

## GEOMETRICAL OPTICS

# KEY CONCEPTS

## RAY OPTICS

### INTRODUCTION

The branch of Physics called optics deals with the behavior of light and other electromagnetic waves. Under many circumstances, the wavelength of light is negligible compared with the dimensions of the device as in the case of ordinary mirrors and lenses. A light beam can then be treated as a ray whose propagation is governed by simple geometric rules. The part of optics that deals with such phenomenon is known as geometric optics.

### PROPAGATION OF LIGHT

Light travels along straight line in a medium or in vacuum. The path of light changes only when there is an object in its path or where the medium changes. We call this rectilinear (straight-line) propagation of light. Light that starts from a point A and passes through another point B in the same medium actually passes through all the points on the straight line AB. Such a straight line path of light is called a ray of light. Light rays start from each point of a source and travel along straight lines till they fall on an object or a surface separating two media (mediums). A bundle of light rays is called a beam of light.

Apart from vacuum and gases, light can travel through some liquids and solids. A medium in which light can travel freely over large distances is called a transparent medium. Water, glycerine, glass and clear plastics are transparent. A medium in which light cannot travel is called opaque. Wood, metals, bricks, etc., are opaque. In materials like oil, light can travel some distance, but its intensity reduces rapidly. Such materials are called translucent.

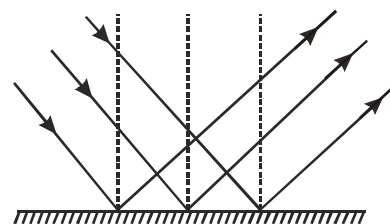
### REFLECTION OF LIGHT

When light rays strike the boundary of two media such as air and glass, a part of light is bounced back into the same medium. This is called **Reflection of light**.

#### (i) Regular / Specular reflection :

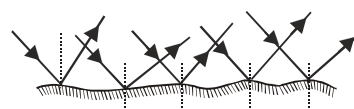
When the reflection takes place from a perfect plane surface then after reflection rays remain parallel.

It is called **Regular reflection**.



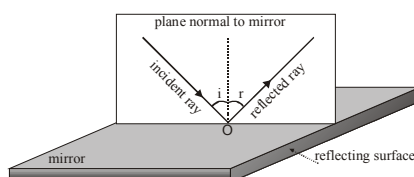
#### (ii) Diffused reflection

When the surface is rough, light is reflected from the surface from bits of its plane surfaces in irregular directions. This is called **diffused reflection**. This process enables us to see an object from any position.

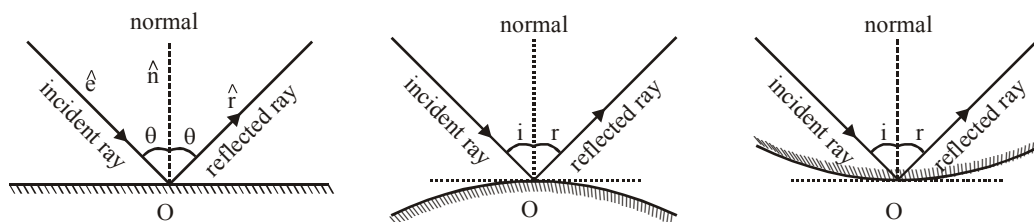


### LAWS OF REFLECTION

- (1) Incident ray, reflected ray and normal lies in the same plane.



- (2) The angle of reflection is equal to the angle of incident i.e.  $\angle i = \angle r$ .

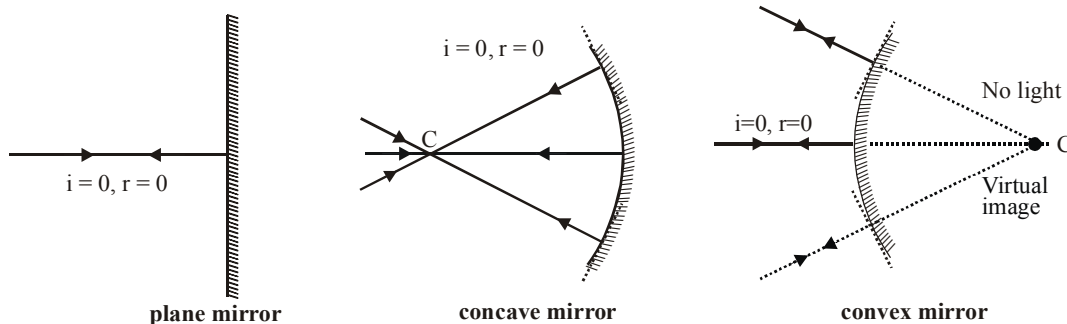


In vector form

$$\hat{r} = \hat{e} - 2(\hat{e} \cdot \hat{n})\hat{n}$$

### KEY POINTS

- **Rectilinear propagation of light** : In a homogeneous transparent medium light travels in straight line.
- When a ray is incident normally on a boundary after reflection it retraces its path.



- The frequency, wavelength and speed does not change on reflection.
- Eye is mostly sensitive for yellow colour and least sensitive for violet and red colour.

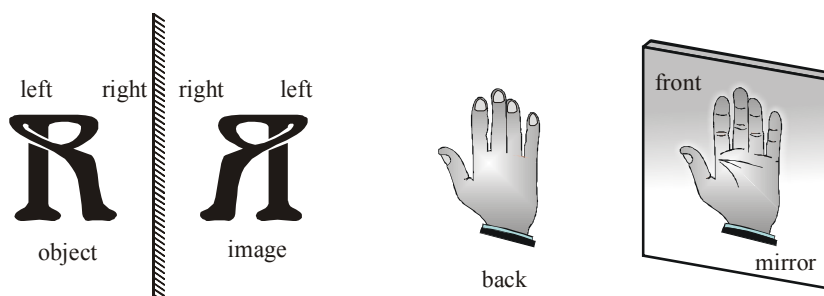
Due to this reason :

- Commercial vehicle's are painted with yellow colour.
- Sodium lamps (yellow colour) are used in road lights.

### REFLECTION FROM PLANE MIRROR

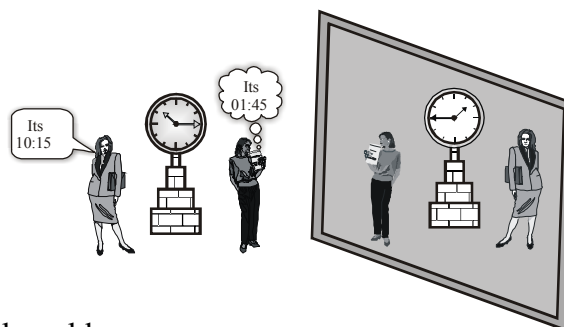
Plane mirror is the perpendicular bisector of the line joining object and image.

- The image formed by a plane mirror suffers **lateral-inversion**, i.e., in the image formed by a plane mirror left is turned into right and vice-versa with respect to object.

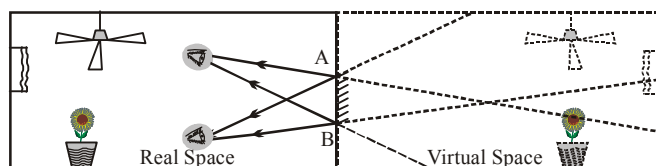


When a watch is placed in front of a plane mirror then watch is object and its time is object time and image of watch observed by a person standing in front of mirror then time seen by person.

- (i) Object Time =  $A^H$   
Image Time =  $12 - A^H$
- (ii) Object Time =  $A^H B^M$   
Image Time =  $11 - 60' - A^H B^M$
- (iii) Object Time =  $A^H B^M C^S$   
Image Time =  $11 - 59' - 60'' - A^H B^M C^S$



- A plane mirror behaves like a window to virtual world.



AB → Plane mirror

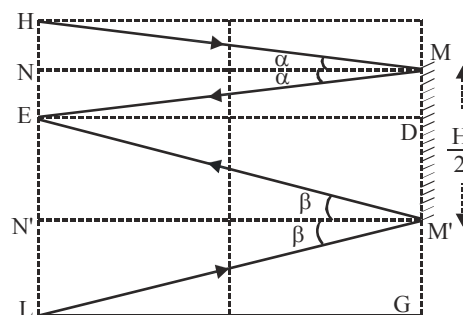
- To see complete image in a plane mirror the minimum length of plane mirror should be half the height of a person.

From figure.  $\triangle HNM$  and  $\triangle ENM$  are congruent

$$\therefore EN = HN \quad \therefore MD = EN = \frac{1}{2} HE$$

Similarly  $\triangle EN'M'$  and  $\triangle LN'M'$  are congruent

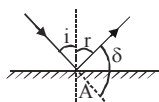
$$\begin{aligned} \text{Length of the mirror } MM' &= MD + M'D = \frac{1}{2} HE + \frac{1}{2} EL \\ &= \frac{1}{2} (HE + EL) = \frac{1}{2} HL \end{aligned}$$



$\therefore$  Minimum of length of mirror is just half of the person.

- This result does not depend on position of eye (height of the eye from ground).
- This result is independent of distance of person in front of mirror.

Deviation for a single mirror



$$\delta = 180 - (i + r); \angle i = \angle r; \delta = 180 - 2i$$

- Total deviation produced by the combination of two plane mirrors which are inclined at an angle  $\theta$  from each other.

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 180 - 2\alpha + 180 - 2\beta = 360 - 2(\alpha + \beta) \dots (i)$$

$$\text{From } \triangle QAB, \theta + 90 - \alpha + 90 - \beta = 180 \Rightarrow \theta = \alpha + \beta \dots (ii)$$

Putting the value of  $\theta$  in (i) from (ii),  $\delta = 360 - 2\theta$

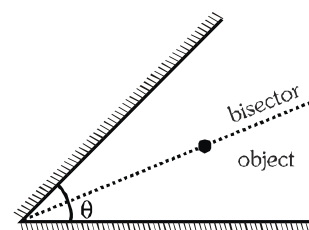
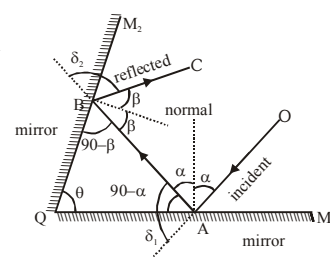
- If there are two plane mirror inclined to each other at an angle  $\theta$  the number of image (n) of a point object formed are determined as follows.

(a) If  $\frac{360^\circ}{\theta} = m$  is even then number of images  $n = m - 1$

(b) If  $\frac{360^\circ}{\theta} = m$  is odd. There will be two case.

(i) When object is not on bisector, then number of images  $n = m$

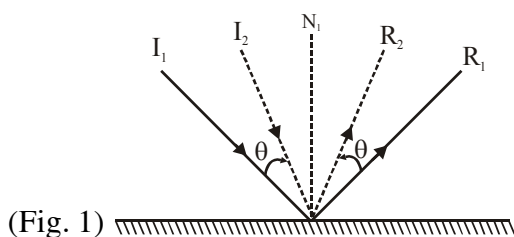
(ii) When object is at bisector, then number of images  $n = m - 1$



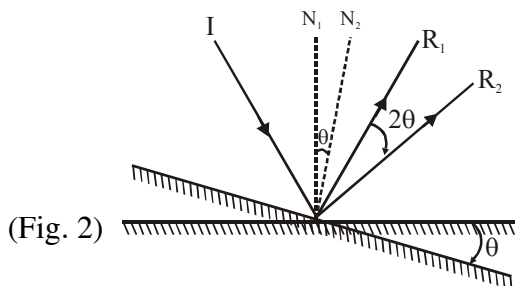
- (c) If  $\frac{360^\circ}{\theta} = m$  is a fraction, and the object is placed symmetrically then no. of images  $n = \text{nearest even integer}$

S.No.	$\theta$ in degree	$m = \frac{360^\circ}{\theta}$	Number of images formed if object is placed	
			asymmetrically	symmetrically
1.	0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
2.	30	12	11	11
3.	45	8	7	7
4.	60	6	5	5
5.	72	5	5	4
6.	75	4.8	—	4
7.	90	4	3	3
8.	112.5	3.2	—	4
9.	120	3	3	2

- If the object is placed between two plane mirrors then images are formed due to multiple reflections. At each reflection, a part of light energy is absorbed. Therefore, distant images get fainter.
- Keeping the mirror fixed if the incident ray is rotated by some angle, the reflected ray is also rotated by the same angle but in opposite sense. (See Fig. 1)

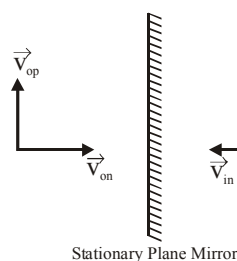


(Fig. 1)



(Fig. 2)

- Keeping the incident ray fixed, if the mirror is rotated by some angle, then the reflected ray rotates by double the angle in the same sense. (See Fig. 2)



Stationary Plane Mirror

$$\vec{v}_{on} = -\vec{v}_{in}, \quad \vec{v}_{op} = \vec{v}_{ip}$$

though speed of object and image are the same

$v_{op}$  = component of velocity of object along parallel to mirror.

$v_{on}$  = component of velocity of object along normal to mirror.

$v_{ip}$  = component of velocity of image along parallel to mirror.

$v_{in}$  = component of velocity of image along normal to mirror.

If mirror is moving  $\vec{v}_{ip} = \vec{v}_{op}$  and  $(\vec{v}_{im})_n = -(\vec{v}_{om})_n$

$$\Rightarrow \vec{v}_{in} - \vec{v}_{mn} = -(\vec{v}_{on} - \vec{v}_{mn}) \Rightarrow \vec{v}_{in} = 2\vec{v}_{mn} - \vec{v}_{on}$$

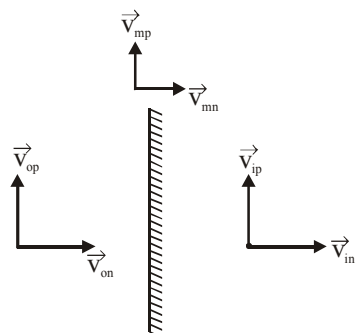
$\vec{v}_{mn}$  = component of velocity of mirror along normal.

$\vec{v}_{op}$  = component of velocity of object along mirror.

$\vec{v}_{on}$  = component of velocity of object along normal

$\vec{v}_{ip}$  = component of velocity of image along mirror.

$\vec{v}_{in}$  = component of velocity of image along normal.

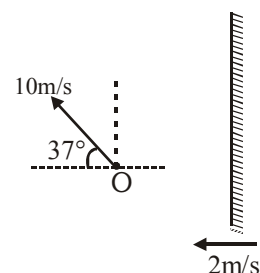


**Ex.** Find the velocity of the image.

**Sol.**  $\vec{v}_{ox} = (-10 \cos 37^\circ) \hat{i} = -8\hat{i}$  and

$$\vec{v}_{oy} = (10 \sin 37^\circ) \hat{j} = 6\hat{j}$$

$$\vec{v}_{ix} = 2\vec{v}_{mx} - \vec{v}_{ox} = 2(-2\hat{i}) - (-8\hat{i}) = 4\hat{i} \text{ and } \vec{v}_{iy} = \vec{v}_{oy} = 6\hat{j}$$

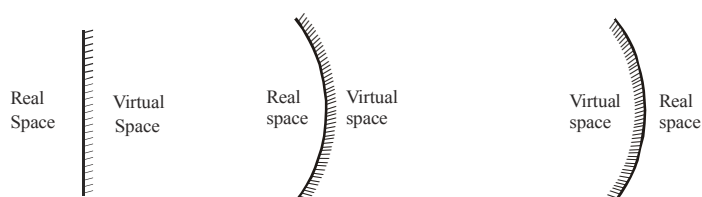


## REAL AND VIRTUAL SPACES

A mirror, plane or spherical divides the space into two ;

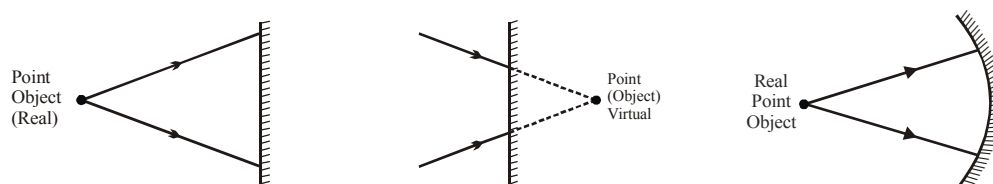
(a) Real space, a side where the reflected rays exist.

(b) Virtual space is on the other side where the reflected rays do not exist.



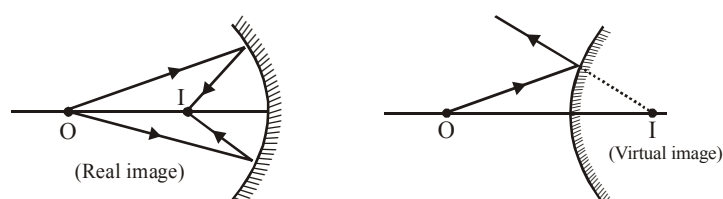
## OBJECT

Object is decided by incident rays only. The point object is that point from which the incident rays actually diverge (Real object) or towards which the incident rays appear to converge (virtual object).



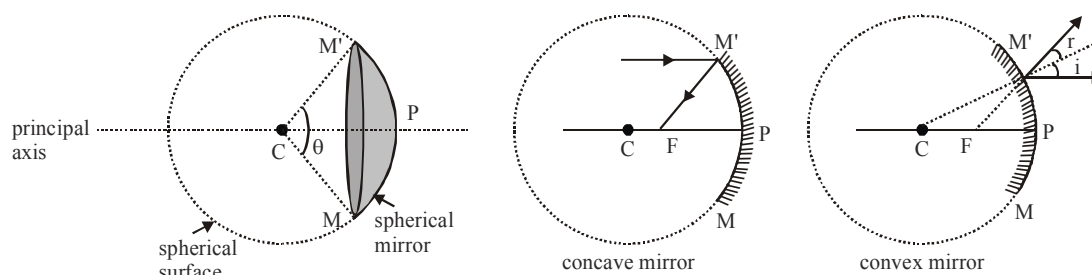
## IMAGE

Image is decided by reflected or refracted rays only. The point image is that point at which the refracted / reflected rays reflected from the mirror, actually converge (real image) or from which the refracted /reflected rays appear to diverge (virtual image).



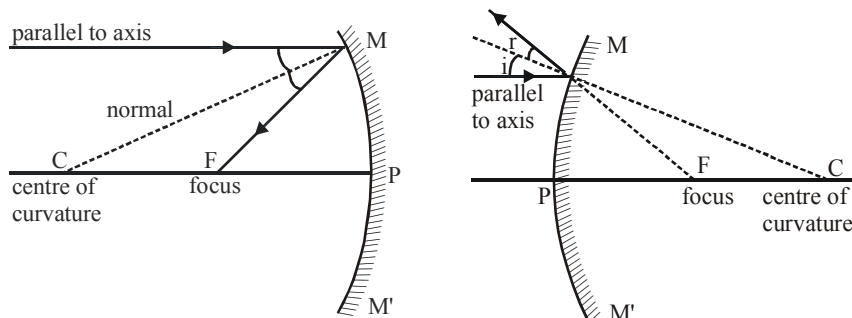
## SPHERICAL (CURVED) MIRROR

Curved mirror is part of a hollow sphere. If reflection takes place from the inner surface then The mirror is called concave and if its outer surface acts as reflector it is convex.

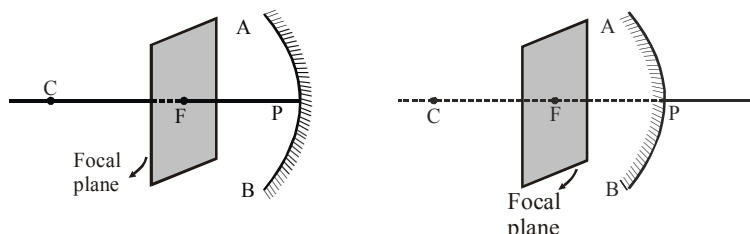


## DEFINITIONS FOR THIN SPHERICAL MIRRORS

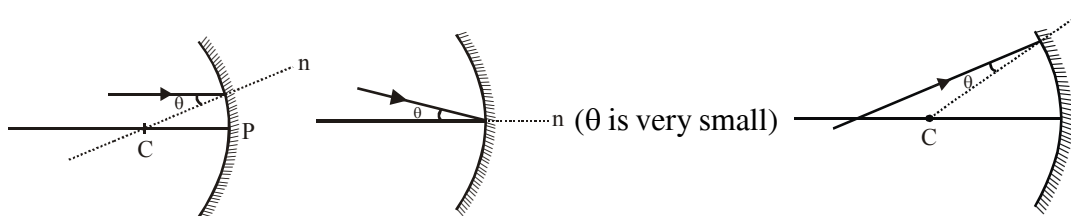
- (i) **Pole** is any point on the reflecting surface of the mirror. For convenience we take it as the midpoint P of the mirror (as shown).
- (ii) **Principal-section** is any section of the mirror such as MM' passing through the pole is called principal-section.
- (iii) **Centre of curvature** is the centre C of the sphere of which the mirror is a part.
- (iv) **Radius of curvature** is the radius R of the sphere of which the mirror is a part.
- (v) **Principal-axis** is the line CP, joining the pole and centre of curvature of the mirror.
- (vi) **Principal-focus** is an image point F on principal axis for which object is at infinity.



- (vii) **Focal-length** is the distance PF between pole P and focus F along principal axis.
- (viii) **Aperture**, in reference to a mirror, means the effective diameter of the light reflecting area of the mirror.
- (ix) **Focal Plane** is the plane passing through focus and perpendicular to principal axis.

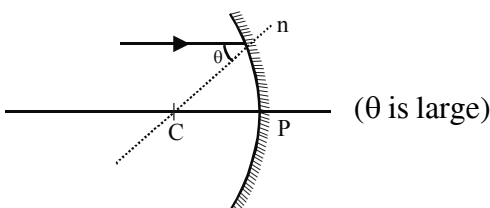


- (x) **Paraxial Rays** Those rays which make small angle with normal at point of incidence and hence are close to principal axis.

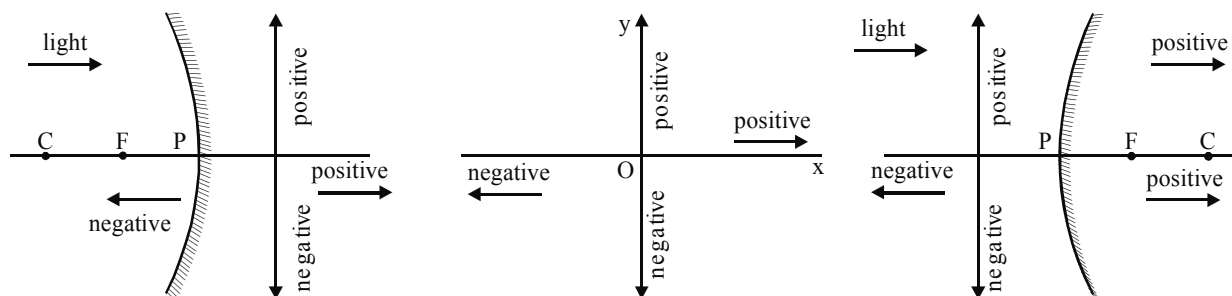


- (xi) **Marginal rays :**

Rays having a large angle of incidence



## SIGN- CONVENTION

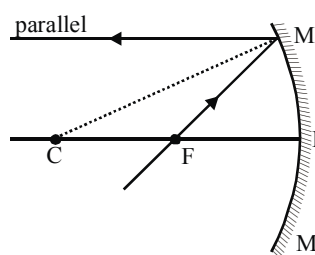
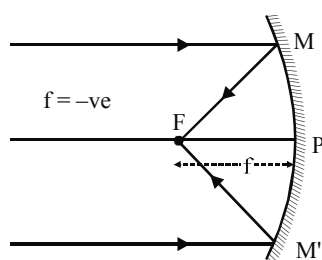


- Along principal axis, distances are measured from the pole (pole is taken as the origin).
- Distance in the direction of light are taken to be positive while opposite to be negative.
- The distances above principal axis are taken to be positive while below it negative.
- Whenever and wherever possible the ray of light is taken to travel from left to right.

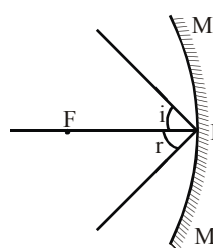
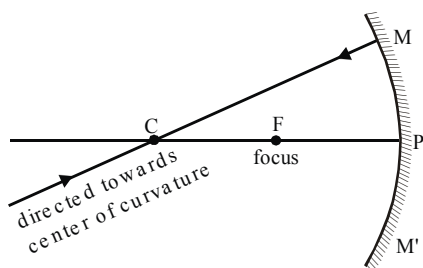
## RULES FOR IMAGE FORMATION (FOR PARAXIAL RAYS ONLY)

(These rules are based on the laws of reflection  $\angle i = \angle r$ )

- A ray parallel to principal axis after reflection from the mirror passes or appears to pass through its focus (by definition of focus).
- A ray passing through or directed towards focus, after reflection from the mirror, becomes parallel to the principal axis.



- A ray passing through or directed towards centre of curvature, after reflection from the mirror, retraces its path (as for it  $\angle i = 0$  and so  $\angle r = 0$ ).
- Incident and reflected rays at the pole of a mirror are symmetrical about the principal axis  $\angle i = \angle r$ .



## RELATIONS FOR SPHERICAL MIRRORS

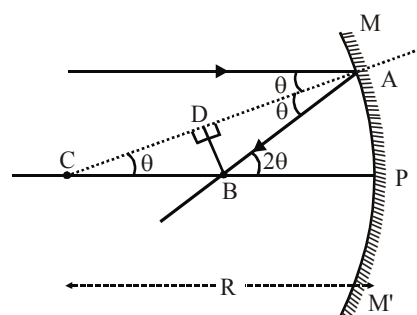
### Relation between f and R for the spherical mirror

- **For Marginal rays**

In  $\triangle ABC$ ,  $AB = BC$

$$AC = CD + DA = 2BC \cos \theta \Rightarrow R = 2BC \cos \theta$$

$$\Rightarrow BC = \frac{R}{2 \cos \theta} \text{ and } BP = PC - BC = R - \frac{R}{2 \cos \theta}$$



**Note :** B is not the focus ; it is just a point where a marginal ray after reflection meets.

- **For paraxial rays (parallel to principal axis)**

( $\theta$  small so  $\sin\theta \approx \theta$ ,  $\cos\theta \approx 1$ ,  $\tan\theta \approx \theta$ ) Hence  $BC = \frac{R}{2}$  and  $BP = \frac{R}{2}$

Thus, point B is the midpoint of PC (i.e. radius of curvature) and is defined as FOCUS so  $BP = f = \frac{R}{2}$

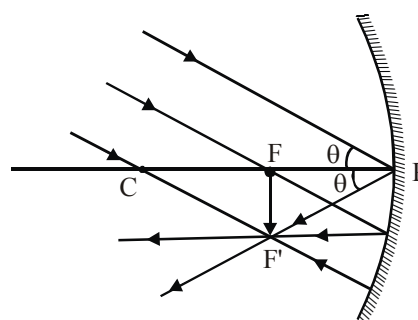
**(Definition :** Paraxial rays parallel to the principal axis after reflection from the mirror meet the principal axis at focus)

- BP is the focal length (f)  $\boxed{f = \frac{R}{2}}$

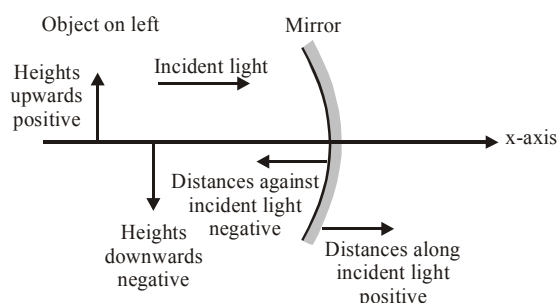
- **Paraxial rays (not parallel to principal axis)**

Such rays after reflection meet at a point in the focal plane ( $F'$ ), such that

$$\frac{FF'}{FP} = \tan\theta \approx \theta \Rightarrow \frac{FF'}{f} = \theta \Rightarrow FF' = f\theta$$



### Sign convention



### Relation between u, v and f for curved mirror

An object is placed at a distance u from the pole of a mirror and its image is formed at a distance v (from the pole)

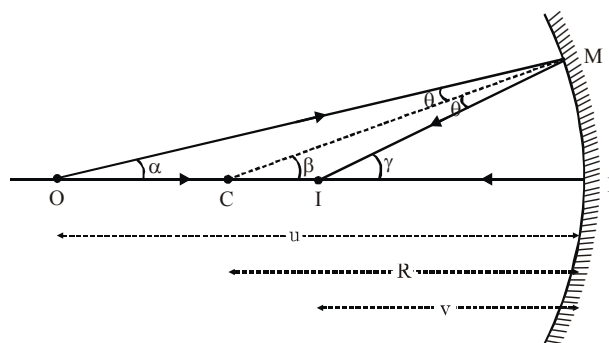
If angle is very small :  $\alpha = \frac{MP}{u}$ ,  $\beta = \frac{MP}{R}$ ,  $\gamma = \frac{MP}{v}$

from  $\triangle CMO$ ,  $\beta = \alpha + \theta \Rightarrow \theta = \beta - \alpha$

from  $\triangle CMI$ ,  $\gamma = \beta + \theta \Rightarrow \theta = \gamma - \beta$

so we can write  $\beta - \alpha = \gamma - \beta \Rightarrow 2\beta = \gamma + \alpha$

$$\therefore \frac{2}{R} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$





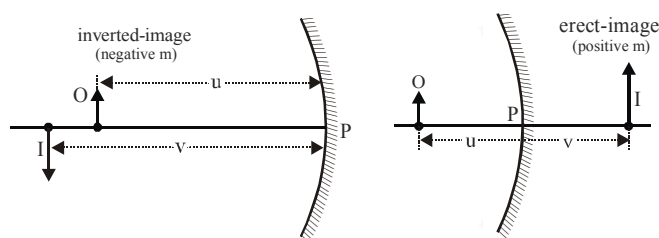
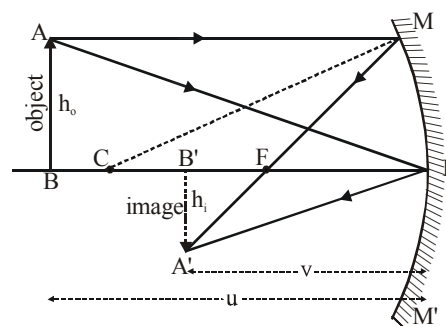
# MAGNIFICATION

## Transverse or lateral magnification

$$\text{Linear magnification } m = \frac{\text{height of image}}{\text{height of object}} = \frac{h_i}{h_o}$$

$$\Delta ABP \text{ and } \Delta A'B'P \text{ are similar so } \frac{-h_i}{h_o} = \frac{-v}{-u} \Rightarrow \frac{h_i}{h_o} = -\frac{v}{u}$$

$$\text{Magnification } m = -\frac{v}{u}; m = -\frac{v}{u} = \frac{f}{f-u} = \frac{f-v}{f} = \frac{h_i}{h_o}$$



If one dimensional object is placed perpendicular to the principal axis then linear magnification is

called transverse or lateral magnification.

