उसकी चिह्न सहित फोकस दूरी कितनी है?

Option / विकल्प	Shared choices / समान विकल्प
A	+18 cm
B	−36 cm
C	−72 cm
D	−18 cm

---

9. A light ray enters ordinary glass from air at an angle of 40° to the normal. The glass has a higher refractive index than air. What happens to the transmitted ray?

प्रकाश की एक किरण हवा से साधारण काँच में अभिलंब से 40° का कोण बनाते हुए प्रवेश करती है। काँच का अपवर्तनांक हवा से अधिक है। संचरित किरण के साथ क्या होगा?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	It bends away from the normal and its speed decreases.	वह अभिलंब से दूर मुड़ती है और उसकी चाल घटती है।
B	It bends towards the normal and its speed increases.	वह अभिलंब की ओर मुड़ती है और उसकी चाल बढ़ती है।
C	It bends towards the normal and its speed decreases.	वह अभिलंब की ओर मुड़ती है और उसकी चाल घटती है।
D	It remains undeviated and its speed stays the same.	उसकी दिशा नहीं बदलती और उसकी चाल भी समान रहती है।

---

10. Light enters glass from air exactly along the normal. Which statement correctly describes the transmitted light?

प्रकाश हवा से काँच में ठीक अभिलंब के अनुदिश प्रवेश करता है। संचरित प्रकाश का कौन-सा वर्णन सही है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	Its direction is unchanged, its speed decreases, and its frequency is unchanged.	उसकी दिशा नहीं बदलती, चाल घटती है और आवृत्ति नहीं बदलती।
B	Its direction bends towards the normal, and its speed is unchanged.	वह अभिलंब की ओर मुड़ता है और उसकी चाल नहीं बदलती।
C	Its direction is unchanged, its speed decreases, and its frequency decreases.	उसकी दिशा नहीं बदलती, चाल घटती है और आवृत्ति भी घटती है।
D	Its direction and speed are both unchanged because the incidence is normal.	अभिलंबवत आपतन के कारण उसकी दिशा और चाल दोनों नहीं बदलतीं।

---

11. A transparent medium has absolute refractive index n = 1.25. Taking the speed of light in vacuum as 3.0×10^8 m/s, what is the speed of light in this medium?

एक पारदर्शी माध्यम का निरपेक्ष अपवर्तनांक n = 1.25 है। निर्वात में प्रकाश की चाल 3.0×10^8 m/s मानने पर इस माध्यम में प्रकाश की चाल कितनी है?

Option / विकल्प	Shared choices / समान विकल्प
A	3.75×10^8 m/s
B	2.4×10^8 m/s
C	1.25×10^8 m/s
D	3.0×10^8 m/s

---

12. A ray passes obliquely through a rectangular glass slab with parallel faces, with air on both sides. Which description of the emergent ray is correct?

एक किरण समांतर फलकों वाली आयताकार काँच की सिल्ली से तिरछी होकर गुजरती है। दोनों तरफ हवा है। निर्गत किरण का कौन-सा वर्णन सही है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	It is always perpendicular to the exit face.	वह हमेशा बाहर निकलने वाले फलक पर लंबवत होती है।
B	It is not parallel to the incident ray because the two faces act like a prism.	दोनों फलक प्रिज्म की तरह काम करते हैं, इसलिए वह आपतित किरण के समांतर नहीं होती।
C	It exactly retraces the incident ray towards the source.	वह आपतित किरण का रास्ता ठीक उलटकर स्रोत की ओर लौटती है।
D	It is parallel to the incident ray but laterally displaced.	वह आपतित किरण के समांतर होती है, लेकिन पार्श्व रूप से विस्थापित होती है।

---

13. A thin convex lens in air has f = +24 cm and a real object at u = −72 cm. Which pair gives its image distance v and signed magnification m?

हवा में एक पतले उत्तल लेंस के लिए f = +24 cm और वास्तविक वस्तु के लिए u = −72 cm है। कौन-सा जोड़ा प्रतिबिंब दूरी v और चिह्न सहित आवर्धन m बताता है?

Option / विकल्प	Shared choices / समान विकल्प
A	v = +36 cm; m = −1/2
B	v = −36 cm; m = +1/2
C	v = +18 cm; m = −1/4
D	v = +36 cm; m = +1/2

---

14. A thin concave lens in air has f = −30 cm and a real object at u = −60 cm. Which description of the image is correct?

हवा में एक पतले अवतल लेंस के लिए f = −30 cm और वास्तविक वस्तु के लिए u = −60 cm है। प्रतिबिंब का कौन-सा वर्णन सही है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	v = +20 cm; real and inverted	v = +20 cm; वास्तविक और उलटा
B	v = −60 cm; virtual and the same size	v = −60 cm; आभासी और समान आकार का
C	v = −20 cm; virtual, erect and one-third as tall	v = −20 cm; आभासी, सीधा और एक-तिहाई ऊँचाई का
D	v = −20 cm; virtual, inverted and one-third as tall	v = −20 cm; आभासी, उलटा और एक-तिहाई ऊँचाई का

---

15. A thin concave lens in air has a signed focal length of −125 cm. What is its power?

हवा में एक पतले अवतल लेंस की चिह्न सहित फोकस दूरी −125 cm है। उसकी क्षमता कितनी है?

Option / विकल्प	Shared choices / समान विकल्प
A	−0.008 D
B	+0.80 D
C	−125 D
D	−0.80 D

---

16. A normal eye shifts focus from a nearby object to a distant object, both within its clear-vision range. Which change helps focus the distant object on the retina?

एक सामान्य नेत्र अपनी स्पष्ट दृष्टि-सीमा के भीतर की पास की वस्तु से ध्यान हटाकर दूर की वस्तु पर केंद्रित करता है। कौन-सा परिवर्तन दूर की वस्तु को रेटिना पर केंद्रित करने में मदद करता है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	The ciliary muscles contract, the lens becomes thicker and its focal length decreases.	पक्ष्माभी पेशियाँ सिकुड़ती हैं, लेंस मोटा होता है और उसकी फोकस दूरी घटती है।
B	The ciliary muscles relax, the lens becomes thinner and its focal length increases.	पक्ष्माभी पेशियाँ शिथिल होती हैं, लेंस पतला होता है और उसकी फोकस दूरी बढ़ती है।
C	The retina moves backwards to meet the image while the lens remains unchanged.	लेंस समान रहता है और रेटिना प्रतिबिंब तक पहुँचने के लिए पीछे खिसकती है।
D	The pupil itself forms the image by replacing the eye lens.	पुतली नेत्र लेंस की जगह लेकर स्वयं प्रतिबिंब बनाती है।

---

17. In the basic school-level model, which pair correctly matches suitable corrective lenses for myopia and hypermetropia, respectively?

विद्यालय-स्तर के मूल मॉडल में क्रमशः निकट-दृष्टि दोष (मायोपिया) और दूर-दृष्टि दोष (हाइपरमेट्रोपिया) के सुधार के लिए कौन-सा लेंस-जोड़ा सही है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	Convex; concave	उत्तल; अवतल
B	Convex; convex	उत्तल; उत्तल
C	Concave; concave	अवतल; अवतल
D	Concave; convex	अवतल; उत्तल

---

18. A first glass prism separates white light into a spectrum. A second identical prism is suitably aligned in the reversed orientation so that all these colours pass through it and overlap again. What can emerge from the second prism?

पहला काँच का प्रिज्म श्वेत प्रकाश को वर्णक्रम में अलग करता है। दूसरे समान प्रिज्म को उलटे अभिविन्यास में इस प्रकार रखा जाता है कि सभी रंग उससे गुजरकर फिर एक साथ मिल जाएँ। दूसरे प्रिज्म से क्या निकल सकता है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	White light, because the component colours have been recombined	श्वेत प्रकाश, क्योंकि उसके घटक रंग फिर मिल गए हैं
B	Only violet light, because it was deviated most by the first prism	केवल बैंगनी प्रकाश, क्योंकि पहले प्रिज्म ने उसे सबसे अधिक विचलित किया था
C	No light, because one prism permanently destroys the colours	कोई प्रकाश नहीं, क्योंकि एक प्रिज्म रंगों को स्थायी रूप से नष्ट कर देता है
D	Only red light, because the second prism must absorb every other colour	केवल लाल प्रकाश, क्योंकि दूसरे प्रिज्म को बाकी हर रंग अवशोषित करना ही होगा