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{v}{u}$$

## Magnification

$$|m| > 1$$

$$m < 0$$

## Image

enlarged

inverted

## Magnification

$$|m| < 1$$

$$m > 0$$

## Image

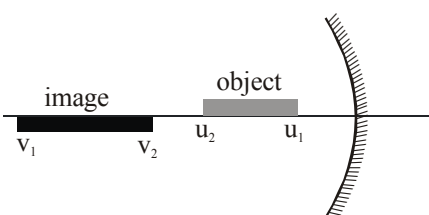
diminished

erect

## Longitudinal magnification

If one dimensional object is placed with its length along the principal axis then linear magnification is called longitudinal magnification.

$$\text{Longitudinal magnification } m_L = \frac{\text{length of image}}{\text{length of object}} = \left| \frac{v_2 - v_1}{u_2 - u_1} \right|$$



$$\text{For small objects only : } m_L = -\frac{dv}{du}$$

$$\text{differentiation of } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ gives us } -\frac{dv}{v^2} - \frac{du}{u^2} = 0 \Rightarrow -\frac{dv}{du} = \left[ \frac{v}{u} \right]^2 \text{ so } m_L = -\frac{dv}{du} = \left[ \frac{v}{u} \right]^2 = m^2$$

## Superficial magnification

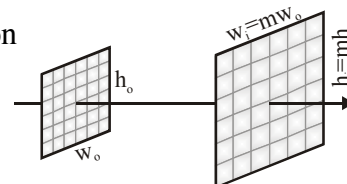
If two dimensional object placed with its plane perpendicular to principal axis its magnification is known as superficial magnification

$$\text{Linear magnification } m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{w_i}{w_o}$$

$$h_i = mh_o, w_i = mw_o \text{ and } A_{\text{obj}} = h_o \times w_o$$

$$\text{Area of image : } A_{\text{image}} = h_i \times w_i = mh_o \times mw_o = m^2 A_{\text{obj}}$$

$$\text{superficial magnification } m_s = \frac{\text{area of image}}{\text{area of object}} = \frac{(ma) \times (mb)}{(a \times b)} = m^2$$



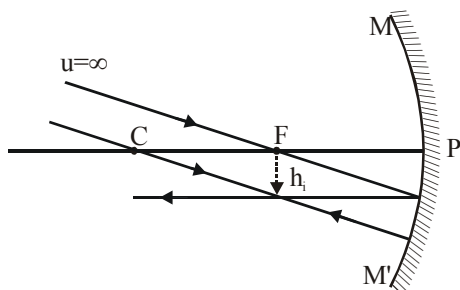
## IMAGE FORMATION BY SPHERICAL MIRRORS

### Concave mirror

(i) **Object** : Placed at infinity

**Image** : real, inverted, diminished at F

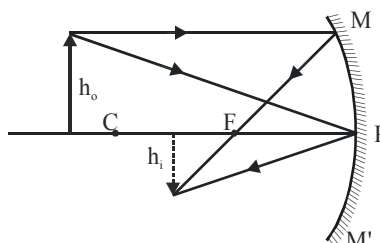
$$|m| \ll 1 \text{ \& } m < 0$$



(ii) **Object** : Placed in between infinity and C

**Image** : real, inverted, diminished in between C and F

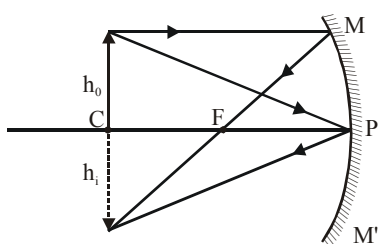
$$|m| < 1 \text{ \& } m < 0$$



(iii) **Object** : Placed at C

**Image** : real, inverted, equal at C

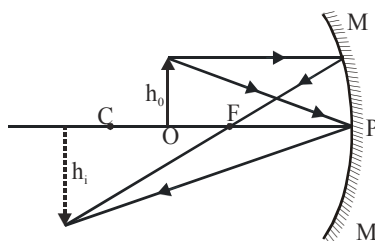
$$(m = -1)$$



(iv) **Object** : Placed in between F and C

**Image** : real, inverted, enlarged beyond C

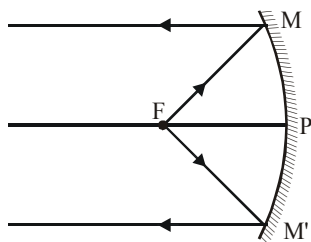
$$|m| > 1 \text{ \& } m < 0$$



(v) **Object** : Placed at F

**Image** : real, inverted, very large

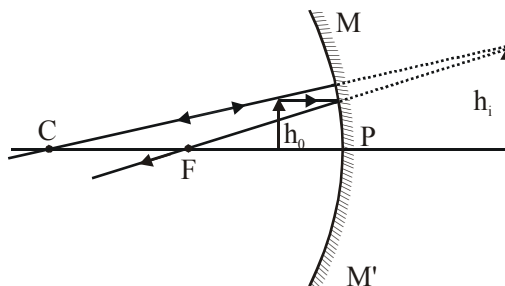
(assumed) at infinity ( $m \ll -1$ )



(vi) **Object** : Placed between F and P

**Image** : virtual, erect, enlarged and

behind the mirror ( $m > +1$ )

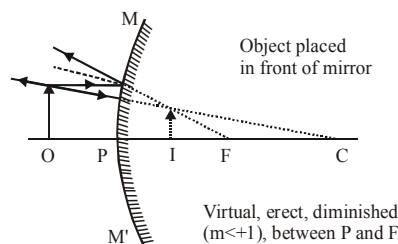
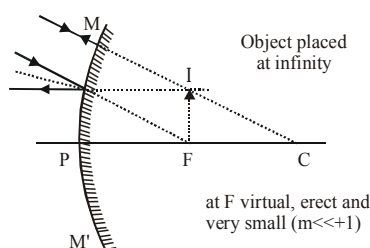


### For concave mirror

Object	Image	Magnification
$-\infty$	F	$ m  \ll 1 \text{ \& } m < 0$
$-\infty - C$	C - F	$ m  < 1 \text{ \& } m < 0$
C	C	$m = -1$
C - F	$-\infty - C$	$ m  > 1 \text{ \& } m < 0$
Just before F towards C	$-\infty$	$m \ll -1$
Just after F towards P	$+\infty$	$m \gg 1$

## Convex mirror

Image is always virtual and erect, whatever be the position of the object and  $m$  is always positive.



## KEY POINTS

### Differences in real & virtual image for spherical mirror

#### Real Image

- Inverted w.r.t. object
- Can be obtained on screen
- Its magnification is negative
- Forms in front of mirror

#### Virtual Image

- Erect w.r.t. object
- Can not be obtained on screen
- Its magnification is positive
- Forms behind the mirror

- For real extended object, if the image formed by a single mirror is erect it is always virtual (i.e.,  $m$  is +ve) and in this situation if the size of image is :

Smaller than object the mirror is convex	Equal to object the mirror is plane	Larger than object the mirror is concave
$m < +1$ 	$m = +1$ 	$m > +1$ 

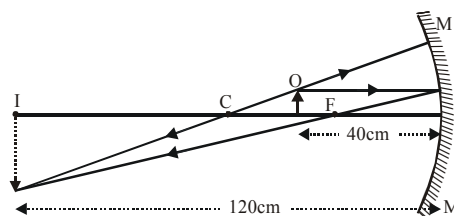
**Ex.** The focal length of a concave mirror is 30cm. Find the position of the object in front of the mirror, so that the image is three times the size of the object.

**Sol.** As the object is in front of the mirror it is real and for real object the magnified image formed by concave mirror can be inverted (i.e., real) or erect (i.e., virtual), so there are two possibilities.

(a) If the image is inverted (i.e., real)

$$m = \frac{f}{f - u} \Rightarrow -3 = \frac{-30}{-30 - u} \Rightarrow u = -40 \text{ cm}$$

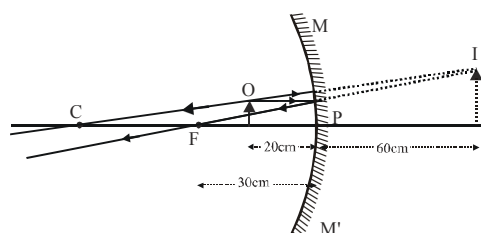
Object must be at a distance of 40 cm in front of the mirror (in between C and F).



(b) If the image is erect (i.e., virtual)

$$m = \frac{f}{f - u} \Rightarrow 3 = \frac{-30}{-30 - u} \Rightarrow u = -20 \text{ cm}$$

Object must be at a distance of 20 cm in front of the mirror (in between F and P).



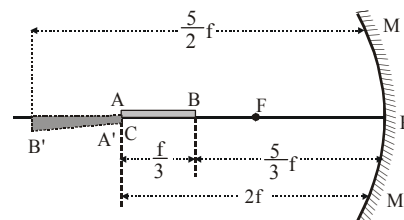
**Ex.** A thin rod of length  $\frac{f}{3}$  is placed along the principal axis of a concave mirror of focal length  $f$  such that its image which is real and elongated, just touches the rod. What is magnification?

**Sol.** Image is real and enlarged, the object must be between C and F. One end A' of the image coincides with the end A of rod itself, so

$$v_A = u_A, \frac{1}{v_A} + \frac{1}{v_A} = \frac{1}{-f} \text{ i.e., } v_A = u_A = -2f$$

so it clear that the end A is at C.  $\therefore$  the length of rod is  $\frac{f}{3}$

$\therefore$  distance of the other end B from P is  $u_B = 2f - \frac{f}{3} = \frac{5f}{3}$



if the distance of image of end B from P is  $v_B$  then  $\frac{1}{v_B} + \frac{1}{-\frac{5f}{3}} = \frac{1}{-f} \Rightarrow v_B = -\frac{5f}{2}$

$\therefore$  the length of the image  $|v_B| - |v_A| = \frac{5f}{2} - 2f = \frac{1}{2}f$  and magnification  $m = \frac{|v_B| - |v_A|}{|u_B| - |u_A|} = \frac{\frac{1}{2}f}{-\frac{1}{3}f} = -\frac{3}{2}$

Negative sign implies that image is inverted with respect to object and so it is real.

**Ex** A concave mirror of focal length 10 cm and convex mirror of focal length 15 cm are placed facing each other 40 cm apart. A point object is placed between the mirror on their common axis and 15 cm from the concave mirror. Find the position of image produced by the reflection first at concave mirror and then at convex mirror.

**Sol.** For  $M_1$  mirror O act as a object, let its image is  $I_1$  then,

$$u = -15 \text{ cm}, f = -10 \text{ cm} \Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{1}{-15} = \frac{1}{-10} \Rightarrow v = -30 \text{ cm}$$

Image  $I_1$  will act as a object for mirror  $M_2$  its distance from mirror  $M_2$ .

$$u_1 = -(40 - 30) \text{ cm} = -10 \text{ cm}$$

$$\text{so } \frac{1}{v_1} + \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{v_1} - \frac{1}{10} = \frac{1}{15} \Rightarrow v_1 = +6 \text{ cm}$$

So final image  $I_2$  is formed at a distance 6 cm behind the convex mirror and is virtual.

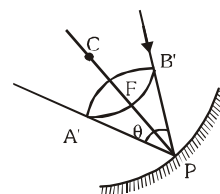
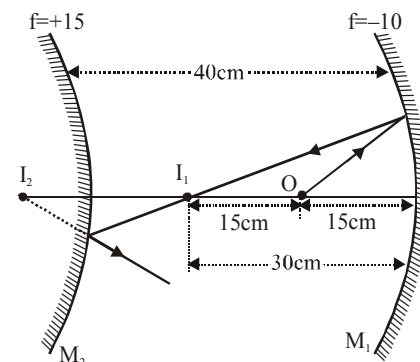
**Ex.** The sun subtends an angle  $\theta$  radians at the pole of a concave mirror of focal length  $f$ . What is the diameter of the image of the sun formed by the mirror.

**Sol.** Since the sun is at large distance very distant,  $u$  is very large and so  $\frac{1}{u} \approx 0$

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{v} = -\frac{1}{f} \Rightarrow v = -f$$

The image of sun will be formed at the focus and will be real, inverted and diminished

$$A'B' = \text{height of image and } \theta = \frac{\text{Arc}}{\text{Radius}} = \frac{A'B'}{FP} \Rightarrow \theta = \frac{d}{f} \Rightarrow d = f\theta$$



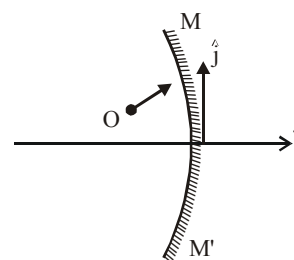
# VELOCITY OF IMAGE OF MOVING OBJECT (SPHERICAL MIRROR)

## (a) Velocity component along axis (Longitudinal velocity)

When an object is coming from infinite towards the focus of concave mirror

$$\therefore -\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow -\frac{1}{v^2} \frac{dv}{dt} - \frac{1}{u^2} \frac{du}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{v}_{ix} = -\frac{v^2}{u^2} \vec{v}_{ox} = -m^2 \vec{v}_{ox}$$

$$\left[ \vec{v}_{ix} = \frac{dv}{dt} = \text{velocity of image along principal-axis; } \vec{v}_{ox} = \frac{du}{dt} = \text{velocity of object along principal-axis} \right]$$



## (b) Velocity component perpendicular to axis (Transverse velocity)

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{v}{u} = \frac{f}{f-u} \Rightarrow h_i = \left( \frac{f}{f-u} \right) h_o$$

$$\frac{dh_i}{dt} = \left( \frac{f}{f-u} \right) \frac{dh_o}{dt} + \frac{f h_o}{(f-u)^2} \frac{du}{dt}; \vec{v}_{iy} = \left[ m \vec{v}_{oy} + \frac{m^2 h_o}{f} \vec{v}_{ox} \right] \hat{j}$$

$$\left[ \begin{aligned} \frac{dh_i}{dt} &= \text{velocity of image } \perp^r \text{ to principal-axis} \\ \frac{dh_o}{dt} &= \text{velocity of object } \perp^r \text{ to principal-axis} \end{aligned} \right]$$

**Note :** Here principal axis has been taken to be along x-axis.

## POWER OF A MIRROR

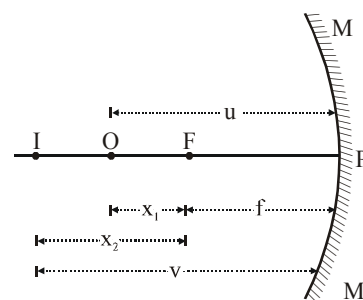
$$\text{The power of a mirror is defined as } P = -\frac{1}{f(\text{m})} = -\frac{100}{f(\text{cm})}$$

## NEWTON'S FORMULA

In case if spherical mirrors if object distance ( $x_1$ ) and image distance ( $x_2$ ) are measured from focus instead of pole,  
 $u = -(f + x_1)$  and  $v = -(f + x_2)$ ,

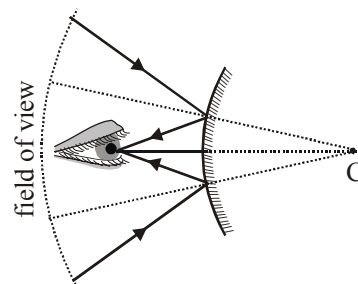
$$\text{by } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow -\frac{1}{(f+x_2)} - \frac{1}{(f+x_1)} = -\frac{1}{f}$$

on solving  $x_1 x_2 = f^2$  This is Newton's formula.



## POINTS

- Convex mirrors** gives erect, virtual and diminished image. In convex mirror the field of view is increased as compared to plane mirror. It is used as rear-view mirror in vehicles.
- Concave mirrors** give enlarged, erect and virtual image, so these are used by dentists for examining teeth. Due to their converging property concave mirrors are also used as reflectors in automobile head lights and search lights
- As focal length of a spherical mirror  $f = R/2$  depends only on the radius of mirror and is independent of wavelength of light and refractive index of medium so the focal length of a spherical mirror in air or water and for red or blue light is same.



## REFRACTION

Refraction is the phenomenon in which direction of propagation of light changes at the boundary when it passes from one medium to the other. In case of refraction frequency does not change.

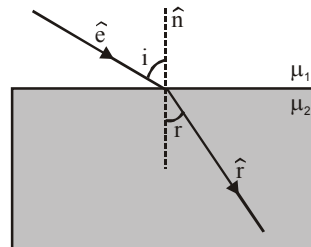
### © Laws of Refraction

- (i) Incident ray, refracted ray and normal always lie in the same plane.

In vector form  $(\hat{e} \times \hat{n}) \cdot \hat{r} = 0$

- (ii) The product of refractive index and sine of angle of incidence at a point in a medium is constant.  $\mu_1 \sin i = \mu_2 \sin r$  (Snell's law)

In vector form  $\mu_1 |\hat{e} \times \hat{n}| = \mu_2 |\hat{r} \times \hat{n}|$



### Absolute refractive index

It is defined as the ratio of speed of light in free space 'c' to that in a given medium v.  $\mu$  or  $n = \frac{c}{v}$

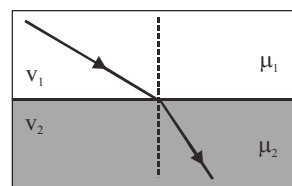
Denser is the medium, lesser will be the speed of light and so greater will be the refractive index,

$$\therefore v_{\text{glass}} < v_{\text{water}} \quad \therefore \mu_{\text{G}} > \mu_{\text{W}}$$

### Relative refractive index

When light passes from one medium to the other, the refractive index of medium 2 relative to 1 is written as  ${}_1\mu_2$  and is defined as

$${}_1\mu_2 = \frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{(c/v_2)}{(c/v_1)} = \frac{v_1}{v_2}$$



### © Bending of light ray

According to Snell's law,  $\mu_1 \sin i = \mu_2 \sin r$

- (i) If light passes from rarer to denser medium  $\mu_1 = \mu_R$  and  $\mu_2 = \mu_D$

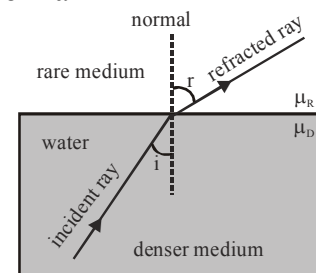
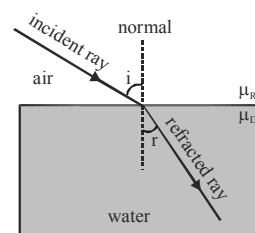
so that  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_D}{\mu_R} > 1 \Rightarrow \angle i > \angle r$

In passing from rarer to denser medium, the ray bends towards the normal.

- (ii) If light passes from denser to rarer medium  $\mu_1 = \mu_D$  and  $\mu_2 = \mu_R$

$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\mu_R}{\mu_D} < 1 \Rightarrow \angle i < \angle r$

In passing from denser to rarer medium, the ray bends away from the normal



# APPARENT DEPTH AND NORMAL SHIFT

If a point object in denser medium is observed from rarer medium and boundary is plane, then from Snell's law we have  $\mu_D \sin i = \mu_R \sin r$ ...(i)

If the rays OA and OB are close enough to reach the eye.

$$\sin i \approx \tan i = \frac{p}{d_{ac}} \text{ and } \sin r \approx \tan r = \frac{p}{d_{ap}}$$

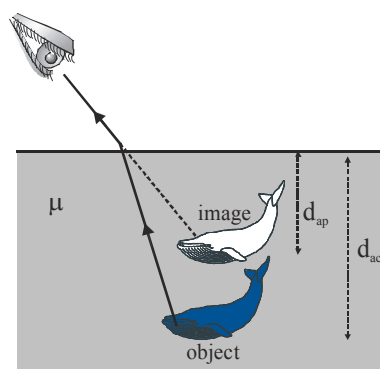
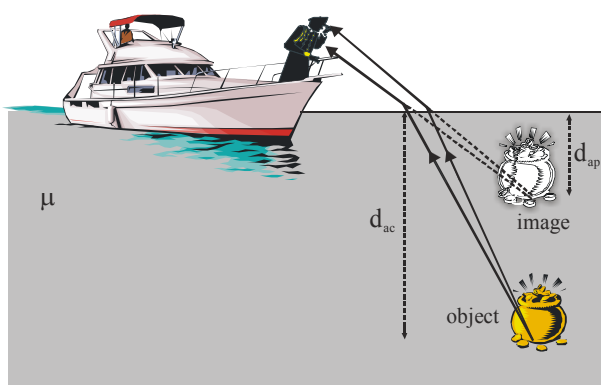
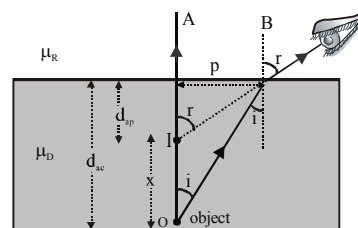
here  $d_{ac}$  = actual depth,  $d_{ap}$  = apparent depth

$$\text{So that equation (i) becomes } \mu_D = \frac{p}{d_{ac}} = \mu_R \frac{p}{d_{ap}} \Rightarrow \frac{d_{ac}}{d_{ap}} = \frac{\mu_D}{\mu_R} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$

$$(\text{If } \mu_R = 1, \mu_D = \mu) \text{ then } d_{ap} = \frac{d_{ac}}{\mu} \text{ so } d_{ap} < d_{ac} \quad \dots(\text{ii})$$

The distance between object and its image, called normal shift (x)

$$x = d_{ac} - d_{ap} \left[ \because d_{ap} = \frac{d_{ac}}{\mu} \right]; x = d_{ac} - \frac{d_{ac}}{\mu} = d_{ac} \left[ 1 - \frac{1}{\mu} \right] \dots(\text{iii}) \quad \text{If } d_{ac} = d \text{ then } x = d \left[ 1 - \frac{1}{\mu} \right]$$



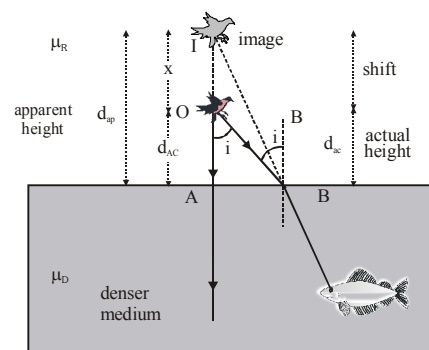
## Object in a rarer medium is seen from a denser medium

$$\frac{d_{ac}}{d_{ap}} = \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\mu_R}{\mu_D} = \frac{1}{\mu} (< 1)$$

$$d_{ap} = \mu d_{ac} \text{ i.e., } d_{ap} > d_{ac}$$

A high flying object appears to be higher than in reality.

$$x = d_{ap} - d_{ac} \Rightarrow x = [\mu - 1] d_{ac}$$



## LATERAL SHIFT

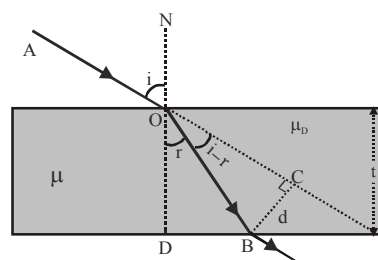
The perpendicular distance between incident and emergent ray is known as lateral shift.

Lateral shift  $d = BC$  and  $t$  = thickness of slab

$$\text{In } \Delta BOC \sin(i-r) \frac{BC}{OB} = \frac{d}{OB} \Rightarrow d = OB \sin(i-r) \dots(\text{i})$$

$$\text{In } \Delta OBD \cos r = \frac{OD}{OB} = \frac{t}{OB} \Rightarrow OB = \frac{t}{\cos r} \dots(\text{ii})$$

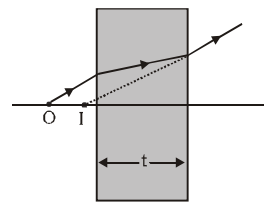
$$\text{From (i) and (ii) } d = \frac{t}{\cos r} \sin(i-r)$$



**TRANSPARENT GLASS SLAB (Normal shift)**

When an object is placed in front of a glass slab, it shifts the object in the direction of incident light and forms an image at a distance  $x$ .

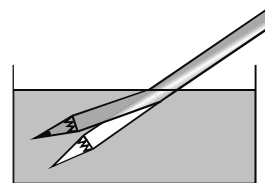
$$x = t \left[ 1 - \frac{1}{\mu} \right]$$

**SOME ILLUSTRATIONS OF REFRACTION**

- Bending of an object**

When a point object in a denser medium is seen

from a rarer medium it appears to bend by  $\frac{d}{\mu}$



- Twinkling of stars**

Due to fluctuations in refractive index of atmosphere the refraction becomes irregular and the light sometimes reaches the eye and sometimes it does not. This gives rise to twinkling of stars.

**KEY POINTS**

- $\mu$  is a scalar and has no units and dimensions.
- If  $\epsilon_0$  and  $\mu_0$  are electric permittivity and magnetic permeability respectively of free space while  $\epsilon$  and  $\mu$  those of a given medium, then according to electromagnetic theory.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \text{ and } v_m = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} \Rightarrow n_m = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\epsilon \mu}{\epsilon_0 \mu_0}} = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

- As in vacuum or free space, speed of light of all wavelengths is maximum and equal to  $c$  so for all wavelengths the refractive index of free space is minimum and is  $\mu = \frac{c}{v_m} = \frac{c}{c} = 1$

**Ex.** A ray of light is incident on a transparent glass slab of refractive index 1.62. If the reflected and refracted rays are mutually perpendicular, what is the angle of incidence? [ $\tan^{-1}(1.62) = 58.3^\circ$ ]

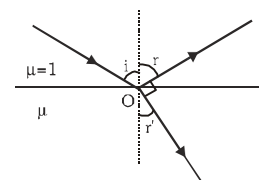
**Sol.** According to given problem:  $r + 90^\circ + r' = 180^\circ$

i.e.,  $r' = 90^\circ - r \Rightarrow r' = (90^\circ - i)$  [ $\because \angle i = \angle r$ ]

And as according to Snell's law:  $1 \sin i = \mu \sin r'$

$\sin i = \mu \sin (90 - i) \Rightarrow \sin i = \mu \cos i$  [ $\because \sin (90 - i) = \cos i$ ]

$\Rightarrow \tan i = \mu \Rightarrow i = \tan^{-1} \mu = \tan^{-1}(1.62) = 58.3^\circ$



**Ex.** A 20 cm thick glass slab of refractive index 1.5 is kept in front of a plane mirror. An object is kept in air at a distance 40 cm from the mirror. Find the position of image w.r.t an observer near the object. What is effect of separation between glass slab and the mirror on image.

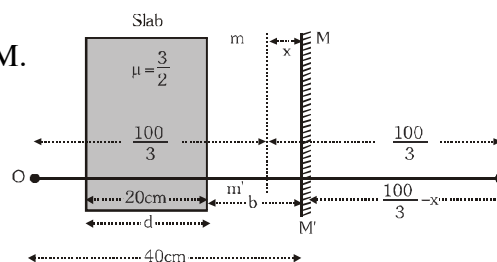
**Sol.** Shifting in object due to glass slab  $x = d \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) = 20 \left[ 1 - \frac{1}{1.5} \right] = \frac{20}{3}$  cm

Distance of object from mirror (as seen by mirror)  $= 40 - \frac{20}{3} = \frac{100}{3}$  cm

Image will be formed at a distance  $\frac{100}{3}$  cm from mirror M.

Shifting in image due to glass slab  $= \frac{20}{3}$  cm

So distance of image from mirror  $= \frac{100}{3} - \frac{20}{3} = \frac{80}{3}$  cm





Distance of image from the actual plane mirror is independent of separation  $b$  between glass slab and the mirror. If the distance is more then brightness of image will be less.

**Ex.** If one face of a prism angle  $30^\circ$  and  $\mu = \sqrt{2}$  is silvered, the incident ray retraces its initial path. What is the angle of incidence ?

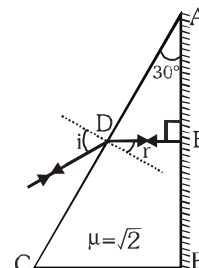
**Sol.** As incident ray retraces its path the ray is incident normally on the silvered face of the prism as shown in figure.

Further, as in  $\triangle AED$   $30^\circ + 90^\circ + \angle D = 180^\circ \Rightarrow \angle D = 60^\circ$

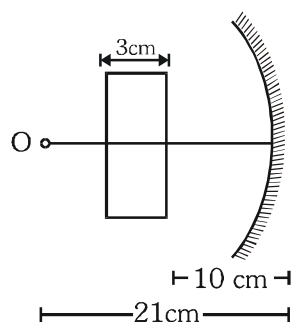
Now as by construction,  $\angle D + \angle r = 90^\circ \Rightarrow \angle r = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

$\therefore$  from Snell's law at surface AC,  $1 \sin i = \sqrt{2} \sin 30^\circ = \sqrt{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$\therefore \sin i = \frac{1}{\sqrt{2}}$  so  $i = 45^\circ$



**Ex.** An object is placed 21 cm in front of a concave mirror of radius of curvature 20 cm. A glass slab of thickness 3 cm and refractive index 1.5 is placed closed to the mirror in space between the object and the mirror. Find the position of final image formed if distance of nearer surface of the slab from the mirror is 10 cm.

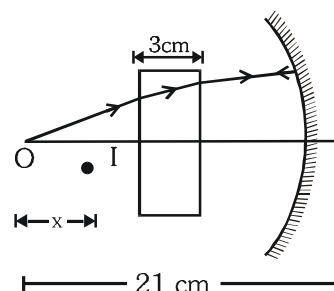


**Sol.** shift by slab  $x = d \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) = 3 \left( 1 - \frac{1}{1.5} \right) = 1 \text{ cm}$

for image formed by mirror  $u = -(21 - 1) \text{ cm} = -20 \text{ cm}$ .

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{-20} + \frac{1}{v} = \frac{1}{-10} \Rightarrow v = -20 \text{ cm}$$

shift in the direction of light  $v = -(20 + 1) = -21 \text{ cm}$ .

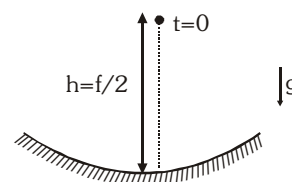


**Ex.** A particle is dropped along the axis from a height  $\frac{f}{2}$  on a concave mirror of focal length  $f$  as shown in figure. Find the maximum speed of image.

**Sol.**  $v_{IM} = -m^2 v_{OM} = -m^2 (gt)$  where

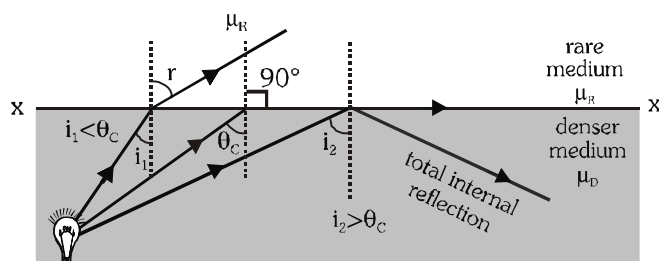
$$m = \frac{f}{f - u} = \frac{-f}{-f + \left( \frac{f}{2} - \frac{gt^2}{2} \right)} = \frac{2f}{f + gt^2} \Rightarrow v_1 = - \left( \frac{2f}{f + gt^2} \right)^2 (gt) = \frac{-4f^2 gt}{(f + gt^2)^2}$$

For maximum speed  $\frac{dv_1}{dt} = 0 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{f}{3g}} \Rightarrow v_{\text{max}} = \frac{3}{4} \sqrt{3fg}$



## TOTAL INTERNAL REFLECTION

When light ray travel from denser to rarer medium it bend away from the normal if the angle of incident is increased, angle of refraction will also increased. At a particular value of angle the refracted ray subtend  $90^\circ$  angle with the normal, this angle of incident is known as critical angle ( $\theta_c$ ). If angle of incident further increase the ray come back in the same medium this phenomenon is known as total internal reflection.



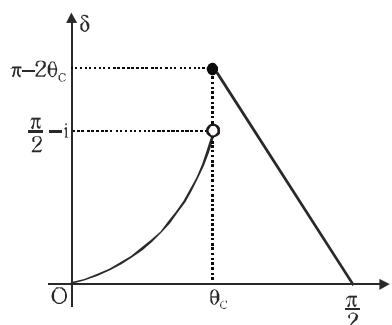
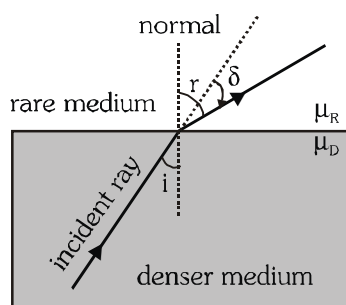
## CONDITIONS

- Angle of incident  $>$  critical angle [ $i > \theta_c$ ]
- Light should travel from denser to rare medium  $\Rightarrow$  Glass to air, water to air, Glass to water

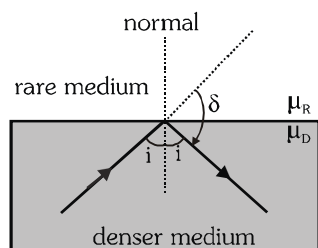
Snell's Law at boundary  $xx'$ ,  $\mu_D \sin \theta_c = \mu_R \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \theta_c = \frac{\mu_R}{\mu_D}$

**Graph between angle of deviation ( $\delta$ ) and angle of incidence ( $i$ ) as rays goes from denser to rare medium**

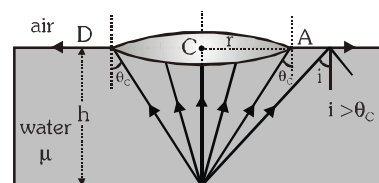
- If  $i < \theta_c$ ,  $\mu_D \sin i = \mu_R \sin r$ ;  $r = \sin^{-1} \left( \frac{\mu_D}{\mu_R} \sin i \right)$  so  $\delta = r - i = \sin^{-1} \left( \frac{\mu_D}{\mu_R} \sin i \right) - i$



- If  $i > \theta_c$ ;  $\delta = \pi - 2i$



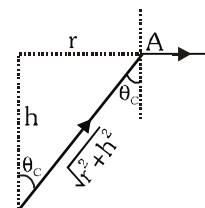
- A point object is situated at the bottom of tank filled with a liquid of refractive index  $\mu$  upto height  $h$ . It is found light from the source come out of liquid surface through a circular portion above the object



$$\sin \theta_c = \frac{r}{\sqrt{r^2 + h^2}} \quad \& \quad \sin \theta_c = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \frac{1}{\mu} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + h^2}} \Rightarrow \frac{1}{\mu^2} = \frac{r^2}{r^2 + h^2}$$

$$\Rightarrow \mu^2 r^2 = r^2 + h^2 \Rightarrow (\mu^2 - 1)r^2 = h^2 \Rightarrow \text{radius of circular portion}$$

$$r = \frac{h}{\sqrt{\mu^2 - 1}} \quad \text{and} \quad \text{area} = \pi r^2$$



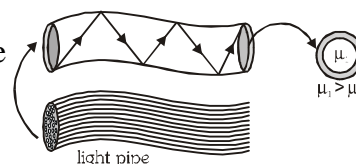
## SOME ILLUSTRATIONS OF TOTAL INTERNAL REFLECTION

### • Sparkling of diamond

The sparkling of diamond is due to total internal reflection inside it. As refractive index for diamond is 2.5 so  $\theta_c = 24^\circ$ . Now the cutting of diamond are such that  $i > \theta_c$ . So TIR will take place again and again inside it. The light which beams out from a few places in some specific directions makes it sparkle.