19. What best explains why a distant star appears to twinkle when viewed through Earth’s atmosphere?

पृथ्वी के वायुमंडल से देखने पर दूर का तारा टिमटिमाता क्यों दिखाई देता है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	The star repeatedly switches its light production on and off over very short intervals.	तारा बहुत छोटे अंतराल पर अपना प्रकाश बनाना बार-बार चालू और बंद करता है।
B	A fixed plane mirror in the atmosphere reflects alternate rays away.	वायुमंडल में एक स्थिर समतल दर्पण बारी-बारी से किरणों को दूसरी ओर परावर्तित करता है।
C	Changing atmospheric conditions vary the refraction and the amount of starlight reaching the eye.	बदलती वायुमंडलीय स्थितियाँ अपवर्तन और आँख तक पहुँचने वाले तारे के प्रकाश की मात्रा बदलती हैं।
D	The eye lens splits white starlight into colours by the same process as a glass prism.	नेत्र लेंस काँच के प्रिज्म वाली प्रक्रिया से श्वेत ताराप्रकाश को रंगों में बाँटता है।

20. On a clear day, why does the sky away from the Sun usually appear blue?

साफ दिन में सूर्य से दूर वाला आकाश सामान्यतः नीला क्यों दिखाई देता है?

Option / विकल्प	English	हिंदी
A	Air molecules scatter red light more strongly than blue light.	हवा के अणु नीले से अधिक लाल प्रकाश का प्रकीर्णन करते हैं।
B	Air molecules scatter shorter-wavelength blue light more strongly than longer-wavelength red light.	हवा के अणु लंबे तरंगदैर्घ्य वाले लाल प्रकाश की तुलना में छोटे तरंगदैर्घ्य वाले नीले प्रकाश का अधिक प्रकीर्णन करते हैं।
C	A single atmospheric prism separates sunlight into one fixed blue band across the whole sky.	वायुमंडल का एक अकेला प्रिज्म सूर्य के प्रकाश को पूरे आकाश में एक स्थिर नीली पट्टी में बाँटता है।
D	The blue colour of the oceans is the main cause of the sky’s colour everywhere.	महासागरों का नीला रंग हर जगह आकाश के रंग का मुख्य कारण है।

Explained Answers / व्याख्या सहित उत्तर

One mark per correct answer; no negative marking in this learning review. / सही उत्तर पर एक अंक; इस अध्ययन अभ्यास में ऋणात्मक अंकन नहीं है।

1 C

The normal is perpendicular to the mirror, so the angle of incidence is 90° − 28° = 62°. The reflection law gives r = i = 62°. A measures from the surface instead of the normal. B doubles the given angle without finding i. D gives the surface–normal angle, not the reflection angle.

अभिलंब दर्पण पर लंबवत होता है, इसलिए आपतन कोण 90° − 28° = 62° है। परावर्तन के नियम से r = i = 62°। A में अभिलंब के बजाय सतह से कोण लिया गया है। B में i निकाले बिना दिए कोण को दोगुना किया गया है। D सतह और अभिलंब के बीच का कोण है, परावर्तन कोण नहीं।

2 A

Roughness changes the direction of the normal from one point to another. At each point, i = r relative to that local normal. The different normals produce diffuse reflection. B incorrectly discards the reflection law. C describes transmission, not the stated observation. D would fit ideal reflection of parallel rays from a smooth plane surface, not this rough wall.

खुरदरापन होने से अलग-अलग बिंदुओं पर अभिलंब की दिशा बदलती है। प्रत्येक बिंदु पर उसी स्थानीय अभिलंब के सापेक्ष i = r होता है। अलग अभिलंबों के कारण विसरित परावर्तन होता है। B में परावर्तन का नियम गलत ढंग से छोड़ दिया गया है। C संचरण का वर्णन है, दी गई घटना का नहीं। D चिकनी समतल सतह से समांतर किरणों के आदर्श परावर्तन के अनुकूल है, इस खुरदरी दीवार के नहीं।

3 B

The image is as far behind a plane mirror as the object is in front. The initial separation is 2 × 1.5 = 3.0 m. The new object distance is 1.5 − 0.4 = 1.1 m, so the new separation is 2.2 m. The decrease is 3.0 − 2.2 = 0.8 m. A counts only the person's motion; C is the new person–mirror distance; D is the final person–image separation, not its decrease.

समतल दर्पण में प्रतिबिंब उतना ही पीछे होता है जितनी दूर वस्तु सामने होती है। शुरू की दूरी 2 × 1.5 = 3.0 m है। व्यक्ति की नई दर्पण-दूरी 1.5 − 0.4 = 1.1 m है, इसलिए व्यक्ति–प्रतिबिंब की नई दूरी 2.2 m है। कमी 3.0 − 2.2 = 0.8 m है। A केवल व्यक्ति का 0.4 m विस्थापन गिनता है; C व्यक्ति और दर्पण की नई दूरी है; D व्यक्ति और प्रतिबिंब की अंतिम दूरी है, उसकी कमी नहीं।

4 D

For a concave mirror, an object between F and C forms an image beyond C that is real, inverted and enlarged. A is the usual convex-mirror case for a real object. B belongs to a concave mirror with the object beyond C. C belongs to an object at C. The object position is therefore essential; the mirror name alone is insufficient.

अवतल दर्पण में F और C के बीच रखी वस्तु का प्रतिबिंब C के पार वास्तविक, उलटा और बड़ा बनता है। A वास्तविक वस्तु के लिए उत्तल दर्पण का सामान्य परिणाम है। B अवतल दर्पण में C के पार रखी वस्तु का परिणाम है। C में वस्तु स्वयं C पर होनी चाहिए। इसलिए वस्तु की स्थिति महत्त्वपूर्ण है; केवल दर्पण का प्रकार जानना पर्याप्त नहीं।

5 B

For a mirror, $1/v = 1/f - 1/u = -1/16 + 1/48 = -1/24\ \text{cm}^{-1}$, so $v = -24$ cm. Then $m = -v/u = -(-24)/(-48) = -1/2$: a real, inverted image of half the object's height. A reverses both signs. C results from incorrectly adding $1/u$ to $1/f$. D gets v right but uses the lens magnification formula v/u instead of the mirror formula $-v/u$.

दर्पण के लिए $1/v = 1/f - 1/u = -1/16 + 1/48 = -1/24\ \text{cm}^{-1}$, अतः $v = -24$ cm। फिर $m = -v/u = -(-24)/(-48) = -1/2$: प्रतिबिंब वास्तविक, उलटा और वस्तु की आधी ऊँचाई का है। A में दोनों चिह्न उलट गए हैं। C में गलती से $1/f$ में $1/u$ जोड़ दिया गया है। D में v सही है, लेकिन दर्पण के $-v/u$ के बजाय लेंस का आवर्धन सूत्र v/u लगा दिया गया है।

6 C

The positive sign of m means the image is erect; $|m| = 2$ means twice the object's height. With a real object $u < 0$ and mirror $m = -v/u$, $m > 0$ gives $v > 0$, behind the mirror, so the image is virtual. A ignores the sign. B confuses 2 with its reciprocal. D gets both the image nature and size wrong. A concave mirror with the object inside its focal distance can produce this image.

m का धनात्मक चिह्न बताता है कि प्रतिबिंब सीधा है; $|m| = 2$ का अर्थ वस्तु से दोगुनी ऊँचाई है। वास्तविक वस्तु के लिए $u < 0$ और दर्पण में $m = -v/u$ है। इसलिए $m > 0$ होने पर $v > 0$ मिलता है; प्रतिबिंब दर्पण के पीछे आभासी बनता है। A चिह्न को अनदेखा करता है। B में 2 की जगह उसका व्युत्क्रम लिया गया है। D में प्रतिबिंब की प्रकृति और आकार दोनों गलत हैं। फोकस दूरी के भीतर रखी वस्तु के लिए अवतल दर्पण ऐसा प्रतिबिंब बना सकता है।