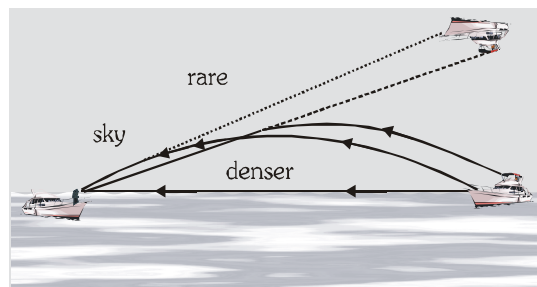
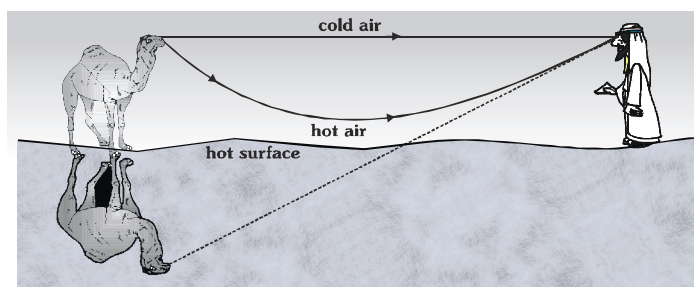
### • Optical Fibre

In it light through multiple total internal reflections is propagated along the axis of a glass fibre of radius of few microns in which index of refraction of core is greater than that of surroundings.



### • Mirage and looming

Mirage is caused by total internal reflection in deserts where due to heating of the earth, refractive index of air near the surface of earth becomes lesser than above it. Light from distant objects reaches the surface of earth with  $i > \theta_c$  so that TIR will take place and we see the image of an object along with the object as shown in figure.



Similar to 'mirage' in deserts, in polar regions 'looming' takes place due to TIR. Here  $\mu$  decreases with height and so the image of an object is formed in air if ( $i > \theta_c$ ) as shown in figure.

## KEY POINTS

- A diver in water at a depth  $d$  sees the world outside through a horizontal circle of radius.  $r = d \tan \theta_c$ .
- In case of total internal reflection, as all (i.e. 100%) incident light is reflected back into the same medium there is no loss of intensity while in case of reflection from mirror or refraction from lenses there is some loss of intensity as all light can never be reflected or refracted. This is why images formed by TIR are much brighter than formed by mirrors or lenses.

**Ex.** A rectangular block of glass is placed on a printed page laying on a horizontal surface. Find the minimum value of the refractive index of glass for which the letters on the page are not visible from any of the vertical faces of the block.

**Sol.** The situation is depicted in figure. Light will not emerge out from the vertical face BC if at it

$$i > \theta_c \text{ or } \sin i > \sin \theta_c \Rightarrow \sin i > \frac{1}{\mu} \left[ \text{as } \sin \theta_c = \frac{1}{\mu} \right] \dots (i)$$

But from Snell's law at O  $1 \times \sin \theta = \mu \sin r$

And in  $\Delta OPR$ ,  $r + 90 + i = 180 \Rightarrow r + i = 90^\circ \Rightarrow r = 90 - i$

$$\text{So } \sin \theta = \mu \sin (90 - i) = \mu \cos i \Rightarrow \cos i = \frac{\sin \theta}{\mu}$$

$$\text{so } \sin i = \sqrt{1 - \cos^2 i} = \sqrt{1 - \left[ \frac{\sin \theta}{\mu} \right]^2} \dots (ii)$$

so substituting the value of  $\sin i$  from equation (ii) in (i),

$$\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\mu^2}} > \frac{1}{\mu} \text{ i.e., } \mu^2 > 1 + \sin^2 \theta \because (\sin^2 \theta)_{\max} = 1 \therefore \mu^2 > 2 \Rightarrow \mu > \sqrt{2} \therefore$$

$$\mu_{\min} = \sqrt{2}$$

### REFRACTION AT TRANSPARENT CURVED SURFACE

$\mu_1$  = refractive index of the medium in which actual incident ray lies.

$\mu_2$  = refractive index of the medium in which actual refractive ray lies.

O = Object

P = pole

C = centre of curvature

R = PC = radius of curvature

#### Refraction from curved surface

$$\mu_1 \sin \theta_1 = \mu_2 \sin \theta_2$$

if angle is very small :  $\mu_1 \theta_1 = \mu_2 \theta_2 \dots (i)$

$$\text{But } \theta_1 = \alpha + \beta \dots (ii)$$

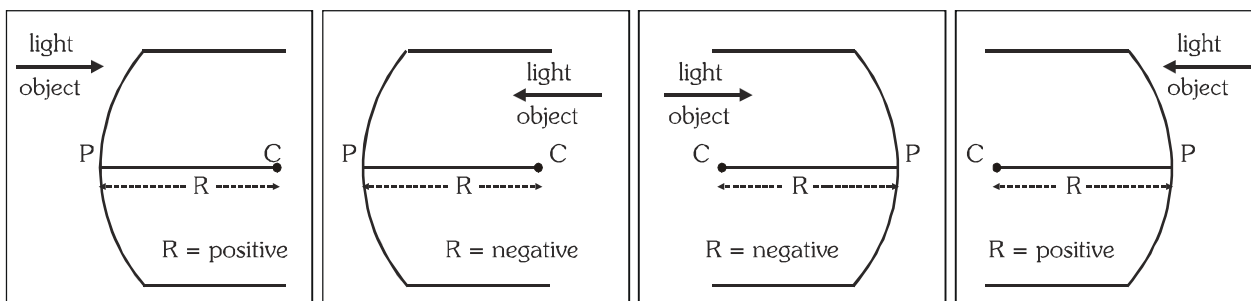
$$\beta = \theta_2 + \gamma \dots (iii)$$

from (i), (ii) and (iii)  $\mu_1 (\alpha + \beta) = \mu_2 (\beta - \gamma)$

$$\Rightarrow \mu_1 \alpha + \mu_1 \beta = \mu_2 \beta - \mu_2 \gamma \Rightarrow \mu_1 \alpha + \mu_2 \gamma = (\mu_2 - \mu_1) \beta$$

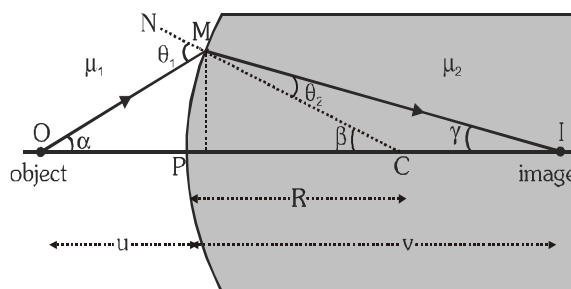
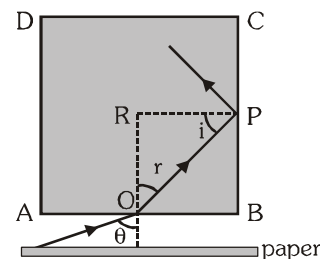
$$\Rightarrow \frac{\mu_1 PM}{-u} + \frac{\mu_2 PM}{v} = \frac{(\mu_2 - \mu_1) PM}{R} \Rightarrow \frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$$

#### SIGN CONVENTION FOR RADIUS OF CURVATURE



These are valid for all single refraction surfaces – convex, concave or plane. In case of plane refracting

$$\text{surface } R \rightarrow \infty, \frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R} \Rightarrow \frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = 0 \text{ i.e. } \frac{u}{v} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \text{ or } \frac{d_{Ac}}{d_{Ap}} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$



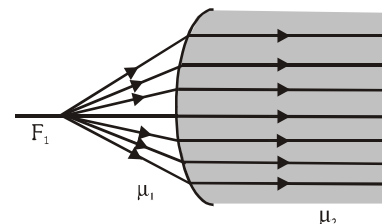
## FOCAL LENGTH OF A SINGLE SPHERICAL SURFACE

A single spherical surface has two principal focus points which are as follows—

- (i) **First focus:** The first principal focus is the point on the axis where when an object is placed, the image is formed at infinity. That is when

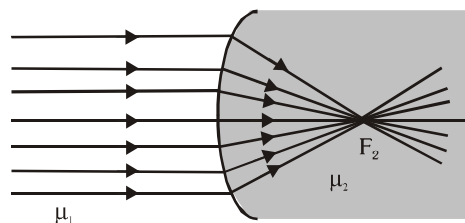
$$u = f_1, v = \infty, \text{ then from } -\frac{\mu_1}{u} + \frac{\mu_2}{v} = \left( \frac{\mu_2 - \mu_1}{R} \right)$$

$$\text{We get } -\frac{\mu_1}{f_1} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R} \Rightarrow f_1 = \frac{-\mu_1 R}{(\mu_2 - \mu_1)}$$



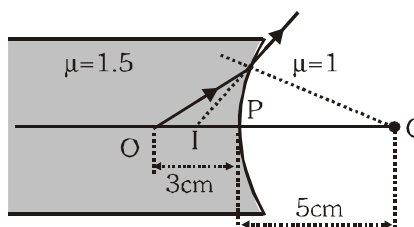
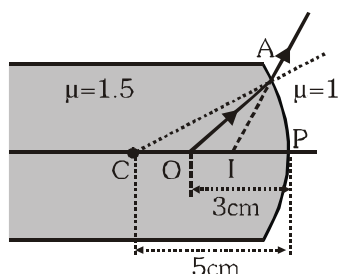
- (ii) **Second focus:** Similarly, the second principal focus is the point where parallel rays focus. That is  $u_1 = -\infty, v_1 = f_2$ , then

$$\frac{\mu_2}{f_2} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}; f_2 = \frac{\mu_2 R}{(\mu_2 - \mu_1)}$$



- (iii) **Ratio of Focal length:**  $\frac{f_1}{f_2} = -\frac{\mu_1}{\mu_2}$

**Ex** An air bubble in glass ( $\mu = 1.5$ ) is situated at a distance 3 cm from a spherical surface of diameter 10 cm as shown in Figure. At what distance from the surface will the bubble appear if the surface is (a) convex (b) concave.



**Sol.** In case of refraction from curved surface  $\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{(\mu_2 - \mu_1)}{R}$

$$(a) \mu_1 = 1.5, \mu_2 = 1, R = -5 \text{ cm and } u = -3 \text{ cm} \Rightarrow \frac{1}{v} - \frac{(1.5)}{(-3)} = \frac{1 - 1.5}{(-5)} \Rightarrow v = -2.5 \text{ cm}$$

the bubble will appear at a distance 2.5 cm from the convex curved surface inside the glass.

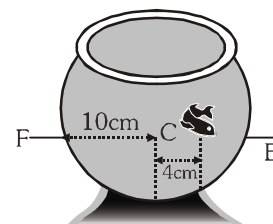
$$(b) \mu_1 = 1.5, \mu_2 = 1, R = 5 \text{ cm and } u = -3 \text{ cm} \Rightarrow \frac{1}{v} - \frac{(1.5)}{(-3)} = \frac{1 - 1.5}{(5)} \Rightarrow v = -1.66 \text{ cm}$$

the bubble will appear at a distance 1.66 cm from the concave curved surface inside the glass.

**Note :** If the surface is plane then  $R \rightarrow \infty$

$$\text{case (a) or (b) would yield } \frac{1}{v} - \frac{(1.5)}{(-3)} = \frac{(1 - 1.5)}{\infty} \Rightarrow v = -2 \text{ cm}$$

**Ex.** In a thin spherical fish bowl of radius 10 cm filled with water of refractive index ( $4/3$ ), there is a small fish at a distance 4 cm from the centre C as shown in Figure. Where will the fish appear to be, if seen from (a) E and (b) F (neglect the thickness of glass) ?

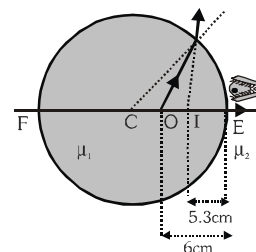


**Sol.** In the case of refraction from curved surface  $\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{(\mu_2 - \mu_1)}{R}$

(a) Seen from E  $\mu_1 = \frac{4}{3}$ ,  $\mu_2 = 1$ ,  $R = -10$  cm &  $u = -(10 - 4) = -6$  cm

$$\Rightarrow \frac{1}{v} - \frac{\frac{4}{3}}{-6} = \frac{1 - \frac{4}{3}}{-10} \Rightarrow v = \frac{90}{17} = -5.3 \text{ cm}$$

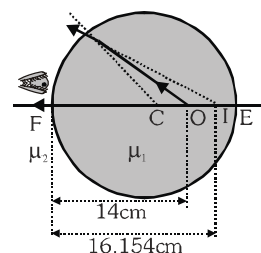
i.e., fish will appear at a distance 5.3 cm from E towards F (lesser than actual distance, i.e., 6 cm)



(b) Seen from F  $\mu_1 = \frac{4}{3}$ ,  $\mu_2 = 1$ ,  $R = -10$  cm and  $u = -(10 + 4) = -14$  cm

$$\Rightarrow \frac{1}{v} - \frac{\frac{4}{3}}{-14} = \frac{1 - \frac{4}{3}}{-10} \Rightarrow v = \frac{-210}{13} = -16.154 \text{ cm}$$

so fish will appear at a distance 16.154 cm from F toward E (more than actual distance, i.e., 14 cm)

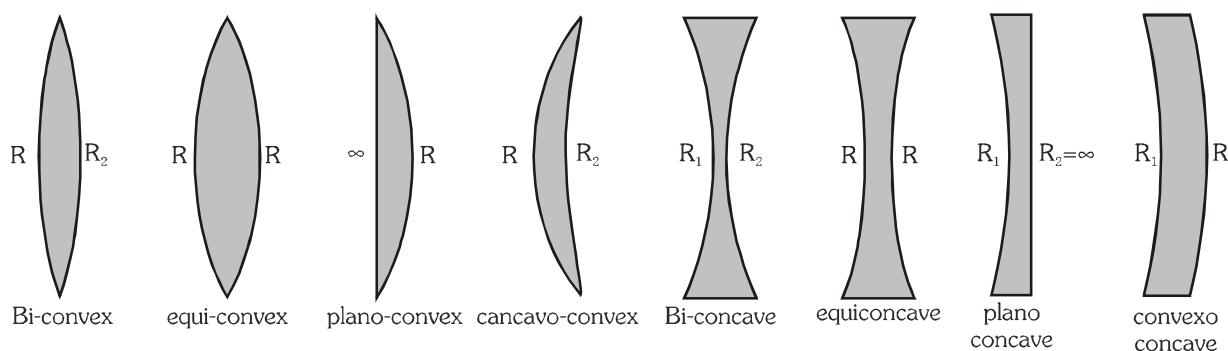


## LENS

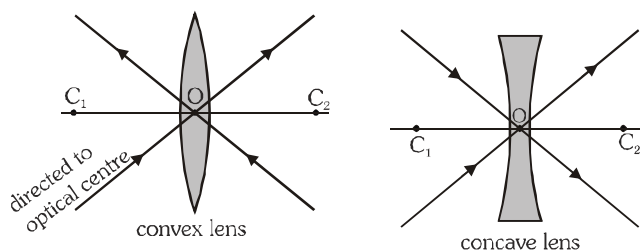
A lens is a piece of transparent material with two refracting surfaces such that at least one is curved and refractive index of its material is different from that of the surroundings.

A thin spherical lens with refractive index greater than that of surroundings behaves as a convergent or convex lens, i.e., converges parallel rays if its central (i.e. paraxial) portion is thicker than marginal one.

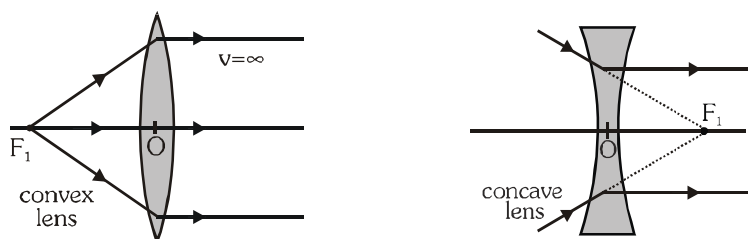
However if the central portion of a lens is thinner than marginal, it diverges parallel rays and behaves as divergent or concave lens. This is how we can identify convergent and divergent lenses.



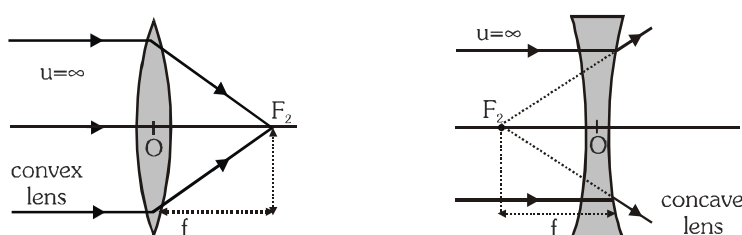
- Optical Centre :** O is a point for a given lens through which any ray passes undeviated



- **Principal Axis :**  $C_1 C_2$  is a line passing through optical centre and perpendicular to the lens.
- **Principal Focus :** A lens has two surfaces and hence two focal points. First focal point is an object point on the principal axis for which image is formed at infinity.



While second focal point is an image point on the principal axis for which object lies at infinity



- **Focal Length  $f$**  is defined as the distance between optical centre of a lens and the point where the parallel beam of light converges or appears to converge.
- **Aperture :** In reference to a lens, aperture means the effective diameter. Intensity of image formed by a lens which depends on the light passing through the lens will depend on the square of aperture, i.e., Intensity  $\propto$  (Aperture)<sup>2</sup>

### LENS-MAKER'S FORMULA

#### In case of image formation by a lens

Image formed by first surface acts as object for the second.

So, from the formula of refraction at curved surface.

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$$

For first surface A  $\frac{\mu_L}{v_1} - \frac{\mu_M}{u} = \frac{\mu_L - \mu_M}{R_1} \dots (i) \quad [\because \mu_2 = \mu_L, \mu_1 = \mu_M]$

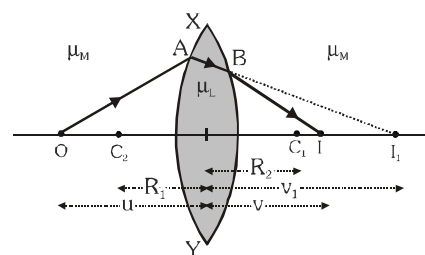
For second surface B  $\frac{\mu_M}{v} - \frac{\mu_L}{v_1} = \frac{\mu_M - \mu_L}{R_2} = -\frac{\mu_L - \mu_M}{R_2} \dots (ii) \quad [\because \mu_2 = \mu_M, \mu_1 = \mu_L, \mu_1 = \mu_2, u \rightarrow v_1]$

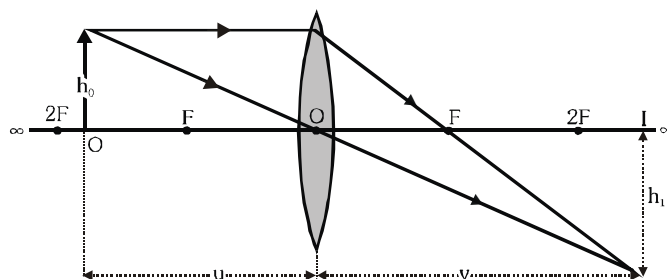
By adding (i) and (ii)

$$\mu_M \left[ \frac{1}{v} - \frac{1}{u} \right] = (\mu_L - \mu_M) \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \Rightarrow \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{\mu_L - \mu_M}{\mu_M} \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] = (\mu - 1) \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \dots (iii) \quad \left( \because \mu = \frac{\mu_L}{\mu_M} \right)$$

Now if object is at infinity, Image will be formed at the focus,  $u = -\infty, v = f$

$$\text{So } \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \dots (iv)$$





This is known as lens maker's formula by equating (iii) and (iv)  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

this is known as lens formula

**Magnification** :  $m = \frac{\text{height of image}}{\text{height of object}} = \frac{h_1}{h_0} = \frac{v}{u} = \frac{f}{f+u} = \frac{f-v}{f}$

### RULES FOR IMAGE FORMATION

- A ray passing through optical centre proceeds undeviated through the lens
- A ray passing through first focus or directed towards it, after refraction from the lens, becomes parallel to the principal axis.
- A ray passing parallel to the principal axis after refraction through the lens passes or appears to pass through  $F_2$

#### For Convergent or convex lens

Object	Image	Magnification
$-\infty$	F	$ m  \ll 1$ & $m < 0$
$-\infty - 2F$	$F-2F$	$ m  < 1$ & $m < 0$
$2F$	$2F$	$m = -1$
$F - 2F$	$\infty-2F$	$ m  > 1$ & $m < 0$
Just before F towards C	$+\infty$	$m \ll -1$
Just before F towards P	$-\infty$	$m \gg 1$
$F - O$	In front of lens	$m > 1$

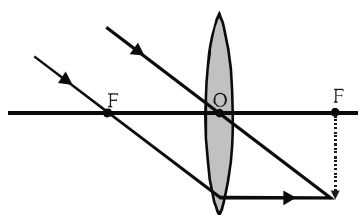
### IMAGE FORMATION FOR CONVEX LENS (CONVERGENT LENS)

- (i) Object is placed at infinity

**Image :**

at F real inverted very small in size

$$|m| \ll 1 \text{ \& } m < 0$$

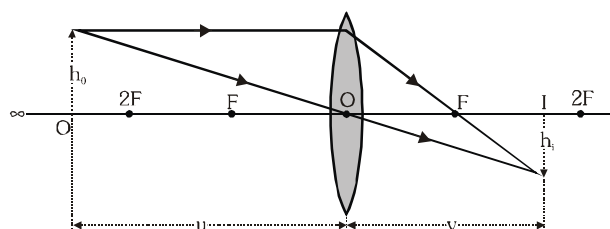


- (ii) Object is placed in between  $\infty - 2F$

**Image :**

real ( $F - 2F$ ) inverted small in size (diminished)

$$|m| < 1 \text{ \& } m < 0$$



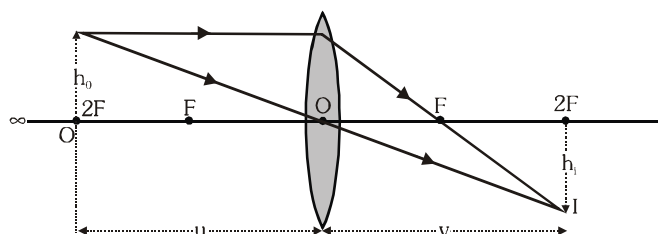


- (iii) Object is placed at  $2F$

**Image :**

real (at  $2F$ ) inverted equal (of same size)

$$(m = -1)$$

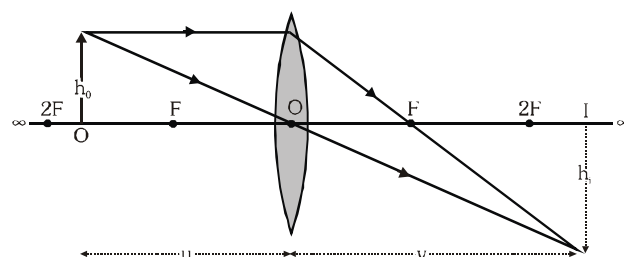


- (iv) Object is placed in between  $2F - F$

**Image :**

real ( $2F - \infty$ ) inverted enlarged

$$|m| > 1 \text{ \& } m < 0$$

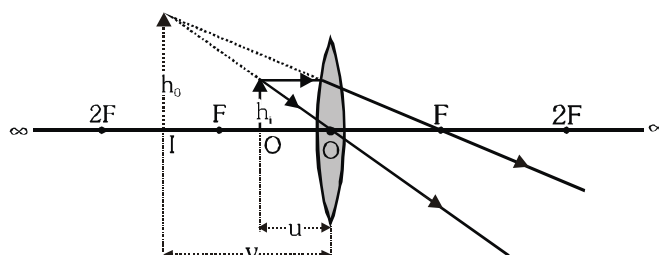


- (v) Object is placed in between  $F - O$

**Image :**

virtual (in front of lens) erected enlarge

$$(m > +1)$$



### IMAGE FORMATION FOR CONCAVE LENS (DIVERGENT LENS)

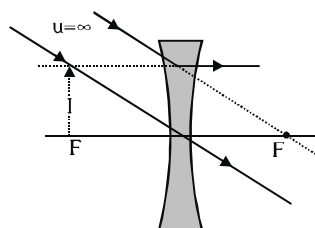
Image is virtual, diminished, erect, towards the object,  $m = +ve$

- (i) Object is placed at infinity

**Image :**

At  $F$  virtual erected

diminished ( $m \ll +1$ )

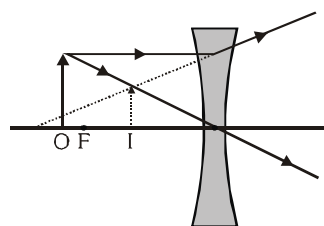


- (ii) Object is placed in front of lens

**Image :**

between  $F$  and optical centre

virtual erected diminished ( $m < +1$ )



### Sign convention for object/image for lens

Real object	$u - ve$
Real image	$v + ve$
Virtual object	$u + ve$
Virtual image	$v - ve$

### POWER OF LENS

Reciprocal of focal length in meter is known as power of lens.

**SI UNIT :** dioptre (D)

**Power of lens :**  $P = \frac{1}{f(m)} = \frac{100}{f(cm)}$  dioptre [in air]

## COMBINATION OF LENSES

**Two thin lens are placed in contact to each other**

power of combination.  $P = P_1 + P_2 \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

Use sign convention when solve numericals

**Two thin lens are placed in at a small distance d**  
(provided incident rays are parallel to principal axis).

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \Rightarrow P = P_1 + P_2 - d P_1 P_2$$

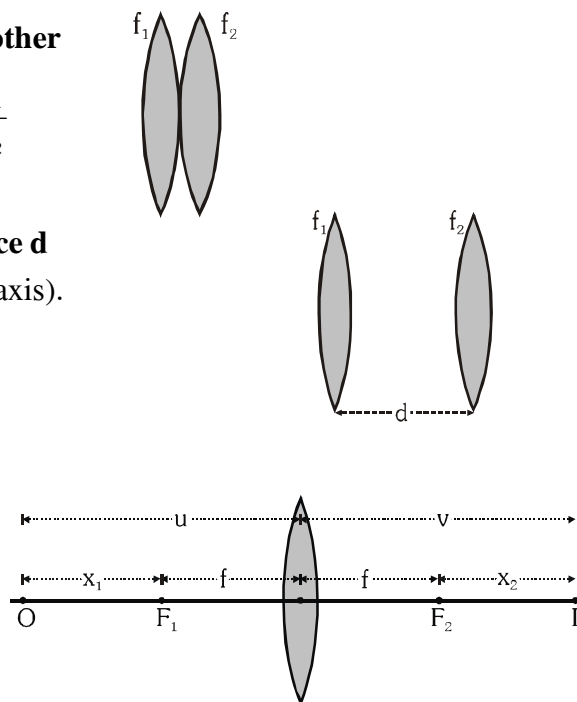
Use sign convention when solving numericals

• **Newton's Formula**

$$f = \sqrt{x_1 x_2}$$

$x_1$  = distance of object from focus.

$x_2$  = distance of image from focus.



## SOME SPECIAL CASES

(i) The focal length of equiconvex lens placed in air

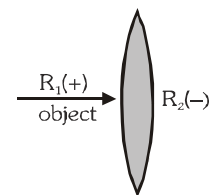
refractive index of lens  $\mu_L = \mu$

$$R_1 = +R,$$

refractive index of medium  $\mu_M = 1$

$$R_2 = -R$$

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left[ \frac{1}{R} - \left( -\frac{1}{R} \right) \right] \Rightarrow \text{Focal length } f = \frac{R}{2(\mu - 1)}$$



(ii) Focal length of planoconvex lens placed in air

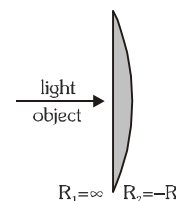
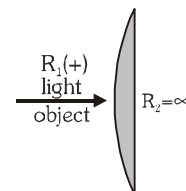
$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right]$$

$$\Rightarrow \text{Focal length } f = \frac{R}{(\mu - 1)}$$

If object is placed towards plane surface

$$\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left[ \frac{1}{\infty} - \left( -\frac{1}{R} \right) \right]$$

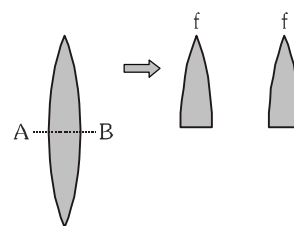
$$\Rightarrow \text{Focal length } f = \frac{R}{(\mu - 1)}$$



(iii) If an equiconvex lens of focal length  $f$  is cut into equal parts by a horizontal plane AB then the focal length of each part will be equal to that of initial lens. Because  $\mu$ ,  $R_1$  and  $R_2$  will remain unchanged. Only intensity will be reduced.

$\therefore$  intensity  $I \propto (\text{apertures})^2$

$\therefore$  intensity through a single part will be reduced



- (iv) If the same lens is cut into equal parts by a vertical plane CD the focal length of each part will be double of initial value but intensity will remain unchanged.

For equiconvex lens  $\frac{1}{f} = \frac{(\mu - 1)2}{R}$  For plano convex lens  $\frac{1}{f_1} = \frac{\mu - 1}{R}$

So  $\frac{1}{f} = \frac{2}{f_1} \Rightarrow f_1 = 2f \Rightarrow$  Focal length of each part = 2

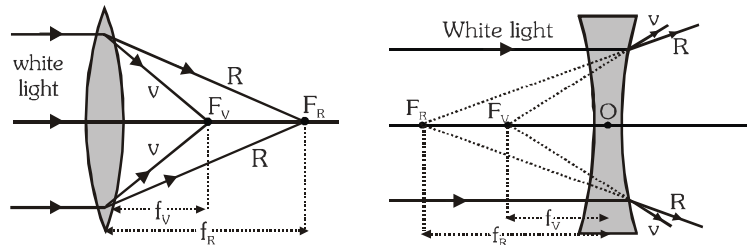
(focal length of original lens)

- (v) If a lens is made of number of layers of different refractive index for a given wavelength then no. of images is equal to number of refractive index, as

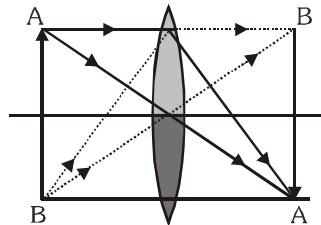
$\frac{1}{f} \propto (\mu - 1)$

In figure number of images = 2

- (vi) Focal length of lens depends on wavelength.  $\therefore \frac{1}{f} \propto (\mu - 1) \propto \frac{1}{\lambda} [f \propto \lambda] \quad f_R > f_v$



- (vii) If half portion of lens is covered by black paper then intensity of image will be reduced but complete image will be formed.

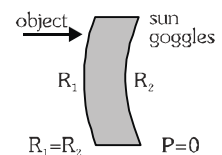


- (viii) Sun-goggles :

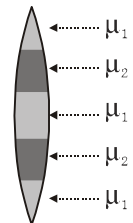
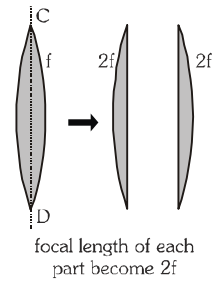
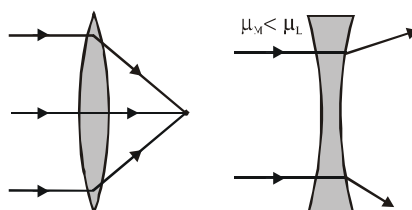
radius of curvature of two surfaces is equal with centre on the same side

$R_1 = R_2 = +R \quad \text{so} \quad \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{R} \right]$

$\Rightarrow \frac{1}{f} = 0 \Rightarrow f = \infty \quad \text{and} \quad P = 0 \Rightarrow$  sun goggles have no power



- (ix) If refractive index of medium < Refractive index of lens



If  $\mu_M < \mu_L$  then  $f = +ve$

Convex lens behave as convex lens. While concave lens behave as concave lens.

- (x) Refractive index of medium = Refractive index of lens ( $\mu_M = \mu_L$ )

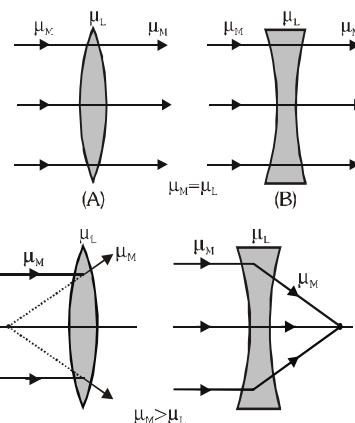
$$\frac{1}{f} = \left( \frac{\mu_L}{\mu_M} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right); \frac{1}{f} = 0 \Rightarrow f = \infty \text{ \& } P = 0$$

Lens will behave as plane glass plate

- (xi) Refractive index of medium > Refractive index of lens

$$\mu_M > \mu_L \Rightarrow \frac{\mu_L}{\mu_M} < 1 \text{ [ f will be negative ]}$$

convex lens will behave as concave lens and concave lens will behave as convex lens. If a air bubble is formed in water it behaves as concave lens.

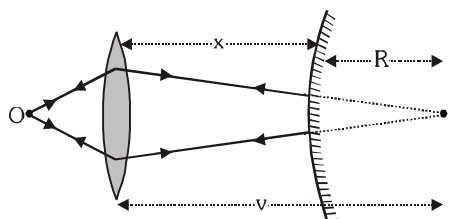
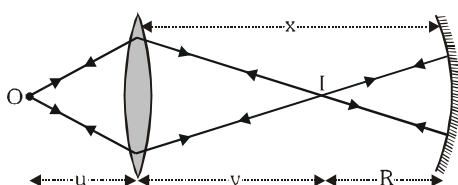


- Ex.** A point source S is placed at distance of 15 cm from a converging lens of focal length 10 cm. Where should a (i) concave mirror (ii) convex mirror of focal length 12 cm be placed so that real image is formed on object itself.