7 A

$1/v = 1/f - 1/u = 1/24 + 1/48 = 1/16\ \text{cm}^{-1}$, giving $v = +16$ cm, behind the mirror. Also $m = -16/(-48) = +1/3$, consistent with an erect, diminished virtual image between the pole and focus. B assigns the wrong side to positive v. C comes from subtracting the magnitudes $1/24 - 1/48$ instead of using signed u. D combines that magnitude error with the wrong side.

$1/v = 1/f - 1/u = 1/24 + 1/48 = 1/16\ \text{cm}^{-1}$, इसलिए $v = +16$ cm, यानी दर्पण के पीछे। साथ ही $m = -16/(-48) = +1/3$ है; यह ध्रुव और फोकस के बीच बने सीधे, छोटे, आभासी प्रतिबिंब से मेल खाता है। B में धनात्मक v के लिए गलत तरफ चुनी गई है। C में चिह्न सहित u लगाने के बजाय परिमाणों को $1/24 - 1/48$ के रूप में घटाया गया है। D में परिमाण की यही गलती और गलत तरफ, दोनों हैं।

8 D

For paraxial rays, $f = R/2$. The centre of curvature of this concave mirror is on the incident-light side, so $R = -36$ cm and $f = -18$ cm. A misses the concave-mirror sign. B sets focal length equal to the radius. C doubles the radius instead of halving it. The radius is measured from the pole to the centre of curvature.

मुख्य अक्ष के पास की किरणों के लिए $f = R/2$ होता है। इस अवतल दर्पण का वक्रता केंद्र आपतित प्रकाश वाली ओर है, इसलिए $R = -36$ cm और $f = -18$ cm। A में अवतल दर्पण का चिह्न छूट गया है। B में फोकस दूरी को त्रिज्या के बराबर माना गया है। C में त्रिज्या को आधा करने के बजाय दोगुना कर दिया गया है। वक्रता त्रिज्या ध्रुव से वक्रता केंद्र तक मापी जाती है।

9 C

A higher refractive index means a lower speed of light. For this oblique entry into the higher-index medium, the refracted angle is smaller than the incident angle, so the ray bends towards the normal. A gets the bending direction wrong. B gets the speed change wrong. D incorrectly treats oblique incidence as normal incidence and also misses the speed change.

अधिक अपवर्तनांक का अर्थ प्रकाश की कम चाल है। अधिक अपवर्तनांक वाले माध्यम में इस तिरछे प्रवेश पर अपवर्तन कोण आपतन कोण से छोटा होता है, इसलिए किरण अभिलंब की ओर मुड़ती है। A में मुड़ने की दिशा गलत है। B में चाल का परिवर्तन गलत है। D में तिरछे आपतन को अभिलंबवत आपतन मान लिया गया है और चाल का परिवर्तन भी छोड़ दिया गया है।

10 A

At normal incidence, $i = r = 0°$, so there is no change of direction. Light still travels more slowly in glass, and its frequency remains fixed at the boundary. Its wavelength decreases because speed = frequency × wavelength. B invents a bend and misses the speed change. C incorrectly changes frequency. D confuses no bending with no change in speed.

अभिलंबवत आपतन पर $i = r = 0°$ होता है, इसलिए दिशा नहीं बदलती। फिर भी काँच में प्रकाश की चाल कम होती है और सीमा पर आवृत्ति समान रहती है। चाल = आवृत्ति × तरंगदैर्घ्य होने से तरंगदैर्घ्य घटता है। B में बिना कारण मुड़ना बताया गया है और चाल का परिवर्तन छोड़ा गया है। C में आवृत्ति को गलत ढंग से बदला गया है। D में दिशा न बदलने को चाल न बदलना मान लिया गया है।

11 B

$n = c/\text{speed}$, so speed = $c/n = (3.0 \times 10^8)/1.25 = 2.4 \times 10^8$ m/s. A multiplies by n instead of dividing. C treats the numerical value of the index as a speed coefficient. D ignores the index and leaves the vacuum speed unchanged. The result being less than c is a useful check.

$n = c/$चाल, इसलिए चाल = $c/n = (3.0 \times 10^8)/1.25 = 2.4 \times 10^8$ m/s। A में n से भाग देने के बजाय गुणा किया गया है। C में अपवर्तनांक के संख्यात्मक मान को चाल का गुणांक मान लिया गया है। D अपवर्तनांक को अनदेखा करके निर्वात वाली चाल ही रखता है। उत्तर का c से कम होना एक उपयोगी जाँच है।

12 D

The ray bends towards the normal on entering glass and away from the normal on leaving. Because the faces are parallel and the outside medium is the same, the emergent direction is parallel to the incident direction; oblique passage produces a lateral displacement. A wrongly imposes normal emergence. B overlooks the parallel faces, unlike a prism’s inclined faces. C describes returning towards the source, not transmission through the slab.

काँच में प्रवेश करते समय किरण अभिलंब की ओर और बाहर आते समय अभिलंब से दूर मुड़ती है। फलक समांतर हैं और बाहर का माध्यम दोनों ओर समान है, इसलिए निर्गत दिशा आपतित दिशा के समांतर होती है; तिरछे गुजरने पर पार्श्व विस्थापन होता है। A में बिना आधार लंबवत निर्गमन मान लिया गया है। B समांतर फलकों को अनदेखा करता है; प्रिज्म के फलक एक-दूसरे से झुके होते हैं। C स्रोत की ओर लौटने का वर्णन है, सिल्ली के आर-पार संचरण का नहीं।

13 A

For a lens, $1/v = 1/f + 1/u = 1/24 − 1/72 = 1/36\ cm^{-1}$. Thus $v = +36$ cm and $m = v/u = 36/(−72) = −1/2$. The image is real, inverted and half the object's height, on the opposite side of the lens. B reverses the signs. C uses the mirror equation instead of the lens equation. D uses the mirror magnification formula $−v/u$ instead of the lens formula v/u.

लेंस के लिए $1/v = 1/f + 1/u = 1/24 − 1/72 = 1/36\ cm^{-1}$। इसलिए $v = +36$ cm और $m = v/u = 36/(−72) = −1/2$। प्रतिबिंब लेंस के दूसरी ओर वास्तविक, उलटा और वस्तु की आधी ऊँचाई का है। B में चिह्न उलट दिए गए हैं। C में लेंस के बजाय दर्पण का समीकरण लगा दिया गया है। D में लेंस के v/u के बजाय दर्पण का आवर्धन सूत्र $−v/u$ लगा दिया गया है।

14 C

$1/v = 1/f + 1/u = −1/30 − 1/60 = −1/20\ cm^{-1}$, so $v = −20$ cm. The image lies on the object's side and is virtual. Lens magnification $m = v/u = (−20)/(−60) = +1/3$ makes it erect and diminished. A assigns the wrong sign and image nature. B comes from using the mirror equation. D gets the position right but misreads positive magnification as inversion.

$1/v = 1/f + 1/u = −1/30 − 1/60 = −1/20\ cm^{-1}$, इसलिए $v = −20$ cm। प्रतिबिंब वस्तु वाली तरफ है और आभासी है। लेंस का आवर्धन $m = v/u = (−20)/(−60) = +1/3$ है, इसलिए प्रतिबिंब सीधा और छोटा है। A में चिह्न और प्रतिबिंब की प्रकृति गलत हैं। B दर्पण का समीकरण लगाने से मिलता है। D में स्थिति सही है, लेकिन धनात्मक आवर्धन को उलटे प्रतिबिंब का संकेत मान लिया गया है।

15 D

First convert $f = −125$ cm $= −1.25$ m. Power $P = 1/f = 1/(−1.25) = −0.80$ D. The negative power agrees with a diverging concave lens in air. A takes the reciprocal of centimetres without converting to metres. B drops the negative sign. C repeats the focal-length number instead of taking its reciprocal in metres.