**Sol.**  $u = -15\text{cm}, f = +10\text{cm}; \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{v} - \frac{1}{(-15)} = \frac{1}{10} \Rightarrow v = 30\text{ cm}$

(i)  $x = v + 2f \Rightarrow 30 + 2 \times 12 = 54\text{ cm}$

(ii)  $x = v - 2f = 30 - 2 \times 12 = 6\text{ cm}$



- Ex.** A convex lens of focal length  $f$  is producing real image which is  $\frac{1}{n}$  times of the size of the object. Find out position of the object.

**Sol.** Image is real so  $m = \frac{v}{u} = -\frac{1}{n} \Rightarrow v = -\frac{u}{n}$

from lens formula  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{-\frac{u}{n}} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{-(n+1)}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow u = -f(1+n)$

- Ex.** (a) If  $f = +0.5\text{m}$ , what is the power of the lens ?  
 (b) The radii of curvature of the faces of a double convex lens are 10 cm and 15 cm. Its focal length is 12 cm. What is the refractive index of glass ?  
 (c) A convex lens has 20 cm focal length in air. What is the focal length in water ? (Refractive index of air-water = 1.33, refractive index for air glass is 1.5)

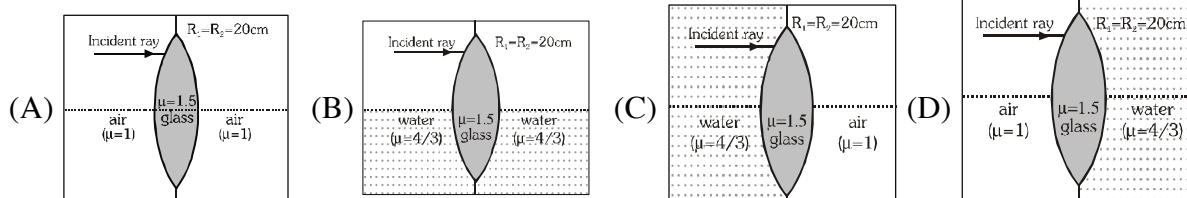
**Sol.** (a)  $P = \frac{1}{f(\text{m})} = \frac{1}{0.5} = +2\text{D}$

(b)  $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \Rightarrow \frac{1}{12} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{-15} \right) \Rightarrow \mu = 1.5$

$$(c) \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \text{ so } \frac{1}{f} \propto (\mu - 1)$$

$$\frac{f_w}{f_a} = \frac{(\mu_l - 1)}{(\mu_w \mu_l - 1)} \Rightarrow f_w = \frac{(1.5 - 1)}{\left( \frac{1.5}{1.33} - 1 \right)} \times 20 = 78.2 \text{ cm}$$

### Ex. Column I (optical system)



### Column II (focal length)

(P) 80 cm

(Q) 40 cm

(R) 30 cm

(S) 20 cm

Sol. Ans. (A) -S (B) -P (C) -R

$$\text{For (A): } \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{p_1} + \frac{1}{p_2} \right) = (1.5 - 1) \left( \frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right) = \frac{1}{20} \Rightarrow f = 20 \text{ cm}$$

$$\text{For (B): } \frac{1}{f} = \left( \frac{1.5}{4/3} - 1 \right) \left( \frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right) = \frac{1}{80} \Rightarrow f = 80 \text{ cm}$$

$$\text{For (C): } \frac{1.5}{v_1} - \frac{4/3}{\infty} = \left( 1.5 - \frac{4}{3} \right) \left( \frac{1}{20} \right) \text{ \& } \frac{1}{f} - \frac{1.5}{v_1} = (1 - 1.5) \left( \frac{1}{-20} \right) \Rightarrow f = 30 \text{ cm}$$

$$\text{For (D): } \frac{1.5}{v_1} - \frac{1}{\infty} = (1.5 - 1) \left( \frac{1}{20} \right) \text{ \& } \frac{4/3}{f} - \frac{1.5}{v_1} = \left( \frac{4}{3} - 1.5 \right) \left( \frac{1}{-20} \right) \Rightarrow f = 40 \text{ cm}$$

### DISPLACEMENT METHOD

It is used for determination of focal length of convex lens in laboratory.

A thin convex lens of focal length  $f$  is placed between an object and a screen fixed at a distance  $D$  apart.

If  $D > 4f$  there are two position of lens at which a sharp image of the object is formed on the screen

$$\text{By lens formula } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{D-u} - \frac{1}{-u} = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow u^2 - Du + Df = 0 \Rightarrow u = \frac{D \pm \sqrt{D(D-4f)}}{2}$$

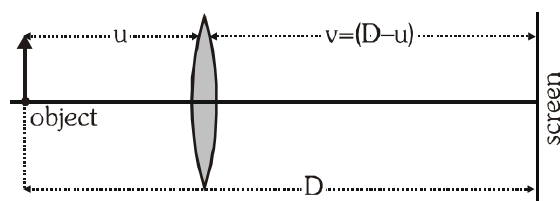
there are three possibilities

(i) for  $D < 4f$   $u$  will be imaginary hence physically no position of lens is possible

(ii) for  $D = 4f$   $u = \frac{D}{2} = 2f$  so only one position of lens is possible

$$\text{and since } v = D - u = 4f - 2f = u = 2f$$

(iii) for  $D > 4f$   $u_1 = \frac{D - \sqrt{D(D-4f)}}{2}$  and  $u_2 = \frac{D + \sqrt{D(D-4f)}}{2}$



So there are two positions of lens for which real image will be formed on the screen.  
(for two distances  $u_1$  and  $u_2$  of the object from lens)

If the distance between two positions of lens is  $x$

$$\text{then } x = u_2 - u_1 = \frac{D + \sqrt{D(D-4f)}}{2} - \frac{D - \sqrt{D(D-4f)}}{2}$$

$$= \sqrt{D(D-4f)} \Rightarrow x^2 = D^2 - 4Df \Rightarrow f = \frac{D^2 - x^2}{4D}$$

Distance of image corresponds to two positions of the lens :

$$v_1 = D - u_1 = D - \frac{1}{2}[D - \sqrt{D(D-4f)}] = \frac{1}{2}[D + \sqrt{D(D-4f)}] = u_2 \Rightarrow v_1 = u_2$$

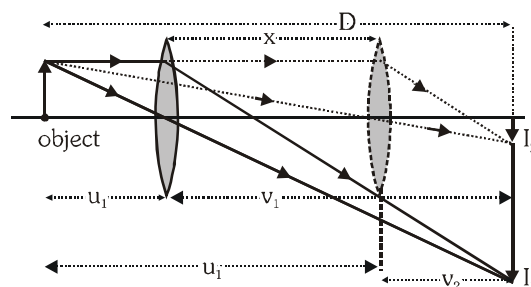
$$v_2 = D - u_2 = D - \frac{1}{2}[D + \sqrt{D(D-4f)}] = \frac{1}{2}[D - \sqrt{D(D-4f)}] = u_1 \Rightarrow v_2 = u_1$$

for two positions of the lens distances of object and image are interchangeable.

$$\text{Now } x = u_2 - u_1 \text{ and } D = v_1 + u_1 = u_2 + u_1 \quad [\because v_1 = u_2]$$

$$\text{so } u_1 (= v_2) = \frac{D-x}{2} \text{ and } v_1 = \frac{D+x}{2} = u_2; m_1 = \frac{I_1}{O} = \frac{v_1}{u_1} = \frac{D+x}{D-x} \text{ and } m_2 = \frac{I_2}{O} = \frac{v_2}{u_2} = \frac{D-x}{D+x}$$

$$\text{Now } m_1 \times m_2 = \frac{D+x}{D-x} \times \frac{D-x}{D+x} \Rightarrow \frac{I_1 I_2}{O^2} = 1 \Rightarrow O = \sqrt{I_1 I_2}$$



**Ex.** A convex lens is placed between an object and a screen which are at a fixed distance apart for one position of the lens. The magnification of the image obtained on the screen is  $m_1$ . When the lens is moved by a distance  $d$  the magnification of the image obtained on the same screen is  $m_2$ , Find the focal length of the lens.

**Sol.** If  $D$  is the distance between the object and the screen,  $d$  the separation of the two position of lens throwing two images on the screen then

$$m_1 = \frac{(D+d)}{(D-d)} \text{ and } m_2 = \frac{(D-d)}{(D+d)} \therefore m_1 - m_2 = \frac{4Dd}{D^2 - d^2} \text{ but } \frac{D^2 - d^2}{4D} = f \text{ so } m_1 - m_2 = \frac{d}{f} \Rightarrow f = \frac{d}{m_1 - m_2}$$

**Ex.** In a displacement method using lens, we obtain two images for separation of the lens  $d$ . One image is magnified as much as the other is diminished. If  $m$  is the magnifications of one image, find the focal length of the lens.

**Sol.** From above question  $f = \frac{d}{m_1 - m_2}$  here if  $m_1$  is taken as  $m$ ,  $m_2 = \frac{1}{m}$ , so  $f$  becomes  $\frac{md}{(m^2 - 1)}$

**Ex.** In the displacement method the distance between the object and the screen is 70 cm and the focal length of the lens is 16 cm, find the separations of the magnified and diminished image position of the lens.

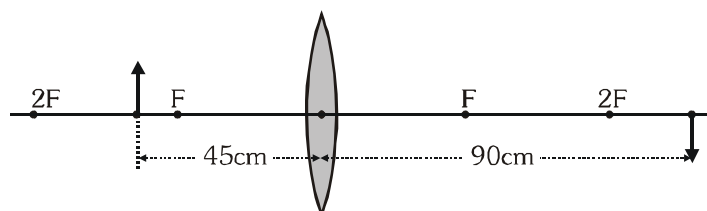
$$\text{Sol. } d = \sqrt{D^2 - 4fd} = \sqrt{(70)^2 - 4 \times 16 \times 70} = \sqrt{420} = 20.5 \text{ cm}$$

**Ex.** An object 25 cm high is placed in front of a convex lens of focal length 30 cm. If the height of image formed is 50 cm, find the distance between the object and the image (real and virtual) ?

**Sol.** As object is in front of the lens, it is real and as  $h_1 = 25$  cm,  $f = 30$  cm,  $h_2 = -50$  cm ;

$$m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{-50}{25} = -2$$

$$m = \frac{f}{f+u} \Rightarrow -2 = \frac{30}{30+u} \Rightarrow u = -45 \text{ cm} \Rightarrow m = \frac{v}{u} \Rightarrow -2 = \frac{v}{-45} \Rightarrow v = 90 \text{ cm}$$



As in this situation object and image are on opposite sides of lens, the distance between object and image  $d_1 = u + v = 45 + 90 = 135$  cm. If the image is erect (i.e., virtual)

$$m = \frac{f}{f+u} \Rightarrow 2 = \frac{30}{30+u} \Rightarrow u = -15 \text{ cm} \Rightarrow m = -\frac{v}{u} \Rightarrow 2 = \frac{-v}{-15} \Rightarrow v = 30 \text{ cm}$$

As in the situation both image and object are in front of the lens, the distance between object and image

$$d_2 = v - u = 30 - (-15) = 45 \text{ cm}.$$

### COMBINATION OF LENSES AND MIRRORS

When several lenses or mirrors are used, the image formation is considered one after another in steps, The image formed by the lens facing the object serves as an object for the next lens or mirror, the image formed by the second lens acts as an object for the third, and so on, The total magnification in such situations will be given by

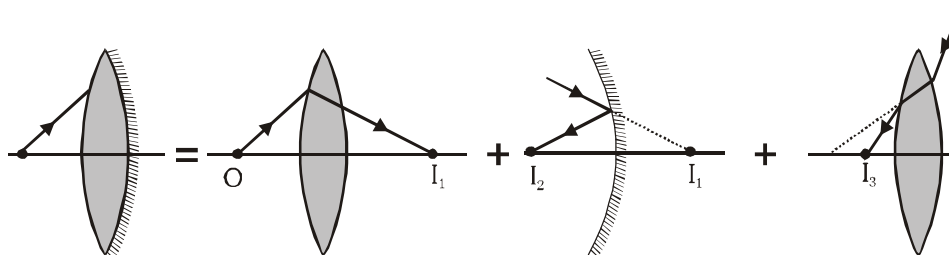
$$m = \frac{I}{O} = \frac{I_1}{O} \times \frac{I_2}{I_1} \times \dots \Rightarrow m = m_1 \times m_2 \times \dots$$

Power of Lens [in air]  $P_L = \frac{1}{f_L}$     Converging lens  $P_L = +ve$     Diverging lens  $P_L = -ve$

Power For mirror  $P_M = -\frac{1}{f_m}$     Convex mirror  $P_M = -ve$     Concave mirror  $P_M = +ve$

### SILVERING OF LENS

Calculate equivalent focal length of a equiconvex lens silvered at one side.

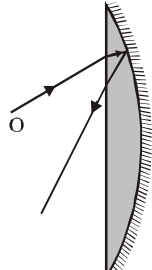


$$P = P_L + P_M + P_L = 2P_L + P_M$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f_m} + \frac{1}{f} = \frac{2}{f} + \frac{1}{f_m} = \frac{2(\mu - 1) \times 2}{R} + \frac{2}{R} = \frac{4\mu - 4 + 2}{R} \Rightarrow F = \frac{R}{4\mu - 2}$$

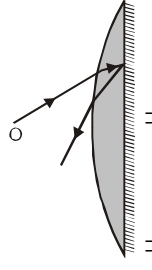
**Ex.** Calculate equivalent focal length of plano convex lens for following case :-

(i) When curved surface is silvered. (ii) When plane surface is silvered.

**Sol.** (i)   $P = 2P_L + P_M$

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{2}{f_L} + \frac{1}{f_M} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{2(\mu - 1)}{R} + \frac{2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{2\mu}{R} \Rightarrow F = \frac{R}{2\mu}$$

(ii)   $P = 2P_L + P_M$

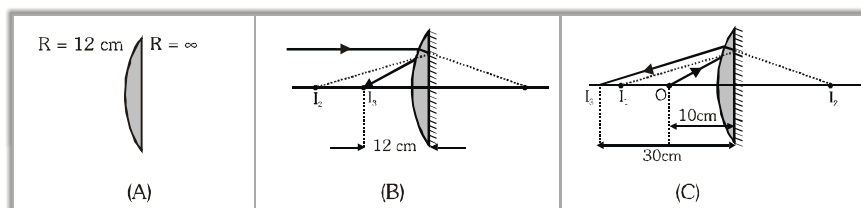
$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{2}{f_L} + \frac{1}{f_M} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{2(\mu - 1)}{R} + \frac{1}{\infty}$$

$$\Rightarrow F = \frac{R}{2(\mu - 1)}$$

**Ex.** The radius of curvature of the convex face of a plano-convex lens is 12 cm and its refractive index is 1.5. (a) Find the focal length of this lens. The plane surface of the lens is now silvered. (b) At what distance from the lens will parallel rays incident on the convex face converge? (c) Sketch the ray diagram to locate the image, when a point object is placed on the axis 20 cm from the lens. (d) Calculate the image distance when the object is placed as in (c).

**Sol.** (a) As for a lens, by lens-maker's formula  $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right]$  Here  $\mu = 1.5$ ;  $R_1 = 12$  cm and  $R_2 = \infty$

So  $\frac{1}{f} = (1.5 - 1) \left[ \frac{1}{12} - \frac{1}{\infty} \right]$  i.e.  $f = 24$  cm i.e., the lens as convergent with focal length 24 cm.



(b) As light after passing through the lens will be incident on the mirror which will reflect it back through

the lens again, so  $P = P_L + P_M + P_L = 2P_L + P_M$  But  $P_L = \frac{1}{f_L} = \frac{1}{0.24}$  and  $P_M = -\frac{1}{\infty} = 0$  [as  $f_M = \frac{R}{2} = \infty$ ]

So  $P = 2 \times \frac{1}{0.24} + 0 = \frac{1}{0.12}$  D. The system is equivalent to a concave mirror of focal length F,

$$P = -\frac{1}{F}$$

i.e.,  $F = -\frac{1}{P} = -0.12$  m = -12 cm i.e., the rays will behave as a concave mirror of focal length 12 cm.

So as for parallel incident rays  $u = -\infty$ , from mirror formula  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  we have  $\frac{1}{v} + \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{-12}$   
 $\Rightarrow v = -12$  cm i.e., parallel incident rays will focus will at a distance of 12 cm in front of the lens as shown in Figure (c) and (d) When object is at 20 cm in front of the given silvered lens which behaves

as a concave mirror of focal length 12 cm, from mirror formula  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  we have  $\frac{1}{v} + \frac{1}{-20} = \frac{1}{-12}$

$\Rightarrow v = -30$  cm i.e., the silvered lens will form image at a distance of 30 cm in front of it as shown in fig. (C)



**Ex.** A pin is placed 10 cm in front of a convex lens of focal length 20 cm, made of material having refractive index 1.5. The surface of the lens farther away from the pin is silvered and has a radius of curvature 22 cm. Determine the position of the final image. Is the image real or virtual ?

**Sol.** As radius of curvature of silvered surface is 22 cm, so

$$f_M = \frac{R}{2} = \frac{-22}{2} = -11 \text{ cm} = -0.11 \text{ m} \text{ and hence,}$$

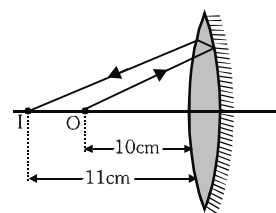
$$P_M = -\frac{1}{f_M} = -\frac{1}{-0.11} = \frac{1}{0.11} \text{ D}$$

Further as the focal length of lens is 20 cm, i.e., 0.20 m its power will be given by :

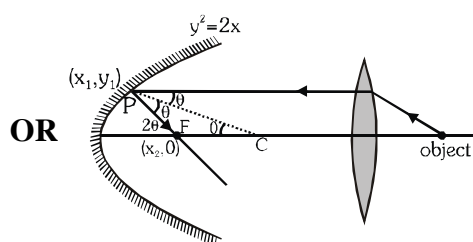
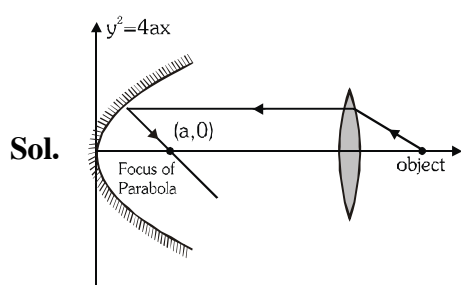
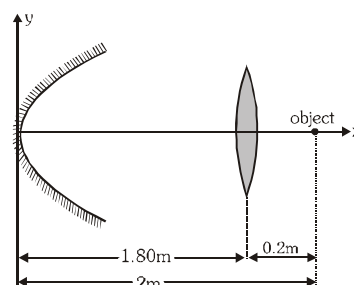
$$P_L = \frac{1}{f_L} = \frac{1}{0.20} \text{ D. Now as in image formation, light after passing through the lens will be reflected back}$$

$$\text{by the curved mirror through the lens again } P = P_L + P_M + P_L = 2P_L + P_M \text{ i.e. } P = \frac{2}{0.20} + \frac{1}{0.11} = \frac{210}{11} \text{ D.}$$

So the focal length of equivalent mirror  $F = -\frac{1}{P} = -\frac{11}{210} \text{ m} = -\frac{110}{21} \text{ cm}$  i.e., the silvered lens behave as a concave mirror of focal length  $(110/21) \text{ cm}$ . So for object at a distance 10 cm in front of it,  $\frac{1}{v} + \frac{1}{-10} = -\frac{21}{110}$  i.e.,  $v = -11 \text{ cm}$  i.e., image will be 11 cm in front of the silvered lens and will be real as shown in Figure.



**Ex.** A point object is kept at a distance of 2m from a parabolic reflecting surface  $y^2 = 2x$ . An equiconvex lens is kept at a distance of 1.80 m from the parabolic surface. The focal length of the lens is 20 cm. Find the position from origin of the image in cm, after reflection from the surface.



$$\text{Comparing with } y^2 = 4ax \Rightarrow a = 0.5$$

$$\Rightarrow \text{final position of image} = 0.5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$$

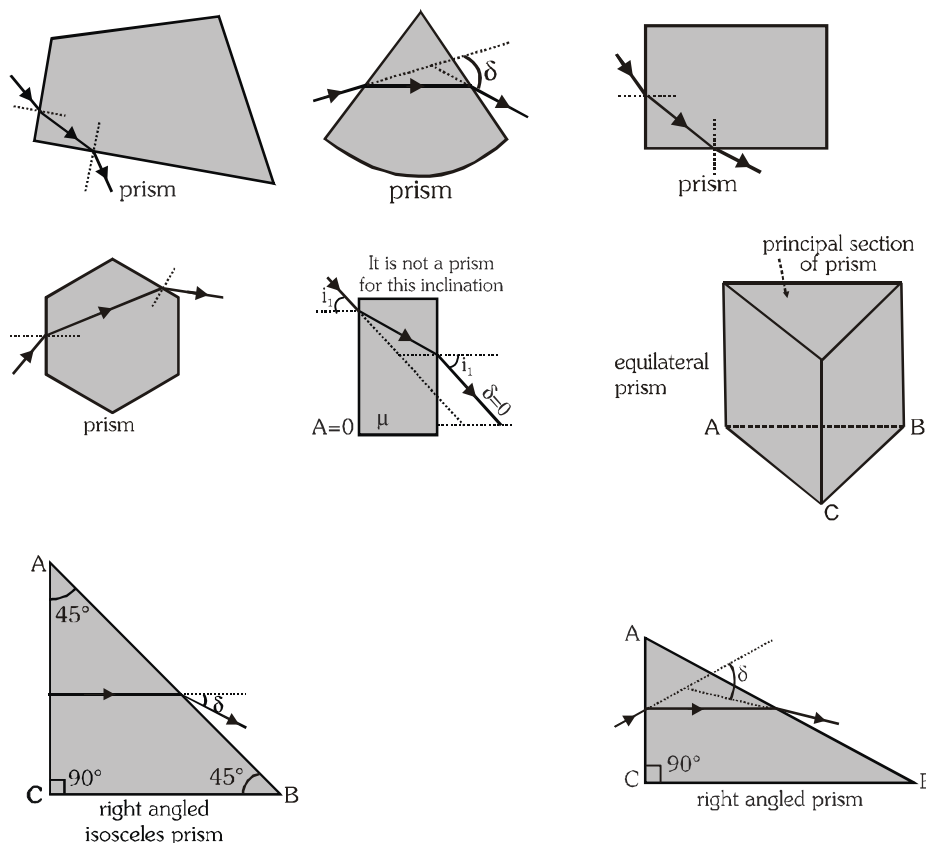
$$\text{PC is a normal so } \tan(\pi - \theta) = \frac{-1}{(dy/dx)_{x_1, y_1}} = -y_1$$

$$\text{But } \tan 2\theta = \frac{y_1 - 0}{x_2 - x_1} \text{ \& } \tan 2\theta = \frac{2 \tan \theta}{1 - \tan^2 \theta}$$

$$\Rightarrow \frac{y_1}{x_2 - x_1} = \frac{2(y_1)}{1 - y_1^2} x_2 = \frac{1}{2} \text{ m}$$

## PRISM

A prism is a homogeneous, transparent medium (such as glass) enclosed by two plane surfaces inclined at an angle. These surfaces are called the 'refracting surfaces' and the angle between them is called the 'refracting angle' or the 'angle of prism'. The section cut by a plane perpendicular to the refracting surfaces is called the 'principal section' of the prism.



### DEVIATION

PQ = incident ray

QR = Refracted ray

RS = emergent ray

A = Prism angle

$i_1$  = incident angle on face AB

$i_2$  = emergent angle on face AC

$r_1$  = refracted angle on face AB

$r_2$  = incident angle on face AC

Angle of deviation on face AB.

Angle of deviation on face AC

Total angle of deviation

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 \Rightarrow \delta = (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) = i_1 + i_2 - (r_1 + r_2) \dots (i)$$

$$\text{In } \triangle QOR \quad r_1 + r_2 + \theta = 180^\circ \dots (ii)$$

$$\text{In } \triangle AQR \quad A + \theta = 180^\circ \dots (iii)$$

$$\text{from (ii) and (iii)} \quad r_1 + r_2 = A \dots (iv)$$

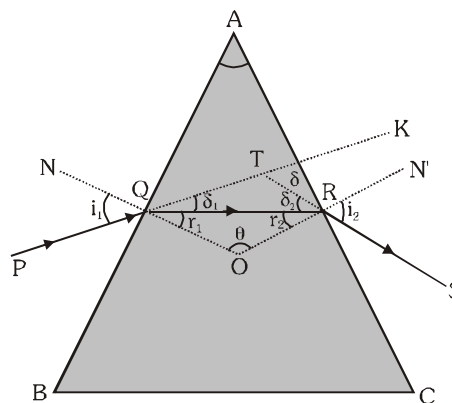
$$\text{from (i) and (iv)} \quad \text{Total angle of deviation } \delta = i_1 + i_2 - A$$

from Snell's law at surface AB

$$\mu_1 \sin i_1 = \mu_2 \sin r_1$$

and at surface AC

$$\mu_2 \sin r_2 = \mu_1 \sin i_2$$



$$\delta_1 = i_1 - r_1$$

$$\delta_2 = i_2 - r_2$$

## CONDITION OF MINIMUM DEVIATION

### For minimum deviation

In this condition  $i_1 = i_2 = i \Rightarrow r_1 = r_2 = r$  and since  $r_1 + r_2 = A \therefore r + r = A \Rightarrow 2r = A \Rightarrow r = \frac{A}{2}$

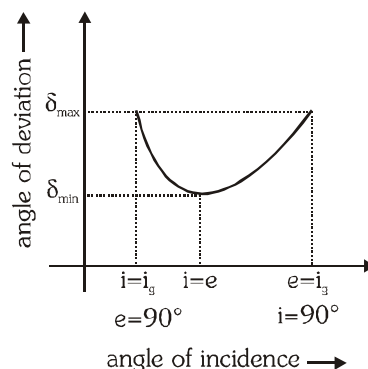
Minimum deviation  $\delta_{\min} = 2i - A$ ;  $i = \frac{A + \delta_{\min}}{2}$ ,  $r = \frac{A}{2}$

if prism is placed in air  $\mu_1 = 1$ ;  $1 \times \sin i = \mu \sin r$

$$\sin \left[ \frac{A + \delta_{\min}}{2} \right] = \mu \sin \frac{A}{2} \Rightarrow \mu = \frac{\sin \left[ \frac{A + \delta_{\min}}{2} \right]}{\sin \frac{A}{2}}$$

if angle of prism is small  $A < 10^\circ$  then  $\sin \theta \approx \theta$

$$\mu = \frac{\frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\frac{A}{2}} = \frac{A + \delta_{\min}}{A} \Rightarrow A + \delta_{\min} = \mu A \Rightarrow \delta_{\min} = (\mu - 1)A$$



## CONDITION FOR MAXIMUM DEVIATION/GRAZING EMERGENCE

- **Angle of incidence ( $i_g$ ) for grazing emergence**

For  $i_g$ ,  $e = 90^\circ$

Applying Snell's law at face AC

$$\mu \sin r_2 = 1 \times 1 \Rightarrow \sin r_2 = \frac{1}{\mu}; r_2 = \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) = \theta_c$$

$$r_1 + r_2 = A \Rightarrow r_1 = A - \theta_c$$

Again, Applying Snell's law at face AB

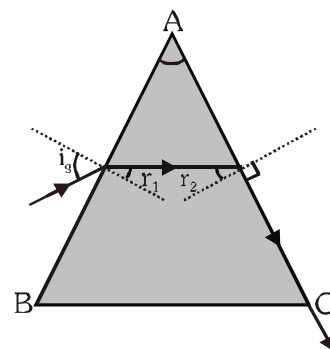
$$1 \times \sin i_g = \mu \sin r_1; 1 \times \sin i_g = \mu \sin (A - \theta_c)$$

$$\sin i_g = \mu [\sin A \cos \theta_c - \cos A \sin \theta_c]$$

$$i_g = \sin^{-1} \left[ \sqrt{\mu^2 - 1} \sin A - \cos A \right] \quad \left[ \text{as } \sin \theta_c = \frac{1}{\mu}, \cos \theta_c = \frac{\sqrt{\mu^2 - 1}}{\mu} \right]$$

If  $i$  increases beyond  $i_g$ ,  $r_1$  increases thus  $r_2$  decreases and becomes less than  $\theta_c$  and ray emerges.

Thus  $i \geq i_g \Rightarrow$  ray emerges, otherwise TIR.  $\delta_{\max} = i_g + 90^\circ - A$



## NO EMERGENCE CONDITION

Let maximum incident angle on the face AB  $i_{\max} = 90^\circ$

$$1 \times \sin 90^\circ = \mu \sin r_1; \sin r_1 = \frac{1}{\mu} = \sin \theta_c; r_1 = \theta_c \dots (i)$$

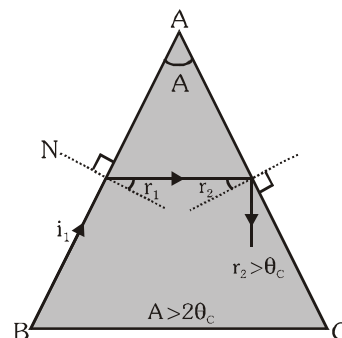
if TIR occur at face AC then

$$r_2 > \theta_c \dots (ii)$$

$$r_1 + r_2 = A \dots (iii)$$

$$\text{from (i) and (ii) } r_1 + r_2 > \theta_c + \theta_c \Rightarrow r_1 + r_2 > 2\theta_c \dots (iv)$$

$$\text{from (iii) and (iv) } A > 2\theta_c \Rightarrow \frac{A}{2} > \theta_c \Rightarrow \sin \frac{A}{2} > \sin \theta_c \Rightarrow \sin \frac{A}{2} > \frac{1}{\mu} \Rightarrow \frac{1}{\sin \frac{A}{2}} < \mu$$



**Ex.** A ray of light passes through an equilateral prism such that angle of incidence is equal of emergence and the later is equal to  $3/4^{\text{th}}$  of the angle of prism. Calculate the angle of deviation. Refractive index of prism is 1.5.

**Sol.**  $A = 60^\circ$ ,  $\mu = 1.5$ ;  $i_1 = i_2 = \frac{3}{4}A = 45^\circ$ ,  $\delta = ?$

$$\therefore A + \delta = i_1 + i_2$$

$$\therefore 60^\circ + \delta = 45^\circ + 45^\circ \Rightarrow \delta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

**Ex.** A prism of refractive index 1.53 is placed in water of refractive index 1.33. If the angle of prism is  $60^\circ$ , calculate the angle of minimum deviation in water. ( $\sin 35.1^\circ = 0.575$ )

**Sol.** Here,  ${}^a\mu_g = 1.33$ ,  ${}^a\mu_w = 1.53$ ,  $A = 60^\circ$ ,  $\delta_m = ?$   ${}^w\mu_g = \frac{{}^a\mu_g}{{}^a\mu_w} = \frac{1.53}{1.33} = 1.15$   $\therefore {}^w\mu_g = \frac{\sin \frac{A + \delta_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$

$$\therefore \frac{\sin(A + \delta_m)}{2} = {}^w\mu_g \times \sin \frac{A}{2} = 1.15 \sin \frac{60^\circ}{2} = 0.575 \Rightarrow \frac{A + \delta_m}{2} = \sin^{-1}(0.575) = 35.1^\circ$$

$$\therefore \delta_m = 35.1 \times 2 - 60 = 10.2^\circ$$

### KEY POINTS

- Angle of prism or refracting angle of prism means the angle between the faces on which light is incident and from which it emerges.
- If the faces of a prism on which light is incident and from which it emerges are parallel then the angle of prism will be zero and as incident ray will emerge parallel to itself, deviation will also be zero, i.e., the prism will act as a transparent plate.
- If  $\mu$  of the material of the prism is equal to that of surroundings, no refraction at its faces will take place and light will pass through it undeviated, i.e.,  $\delta = 0$ .

### DISPERSION OF LIGHT

When white light is incident on a prism then it is splitted into seven colours. This phenomenon is known as dispersion. Prism introduces different refractive index with different wavelength

$$\text{As } \delta_{\min} = (\mu - 1)A \therefore \lambda_R > \lambda_V$$

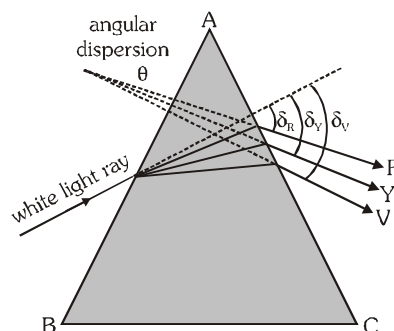
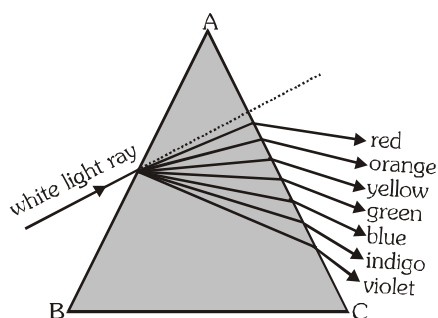
$$\text{So } \mu_V > \mu_R \Rightarrow \delta_{m(\text{violet})} > \delta_{m(\text{red})}$$

### ANGULAR DISPERSION

It is the difference of angle of deviation for violet colour and red colour

$$\text{Angular dispersion } \theta = \delta_V - \delta_R = (\mu_V - 1)A - (\mu_R - 1)A = (\mu_V - \mu_R)A$$

It depends on prism material and on the angle of prism  $\theta = (\mu_V - \mu_R)A$



## DISPERSIVE POWER ( $\omega$ )

It is ratio of angular dispersion ( $\theta$ ) to mean colour deviation ( $\delta_y$ )

$$\text{Dispersive power } \omega = \frac{\theta}{\delta_y} \Rightarrow \omega = \frac{(\mu_v - \mu_R)A}{(\mu_y - 1)A} = \frac{\mu_v - \mu_R}{\mu_y - 1} \Rightarrow \omega = \frac{\mu_v - \mu_R}{\mu_y - 1}$$

$$\text{Refractive index of mean colour } \mu_y = \frac{\mu_v + \mu_R}{2}$$

Dispersive power depends only on the material of the prism.