पहले $f = −125$ cm $= −1.25$ m करें। क्षमता $P = 1/f = 1/(−1.25) = −0.80$ D। ऋणात्मक क्षमता हवा में अपसारी अवतल लेंस से मेल खाती है। A में मीटर में बदले बिना सेंटीमीटर वाले मान का व्युत्क्रम लिया गया है। B ऋण चिह्न छोड़ देता है। C में मीटर वाली फोकस दूरी का व्युत्क्रम लेने के बजाय फोकस दूरी का अंक ही दोहरा दिया गया है।

16 B

For a distant object, the ciliary muscles relax and the eye lens becomes less curved and thinner. Its focal length increases and its converging power decreases, allowing the image to remain on the retina. A describes focusing on a nearby object. C confuses accommodation with moving the retina. D confuses the pupil's role in admitting light with the lens system's focusing role.

दूर की वस्तु के लिए पक्ष्माभी पेशियाँ शिथिल होती हैं और नेत्र लेंस कम वक्र तथा पतला होता है। उसकी फोकस दूरी बढ़ती और अभिसारी क्षमता घटती है, जिससे प्रतिबिंब रेटिना पर बना रहता है। A पास की वस्तु पर केंद्रित करने का वर्णन है। C में समंजन को रेटिना के खिसकने से जोड़ दिया गया है। D में प्रकाश को प्रवेश देने वाली पुतली और प्रकाश केंद्रित करने वाले लेंस-तंत्र के कार्य मिलाए गए हैं।

17 D

In myopia, rays from a distant object would focus in front of the retina; a suitable concave lens reduces convergence before light enters the eye. In hypermetropia, rays from a near object would focus behind the retina; a suitable convex lens provides extra convergence. A swaps the two corrections. B wrongly adds convergence for myopia. C wrongly reduces convergence for hypermetropia. This is a model question, not a prescription for an individual.

निकट-दृष्टि दोष में दूर की वस्तु की किरणें रेटिना के सामने केंद्रित होतीं; उपयुक्त अवतल लेंस नेत्र में प्रवेश से पहले अभिसरण घटाता है। दूर-दृष्टि दोष में पास की वस्तु की किरणें रेटिना के पीछे केंद्रित होतीं; उपयुक्त उत्तल लेंस अतिरिक्त अभिसरण देता है। A दोनों सुधारों को उलट देता है। B में निकट-दृष्टि दोष के लिए गलत ढंग से अभिसरण बढ़ाया गया है। C में दूर-दृष्टि दोष के लिए गलत ढंग से अभिसरण घटाया गया है। यह मॉडल पर आधारित प्रश्न है, किसी व्यक्ति के लिए चश्मे का परामर्श नहीं।

18 A

The first prism separates colours already present in white light by refracting them through different angles. A suitably aligned reversed prism can recombine that spectrum into white light. B confuses greater deviation with survival of only one colour. C mistakes separation for destruction. D invents selective absorption; an ordinary prism does not have to remove every colour except red. The alignment condition matters: simply placing any second prism nearby does not guarantee recombination.

पहला प्रिज्म श्वेत प्रकाश में पहले से मौजूद रंगों को अलग-अलग कोणों से अपवर्तित करके अलग करता है। सही तरह से रखा गया उलटा प्रिज्म इस वर्णक्रम को फिर मिलाकर श्वेत प्रकाश दे सकता है। B अधिक विचलन को केवल एक रंग बचने का कारण मान लेता है। C अलग होने को नष्ट होना मानता है। D बिना आधार चुनिंदा अवशोषण मान लेता है; साधारण प्रिज्म के लिए लाल को छोड़कर सभी रंग हटाना आवश्यक नहीं। प्रिज्म को सही तरह रखना महत्त्वपूर्ण है; पास में कोई भी दूसरा प्रिज्म रख देने से रंगों का फिर मिलना निश्चित नहीं होता।

19 C

A distant star is approximately a point source. Changing refractive-index conditions in the atmosphere make its ray paths and apparent brightness fluctuate, producing twinkling. A assigns the ordinary atmospheric effect to rapid changes in the star itself. B invents a reflecting surface. D confuses twinkling with prism dispersion. The explanation concerns atmospheric refraction, not a failure of the reflection law.