## COMBINATION OF PRISM

### Deviation without dispersion ( $\theta = 0^\circ$ )

Two or more than two thin prism are combined in such a way that deviation occurs i.e. emergent light ray makes angle with incident light ray but dispersion does not occur i.e., light is not splitted into seven colours.

$$\text{Total dispersion } \theta = \theta_1 + \theta_2 = (\mu_v - \mu_R)A + (\mu'_v - \mu'_R)A'$$

$$\text{For no dispersion } \theta = 0; (\mu_v - \mu_R)A + (\mu'_v - \mu'_R)A' = 0$$

$$\text{Therefore, } A' = -\frac{(\mu_v - \mu_R)A}{\mu_v - \mu_R}$$

—ve sign indicates that prism angles are in opposite direction.

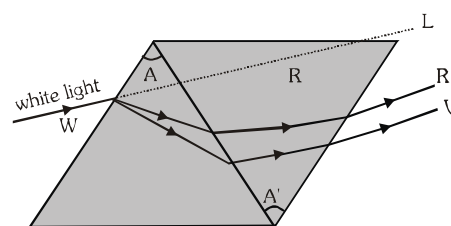
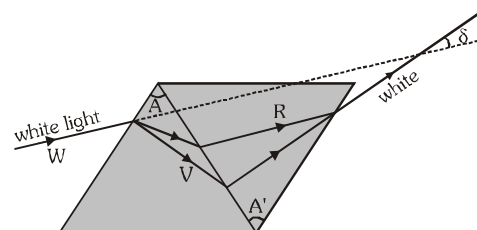
### Dispersion without deviation ( $\delta = 0^\circ$ )

Two or more than two prisms combine in such a way that dispersion occurs i.e., light is splitted into seven colours but deviation do not occur i.e., emergent light ray becomes parallel to incident light ray.

$$\text{Total deviation } \delta = \delta_1 + \delta_2$$

$$\Rightarrow \delta = 0; (\mu - 1)A + (\mu' - 1)A' = 0 \Rightarrow A' = -\frac{(\mu - 1)A}{\mu' - 1}$$

—ve sign indicates that prism angles are in opposite direction.



## KEY POINTS

- Dispersive power like refractive index has no units and dimensions and depends on the material of the prism and is always positive.
- As for a given prism dispersive power is constant, i.e., dispersion of different wavelengths will be different and will be maximum for violet and minimum for red (as deviation is maximum for violet and minimum for red).
- As for a given prism  $\theta \propto \delta$  a single prism produces both deviation and dispersion simultaneously, i.e., a single prism cannot give deviation without dispersion or dispersion without deviation.

**Ex.** White light is passed through a prism of angle  $5^\circ$ . If the refractive indices for red and blue colours are 1.641

and 1.659 respectively, calculate the angle of dispersion between them.

**Sol.** As for small angle of prism  $\delta = (\mu - 1)A$ ,

$$\delta_B = (1.659 - 1) \times 5^\circ = 3.295^\circ \text{ and } \delta_R = (1.641 - 1) \times 5^\circ = 3.205^\circ$$

$$\text{so } \theta = \delta_B - \delta_R = 3.295^\circ - 3.205^\circ = 0.090^\circ$$

**Ex.** Prism angle of a prism is  $10^\circ$ . Their refractive index for red and violet color is 1.51 and 1.52 respectively. Then find the dispersive power.

**Sol.** Dispersive power of prism  $\omega = \left( \frac{\mu_v - \mu_r}{\mu_y - 1} \right)$  but  $\mu_y = \frac{\mu_v + \mu_r}{2} = \frac{1.52 + 1.51}{2} = 1.515$

$$\text{Therefore } \omega = \frac{1.52 - 1.51}{1.515 - 1} = \frac{0.01}{1.515} = 0.019$$

**Ex.** The refractive indices of flint glass for red and violet colours are 1.644 and 1.664. Calculate its dispersive power.

**Sol.** Here,  $\mu_r = 1.644$ ,  $\mu_v = 1.664$ ,  $\omega = ?$

$$\text{Now } \mu_y = \frac{\mu_v + \mu_r}{2} = \frac{1.664 + 1.644}{2} = 1.654 \quad \therefore \omega = \frac{\mu_v - \mu_r}{\mu_y - 1} = \frac{1.664 - 1.644}{1.654 - 1} = 0.0305$$

**Ex.** In a certain spectrum produced by a glass prism of dispersive power 0.031, it was found that  $\mu_r = 1.645$  and  $\mu_v = 1.665$ . What is the refractive index for yellow colour ?

**Sol.** Here,  $\omega = 0.031$ ,  $\mu_r = 1.645$ ,  $\mu_v = 1.665$ ,  $\mu_y = ?$

$$\therefore \omega = \frac{\mu_v - \mu_r}{\mu_y - 1} \quad \therefore \mu_y - 1 = \frac{\mu_v - \mu_r}{\omega} = \frac{1.665 - 1.645}{0.031} = \frac{0.020}{0.31} = 0.0645 \quad \therefore \mu_y = 0.0645 + 1 = 1.645$$

**Ex.** A combination of two prisms, one of flint and other of crown glass produces dispersion without deviation. The angle of flint glass prism is  $15^\circ$ . Calculate the angle of crown glass prism and angular dispersion of red and violet. ( $\mu$  for crown glass = 1.52,  $\mu$  for flint glass = 1.65,  $\omega$  for crown glass 0.20,  $\omega$  for flint glass = 0.03).

**Sol.** Here,  $A = 15^\circ$ ,  $A' = ?$ ,  $\omega = 0.03$ ,  $\omega' = 0.02$ ,  $\mu = 1.65$ ,  $\mu' = 1.52$ ,

For no deviation,  $\delta + \delta' = 0$

$$(\mu - 1)A + (\mu' - 1)A' = 0 \Rightarrow (1.65 - 1)15^\circ + (1.52 - 1)A' = 0 \Rightarrow A' = \frac{-0.65 \times 15}{0.52} = -18.75^\circ$$

Negative sign indicates that two prisms must be joined in opposition. Net angular dispersion

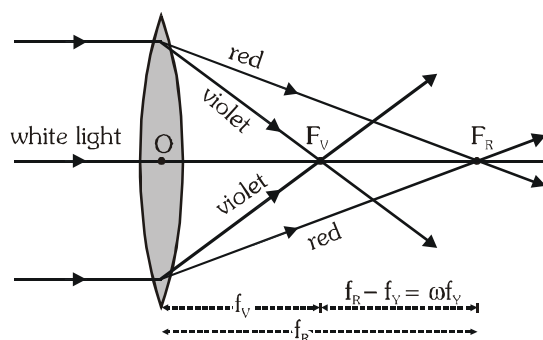
$$(\mu_v - \mu_r)A + (\mu'_v - \mu'_r)A' = \omega(\mu - 1)A + \omega'(\mu' - 1)A' = 0.03(1.65 - 1)15^\circ + 0.02(1.52 - 1)(-18.75^\circ) \\ = 0.2925 - 0.195 = 0.0975^\circ$$

## CHROMATIC ABERRATION

The image of an object in white light formed by a lens is usually colored and blurred. This defect of image is called chromatic aberration and arises due to the fact that focal length of a lens is different for different colors.

For a single lens  $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right]$  and as  $\mu$  of lens is

maximum for violet while minimum for red, violet is focused nearest to the lens while red farthest from it. It is defect of lens.



### Longitudinal or Axial Chromatic Aberration

When a white object O is situated on the axis of a lens, then images of different colors are formed at different points along the axis. The formation of images of different colors at different positions is called 'axial' or longitudinal chromatic aberration. The axial distance between the red and the violet images  $I_R - I_V$  is known as longitudinal aberration. When white light is incident on lens, image is obtained at different point on the axis because focal length of lens depend on wavelength.  $f \propto \lambda \Rightarrow f_R > f_V$

$$f_R - f_V = \omega f_y \Rightarrow \text{Axial or longitudinal chromatic aberration}$$

If the object is at infinity, then the longitudinal chromatic aberration is equal to the difference in focal-lengths ( $f_R - f_V$ ) for the red and the violet rays.

### LATERAL CHROMATIC ABERRATION

As the focal-length of the lens varies from color

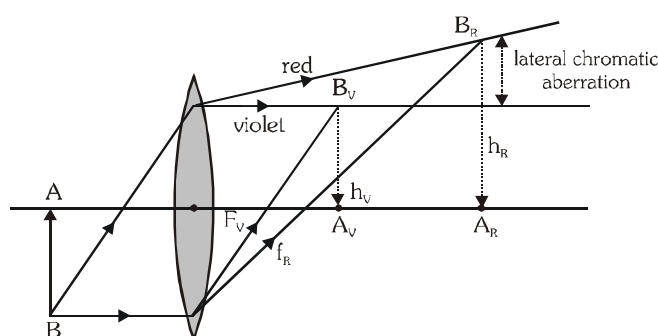
to color, the magnification  $m = \left[ \frac{f}{u+f} \right]$

produced by the lens also varies from color to color.

Therefore, for a finite-size white object AB, the images of different colors formed by the lens are of different sizes.

The formation of images of different colors in different sizes is called lateral chromatic aberration.

The difference in the height of the red image  $B_R A_R$  and the violet image  $B_V A_V$  is known as lateral chromatic aberration.  $LCA = h_R - h_V$



### ACHROMATISM

If two or more lens combined together in such a way that this combination produce image at a same point then this combination is known as achromatic combination of lenses.

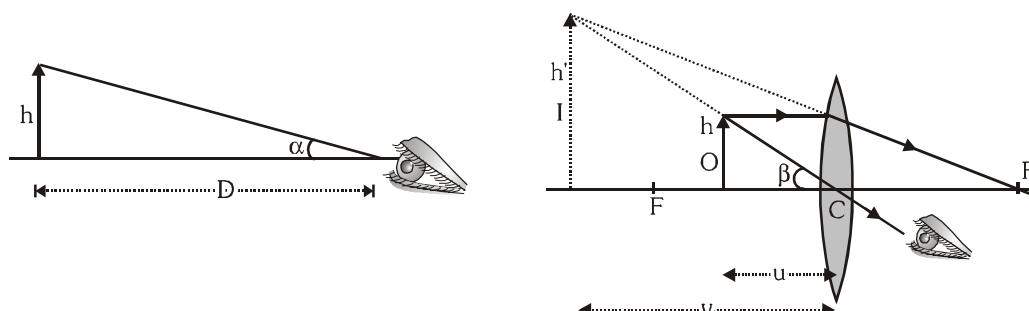
$$\frac{\omega}{f_y} + \frac{\omega'}{f'_y} = 0 \Rightarrow \frac{\omega_1}{f_1} + \frac{\omega_2}{f_2} = 0 \Rightarrow \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{f_1}{f_2}$$

For combination of lens.  $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$  (Apply sign convention in numerical)

### OPTICAL INSTRUMENTS

#### Simple microscope

When object is placed between focus and optical centre a virtual, magnified and erect image is formed



$$\text{Magnifying power (MP)} = \frac{\text{visual angle with instrument } (\beta)}{\text{maximum visual angle for unaided eye } (\alpha)} \Rightarrow \text{MP} = \frac{\frac{h}{-u}}{\frac{h}{-D}} = \frac{D}{u}$$

(i) When the image is formed at infinity :

$$\text{by lens equation } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{-\infty} - \frac{1}{-u} = \frac{1}{f} \Rightarrow u = f \quad \text{So } \text{MP} = \frac{D}{u} = \frac{D}{f}$$

(ii) If the image is at minimum distance of clear vision D :

$$\frac{1}{-D} - \frac{1}{-u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{u} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f} \quad [v = -D \text{ and } u = -ve]$$

$$\text{Multiplying by } D \text{ both the sides } \frac{D}{u} = 1 + \frac{D}{f} \Rightarrow \text{MP} = \frac{D}{u} = 1 + \frac{D}{f}$$

**Ex.** A man with normal near point 25 cm reads a book with small print using a magnifying glass, a thin convex lens of focal length 5 cm.

(a) What is the closest and farthest distance at which he can read the book when viewing through the magnifying glass ?

(b) What is the maximum and minimum MP possible using the above simple microscope ?

**Sol.** (a) As for normal eye far and near point are  $\infty$  and 25 cm respectively, so for magnifier  $v_{\max} = -\infty$  and

$$v_{\min} = -25 \text{ cm. However, for a lens as } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow u = \frac{f}{(f/v) - 1}$$

$$\text{So } u \text{ will be minimum when } v = \text{minimum} = -25 \text{ cm i.e. } (u)_{\min} = \frac{5}{-(5/25) - 1} = -\frac{25}{6} = -4.17 \text{ cm}$$

$$\text{Ans } u \text{ will be maximum when } v = \text{maximum} = \infty \text{ i.e., } u_{\max} = \frac{5}{\left(\frac{5}{\infty} - 1\right)} = -5 \text{ cm}$$

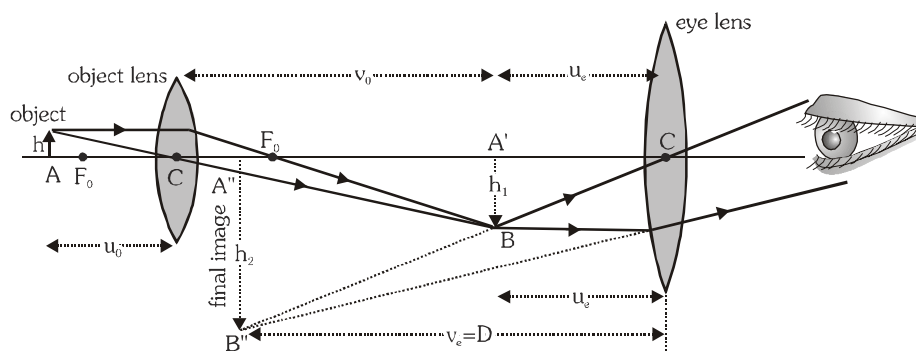
So the closest and farthest distance of the book from the magnifier (or eye) for clear viewing are 4.17 cm and 5 cm respectively.

(b) As in case of simple magnifier  $\text{MP} = (D/u)$ . So MP will be minimum when  $u = \max = 5 \text{ cm}$

$$\Rightarrow (\text{MP})_{\min} = \frac{-25}{-5} = 5 \left[ = \frac{D}{f} \right] \text{ and MP will be maximum when } u = \min = (25/6) \text{ cm}$$

$$\Rightarrow (\text{MP})_{\max} = \frac{-25}{-(25/6)} = 6 \left[ = 1 + \frac{D}{f} \right]$$

## COMPOUND MICROSCOPE





Compound microscope is used to get more magnified image. Object is placed in front of objective lens and image is seen through eye piece. The aperture of objective lens is less as compared to eye piece because object is very near so collection of more light is not required. Generally object is placed between  $F - 2F$  due to this a real inverted and magnified image is formed between  $2F - \infty$ . It is known as intermediate image  $A'B'$ . The intermediate image acts as an object for eye piece. Now the distance between both the lenses is adjusted in such a way that intermediate image falls between the optical centre of eye piece and its focus. In this condition, the final image is virtual, inverted and magnified.

Total magnifying power = Linear magnification  $\times$  angular magnification  $MP = m_o m_e = \frac{v_o}{u_o} \frac{D}{u_e}$

(i) When final image is formed at distance of distinct vision.

$$MP = \frac{v_o}{u_o} \left[ 1 + \frac{D}{f_e} \right] = \frac{f_o}{f_o + u_o} \left[ 1 + \frac{D}{f_e} \right] = \frac{f_o - v_o}{f_o} \left[ 1 + \frac{D}{f_e} \right] = \frac{h_2}{h_1} \left( 1 + \frac{D}{f_e} \right)$$

$$\text{Length of the tube} = v_o + |u_e|$$

(ii) When final image is formed at infinity  $\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow u_e = f_e$

$$MP = \frac{v_o}{u_o} \left[ \frac{D}{f_e} \right] = \frac{f_o}{f_o + u_o} \left[ \frac{D}{f_e} \right] = \frac{f_o - v_o}{f_o} \left[ \frac{D}{f_e} \right] = \frac{h_2}{h_1} \left[ \frac{D}{f_e} \right]. \text{ Length of the tube } L = v_o + f_e$$

Sign convention for solving numerical  $u_o = -ve, v_o = +ve, f_o = +ve,$   
 $u_e = -ve, v_e = -ve, f_e = +ve, m_o = -ve, m_e = +ve, M = -ve$

**Ex.** A thin convex lens of focal length 5 cm is used as a simple microscope by a person with normal near point (25 cm). What is the magnifying power of the microscope?

**Sol.** Here,  $f = 5$  cm;  $D = 25$  cm,  $M = ?$   $MP = 1 + \frac{D}{f} = 1 + \frac{25}{5} = 6$

**Ex.** A compound microscope consists of an objective lens of focal length 2.0 cm and an eye piece of focal length 6.25 cm, separated by a distance of 15 cm. How far from the objective should an object be placed in order to obtain the final image at (a) the least distance of distinct vision (25 cm) (b) infinity?

**Sol.** Here,  $f_o = 2.0$  cm;  $f_e = 6.25$  cm,  $u_o = ?$

$$(a) v_e = -25 \text{ cm} \therefore \frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} \therefore \frac{1}{u_e} = \frac{1}{v_e} - \frac{1}{f_e} = \frac{1}{-25} - \frac{1}{6.25} = \frac{-1-4}{25} = \frac{-5}{25} \Rightarrow u_e = -5 \text{ cm}$$

As distance between objective and eye piece = 15 cm;  $v_o = 15 - 5 = 10$  cm

$$\therefore \frac{1}{v_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o} \therefore \frac{1}{u_o} = \frac{1}{v_o} - \frac{1}{f_o} = \frac{1}{10} - \frac{1}{2} = \frac{1-5}{10} \Rightarrow u_o = \frac{-10}{4} = -2.5 \text{ cm}$$

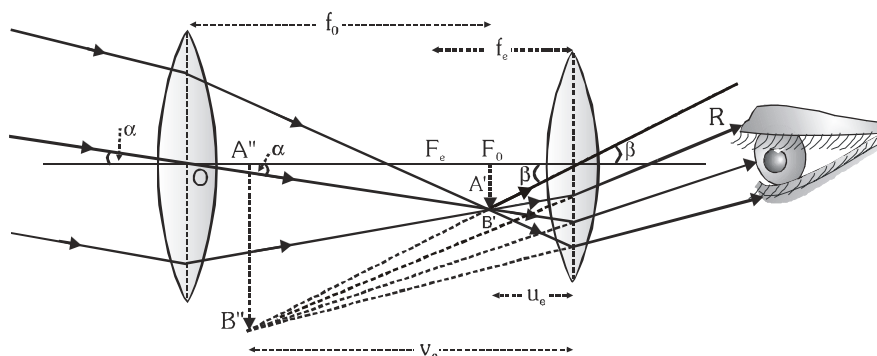
$$\text{Magnifying power} = \frac{v_o}{|u_o|} \left[ 1 + \frac{D}{f_e} \right] = \frac{10}{2.5} \left[ 1 + \frac{25}{6.25} \right] = 20$$

(b)  $\therefore v_e = \infty, u_e = f_e = 6.25$  cm  $\therefore v_o = 15 - 6.25 = 8.75$  cm.

$$\therefore \frac{1}{v_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o} \Rightarrow \frac{1}{u_o} = \frac{1}{v_o} - \frac{1}{f_o} = \frac{1}{8.75} - \frac{1}{2} = \frac{2-8.75}{17.5} \Rightarrow u_o = \frac{-17.5}{6.75} = -2.59 \text{ cm}$$

$$\text{Magnifying power} = \frac{v_o}{|u_o|} \times \left[ 1 + \frac{D}{f_e} \right] = \frac{v_o}{|u_o|} \times \frac{D}{|u_e|} = \frac{8.75}{2.59} \times \frac{25}{6.25} = 13.51$$

## ASTRONOMICAL TELESCOPE



A telescope is used to see distant object, objective lens forms the image  $A'B'$  at its focus. This image  $A'B'$  acts as a object for eyepiece and it forms final image  $A''B''$ .

$$MP = \frac{\text{visual angle with instrument } (\beta)}{\text{visual angle for unaided eye } (\alpha)} \Rightarrow MP = \frac{\frac{h'}{f_0}}{\frac{h'}{-u_e}} = -\frac{f_0}{u_e} [A'B' = h']$$

(i) If the final image is at infinity  $v_e = -\infty$ ,  $u_e = -ve$

$$\frac{1}{-\infty} - \frac{1}{-u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow u_e = f_e. \text{ So } MP = -\frac{f_0}{f_e} \text{ and length of the tube } L = f_0 + f_e$$

(ii) If the final image is at  $D$ :  $v_e = -D$   $u_e = -ve$

$$\frac{1}{-D} - \frac{1}{-u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} + \frac{1}{D} = \frac{1}{f_e} \left[ 1 + \frac{f_e}{D} \right] \text{ So } MP = -\frac{f_0}{u_e} = -\frac{f_0}{f_e} \left[ 1 + \frac{f_e}{D} \right]$$

Length of the tube is  $L = f_0 + u_e$

**Ex.** A small telescope has an objective lens of focal length 144 cm and an eyepiece of focal length 6.0 cm. What is the magnifying power of the telescope? What is the separation between the objective and the eyepiece? When final image is formed at infinity.

**Sol.** Here,  $f_0 = 144$  cm;  $f_e = 6.0$  cm,  $MP = ?$ ,  $L = ?$

$$MP = -\frac{f_0}{f_e} = -\frac{144}{6.0} = -24 \text{ and } L = f_0 + f_e = 144 + 6.0 = 150.0 \text{ cm}$$

**Ex.** Diameter of the moon is  $3.5 \times 10^3$  km and its distance from earth is  $3.8 \times 10^5$  km. It is seen by a telescope whose objective and eyepiece have focal lengths 4m and 10cm respectively. What will the angular diameter of the image of the moon.

**Sol.**  $MP = -\frac{f_0}{f_e} = -\frac{400}{10} = -40$ . Angle subtended by the moon at the objective  $= \frac{3.5 \times 10^3}{3.8 \times 10^5} = 0.009$  radian.

Thus angular diameter of the image  $= MP \times \text{visual angle} = 40 \times 0.009 = 0.36$  radian  $= \frac{0.36 \times 180}{3.14} \approx 21^\circ$

**Ex.** A telescope consisting of an objective of focal length 60 cm and a single-lens eyepiece of focal length 5 cm is focussed at a distant object in such a way that parallel rays emerge from the eye piece. If the object subtends an angle of  $2^\circ$  at the objective, then find the angular width of the image.

**Sol.**  $MP = \frac{f_0}{f_e} = \frac{\beta}{\alpha} \Rightarrow \beta = \alpha \frac{f_0}{f_e} = 2^\circ \times \frac{60}{5} = 24^\circ$

**Ex.** The focal lengths of the objective and the eye piece of an astronomical telescope are 60 cm and 5 cm respectively. Calculate the magnifying power and the length of the telescope when the final image is formed at (i) infinity, (ii) least distance of distinct vision (25 cm)

**Sol.** (i) When the final image is at infinity, then :

$$MP = -\frac{f_0}{f_e} = -\frac{60}{5} = -12 \text{ and length of the telescope is } L = f_0 + f_e = 60 + 5 = 65 \text{ cm}$$

(ii) For least distance of distinct vision, the magnifying power is :

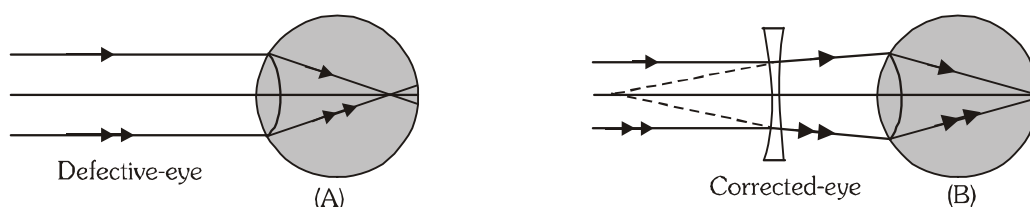
$$MP = -\frac{f_0}{f_e} \left( 1 + \frac{f_e}{D} \right) = -\frac{60}{5} \left( 1 + \frac{5}{25} \right) = -\frac{12 \times 6}{5} = -14.4$$

$$\text{Now } \frac{1}{f_e} = \frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} \Rightarrow \frac{1}{5} = -\frac{1}{25} - \frac{1}{u_e} \Rightarrow \frac{-1}{u_e} = \frac{1}{25} + \frac{1}{5} \Rightarrow u_e = -4.17 \text{ cm} \Rightarrow |u_e| = 4.17 \text{ cm}$$

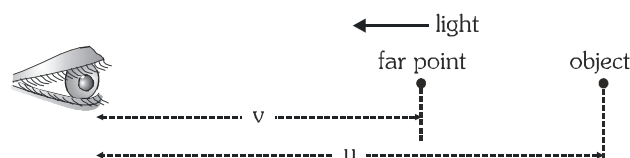
$$\text{The length of telescope in this position is } L = f_0 + |u_e| = 60 + 4.17 = 64.17 \text{ cm}$$

## DEFECTS OF EYES

### MYOPIA [or Short-sightedness or Near-sightedness]



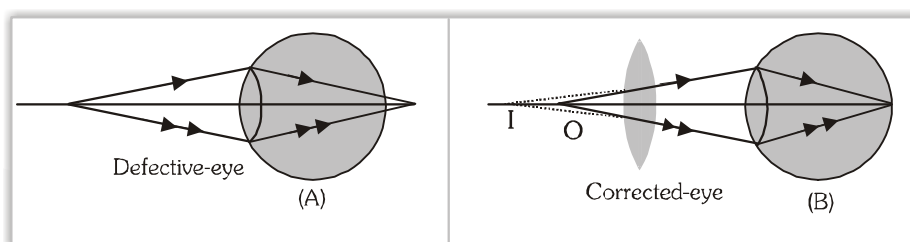
- (i) Distant object are not clearly visible, but near object are clearly visible because image is formed before the retina.
- (ii) To remove the defect concave lens is used.
- ⊙ The maximum distance. Which a person can see without help of spectacles is known as far point.
- ⊙ If the reference of object is not given then it is taken as infinity.
- ⊙ In this case image of the object is formed at the far point of person.



$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} = P \Rightarrow \frac{1}{\text{distance of far point (in m)}} - \frac{1}{\text{distance of object (in m)}} = \frac{1}{f} = P$$

$$\frac{100}{\text{distance of far point (in cm)}} - \frac{100}{\text{distance of object (in cm)}} = P$$

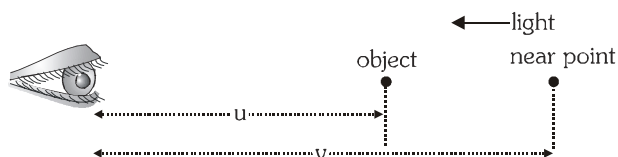
## LONG-SIGHTEDNESS OR HYPERMETROPIA



- (i) Near object are not clearly visible but far object are clearly visible.
- (ii) The image of near object is formed behind the retina.
- (iii) To remove this defect convex lens is used.

#### Near Point :-

The minimum distance which a person can see without help of spectacles.



- In this case image of the object is formed at the near point.
- If reference of object is not given it is taken as 25 cm.

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} = P \Rightarrow \frac{1}{\text{distance of near point (in m)}} - \frac{1}{\text{distance of object (in m)}} = \frac{1}{f} = P$$

distance of near point = -ve, distance of object = -ve,  $P = +ve$

#### PRESBYOPIA

In this case both near and far object are not clearly visible. To remove this defect two separate spectacles one for myopia and other for hypermetropia are used or bifocal lenses are used.

#### ASTIGMATISM

In this defect eye can not see object in two orthogonal direction clearly. It can be removed by using cylindrical lens in particular direction.

**Ex.** A person can not see clearly an object kept at a distance beyond of 100 cm. Find the nature and the power of lens to be used for seeing clearly the object at infinity.

**Sol.** For lens  $u = -\infty$  and  $v = -100$  cm

$$\therefore \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} = \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = v = -100 \text{ cm (concave)} \therefore \text{Power of lens } P = \frac{1}{f} = -\frac{1}{1} = -1D$$

**Ex.** A far sighted person has a near point of 60 cm. What power lens should be used for eye glasses such that the person can read this book at a distance of 25 cm.

**Sol.** Here  $v = -60$  cm,  $u = -25$  cm

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{60} + \frac{1}{25} \Rightarrow f = \frac{300}{7} \text{ cm} \therefore \text{Power} = \frac{1}{f(\text{in m})} = \frac{1}{(3/7)} = +2.33D$$

## EXERCISE (S-1)

### Plane mirror :

1. A fluorescent lamp of length 1 m is placed horizontally at a depth of 1.2 m below a ceiling. A plane mirror of length 0.6 m is placed below the lamp parallel to and symmetric to the lamp at a distance 2.4m from it. The length of the reflected patch of length on the ceiling \_\_\_\_\_ .

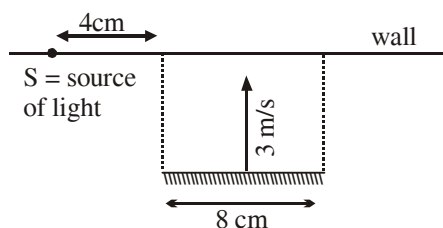
लम्बाई 1 m वाला एक लेम्प छत से 1.2 m नीचे क्षैतिजतः रखा हुआ है। लम्बाई 0.6 m वाला एक समतल दर्पण लेम्प के नीचे इससे 2.4m की दूरी पर लेम्प के समान्तर तथा सममित रूप से रखा है। छत पर लम्बाई की परावर्तित छाया की लम्बाई क्या होगी ?

GO0001

Ans. 3m

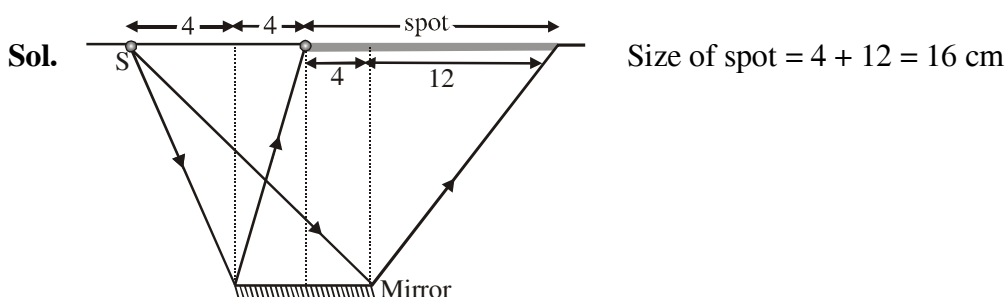
2. A plane mirror of length 8 cm is moving with speed 3 m/s towards a wall in situation as shown in figure. Size of spot formed on the wall is  $32/x$  cm. Find the value of x.

चित्र में दर्शायी गई स्थिति में एक 8cm लम्बाई का समतल दर्पण 3 m/s की चाल से एक दीवार की ओर गतिशील है। दीवार पर बनने वाले धब्बे का आकार  $32/x$  cm प्राप्त होता है, तो x का मान ज्ञात कीजिए।



GO0002

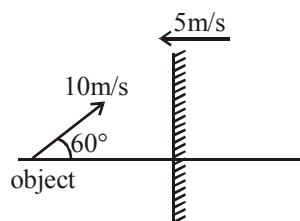
Ans. 2



3. The angle between the velocity vector of object and image is  $\frac{\pi}{\alpha}$ . Velocity are shown in the figure.

Then the value of  $\alpha$  is.

प्रदर्शित चित्र में बिम्ब तथा प्रतिबिम्ब के वेग सदिश के मध्य कोण  $\frac{\pi}{\alpha}$  है। वेग चित्र में दर्शाये गये हैं।  $\alpha$  का मान ज्ञात कीजिये।



GO0003

Ans. 2

Sol.  $\vec{v}_0 = 5\hat{i} + 5\sqrt{3}\hat{j}$

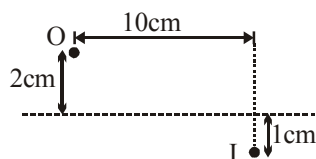
$\vec{v}_I = -15\hat{i} + 5\sqrt{3}\hat{j}$

taking dot product  $\cos \theta$  is zero

**Spherical mirror :**

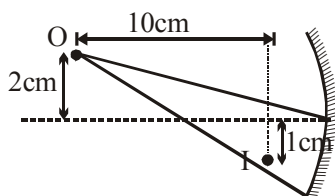
4. The principal axis of a spherical mirror is shown by dotted line. O is the point object whose real image is I. Find the distance of the pole and centre of curvature of the mirror from object measured along principal axis by drawing ray diagram.

गोलाकार दर्पण की मुख्य अक्ष को बिन्दुकित रेखा द्वारा प्रदर्शित किया गया है। O एक बिन्दु बिम्ब है जिसका वास्तविक प्रतिबिम्ब I है। किरण आरेख द्वारा मुख्य अक्ष के अनुदिश मापी गई बिम्ब से ध्रुव की दूरी तथा दर्पण के वक्रता केन्द्र की दूरी ज्ञात कीजिए।



GO0004

Ans. 20 cm from object,  $20/3$  cm from object



5. An experimentalist devises a method for finding the radius of curvature of a convex mirror. He uses a plane mirror strip between the object and the convex mirror and adjusts it till the two virtual images formed by reflection at both the mirrors coincide without parallax. In his observations, the object distance from the convex mirror is 0.5 m while it is 0.30 m in front of the plane mirror. Find the radius of curvature (in cm) of the convex mirror.

एक प्रयोगकर्ता ने उत्तल दर्पण की वक्रता त्रिज्या ज्ञात करने के लिये एक विधि बताई। उसने बिम्ब तथा उत्तल दर्पण के मध्य एक समतल दर्पण पट्टिका का उपयोग किया तथा इसे तब तक व्यवस्थित किया जब तक कि दोनों दर्पणों पर परावर्तन द्वारा बनने वाले दो आभासी प्रतिबिम्ब बिना विस्थापनाभास (parallax) के सम्पाती ना हो जाये। उसके प्रेक्षणों में उत्तल दर्पण से बिम्ब की दूरी 0.5 m है, जब कि यह समतल दर्पण के सामने 0.30 m दूरी है। उत्तल दर्पण की वक्रता त्रिज्या (cm में) ज्ञात कीजिए।

GO0005

Ans. 25

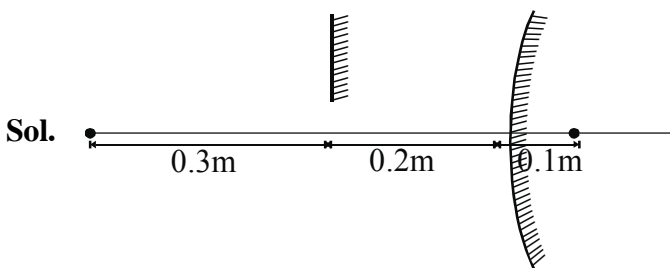


Image formed by plane mirror is at 0.3 m from plane mirror.

For convex mirror,  $u = -0.5$  m,  $v = 0.1$  m,  $f = ?$

From mirror formula,  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = 8 \Rightarrow f = \frac{1}{8}$  m

Thus radius of curvature  $= 2f = 25$  cm

6. A thin rod of length  $d/3$  is placed along the principal axis of a concave mirror of focal length  $= d$  such that its image, which is real and elongated, just touches the rod. Find the length of the image?

एक पतली छड़ की लम्बाई  $d/3$  है। इसे फोकस दूरी  $d$  वाले अवतल दर्पण की मुख्य अक्ष के अनुदिश इस प्रकार से रखा गया है कि इसका प्रतिबिम्ब जो कि वास्तविक तथा बड़ा है, छड़ को ठीक स्पर्श करता है। प्रतिबिम्ब की लम्बाई ज्ञात करें।

GO0006

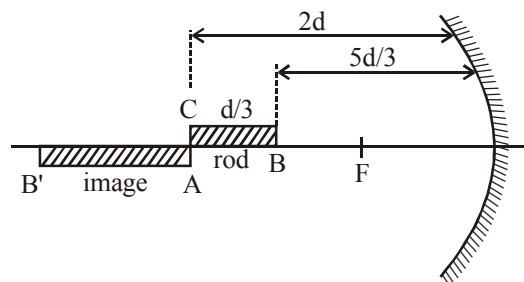
Ans.  $d/2$

Sol. One end of image is touching rod, this point will be at centre of curvature. (C), image is elongated, so, it will be away from centre C & object will be between C & F.

For point B of rod,  $u = \frac{-5d}{3}$

$f = -d,$

$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

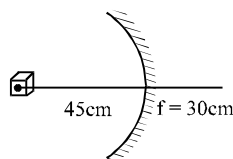


$$v = -\frac{5d}{2} \text{ is position of B'}$$

$$\text{So, length of image is} = \frac{5}{2} - 2d = \frac{d}{2}$$

7. A cube of side length 1 mm is placed on the axis of a concave mirror at a distance of 45 cm from the pole as shown in the figure. One edge of the cube is parallel to the axis. The focal length of the mirror is 30 cm. Find approximate volume of the image.

1 mm भुजा लम्बाई वाला एक घन चित्रानुसार किसी अवतल दर्पण की अक्ष पर ध्रुव से 45 cm दूरी पर रखा है। घन की एक भुजा अक्ष के समान्तर है। यदि दर्पण की फोकस दूरी 30 cm हो तो प्रतिबिम्ब का लगभग आयतन ज्ञात कीजिए।



GO0007

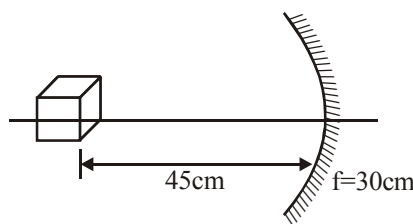
**Ans.** 16 mm<sup>3</sup>

**Sol.**  $u = -45$  cm,  $f = -30$  cm

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$v = 90 \text{ cm}$$

along principal axis,



$$\text{Small size of image is } |dv_x| = \left(\frac{v}{u}\right)^2 du_x$$

$$dx = 4 \text{ mm.}$$

Perpendicular to principal axis,

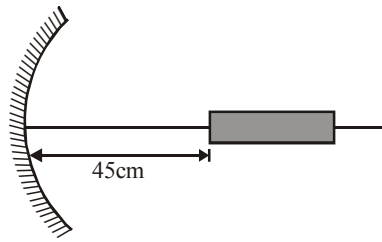
$$\text{size of image } |dy| = |dz| = \left(\frac{v}{u}\right) 1 \text{ mm} = 2 \text{ mm}$$

$$\text{approx. volume of image} = (dx)(dy)(dz) = 16 \text{ mm}^3$$

8. An object of length 30 cm is placed on principal axis of a concave mirror of focal length 30 cm. Its one end at a distance of 45 cm as shown. If length of image is 10x (in cm) find the value of x.

एक 30 cm लम्बाई का बिम्ब 30 cm फोकस दूरी वाले अवतल दर्पण की मुख्य अक्ष पर रखा जाता है। इसका एक सिरा चित्रानुसार 45 cm दूरी पर है। यदि प्रतिबिम्ब की लम्बाई 10x (cm में) हो तो x का मान ज्ञात कीजिये।



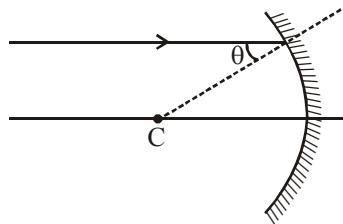


GO0008

Ans. 4

9. A ray incident parallel to principal axis on a concave mirror at an angle  $\theta$  after two reflection, reflected ray becomes parallel to incident ray. If  $\theta = \frac{\pi}{N}$  (in radian) then find the value of N.

एक किरण अवतल दर्पण पर मुख्य अक्ष के समान्तर  $\theta$  कोण पर आपतित होती है। दो परावर्तनों के पश्चात् परावर्तित किरण, आपतित किरण के समान्तर हो जाती है। यदि  $\theta = \frac{\pi}{N}$  (रेडियन में) हो तो N का मान ज्ञात कीजिये।

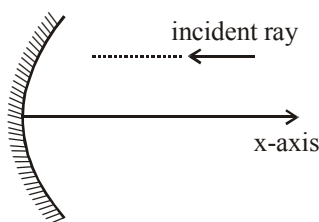


GO0009

Ans. 4

10. A parabolic reflecting surface given by  $x = \frac{y^2}{2}$ , is placed at origin, as shown. An incident ray moving along  $y = 1$  is incident on it. The ray gets reflected by the surface twice. The deviation suffered by the ray is  $\frac{\pi}{n}$  radians. Find n.

एक परवलयीय परावर्तक सतह  $x = \frac{y^2}{2}$  चित्रानुसार मूलबिन्दु पर स्थित है।  $y = 1$  के अनुदिश गतिशील किरण इस पर आपतित होती है। किरण सतह से दो बार परावर्तित होती है। यदि किरण में उत्पन्न विचलन  $\frac{\pi}{n}$  रेडियन हो तो n का मान ज्ञात कीजिये।



GO0010

Ans. 1

Sol.  $x = \frac{y^2}{2}$

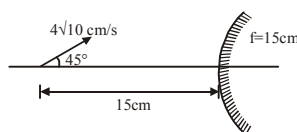
$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{y}, \text{ at } y = 1, \text{ slope} = 1$$

$\angle i = 45^\circ, \therefore \angle r = 45^\circ$  & deviation in first reflection =  $90^\circ$ .

Similarly for second reflection, Net deviation =  $180^\circ$ .

11. In the figure shown, the speed cm/s of image with respect to mirror is :

प्रदर्शित चित्र में, दर्पण के सापेक्ष प्रतिबिम्ब की चाल (cm/s में) होगी:-



GO0011

Ans. 5

Sol.  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{1}{-15} = \frac{1}{+15} \Rightarrow v = 7.5 \text{ cm} \Rightarrow m = -\frac{v}{u} = -\left(\frac{7.5}{-15}\right) = \frac{1}{2}$

Axial velocity of image =  $m^2 V_{\text{Object}} = \sqrt{5}$

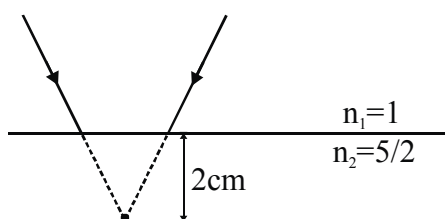
Transverse velocity of image =  $m V_{\text{Object}} = 2\sqrt{5}$

Speed of image = 5 cm/s

### Refraction on plane surface :

12. In the given figure rays incident on an interface would converge 2 cm below the interface if they continued to move in straight lines without bending. But due to refraction, the rays will bend and meet somewhere else. Find the distance of meeting point of refracted rays below the interface (in cm). (Assuming the rays to be making small angles with the normal to the interface)

प्रदर्शित चित्र में अन्तरापृष्ठ पर आपतित किरणें यदि बिना मुड़े लगातार सरल रेखा में गति करती रहें तो ये अन्तरापृष्ठ से 2cm नीचे अभिसरित हो जायेंगी। परन्तु अपवर्तन के कारण किरणें मुड़ जायेगी तथा कहीं पर मिलेगी। अन्तरापृष्ठ से नीचे अपवर्तित किरणों के इस मिलान बिन्दु की दूरी (सेमी में) ज्ञात कीजिये। (माना कि किरणें, अन्तरापृष्ठ पर अभिलम्ब से अल्प कोण बनाती हैं)



GO0012

Ans. 5

Sol. Distance of meeting point of refracted rays will be  $\frac{h}{\mu_{rel}} = \frac{2}{1/(5/2)} = 5 \text{ cm}$

13. A point object is placed 33 cm from a convex mirror of curvature radius = 40 cm. A glass plate of thickness 6 cm and index 2.0 is placed between the object and mirror, close to the mirror. Find the distance of final image from the object?

एक बिन्दु वस्तु, उत्तल दर्पण जिसकी वक्रता त्रिज्या 40 सेमी है से 33 सेमी की दूरी पर रखा है। एक काँच की पट्टिका जिसकी मोटाई 6 सेमी तथा अपवर्तनांक 2.0 है को वस्तु तथा दर्पण के मध्य, दर्पण के पास रखा गया है। वस्तु से अंतिम प्रतिबिम्ब की दूरी ज्ञात करो।

GO0013

Ans. 42 cm

Sol. For convex mirror, object is at  $\theta_1$ .

$$\begin{aligned} \text{\& shift } \theta_1 &= t \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) \\ &= 6 \left( 1 - \frac{1}{2} \right) = 3 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$u_1 = -(30 \text{ cm})$  from mirror

$$f_x = +\frac{R}{2} = +20 \text{ cm}$$

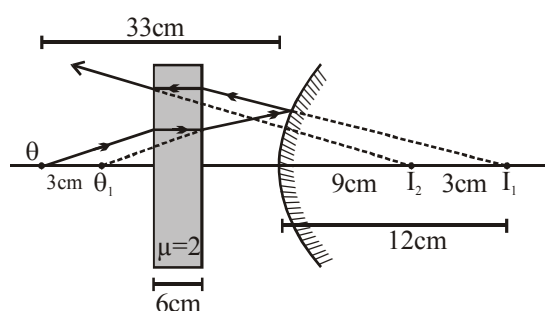
$$\frac{1}{v_1} + \frac{1}{u_1} = \frac{1}{f_1}$$

Position of  $I_1$ ,  $v_1 = \frac{u_1 f_1}{u_1 - f_1} = +12 \text{ cm}$  behind mirror.

$$\text{Shift } I_1 I_2 = t \left( 1 - \frac{1}{\mu} \right) = 3 \text{ cm}$$

After reflection final image is at  $I_2 = 9 \text{ cm}$  behind mirror,

So, separation between object  $\theta$  and final image  $I_2 = 33 + 9 = 42 \text{ cm}$ .



14. An opaque cylindrical tank with an open top has a diameter of 3.00 m and is completely filled with water. When the setting sun reaches an angle of  $37^\circ$  above the horizon, sunlight ceases to illuminate any part of the bottom of the tank. How deep is tank in meter?

एक अपारदर्शी बेलनाकार पात्र का ऊपरी सिरा खुला हुआ है, जिसका व्यास 3.00 m है। इसमें ऊपर तक जल भरा हुआ है। सूर्यास्त के समय जब सूर्य क्षैतिज से  $37^\circ$  ऊपर आता है तब सूर्य का प्रकाश, पात्र के पेंदे के किसी भी भाग को प्रकाशित करना बंद कर देता है अर्थात् प्रकाश किरणें उस भाग तक नहीं पहुँच पाती हैं। पात्र की गहराई मीटर में ज्ञात कीजिए।

GO0014

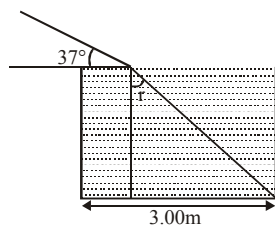
Ans. 4

Sol. By Snell's law

$$1 \sin 53^\circ = \mu \sin r$$

$$\frac{3}{5} = \frac{4}{3} \sin r ; \sin r = \frac{3}{5}$$

$$\therefore \text{Depth} = 4\text{m}$$



15. A cylindrical bucket of depth 60 cm is partly filled with a liquid of refractive index 1.5 and with oil (on top of liquid) of refractive index 2. It appears that the volume of air, volume of liquid and volume of oil are equal, to an observer who views from top of the bucket. The apparent depth of the bucket as

seen by the observer is given as  $\alpha$  cm. Fill  $\left(\frac{\alpha}{5}\right)$  in OMR sheet.

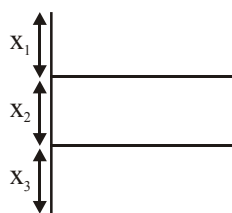
एक 60 cm गहराई वाली बेलनाकार बाल्टी में आंशिक रूप से 1.5 अपवर्तनांक वाला एक द्रव भरा है जिसके ऊपर 2 अपवर्तनांक वाला तेल भरा हुआ है। यदि कोई प्रेक्षक बाल्टी के अन्दर ऊपर से देखता है तो उसे वायु, द्रव तथा तेल के

आयतन समान दिखाई देते हैं। यदि प्रेक्षक द्वारा देखी गई बाल्टी की आभासी गहराई  $\alpha$  cm हो तो  $\left(\frac{\alpha}{5}\right)$  का मान ज्ञात कीजिये।

GO0015

Ans. 8

Sol.



$$x_1 + x_2 + x_3 = 60\text{cm} \quad \text{.....(i)}$$

$$x_1 = \frac{x_2}{2} = \frac{x_3}{1.5} \quad \text{.....(ii)}$$

Distance of meeting point of refracted rays will be  $\frac{h}{\mu_{rel}} = \frac{2}{1/(5/2)} = 5\text{ cm}$

**Total internal reflection :**

16. A room contains air in which the speed of sound is 340 m/s. The walls of the room are made of concrete, in which the speed of sound is 1700 m/s. (a) Find the critical angle for total internal reflection of sound at the concrete–air boundary. (b) In which medium must the sound be traveling to undergo total internal reflection? (Assume sound waves follow snell's law)

एक कमरे में वायु भरी है जिसमें ध्वनि की चाल 340 m/s है। कमरे की दीवारें कंक्रीट की बनी हैं जिसमें ध्वनि की चाल 1700 m/s है। (a) कंक्रीट वायु परिसीमा पर ध्वनि के पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के लिए क्रांतिक कोण ज्ञात कीजिए। (b) कौनसे माध्यम में ध्वनि का पूर्ण आन्तरिक परावर्तन होगा ? (माना ध्वनि तरंगे स्नेल के नियम की पालना करती है)

GO0016

**Ans.** (a)  $\sin^{-1}\left(\frac{1}{5}\right)$  (b) air

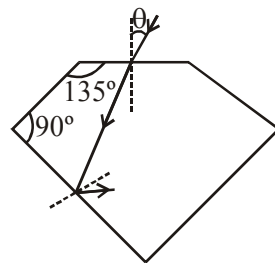
**Sol.** For critical angle

$$\text{Snell's law, } \sin \theta_c = \frac{\mu_r}{\mu_d} = \frac{V_{\text{Slow}}}{V_{\text{Fast}}} = \frac{340}{1700} = \frac{1}{5}$$

For snell's law, we take slower medium as denser medium.

17. A ray of light enters a diamond ( $n = 2$ ) from air and is being internally reflected near the bottom as shown in the figure. Find maximum value of angle  $\theta$  possible ?

एक प्रकाश किरण वायु से हीरे ( $n = 2$ ) में प्रवेश करती है तथा इसके आधार के निकट से आंतरिक परावर्तित हो जाती है, चित्र देखें। अधिकतम संभावित कोण  $\theta$  का मान ज्ञात करें।



GO0017

**Ans.**  $\theta < \sin^{-1}(2 \sin 15^\circ)$

**Sol.** Solving for limiting case

$$\sin \theta = \mu \sin r$$

$$= 2 \sin r$$

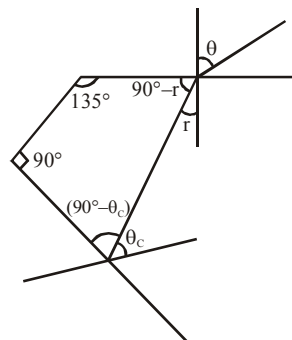
$$\text{and, } \sin \theta_c = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{2}$$

$$\theta_c = 30^\circ$$

$$\text{and, } 90^\circ + 135^\circ + 90^\circ - r + 90^\circ - \theta_c = 360^\circ$$

$$r = 15^\circ$$

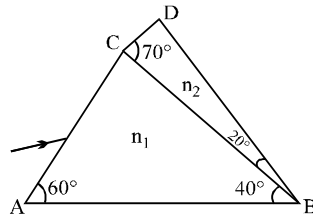
$$\sin \theta < 2 \sin 15^\circ$$



18. A prism of refractive index  $n_1$  & another prism of refractive index  $n_2$  are stuck together without a gap as shown in the figure. The angles of the prisms are as shown.  $n_1$  &  $n_2$  depend on  $\lambda$ , the wavelength

of light according to  $n_1 = 1.20 + \frac{10.8 \times 10^4}{\lambda^2}$  &  $n_2 = 1.45 + \frac{1.80 \times 10^4}{\lambda^2}$  where  $\lambda$  is in nm. [JEE 1998]

- (i) Calculate the wavelength  $\lambda_0$  for which rays incident at any angle on the interface BC pass through without bending at that interface .  
 (ii) For light of wavelength  $\lambda_0$ , find the angle of incidence  $i$  on the face AC such that the deviation produced by the combination of prisms is minimum .



$n_1$  अपवर्तनांक के एक प्रिज्म तथा  $n_2$  अपवर्तनांक के एक अन्य प्रिज्म को चित्रानुसार बिना अन्तराल रखे साश्-साश् चिपकाया गया है। प्रिज्मों के कोण दर्शाये अनुसार है। अपवर्तनांक  $n_1$  व  $n_2$  दोनों प्रकाश की तरंगदैर्घ्य  $\lambda$  पर इस प्रकार निर्भर

करते हैं कि  $n_1 = 1.20 + \frac{10.8 \times 10^4}{\lambda^2}$  तथा  $n_2 = 1.45 + \frac{1.80 \times 10^4}{\lambda^2}$  है जहाँ  $\lambda$ , नैनो मीटर में है तो [JEE 1998]

- (i) तरंगदैर्घ्य  $\lambda_0$  के उस मान की गणना करो जिसके लिए आंतरिक सतह BC पर किसी भी कोण पर आपतित किरण उस अंतरापृष्ठ पर बिना मुड़े गुजर जाती है।  
 (ii)  $\lambda_0$  तरंगदैर्घ्य के प्रकाश के लिए, फलक AC पर आपतन कोण  $i$  का वह मान ज्ञात करो, जिससे कि प्रिज्म संयोजन द्वारा उत्पन्न विचलन न्यूनतम हो।

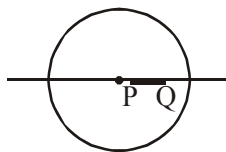
GO0018

Ans. (i)  $\lambda_0 = 600$  nm,  $n = 1.5$  (ii)  $i = \sin^{-1}(0.75) = 48.59^\circ$

### Refraction at curved surface :

19. A small object of length 1 mm lies along the principal axis of a spherical glass of radius  $R = 10$  cm and refractive index is  $3/2$ . The object is seen from air along the principal axis from left. The distance of object from the centre is 5 cm. Find the size of the image. Is real, inverted ?

1 mm लम्बा एक छोटा बिम्ब  $R = 10$  cm त्रिज्या तथा  $3/2$  अपवर्तनांक वाले काँच के गोले की मुख्य अक्ष के अनुदिश रखा है। इस बिम्ब को बाँयी ओर से मुख्य अक्ष के अनुदिश देखा जाता है। केन्द्र से बिम्ब की दूरी 5 cm है। प्रतिबिम्ब का आकार ज्ञात करें। क्या यह वास्तविक, उल्टा है ?



GO0019

Ans.  $\left(\frac{8}{3} \text{ mm}\right)$

Sol.  $u = -15 \text{ cm}$

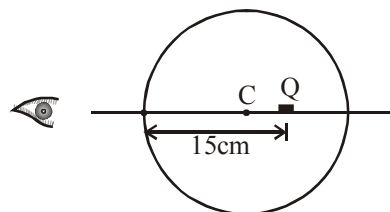
$\mu_1 = 3/2$

$\mu_2 = 1$

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$$

$$\frac{1}{v} - \frac{3/2}{-15} = \frac{1 - 3/2}{-10}$$

$v = -20 \text{ cm.}$

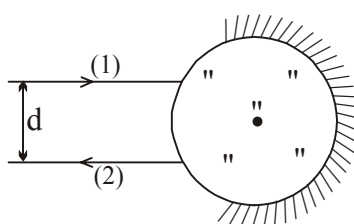


Small size of image is  $(dv) = \frac{\mu_1}{\mu_2} \left(\frac{v}{u}\right)^2 \cdot (1\text{mm})$

$$= \frac{3/2}{1} \left(\frac{20}{15}\right)^2 (1\text{mm}) = \left(\frac{3}{2}\right) \left(\frac{16}{9}\right) \text{mm} = \frac{8}{3} \text{mm}$$

20. A transparent sphere of radius  $R = 2.0 \text{ m}$  has a mirrored surface on its right half as shown in figure. A light ray travelling in air is incident on the left side of the sphere. The incident light ray (1) & exiting light ray (2) are parallel & separated by distance  $d = 2.0 \text{ m}$ . Then find the refractive index of the material. (take :  $\sin 15^\circ = 0.25$ )

त्रिज्या  $R = 2.0 \text{ m}$  वाले एक पारदर्शी गोले का दायां अर्द्ध भाग चित्रानुसार एक दर्पण सतह है। एक प्रकाश किरण वायु में गति करती हुई गोले के बांये भाग पर आपतित होती है। आपतित प्रकाश किरण (1) तथा निर्गत प्रकाश किरण (2) समान्तर है तथा  $d = 2.0 \text{ m}$  दूरी द्वारा पृथक है। पदार्थ का अपवर्तनांक ज्ञात कीजिए। ( $\sin 15^\circ = 0.25$  लीजिये)



GO0020

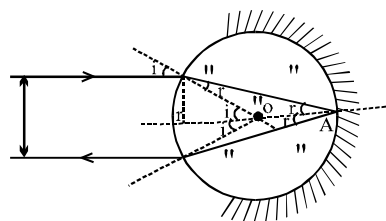
Ans. 2

Sol. here  $2r = i$  ....(1)

$$\sin i = \frac{d/2}{R} = \frac{1}{2} = \sin 30$$

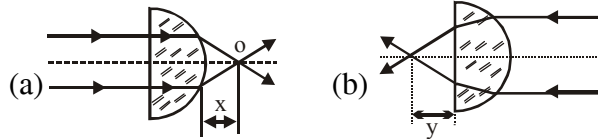
$$\Rightarrow i = 30 \Rightarrow r = 15^\circ$$

$$\mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 30}{\sin 15} \Rightarrow \mu = 2$$



21. A narrow beam of light passing through the hemisphere of material with refractive index  $n$ , intersects at point O. Where does the beam converge (i.e.  $y$  in cm) if beam were to travel in the opposite direction as shown in figure (b)? The value of  $x$  is given to be 10 cm. Radius of the hemisphere is also 10 cm :-

अपवर्तनांक  $n$  वाले पदार्थ से बने एक अर्द्धगोले से संकरे प्रकाश पुंज को गुजारा जाता है जो कि चित्र (a) के अनुसार बिन्दु O पर प्रतिच्छेदित करता है। यदि पुंज चित्र (b) के अनुसार विपरीत दिशा में गति करे तो पुंज कहाँ पर ( $y$ , cm में) अभिसरित होगा?  $x$  का मान 10 cm है तथा अर्द्धगोले की त्रिज्या भी 10 cm है।



GO0021

Ans. 5cm

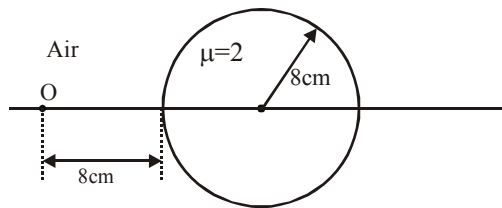
Sol.  $\frac{1}{v} - \frac{1}{\infty} = \frac{1-n}{-R}$

$$10 = v = \frac{R}{n-1} = \frac{10}{n-1} \Rightarrow n = 2$$

$$\frac{2}{v_1} - \frac{1}{\infty} = \frac{2-1}{10}; v_1 = 20 \text{ cm}; d_0 = 10 \text{ cm}; \frac{10}{2} = \frac{d_I}{1} \Rightarrow d_I = 5 \text{ cm}$$

22. On the axis of a transparent sphere of refractive index ( $n=2$ ) & radius 8 cm, an object is kept at the distance 8 cm from the surface of the sphere. Find the minimum distance of the image after all possible refraction from the surface of the sphere in cm.

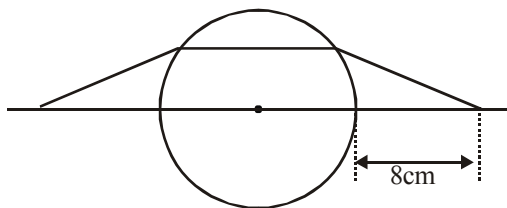
एक पारदर्शी गोले की त्रिज्या 8 cm तथा अपवर्तनांक ( $\mu=2$ ) है। इसकी अक्ष पर इसकी सतह से 8 cm की दूरी पर एक बिम्ब रखा हुआ है। सभी संभावित अपवर्तन के बाद इसके प्रतिबिम्ब की गोले की सतह से न्यूनतम दूरी (सेमी में) ज्ञात कीजिए।



GO0022

Ans. 8

Sol.



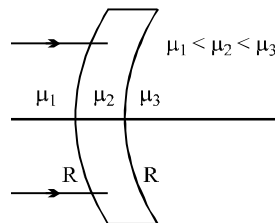


For first refraction  $\frac{2}{v} + \frac{1}{8} = \frac{2-1}{8} = \frac{1}{8} \Rightarrow \frac{2}{v} = 0 \quad v = \infty$

It means after first refraction ray become parallel to axis and since power of surface in same from both side, therefore, image will form at a distance 8 cm from the nearest surface.

**Lens :**

- 23.** A meniscus lens is made of a material of refractive index  $\mu_2$ . Both its surfaces have radii of curvature  $R$ . It has two different media of refractive indices  $\mu_1$  and  $\mu_3$  respectively, on its two sides (see figure). Calculate its focal length for  $\mu_1 < \mu_2 < \mu_3$ , when light is incident on it as shown. [IIT-JEE 2003]  
 एक नवचन्द्राकार आकृति का लेंस  $\mu_2$  अपवर्तनांक के पदार्थ से बना हुआ है। इसकी दोनों सतहों की वक्रता त्रिज्या  $R$  है। इसके दोनों ओर चित्रानुसार क्रमशः  $\mu_1$  तथा  $\mu_3$  अपवर्तनांको वाले दो विभिन्न माध्यम है। यदि इस पर चित्रानुसार प्रकाश आपतित किया जाये तो  $\mu_1 < \mu_2 < \mu_3$  के लिये इसकी फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। [IIT-JEE 2003]



GO0023

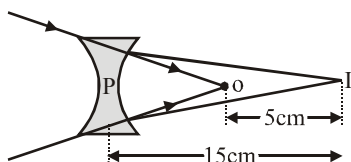
**Ans.**  $f = v = \frac{\mu_3 R}{\mu_3 - \mu_1}$

- 24.** A converging beam of rays is incident on a diverging lens. Having passed through the lens the rays intersect at a point 15 cm from the lens. If the lens is removed, the point where the rays meet will move 5cm closer to the mounting that holds. Find the focal length (in cm) of the lens without sign.  
 किरणों का अभिसारी पुंज अपसारी लेंस पर आपतित होता है। लेंस से गुजरने के बाद किरणें लेंस से 15cm दूर बिन्दु पर प्रतिच्छेदित होती है। यदि लेंस को उस बिन्दु से हटा दिया जाये जहां किरणें मिलती हैं तो वह बिन्दु अपनी पुरानी स्थिति से 5cm पास आ जाएगा। लेंस की फोकस दूरी (बिना चिन्ह के) सेमी में ज्ञात कीजिए।

GO0024

**Ans.** 30

**Sol.**

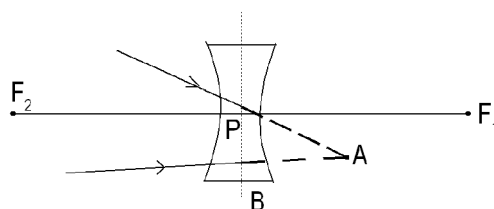


$P_0 = 10 \text{ cm}; P_I = 15 \text{ cm}$

$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{15} - \frac{1}{10} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{10-15}{150} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = -30 \text{ cm}$

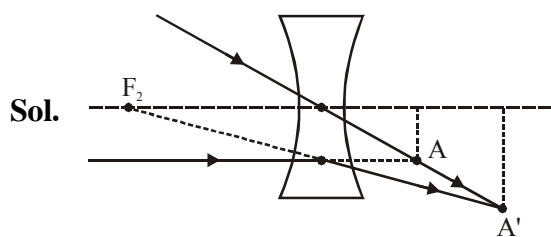
25. The rays of a converging beam meet at a point A. A diverging lens is placed in their path in the plane B. Plot the position of the point where the rays meet after passing through the lens. The position of the principal foci FF is known.

प्रदर्शित चित्र में अभिसारी पुंज की किरणें बिन्दु A पर मिलती हैं। एक अपसारी लेंस को तल B में इन किरणों के पथ में रख दिया जाता है। उस बिन्दु की स्थिति को बताइये जहाँ किरणें लेंस से गुजरने के पश्चात् मिलती हैं। मुख्य फोकस FF की स्थिति दी गई है।



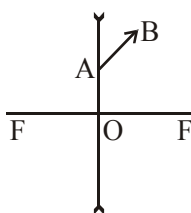
GO0025

**Ans.** Real, below principal axis, anywhere b/w P &  $\infty$

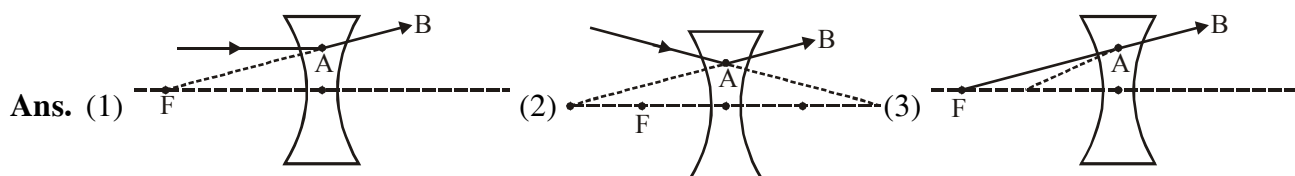


26. Figure shows ray AB that has passed through a divergent lens. Construct the path of the ray up to the lens if the position of its foci F is known.