दूर का तारा लगभग बिंदु-स्रोत जैसा होता है। वायुमंडल में अपवर्तनांक की बदलती स्थितियाँ किरणों के पथ और दिखने वाली चमक में उतार-चढ़ाव पैदा करती हैं; यही टिमटिमाना है। A सामान्य वायुमंडलीय प्रभाव को स्वयं तारे के तेज बदलावों से जोड़ता है। B बिना आधार परावर्तक सतह मान लेता है। D टिमटिमाने को प्रिज्म के वर्ण-विक्षेपण से मिला देता है। कारण वायुमंडलीय अपवर्तन है, परावर्तन के नियम का टूटना नहीं।

20 B

Air molecules and very fine particles scatter shorter visible wavelengths more strongly than longer ones. Scattered light from the blue end reaches our eyes from directions away from the Sun, making the clear sky appear blue. A reverses the wavelength preference. C confuses scattering in many directions with prism dispersion into a spectrum. D is not the explanation: a blue sky is also seen far from oceans.

हवा के अणु और बहुत सूक्ष्म कण लंबे दृश्य तरंगदैर्घ्यों की तुलना में छोटे तरंगदैर्घ्यों का अधिक प्रकीर्णन करते हैं। नीले सिरे का प्रकीर्णित प्रकाश सूर्य से अलग दिशाओं से आँखों तक पहुँचता है, जिससे साफ आकाश नीला दिखाई देता है। A तरंगदैर्घ्य की निर्भरता को उलट देता है। C अनेक दिशाओं में प्रकीर्णन को प्रिज्म द्वारा वर्णक्रम बनाने से मिला देता है। D कारण नहीं है: महासागरों से दूर भी नीला आकाश दिखाई देता है।

Review checklist

- Measure ray angles from the normal, not the surface
- Mirrors: $1/f = 1/v + 1/u$; signed magnification $m = -v/u$
- Thin lenses in air: $1/f = 1/v - 1/u$; signed magnification $m = v/u$
- Absolute refractive index $n = c/(\text{speed in medium})$; c is the vacuum speed
- Lens power $P = 1/f$ only when f is in metres and P is in dioptres
- Explain the image or optical effect as well as selecting an answer

अभ्यास की जाँच-सूची

- किरणों के कोण अभिलंब से मापें, सतह से नहीं
- दर्पण: $1/f = 1/v + 1/u$; चिह्न सहित आवर्धन $m = -v/u$
- हवा में पतले लेंस: $1/f = 1/v - 1/u$; चिह्न सहित आवर्धन $m = v/u$
- निरपेक्ष अपवर्तनांक $n = c/(\text{माध्यम में चाल})$; c निर्वात में प्रकाश की चाल है
- लेंस क्षमता $P = 1/f$ में f मीटर में और P डायोप्टर में हो
- उत्तर चुनने के साथ प्रतिबिंब या प्रकाशीय प्रभाव का कारण भी बताएँ

Scope / सीमा

This original optics practice covers the three lessons in this workbook. The RRB general-science syllabus sets a tenth-standard Physics level; it does not guarantee a chapter-wise question count. Heat, sound and other General Science topics are outside this workbook. Textbook references appear in each lesson.

यह मौलिक प्रकाशिकी अभ्यास इस कार्यपुस्तिका के तीन पाठों पर आधारित है। आरआरबी सामान्य विज्ञान का पाठ्यक्रम दसवीं-स्तरीय भौतिकी बताता है; अध्यायवार प्रश्नों की संख्या की गारंटी नहीं देता। ऊष्मा, ध्वनि और सामान्य विज्ञान के अन्य विषय इस कार्यपुस्तिका में शामिल नहीं हैं। हर पाठ में संबंधित पुस्तकों के संदर्भ दिए हैं।