चित्र में किरण AB अपसारी लेंस से गुजर चुकी है। यदि इसके फोकस F की स्थिति ज्ञात हो तो लेंस तक इस किरण के पथ को बनाइये।



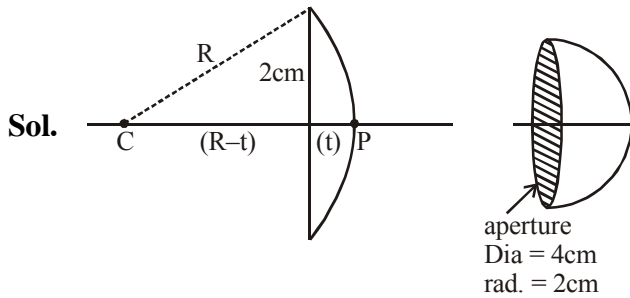
GO0026



27. A plano convex lens ( $\mu = 1.5$ ) has a maximum thickness of 1 mm. If diameter of its aperture is 4 cm. Find (i) Radius of curvature of curved surface; (ii) its focal length in air.  
 एक समतलोत्तल लेंस ( $\mu=1.5$ ) की अधिकतम मोटाई 1 mm है। यदि इसके द्वारक का व्यास 4 cm है तो ज्ञात कीजिए:  
 (i) वक्रिय सतह की वक्रता त्रिज्या; (ii) वायु में इसकी फोकस दूरी।

GO0027

Ans. (i) 0.2 m, (ii) 0.4 m



Using pythagorus theorem,

$$R^2 = (R - t)^2 + (2\text{cm})^2$$

$$t = 1 \text{ mm}$$

We get,  $R = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$

Now, thickness  $t = 1 \text{ mm}$  is very small as compared to aperture &  $R$ . Hence, we can assume it as thin lens.

$$\text{So, } \frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$= (1.5 - 1) \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right)$$

$$f = 2R = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

28. A point source of light is kept at a distance of 150 cm from a converging lens, on its optical axis. The focal length of the lens is 100 cm and its diameter is 3 cm. A screen is placed on the other side of the lens, perpendicular to the axis of lens, at a distance 200 cm from it. Then find the area of the illuminated part of the screen? (Assume all rays incident on lens as paraxial)

एक प्रकाश बिन्दु स्रोत को एक अभिसारी लेंस से प्रकाशिक अक्ष पर 150 cm दूरी पर रखा गया है। लेंस की फोकस दूरी 100 cm है तथा व्यास 3 सेमी है। एक पर्दा, लेंस के दूसरी ओर लेंस के अक्ष के लम्बवत उससे 200 cm दूरी पर स्थित है तो पर्दे के प्रदीप्त भाग का क्षेत्रफल ज्ञात करो। (माना लेंस पर आपतित सभी किरणें उपाक्षीय हैं)

GO0028

Ans.  $(\pi/4) \text{ cm}^2$

**Sol.**  $u = -150$ ,  $f = +100$

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

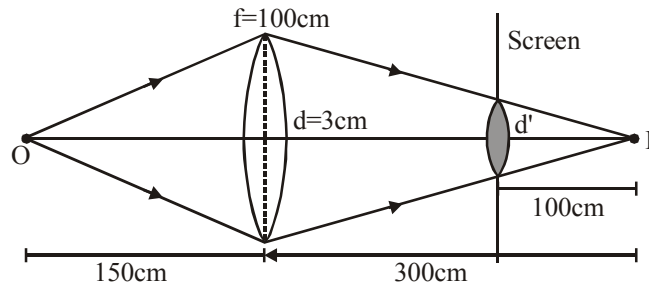
$$v = \frac{uf}{u+f} = 300\text{cm}$$

Using similar triangles.

$$\frac{3\text{cm}}{300\text{cm}} = \frac{d'}{100\text{cm}}$$

$$d' = 1\text{ cm}$$

$$\text{area on screen} = \pi \left( \frac{d'}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \text{cm}^2$$



29. There are two thin symmetrical lenses, one is converging, with refractive index  $n_1 = 1.70$ , and the other is diverging with refractive index  $n_2 = 1.50$ . Both lenses have the same curvature radius of their surface equal to  $R = 10\text{ cm}$ . The lenses are put close together and submerged into water. The focal

length of lens system is found to be  $\frac{100}{x}\text{ cm}$  in water. What is the value of  $x$ . (R.I. of water =  $4/3$ )

दो पतले सममित लेंसों, एक  $n_1 = 1.70$  अपवर्तनांक वाला अभिसारी तथा दूसरा  $n_2 = 1.50$  अपवर्तनांक वाला अपसारी, दोनों की सतहों की वक्रता त्रिज्या  $R = 10\text{ cm}$  के बराबर हैं, को एक-दूसरे के पास रखकर पानी में डुबोया जाता है। पानी में इस लेंस निकाय की फोकस दूरी  $100/x\text{ cm}$  पायी जाती है तब  $x$  का क्या मान होगा ? (पानी का अपवर्तनांक =  $4/3$ )

GO0029

**Ans. 3**

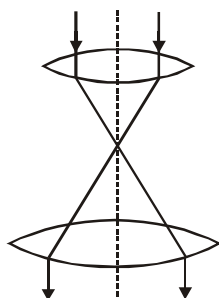
**Sol.** In water  $\frac{1}{f_1} = \frac{2}{R} \left( \frac{n_1}{n_w} - 1 \right) = \frac{2}{10} \left( \frac{1.7}{4/3} - 1 \right)$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{2}{R} \left( \frac{n_2}{n_w} - 1 \right) = \frac{2}{-10} \left( \frac{1.50}{4/3} - 1 \right)$$

$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{2}{10} \left( \frac{1.7 - 1.50}{4/3} \right) = \frac{3}{100} \Rightarrow f_{eq} = \frac{100}{3} \Rightarrow x = 3$$

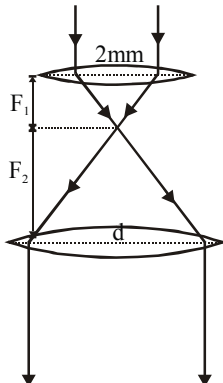
30. Consider a 'beam expander' which consists of two converging lenses of focal lengths  $40\text{ cm}$  and  $100\text{cm}$  having a common optical axis. A laser beam of diameter  $2\text{ mm}$  is incident on the  $40\text{ cm}$  focal length lens. Then what is the diameter (in  $\text{mm}$ ) of the final beam (see figure)?

चित्र में प्रदर्शित एक "पुंज विस्तारक" पर विचार कीजिये जिसमें फोकस दूरी  $40\text{ cm}$  तथा  $100\text{ cm}$  वाले दो अभिसारी लेंस लगे हुए हैं। जिनकी प्रकाशीय अक्ष उभयनिष्ठ है।  $2\text{ mm}$  व्यास वाला एक लेजर पुंज  $40\text{ cm}$  वाले फोकस दूरी वाले लेंस पर आपतित होता है। तब अन्तिम प्रकाश पुंज का व्यास ( $\text{mm}$  में) ज्ञात कीजिये।



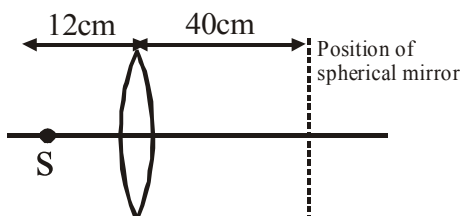
GO0030

Ans. 5

Sol.  Similar triangles  $\frac{2mm}{F_1} = \frac{d}{F_2}$ ,  $d = (2mm) \left( \frac{100cm}{40cm} \right) = 5mm$

31. A converging lens and a spherical mirror are placed with their principal axis coinciding. Their separation equals 40 cm. A point source S is placed on the principal axis at a distance of 12 cm from the lens as shown in the figure. It is found that the final beam comes out parallel to the principal axis. Focal length of the lens equals 15 cm. Find the focal length of the mirror.

एक अभिसारी लेंस तथा एक गोलीय दर्पण को इस प्रकार से रखा गया है कि उनकी मुख्य अक्ष सम्पाती रहती है। उनके मध्य दूरी 40 cm है। एक बिन्दु स्रोत S को चित्रानुसार लेंस से 12 cm दूरी पर मुख्य अक्ष पर रखा गया है। अन्तिम पुंज मुख्य अक्ष के समान्तर बाहर निकलता है। लेंस की फोकस दूरी 15 cm के बराबर है। दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात कीजिए।

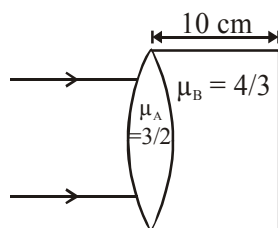


GO0031

Ans. (–20 cm)

32. A parallel paraxial beam of light is incident on the arrangement as shown  $\mu_A = 3/2$ ,  $\mu_B = 4/3$ , the two spherical surfaces are very close and each has radius of curvature 10 cm. Find the point where the rays are focussed. (w.r.t. point of entry)

एक समान्तर उपाक्षीय प्रकाश पुंज प्रदर्शित व्यवस्था पर आपतित होता है। यहाँ  $\mu_A = 3/2$ ,  $\mu_B = 4/3$  है। दोनों गोलाकार सतहें एक-दूसरे के अत्यन्त नजदीक है तथा प्रत्येक की वक्रता त्रिज्या 10 cm है। प्रवेश बिन्दु के सापेक्ष वह बिन्दु ज्ञात कीजिए जहाँ ये किरणें फोकसित होती है।



GO0032

Ans. 17.5 cm

Sol. For  $P_1$ ,  $\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$

$$\frac{3/2}{v_1} - \frac{1}{-\infty} = \frac{3/2 - 1}{+10}$$

$$v_1 = +30 \text{ cm from } P_1$$

For thin lens,  $I_1$  will act as object  $O_2$  for  $P_2$ ,  $v_1 = u_2$

For  $P_2$ ,  $\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$

$$\frac{4/3}{v_2} - \frac{3/2}{v_1} = \frac{4/3 - 3/2}{-10 \text{ cm}}$$

$$v_2 = +30 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow v_2 = +20 \text{ cm from } P_2$$

Now,  $I_2$  will act as object  $O_3$  for  $P_3$

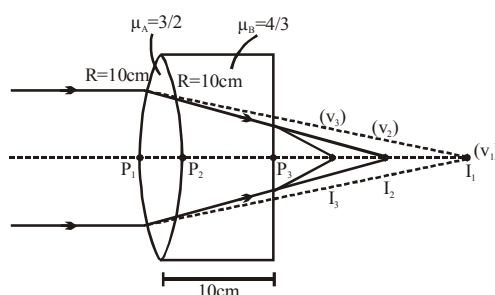
$$u_3 = +10 \text{ cm from } P_3$$

For  $P_3$ ,  $\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$

$$\frac{1}{v_3} - \frac{4/3}{+10} = \frac{1 - 4/3}{(\infty)}$$

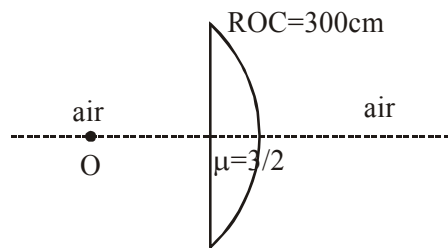
$$v_3 = +7.5 \text{ cm from } P_3$$

So, final image is at 17.5 cm from  $P_1$



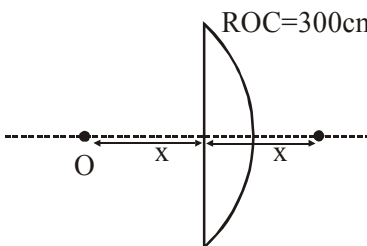
33. Plane surface of a thin planoconvex lens reflects 50% of light, while the curved surface is completely transparent, if final image of 'O' after refraction through thin lens coincides with the image formed due to partial reflection from plane surface. If distance between O and lens is  $x$  (in m) then find the value of  $x/4$ .

एक पतले समतलोत्तल लेंस की समतल सतह प्रकाश का 50% परावर्तित कर देती है जबकि इसकी वक्रीय सतह पूर्णतया पारदर्शी है। पतले लेंस से होकर अपवर्तन के पश्चात् बनने वाला 'O' का अंतिम प्रतिबिम्ब समतल सतह से आंशिक परावर्तन के फलस्वरूप बनने वाले प्रतिबिम्ब के साथ सम्पाती होता है। यदि O तथा लेंस के मध्य दूरी  $x$  (m) हो तो  $x/4$  का मान ज्ञात करें।



GO0033

Ans. 3

Sol.  
$$\frac{1}{f} = \left( \frac{\mu_L}{\mu_s} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \Rightarrow \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} ; v = -u = x$$

34. A lens is placed at origin, with x-axis as its principal axis. A ray of light is incident on it from the -ve side of x-axis along the line  $y = \frac{x}{400} + 0.1$ , where  $x, y$  are in cm. Focal length of lens is 30 cm.

Find the equation of the ray after passing through the lens.

एक लेंस को मूलबिन्दु पर रखा जाता है तथा x-अक्ष इसकी मुख्य अक्ष है। एक प्रकाश किरण को x-अक्ष की ऋणात्मक दिशा की ओर से रेखा  $y = \frac{x}{400} + 0.1$  के अनुदिश इस पर गिराया जाता है। जहाँ  $x, y$  cm में हैं। यदि लेंस की फोकस दूरी 30 cm हो तो लेंस से निकलने के पश्चात् किरण की समीकरण क्या होगी ?

GO0034

Ans.  $y = -\frac{x}{1200} + 0.1$

**Sol.** Assuming converging lens

Let  $\theta$  point be position of a point object on principal axis.

Then  $u = -40$  cm.

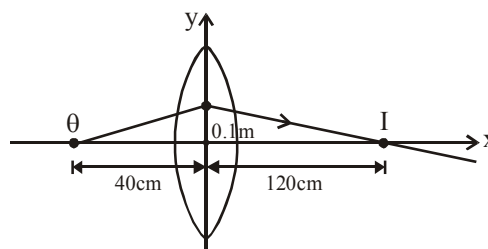
$$f = +30$$
 cm

$$\text{So, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f},$$

$$\text{We get } v = \frac{uf}{u+f} = \frac{(-40)(+30)}{-40+30} = +120 \text{ cm}$$

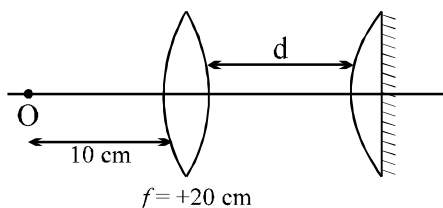
So, position of image is at +120 cm,

$$\text{So, equation of light ray after reflection will be, } y = -\frac{x}{1200} + 0.1$$



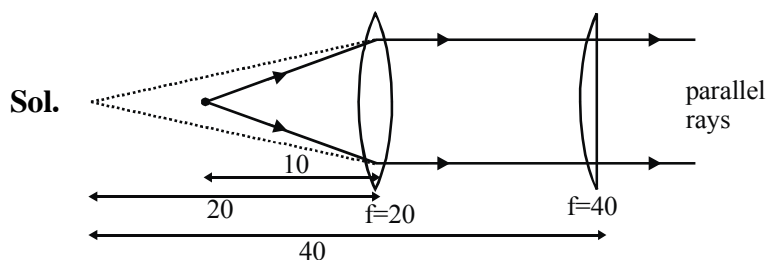
- 35.** A convex lens of focal length 20 cm and another plano convex lens of focal length 40 cm are placed co-axially (see fig.). The plano convex lens is silvered on plane surface. What should be the 5d (in m) so that final image of the object 'O' is formed on O itself.

एक उत्तल लेंस जिसकी फोकस दूरी 20 cm है तथा 40 cm फोकस दूरी वाला एक अन्य समतलोत्तल लेंस चित्रानुसार समाक्षीय रूप से रखे हुए है। इस समतलोत्तल लेंस की समतल सतह रजतित है। दूरी 5d (m में) का मान क्या होना चाहिये ताकि प्रतिबिम्ब O' स्वयं O पर ही बने ?



GO0035

**Ans. 1**

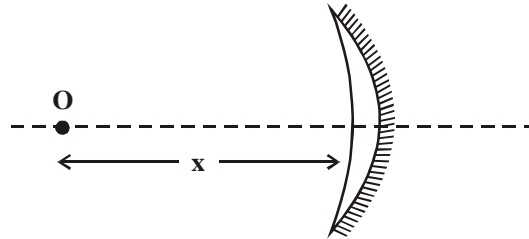


$$d = 20 \text{ cm; } 5d = 100 \text{ cm} = 1 \text{ meter}$$

- 36.** Radii of curvature of a concavo-convex lens (refractive index = 1.5) are 40 cm and 20 cm as shown. The convex side is silvered. The distance x (in cm) on the principal axis where an object is placed so that its image is created on the object itself, is given as  $4\beta$ . Find the value of  $\beta$ .



एक अवतल-उत्तल लेंस का अपवर्तनांक 1.5 है। इसकी वक्रता त्रिज्या 40 cm तथा 20 cm है। उत्तल सतह रज्जित है। इसकी मुख्य अक्ष पर दूरी  $x$  (सेमी में) पर एक बिम्ब को रखने पर इसका प्रतिबिम्ब स्वयं बिम्ब पर बनता है। इस दूरी का मान यदि  $4\beta$  हो तो  $\beta$  का मान ज्ञात कीजिये।



GO0036

Ans. 4

$$\text{Sol. } \frac{1}{F_{\text{lens}}} = (1.5 - 1) \left[ \frac{1}{-40} - \frac{1}{-20} \right] = \frac{1}{80}; F_{\ell} = 80 \text{ cm}$$

$$F_m = -\frac{20}{2} = -10 \text{ cm}; \frac{1}{F_{eq}} = \frac{1}{f_m} - \frac{2}{f_{\ell}} = \frac{1}{-10} - \frac{2}{80}; f_{eq} = -8 \text{ cm}$$

Hence object should be placed at  $x = 16 \text{ cm}$ , i.e. at the centre of curvature.

### Dispersion :

37. A flint glass convex lens of focal length 16 cm is placed in contact with crown glass lens. The refractive indices of crown glass for violet and red colour are  $\mu_v = 1.525$ ,  $\mu_r = 1.515$  and for flint glass  $\mu_v = 1.655$  and  $\mu_r = 1.645$ .

(a) Find the nature and focal length of the crown glass lens which will form an achromatic combination with the flint glass lens.

(b) What is the focal length of the combination?

एक 16 cm फोकस दूरी वाले फ्लिन्ट कांच के उत्तल लेंस को क्राउन कांच के लेंस के सम्पर्क रखते हैं। बैंगनी तथा लाल रंग के लिये क्राउन कांच के अपवर्तनांक क्रमशः  $\mu_v = 1.525$  व  $\mu_r = 1.515$  तथा फ्लिन्ट कांच के अपवर्तनांक क्रमशः  $\mu_v = 1.655$  तथा  $\mu_r = 1.645$  हैं।

(a) क्राउन कांच के लेंस की प्रकृति तथा फोकस दूरी ज्ञात कीजिए जो कि फ्लिन्ट कांच के लेंस के साथ एकवर्णीय संयोजन बनाता है।

(b) संयोजन की फोकस दूरी क्या होगी ?

GO0037

Ans. (a)  $f = -20 \text{ cm}$ , (b)  $+80 \text{ cm}$ , convergent achromatic lens]

Sol. For achromatic combination of lens,

$$\frac{\omega_1}{f_1} + \frac{\omega_2}{f_2} = 0$$

$$\omega = \frac{\mu_v - \mu_r}{\left(\frac{\mu_v + \mu_r}{2}\right) - 1}$$

$$\text{crown glass } \omega_1 = \frac{1.525 - 1.515}{\left(\frac{1.525 + 1.515}{2}\right) - 1} = \frac{0.010}{0.520} = \frac{1}{52}$$

$$\text{flint glass } \omega_2 = \frac{1.655 - 1.645}{\left(\frac{1.655 + 1.645}{2}\right) - 1} = \frac{0.010}{0.650} = \frac{1}{65}$$

$$f = -20 \text{ cm}$$

focal length of combination.

$$\frac{1}{F_{\text{eq}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

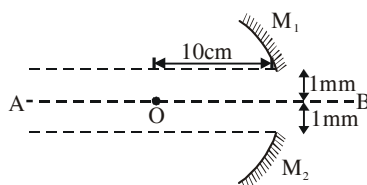
$$= \frac{1}{16} - \frac{1}{20}$$

$$F_{\text{eq}} = +80 \text{ cm converging.}$$

## EXERCISE (S-2)

1. A concave mirror of focal length 20 cm is cut into two parts from the middle and the two parts are moved perpendicularly by a distance 1 mm from the previous principal axis AB. If an object is placed at a distance of 10 cm from the mirror on the line AB then, find the distance between the images formed by the two parts?

20 cm फोकस दूरी के अवतल दर्पण को बीच में से दो भागों में काटा गया है तथा दोनों भागों को पूर्व मुख्य अक्ष AB से 1mm लम्बवत् खिसकाकर रखा गया है तथा यदि रेखा AB पर एक बिम्ब को दर्पण से 10 cm की दूरी पर रखा जाये तो दोनों भागों द्वारा बनाये गये प्रतिबिम्बों के मध्य की दूरी ज्ञात कीजिए।



GO0038

Ans. 2 mm

Sol.  $u = -10$  cm,  $f = -20$  cm

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$v = +20 \text{ cm}$$

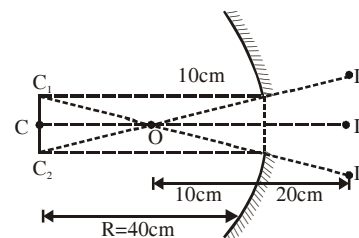
line joining object & image, passes through centre of curvature.

Using similar triangle's property

$$\frac{C_1 C_2}{CO} = \frac{I_1 I_2}{QI}$$

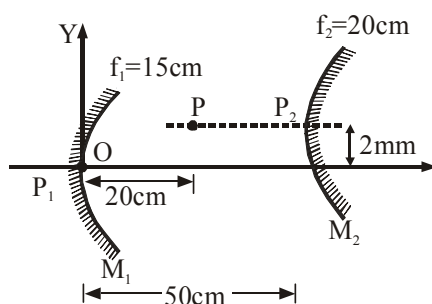
$$\frac{2\text{mm}}{30\text{cm}} = \frac{I_1 I_2}{30\text{cm}}$$

$$I_1 I_2 = 2\text{mm}$$



2. Find the co-ordinates of image of point object P formed after two successive reflection in situation as shown in figure considering first reflection at concave mirror and then at convex.

किसी बिन्दु बिम्ब P के पहले अवतल दर्पण तथा फिर उत्तल दर्पण से चित्रानुसार दो क्रमागत परावर्तनों के पश्चात् बनने वाले प्रतिबिम्ब के निर्देशांक ज्ञात कीजिए।



GO0039

Ans. (30 cm, -14 mm)

Sol. Reflection at concave mirror  $v = \frac{uf}{u-f} = \frac{(-20)(-15)}{-20+15} = -60$  cm

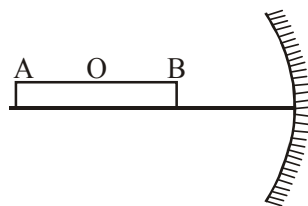
$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{v}{u} \Rightarrow h_i = -h_o \times \left(\frac{v}{u}\right) \Rightarrow h_i = -2 \times \left(\frac{-60}{-20}\right) = -6 \text{ mm}$$

Again reflection at convex mirror

$$v = \frac{uf}{u-f} = \frac{10 \times 20}{10-20} = -20 \text{ cm}; h_i = -h_o \times \frac{v}{u} = -(-8) \times \left(\frac{-20}{10}\right) = -16 \text{ mm}$$

3. A rod of length  $\ell$  is moving with constant speed 1 m/s towards the pole of a concave mirror of focal length  $\ell$ . Find the rate of change in length of the image of the rod (in m/s) at the moment centre of the rod coincides with the centre of curvature of the mirror.

एक छड़ की लम्बाई  $\ell$  है। यह  $\ell$  फोकस दूरी वाले अवतल दर्पण के ध्रुव की ओर 1 m/s की नियत चाल से गतिशील है। जब छड़ का केन्द्र दर्पण के वक्रता केन्द्र के साथ सम्पाती हो जाता है उस क्षण के छड़ के प्रतिबिम्ब की लम्बाई में परिवर्तन की दर m/s में ज्ञात कीजिए।



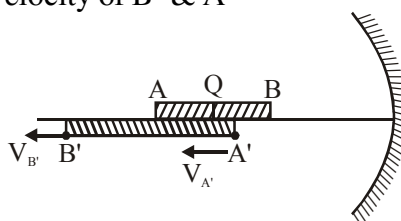
GO0040

Ans.  $\frac{32}{9}$

Sol. rate of change of length of image is equal to relative velocity of B' & A'

$$= (V_{B'} - V_{A'})$$

$$V_{B'} = \left(\frac{V_B}{U_B}\right)^2 \times V_B = \left(\frac{f}{U_B - f}\right)^2 V_B = 4 \text{ m/s}$$



$$V_{A'} = \left( \frac{V_A}{U_A} \right)^2 \times V_A = \left( \frac{f}{U_A - f} \right)^2 V_A = \frac{4}{9} \text{ m/s}$$

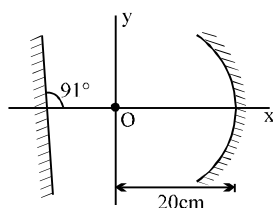
$$\text{rate of change of length} = V_{B'} - V_{A'} = 4 - \frac{4}{9} = \frac{32}{9}$$

4. A point object is placed at the centre of curvature of a concave mirror (taken as origin). A plane mirror is also placed at a distance of 10 cm from the object as shown. Consider two reflection first at plane

mirror and then at concave mirror  $(x_0, y_0)$ . Find  $\frac{\pi x_0}{y_0}$  the coordinates of the image thus formed are.

एक बिन्दु बिम्ब को अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र पर रखा जाता है (इसे मूल बिन्दु मानें)। एक समतल दर्पण को चित्रानुसार इस बिम्ब से 10 cm की दूरी पर रखा जाता है। दो परावर्तनों पर विचार करें, प्रथम समतल दर्पण से तथा फिर अवतल दर्पण

से। यदि इस प्रकार बनने वाले प्रतिबिम्ब के निर्देशांक  $(x_0, y_0)$  हो तो  $\frac{\pi x_0}{y_0}$  का मान ज्ञात करें।



GO0041

Ans. 0180

Sol. Distance of  $I_1$  from mirror = 40 cm

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u} \Rightarrow \frac{1}{-10} = \frac{1}{v} + \frac{1}{-140} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{40} - \frac{1}{10}$$

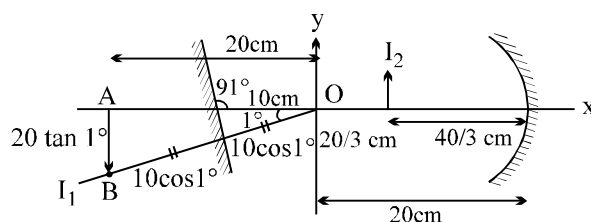
$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1-4}{40} \Rightarrow v = -40/3 \text{ cm}$$

using magnification formula

$$m = \frac{I}{O} = -\frac{v}{u} \Rightarrow \frac{I}{-20 \tan 1^\circ} = -\frac{-40/3}{-40}$$

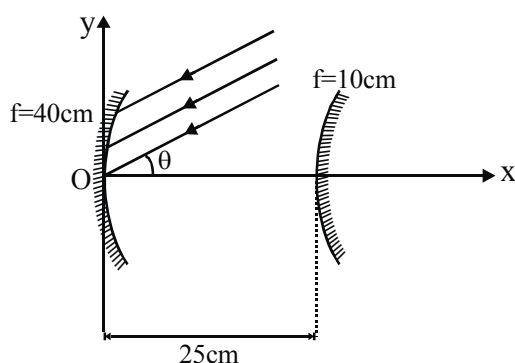
$$\Rightarrow I = \frac{20 \tan 1^\circ}{3} = \frac{20}{3} \tan \frac{\pi}{180} \simeq \frac{20}{3} \times \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{27}$$

$$\text{Co-ordinate of image} = \left( \frac{20}{3}, \frac{\pi}{27} \right)$$



5. Consider a concave mirror kept at origin with focal length 40 cm. Parallel rays which subtend an angle  $\theta = \frac{1}{40}$  radian are incident on it. A convex mirror is kept at a distance 25 cm from the first mirror as shown. Find the y-coordinate of the image (in cm) formed by the system of mirrors after two reflections.

एक 40 cm फोकस दूरी वाला अवतल दर्पण मूलबिन्दु पर रखा हुआ है। समान्तर किरणें, इस पर  $\theta = \frac{1}{40}$  rad कोण बनाते हुए आपतित होती हैं। एक अन्य उत्तल दर्पण को प्रथम दर्पण से 25 cm दूरी पर रखा जाता है। दर्पणों के इस निकाय द्वारा दो परावर्तनों के पश्चात् बनने वाले प्रतिबिम्ब का y-निर्देशांक (सेमी में) ज्ञात कीजिए।



GO0042

Ans. 2

**Sol.** Image formed by concave mirror =  $f\theta = 40 \times \frac{1}{40}$  cm in height.

For convex-mirror, position of object = 15 cm

$$\text{Thus, } \frac{1}{v} + \frac{1}{15} = \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{30} \Rightarrow v = 30 \text{ cm} \therefore m = -\left(\frac{30}{15}\right) = -2$$

$\therefore$  y-coordinate of image formed by convex mirror =  $2 \times 1 = 2$  cm

6. The x-y plane is the boundary between two transparent media. Medium-1 with  $z > 0$  has refractive index  $\sqrt{2}$  and medium-2 with  $z < 0$  has a refractive index  $\sqrt{3}$ . A ray of light in medium-1 given by the vector  $\vec{A} = 6\sqrt{3}\hat{i} + 8\sqrt{3}\hat{j} - 10\hat{k}$  is incident on the plane of separation. Find the unit vector in the direction of refracted ray in medium-2. [1999, 10M]

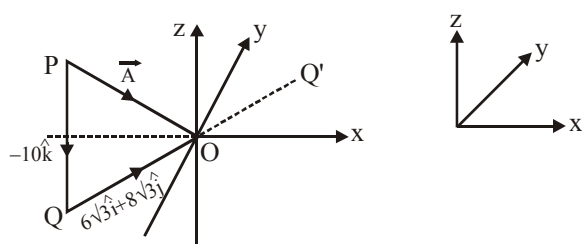
दो पारदर्शी माध्यमों के बीच परिसीमा x-y तल है। माध्यम-1, जिसके लिये  $z > 0$  है, का अपवर्तनांक  $\sqrt{2}$  है तथा माध्यम-2, जिसके लिये  $z < 0$  है, का अपवर्तनांक  $\sqrt{3}$  है। माध्यम-1 में सदिश  $\vec{A} = 6\sqrt{3}\hat{i} + 8\sqrt{3}\hat{j} - 10\hat{k}$  द्वारा निरूपित प्रकाश की किरण पृथक्कारी तल पर आपतित होती है। माध्यम-2 में अपवर्तित किरण की दिशा में एकांक सदिश ज्ञात कीजिये। [1999, 10M]

GO0043

**Ans.**  $\vec{r} = \frac{3}{5\sqrt{2}}\hat{i} + \frac{2\sqrt{2}}{5}\hat{j} - \frac{1}{\sqrt{2}}\hat{k}$  (angle of incidence =  $60^\circ$ ;  $r=45^\circ$ )

**Sol.** Incident ray  $\vec{A} = 6\sqrt{3}\hat{i} + 8\sqrt{3}\hat{j} - 10\hat{k}$

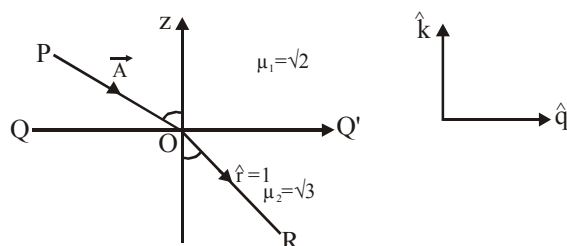
$$= (6\sqrt{3}\hat{i} + 8\sqrt{3}\hat{j}) + (-10\hat{k})$$



$$\vec{QO} + \vec{PQ} \quad (\text{As shown in figure})$$

Note that  $\vec{QO}$  is lying on x-y plane.

Now,  $QQ'$  and Z-axis are mutually perpendicular. Hence, we can show them in two-dimensional figure as below.



Vector  $\vec{A}$  makes an angle  $i$  with z-axis, given by

$$i = \cos^{-1} \left\{ \frac{10}{\sqrt{(10)^2 + (6\sqrt{3})^2 + (8\sqrt{3})^2}} \right\}$$

$$= \cos^{-1} \left\{ \frac{1}{2} \right\}$$

$$i = 60^\circ$$

Unit vector in the direction of  $QQ'$  will be

$$\hat{q} = \frac{6\sqrt{3}\hat{i} + 8\sqrt{3}\hat{j}}{\sqrt{6(3)^2 + (8\sqrt{3})^2}} = \frac{1}{5}(3\hat{i} + 4\hat{j})$$

Snell's law gives

$$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin r}$$

$$\therefore \sin r = \frac{\sqrt{3}/2}{\sqrt{3}/\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

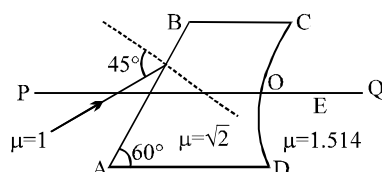
$$\therefore r = 45^\circ$$

Now, we have to find a unit vector in refracted ray's direction OR. Say it is  $\hat{r}$  whose magnitude is 1. Thus,

$$\begin{aligned}\hat{r} &= (1 \sin r) \hat{q} - (1 \cos r) \hat{k} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} [\hat{q} - \hat{k}] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ \frac{1}{5} (3\hat{i} + 4\hat{j}) - \hat{k} \right] \\ \hat{r} &= \frac{1}{5\sqrt{2}} (3\hat{i} + 4\hat{j} - 5\hat{k})\end{aligned}$$

7. Figure shows an irregular block of material of refractive index  $\sqrt{2}$ . A ray of light strikes the face AB as shown in the figure. After refraction it is incident on a spherical surface CD of radius of curvature 0.4 m and enters a medium of refractive index 1.514 to meet PQ at E. Find the distance OE upto two places of decimal. [IIT-JEE 2004]

चित्र में  $\sqrt{2}$  अपवर्तनांक के पदार्थ का एक अनियमित ब्लॉक प्रदर्शित है। प्रकाश की एक किरण चित्रानुसार सतह AB पर टकराती है। अपवर्तन के बाद यह 0.4 m वक्रता त्रिज्या की गोलीय सतह CD पर आपतित होती है तथा यह PQ को E बिन्दु पर स्पर्श करने के लिये 1.514 अपवर्तनांक के माध्यम में प्रवेश करती है। दूरी OE का मान दो दशमलव अंकों तक ज्ञात कीजिये। [IIT-JEE 2004]



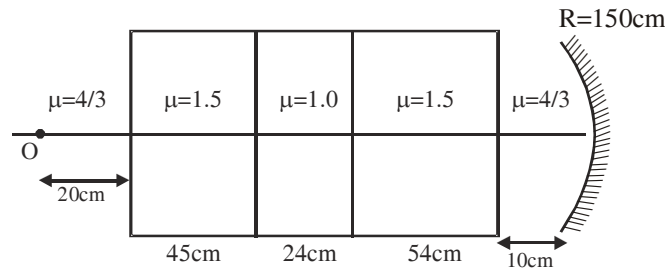
GO0044

Ans.  $\frac{1.514 \times 0.4}{0.1} = 6.06$  m correct upto two places of decimal.

8. A composite slab consisting of different media is placed in front of a concave mirror of radius of curvature 150 cm. The whole arrangement is placed in water. An object O is placed at a distance 20 cm from the slab. The R.I. of different media are given in the diagram. Find the position of the final image formed by the system.



एक संयुक्त पट्टिका को विभिन्न माध्यमों से मिलाकर बनाया गया है। इसे 150 cm वक्रता त्रिज्या वाले एक अवतल दर्पण के सामने रख दिया जाता है। यह संपूर्ण निकाय जल के अन्दर रखा हुआ है। पट्टिका से 20 cm की दूरी पर एक बिम्ब O रखा हुआ है। चित्र में विभिन्न माध्यमों के अपवर्तनांक दर्शाये गये हैं। इस निकाय द्वारा बने हुए अंतिम प्रतिबिम्ब की स्थिति ज्ञात कीजिये।



GO0045

**Ans.** On the object itself

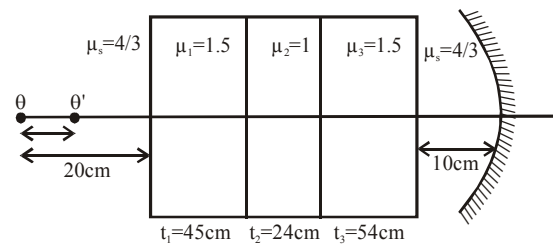
**Sol.** shift  $\theta\theta' = \sum t \left( 1 - \frac{\mu_s}{\mu} \right)$

$$= t_1 \left( 1 - \frac{\mu_s}{\mu_1} \right) + t_2 \left( 1 - \frac{\mu_1}{\mu_2} \right) + t_3 \left( 1 - \frac{\mu_s}{\mu_3} \right)$$

$$= 45 \left( 1 - \frac{4/3}{1.5} \right) + 24 \left( 1 - \frac{4/3}{1.0} \right) + 54 \left( 1 - \frac{4/3}{1.5} \right)$$

$$= 5 + (-8) + 6$$

$$= 3 \text{ cm}$$



for mirror, object is at  $\theta'$  and  $\theta'$  is at  $17 + 45 + 24 + 54 + 10 = 150 \text{ cm}$

from mirror, it is equal to radius of curvature, So,  $\theta'$  is at centre of curvature, hence its image will coincide with object.

9. A ray of light travelling in air is incident at grazing angle (incident angle =  $90^\circ$ ) on a long rectangular slab of a transparent medium of thickness  $t = 1.0$  (see figure). The point of incidence is the origin A (O, O). The medium has a variable index of refraction  $n(y)$  given by:  $n(y) = [ky^{3/2} + 1]^{1/2}$ , where  $k = 1.0 \text{ m}^{-3/2}$ . The refractive index of air is 1.0.

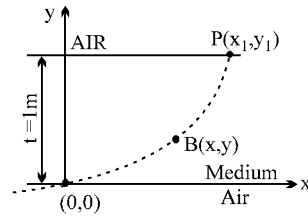
(i) Obtain a relation between the slope ( $dy/dx$ ) of the trajectory of the ray at a point B (x, y) in the medium and the incident angle ( $i$ ) at that point. [JEE-1995]

(ii) Find the value of  $n \sin i$ .

(iii) Obtain an equation for the trajectory  $y(x)$  of the ray in the medium.

(iv) Determine the coordinates ( $x_1, y_1$ ) of the point P, where the ray intersects the upper surface of the slab-air boundary.

(v) Indicate the path of the ray subsequently.



वायु में गतिशील एक प्रकाश किरण चित्रानुसार  $t = 1 \text{ m}$  मोटाई वाली पारदर्शी माध्यम की लम्बी आयताकार पट्टिका पर पृष्ठस्पर्शीय कोण (आपतन कोण  $= 90^\circ$ ) पर आपतित है। आपतन बिन्दु, मूल बिन्दु A (0, 0) है। इस माध्यम का परिवर्ती अपवर्तनांक  $n(y)$  निम्न समीकरण द्वारा दिया जाता है :  $n(y) = [ky^{3/2} + 1]^{1/2}$ , जहाँ  $k=1.0 \text{ m}^{-3/2}$  है। वायु का अपवर्तनांक 1.0 है।

[IIT-JEE 1995]

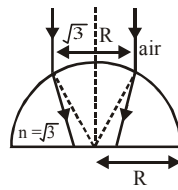
- माध्यम में बिन्दु B (x,y) पर किरण के प्रक्षेप्य पथ की ढाल ( $dy/dx$ ) तथा इस बिन्दु पर आपतन कोण (i) के मध्य सम्बन्ध ज्ञात करें।
- $n \sin i$  का मान ज्ञात करें।
- इस माध्यम में किरण के प्रक्षेप्य पथ  $y(x)$  की समीकरण ज्ञात करें।
- उस बिन्दु P के निर्देशांक ( $x_1, y_1$ ) ज्ञात कीजिए, जहाँ किरण पट्टिका-वायु परिसीमा की ऊपरी सतह को प्रतिच्छेदित करती है।
- तदोपरान्त किरण के पथ को इंगित करें।

GO0046

**Ans.** (i)  $\tan \theta = \frac{dy}{dx} = \cot i$ ; (ii) 1; (iii)  $y = k^2(x/4)^4$ ; (iv) 4.0, 1; (v) It will become parallel to x-axis

- 10.** A light beam of diameter  $\sqrt{3} R$  is incident symmetrically on a glass hemisphere of radius R and of refractive index  $n = \sqrt{3}$ . Find the radius of the beam at the base of hemisphere.

एक प्रकाश पुंज का व्यास  $\sqrt{3} R$  है। यह त्रिज्या R तथा अपवर्तनांक  $n = \sqrt{3}$  वाले कांच के अर्धगोले पर सममित रूप से आपतित होता है। अर्धगोले के आधार पर पुंज की त्रिज्या ज्ञात कीजिए।



GO0047

**Ans.**  $\frac{R}{\sqrt{3}}$

**Sol.**  $\sin i = \frac{\sqrt{3}}{2} \propto i = 60^\circ$

Snell's law,  
 $\sin i = \mu \sin \theta$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \sin \theta$$

$$\theta = 30^\circ$$

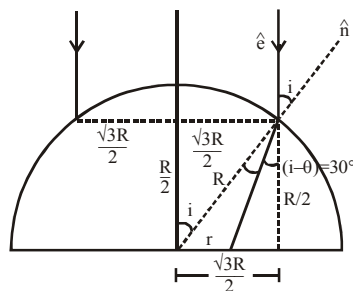
$$\tan(i - \theta) = \frac{\left(\frac{\sqrt{3}R}{2} - r\right)}{R/2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{R\sqrt{3} - 2r}{R}$$

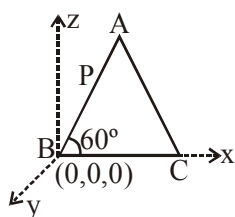
$$R = 3R - 2r\sqrt{3}$$

$$2r\sqrt{3} = 2R$$

$$r = \frac{R}{\sqrt{3}}$$



11. An equilateral prism ABC is placed in air with its base side C lying horizontally along X-axis as shown in the figure. A ray given by  $\sqrt{3}z + x = 10$  is incident at a point P on face AB of prism
- (a) Find the value of  $\mu$  for which the ray grazes the faces AC.
- (b) Find direction of the finally refracted ray if  $\mu = 3/2$ .
- (c) Find the equation of ray coming out of prism if bottom BC is silvered ?



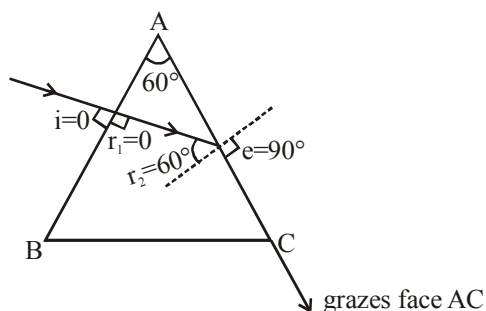
एक समबाहु प्रिज्म ABC वायु में इस प्रकार रखा हुआ है कि इसकी आधार भुजा C चित्रानुसार X-अक्ष के अनुदिश क्षैतिज रूप से स्थित है। एक किरण  $\sqrt{3}z + x = 10$  प्रिज्म के फलक AB पर बिन्दु P पर आपतित है।

- (a)  $\mu$  का वह मान ज्ञात कीजिए जिसके लिए किरण फलक AC के पृष्ठ स्पर्शीय रूप से निकले।
- (b) यदि  $\mu = 3/2$  हो तो अंतिम अपवर्तित किरण की दिशा ज्ञात कीजिए।
- (c) यदि आधार BC रजतित हो तो प्रिज्म से बाहर निकले वाली किरण की समीकरण ज्ञात कीजिए।

GO0048

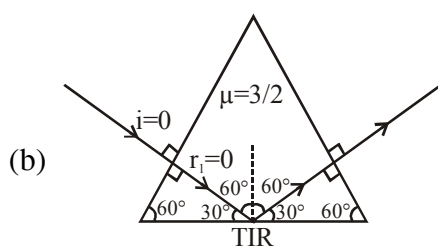
Ans. (a)  $\frac{2}{\sqrt{3}}$  (b) Normal to surface (c) Retrace the path,  $\sqrt{3}z + x = 10$

Sol. (a)



$$\mu \sin 60^\circ = 1 \sin 90^\circ$$

$$\mu = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

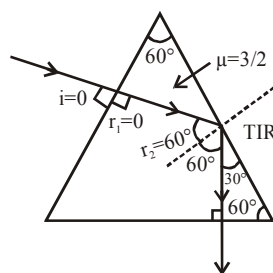


$$\sqrt{37} + x = 10$$

$$2 = -\frac{1}{\sqrt{3}}x + 10$$

$$\sin \theta_c = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{3/2} = \frac{2}{3}$$

$$\theta_c \approx 42^\circ < 60^\circ \text{ (TIR)}$$



12. An object is approaching a thin convex lens of focal length 0.3 m with a speed of 0.01 m/s. Find the magnitudes of the rates of change of position and lateral magnification of image when the object is at a distance of 0.4 m from the lens.

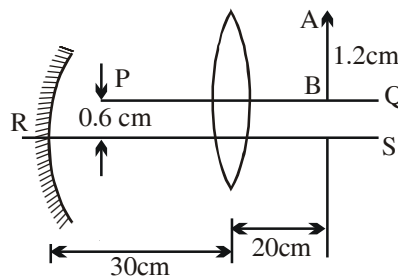
एक बिम्ब 0.01 m/s की चाल से 0.3 m फोकस दूरी के एक पतले उत्तल लेन्स की ओर जा रहा है। जब बिम्ब, लेन्स से 0.4 m की दूरी पर है तो स्थिति के परिवर्तन की दर तथा प्रतिबिम्ब के पार्श्व आवर्धन का परिमाण ज्ञात कीजिये।

[IIT-JEE 2004]

GO0049

Ans. 0.09 m/s ; Magnitude of the rate of change of lateral magnification is  $0.3 \text{ s}^{-1}$ .

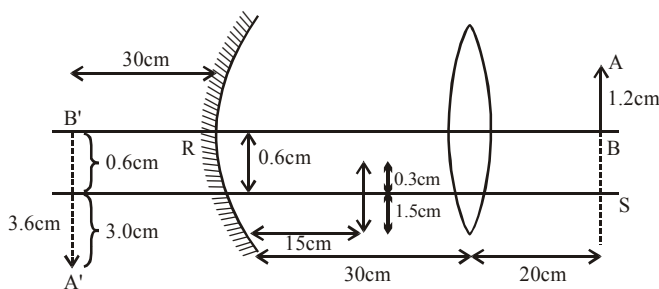
13. A convex lens of focal length 15 cm and a concave mirror of focal length 30 cm are kept with their optic axes  $PQ$  and  $RS$  parallel but separated in vertical direction by 0.6 cm as shown. The distance between the lens and mirror is 30 cm. An upright object  $AB$  of height 1.2 cm is placed on the optic axis  $PQ$  of the lens at a distance of 20 cm from the lens. If  $A'B'$  is the image after refraction from the lens and reflection from the mirror, find the distance of  $A'B'$  from the pole of the mirror and obtain its magnification. Also locate positions of  $A'$  and  $B'$  with respect to the optic axis  $RS$ . [IIT-JEE 2000]
- फोकस दूरी 15 cm वाले एक उत्तल लेंस तथा फोकस दूरी 30 cm वाले एक अवतल दर्पण को उनकी प्रकाशीय अक्ष  $PQ$  तथा  $RS$  पर समान्तर रूप से परन्तु ऊर्ध्वाधर दिशा में चित्रानुसार 0.6 cm दूरी पर रखा गया है। लेंस तथा दर्पण के मध्य दूरी 30 cm है। एक 1.2 cm ऊंचे सीधे बिम्ब  $AB$  को लेंस की प्रकाशीय अक्ष  $PQ$  पर लेंस से 20 cm दूरी पर रखते हैं। यदि लेंस से अपवर्तन तथा दर्पण से परावर्तन के पश्चात् बनने वाला प्रतिबिम्ब  $A'B'$  हो तो दर्पण के ध्रुव से  $A'B'$  की दूरी तथा इसका आवर्धन ज्ञात कीजिए। प्रकाशीय अक्ष  $RS$  के सापेक्ष  $A'$  व  $B'$  की स्थितियां भी दर्शाइये। [IIT-JEE 2000]



GO0050

Ans. 15 cm right of the mirror, magnification = 1.5; (–15 cm, –1.5 cm; –15 cm, 0.3 cm)

Sol.



For lens,

$$u = -20 \text{ cm}, f = +15 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow v_1 = \frac{uf}{u+f}$$

$$= 60 \text{ cm left of lens}$$

This  $A'B'$  will act as object for mirror.

$$\text{So, } u_2 = +30 \text{ cm}$$

$$f_2 = -30 \text{ cm}$$

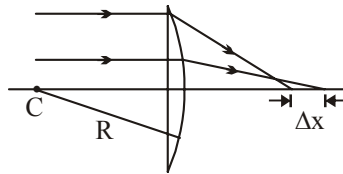
$$\frac{1}{v_2} + \frac{1}{u_2} = \frac{1}{f_2} \Rightarrow v_2 = \frac{u_2 f_2}{u_2 - f_2} = -15 \text{ cm right of mirror}$$

Position of A'' = (15 cm, -1.5 cm)

B'' = (15 cm, +0.3 cm)

14. Two rays travelling parallel to the principal axis strike a large plano-convex lens having a refractive index of 1.60. If the convex face is spherical, a ray near the edge does not pass through the focal point (spherical aberration occurs). If this face has a radius of curvature of magnitude 20.0 cm and the two rays are  $h_1 = 0.500$  cm and  $h_2 = 12.0$  cm from the principal axis, find the difference in the positions where they cross the principal axis.

मुख्य अक्ष के समान्तर गति कर रही दो किरणें 1.60 अपवर्तनांक वाले एक बड़े समतलोत्तल लेंस से टकराती हैं। यदि उत्तल सतह गोलीय हो तो किनारे के समीप वाली किरण फोकस बिन्दु से नहीं गुजरती है (गोलीय विपथन होता है)। यदि इस फलक की वक्रता त्रिज्या का परिमाण 20 cm हो तथा दोनों किरणें मुख्य अक्ष से  $h_1 = 0.500$  cm तथा  $h_2 = 12$  cm पर हैं तो उन स्थितियों के मध्य अन्तर ज्ञात कीजिये जहां ये मुख्य अक्ष को काटती हैं।



GO0051

Ans.  $\frac{64}{3}$  cm

15. The rectangular box shown is the place of lens. By looking at the ray diagram, answer the following questions :

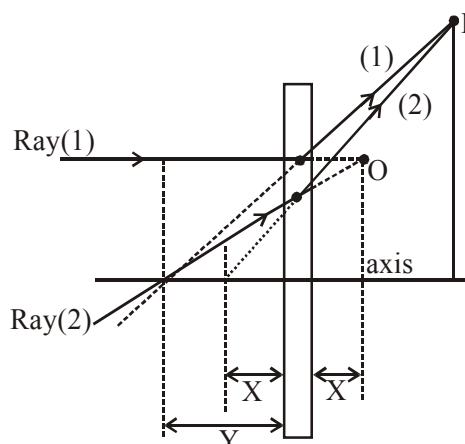
(i) If X is 5 cm then what is the focal length of the lens ?

(ii) If the point O is 1 cm above the axis then what is the position of the image ? Consider the optical center of the lens to be the origin.

चित्र में लेंस के स्थान पर एक आयताकार बॉक्स रखा हुआ है। किरण आरेख को देखते हुए निम्न प्रश्नों के उत्तर दीजिए।

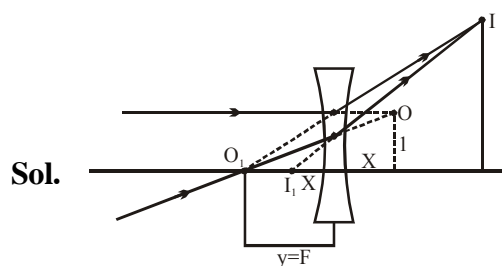
(i) यदि X का मान 5 cm हो तो लेंस की फोकस दूरी क्या होगी ?

(ii) यदि बिन्दु O अक्ष से 1 cm ऊपर हो तो प्रतिबिम्ब की स्थिति क्या होगी ? लेंस के प्रकाशिक केन्द्र को मूलबिन्दु मानिये।



GO0052

Ans. (i)  $-10$  cm (ii)  $(10, 2)$



Assuming  $O_1$  &  $I_1$  as object & image on principal axis.

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{+X} - \frac{1}{+F} = \frac{1}{+F}$$

$$\frac{1}{X} = \frac{2}{F}$$

$$X = \frac{F}{2}$$

$$F = 10 \text{ cm}$$

For O & I :

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{+X} = \frac{1}{-F}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{X} = \frac{1}{F}$$

$$= \frac{1}{F}$$

$$v = F = 10 \text{ cm}$$

$$u = +X = \frac{F}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{d_i}{d_o} = \frac{10}{5}$$

$$\frac{h_i}{1 \text{ cm}} = 2 \Rightarrow h_i = 2 \text{ cm}$$

16. The refractive indices of the crown glass for violet and red lights are 1.51 and 1.49 respectively and those of the flint glass are 1.77 and 1.73 respectively. A prism of angle  $6^\circ$  is made of crown glass. A beam of white light is incident at a small angle on this prism. The other thin flint glass prism is combined with the crown glass prism such that the net mean deviation is  $1.5^\circ$  anticlockwise.

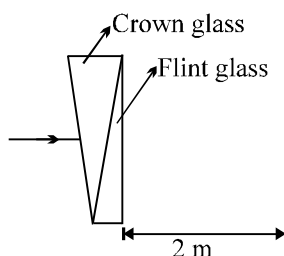
(i) Determine the angle of the flint glass prism.

(ii) A screen is placed normal to the emerging beam at a distance of 2m from the prism combination. Find the distance between red and violet spot on the screen. Which is the topmost colour on screen.

क्राउन काँच के बैंगनी व लाल प्रकाश के लिए अपवर्तनांक क्रमशः 1.51 व 1.49 तथा फ्लिन्ट काँच के लिए ये क्रमशः 1.77 व 1.73 होते हैं। क्राउन काँच से  $6^\circ$  कोण वाला एक प्रिज्म बनाया जाता है। एक श्वेत प्रकाश पुंज इस प्रिज्म पर अल्प कोण पर आपतित होता है। एक अन्य पतले फ्लिन्ट काँच प्रिज्म को क्राउन काँच प्रिज्म के साथ इस प्रकार संयोजित किया जाता है कि कुल माध्य विचलन  $1.5^\circ$  वामावर्ती प्राप्त होता है।

(i) फ्लिन्ट काँच प्रिज्म का कोण ज्ञात कीजिए।

(ii) इस प्रिज्म संयोजन से 2m की दूरी पर निर्गत पुंज के लम्बवत् एक पर्दा रखा जाता है। पर्दे पर बनने वाले लाल तथा बैंगनी धब्बों के मध्य दूरी ज्ञात कीजिए। कौनसा धब्बा ऊपर बनेगा ?



GO0053

Ans. (i)  $2^\circ$ , (ii)  $\frac{4\pi}{9} \text{ mm}$



17. A large temple has a depression in one wall. On the floor plan it appears as a indentation having spherical shape of radius 2.50 m. A worshiper stands on the center line of the depression, 2.00 m out from its deepest point, and whispers a prayer. Where is the sound concentrated after reflection from the back wall of the depression?

एक बड़े मंदिर की दीवार पर एक अन्दर धंसी हुई आकृति बनी है। फर्श पर यह 2.50 m त्रिज्या वाली एक गोलाकार आकृति की तरह दिखाई देती है। एक व्यक्ति इसकी केन्द्रीय रेखा पर इसके सबसे अंदर के बिन्दु से 2.00 m की दूरी पर खड़ा होकर प्रार्थना करता है। इस आकृति की पिछली दीवार से परावर्तित होने के बाद यह ध्वनि कहाँ पर केन्द्रित होगी ?

GO0054

Ans.  $\left(\frac{10}{3}\text{m}\right)$

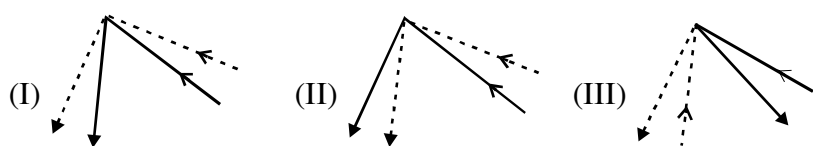
## EXERCISE (O-1)

### SINGLE CORRECT TYPE QUESTIONS

#### Plane mirror :

1. Each of these diagrams is supposed to show two different rays being reflected from the same point on the same mirror. Which option is correct :-

निम्न चित्रों में प्रत्येक में एक ही दर्पण पर एक ही बिन्दु से परावर्तित हो रही दो विभिन्न किरणों को दर्शाया गया है। कौनसा विकल्प सही है ?



- (A) Only I (B) Only II (C) Only III (D) All

GO0055

Ans. (A)

2. If two mirrors are kept at  $60^\circ$  to each other, then the number of images formed by them is :-

यदि दो दर्पण एक दूसरे से  $60^\circ$  के कोण पर रखे हैं, तो उनके द्वारा बने प्रतिबिम्बों की संख्या होगी :- [AIEEE- 2002]

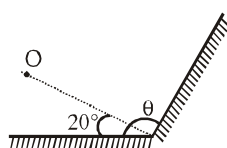
- (A) 5 (B) 6 (C) 7 (D) 8

GO0056

Ans. (A)

3. If  $\theta = 110^\circ$  then total number of images formed by the mirror system will be :-

दर्शाये गये चित्र में यदि  $\theta = 110^\circ$  है तो दर्पण निकाय द्वारा निर्मित बिम्ब O के कुल प्रतिबिम्बों की संख्या होगी:-

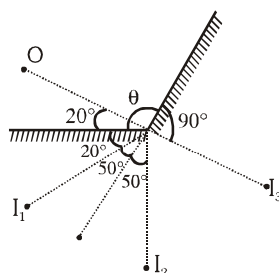


- (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 5

GO0057

Ans. (B)

Sol. By ray diagram



4. A point object approaches a plane mirror with a speed of  $10 \text{ ms}^{-1}$ , while the image recedes away from the mirror with a speed of  $6 \text{ ms}^{-1}$  (as seen by stationary observer). The direction and magnitude of the velocity of mirror is :-

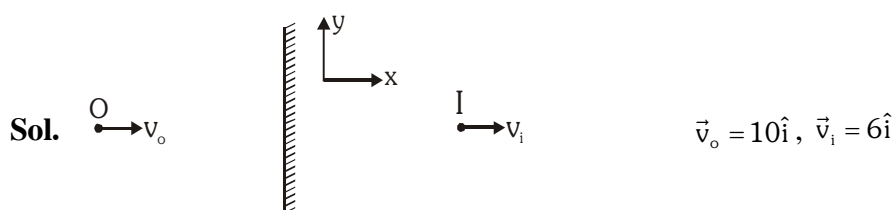
(A) towards the object,  $8 \text{ ms}^{-1}$  (B) towards the image,  $6 \text{ ms}^{-1}$   
(C) away from the object,  $8 \text{ ms}^{-1}$  (D) away from the object,  $2 \text{ ms}^{-1}$

एक बिन्दु बिम्ब  $10 \text{ ms}^{-1}$  की चाल से एक समतल दर्पण के पास जा रहा है जबकि प्रतिबिम्ब  $6 \text{ ms}^{-1}$  की चाल से दर्पण से दूर जा रहा है (स्थिर प्रेक्षक के सापेक्ष)। दर्पण के वेग की दिशा और परिमाण होंगे :-

(A) बिम्ब की ओर,  $8 \text{ ms}^{-1}$  (B) प्रतिबिम्ब की ओर,  $6 \text{ ms}^{-1}$   
(C) बिम्ब से दूर,  $8 \text{ ms}^{-1}$  (D) बिम्ब से दूर,  $2 \text{ ms}^{-1}$

GO0058

Ans. (C)



$$\text{Here } \vec{v}_{im} = -\vec{v}_{om} \Rightarrow \vec{v}_i - \vec{v}_m = -(\vec{v}_o - \vec{v}_m) \Rightarrow \vec{v}_m = \frac{\vec{v}_i + \vec{v}_o}{2} = \frac{10\hat{i} + 6\hat{i}}{2} = 8\hat{i}$$

5. A boy of TOA3 batch is  $1.8 \text{ m}$  tall and can see his image in a plane mirror fixed on a wall. His eyes are  $1.6 \text{ m}$  from the floor level. The minimum length of the mirror to see his full image is :-

(A)  $0.9 \text{ m}$  (B)  $0.85 \text{ m}$  (C)  $0.8 \text{ m}$  (D) Can't be determined

TOA3 बैच का एक लड़का  $1.8 \text{ m}$  लम्बा है तथा वह दीवार पर स्थित एक समतल दर्पण में अपना प्रतिबिम्ब देख सकता है। उसकी आंखें सतह से  $1.6 \text{ m}$  ऊपर हैं। दर्पण की न्यूनतम लम्बाई क्या होनी चाहिये ताकि वह अपना पूर्ण प्रतिबिम्ब देख सके ?

(A)  $0.9 \text{ m}$  (B)  $0.85 \text{ m}$  (C)  $0.8 \text{ m}$  (D) ज्ञात नहीं कर सकते

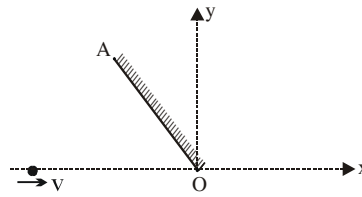
GO0059

Ans. (A)

Sol. Minimum length of mirror  $= \frac{H}{2} = \frac{1.8}{2} = 0.9 \text{ m}$

6. A plane mirror OA of length  $2 \text{ m}$  is kept along the line  $y = -x$  as shown in the figure. An insect having velocity of  $4\hat{i} \text{ cm/s}$  is moving along the x-axis from far away. The time span for which the insect can see its image will be :-

एक समतल दर्पण OA जिसकी लम्बाई  $2 \text{ m}$  है, को रेखा  $y = -x$  के अनुदिश चित्रानुसार रखा गया है। एक कीड़ा जिसका वेग  $4\hat{i} \text{ cm/s}$  है, x अक्ष के अनुदिश काफी दूरी से आ रहा है। वह समयान्तराल जिसमें कीड़ा खुद का प्रतिबिम्ब दर्पण पर देख पाये, होगा :-



(A) 50 sec

(B) 25 sec

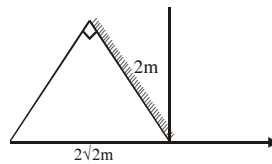
(C)  $25\sqrt{2}$  sec

(D\*)  $50\sqrt{2}$  sec

GO0060

Ans. (D)

Sol.  $t = \frac{x}{v} = \frac{2\sqrt{2} \times 100}{4} = 50\sqrt{2}$  sec

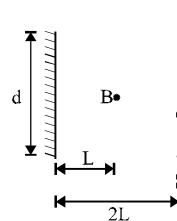


7. A point source of light  $B$  is placed at a distance  $L$  in front of the centre of a mirror of width  $d$  hung vertically on a wall. A man walks in front of the mirror along a line parallel to the mirror at a distance  $2L$  from it as shown. The greatest distance over which he can see the image of the light source in the mirror is :-

[IIT-JEE '2000 (Scr)]

प्रकाश के एक बिन्दु स्रोत  $B$  को दीवार पर किर्ध्वाधर लटके हुए  $d$  चौड़ाई वाले दर्पण के केन्द्र के सामने  $L$  दूरी पर रखा गया है। एक आदमी दर्पण से  $2L$  दूरी पर इससे समान्तर रेखा के अनुदिश दर्पण के सामने चित्रानुसार चलता है। वह दर्पण में प्रकाश स्रोत के प्रतिबिम्ब को अधिकतम कितनी दूरी तक देख सकता है?

[IIT-JEE '2000 (Scr)]



(A)  $d/2$

(B)  $d$

(C)  $2d$

(D\*)  $3d$

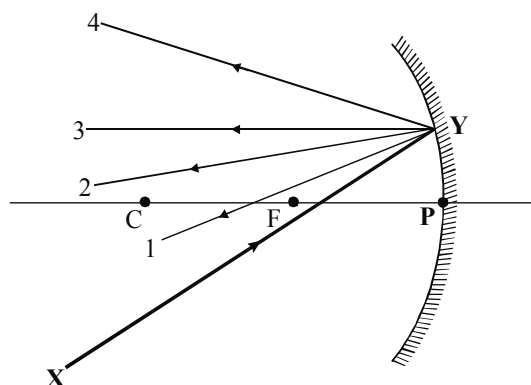
GO0061

Ans. (D)

### Spherical mirror :

8. Figure shows a small concave mirror with  $CP$  as its principal axis. A ray  $XY$  is incident on the mirror. Which of the four rays can be the reflected ray.

चित्र में एक छोटा अवतल दर्पण दर्शाया गया है।  $CP$  इसकी मुख्य अक्ष है। इस दर्पण पर एक किरण  $XY$  आपतित है। निम्न में से कौनसी किरण, परावर्तित किरण को दर्शायेगी ?



(A) 1

(B) 2

(C) 3

(D) 4

GO0062

**Ans. (D)****Sol.** Since the incident ray is between focus & pole, reflected ray will be '4'.**9.** The distance of an object from a spherical mirror is equal to the focal length of the mirror. Then the image:

(A) must be at infinity

(B) may be at infinity

(C) may be at the focus

(D) none

एक गोलीय दर्पण की वस्तु से दूरी, दर्पण की फोकस दूरी के बराबर है। तब प्रतिबिम्ब

(A) अनन्त पर होना ही चाहिए

(B) अनन्त पर हो सकता है

(C) फोकस पर हो सकता है

(D) कोई नहीं

GO0063

**Ans. (B)****Sol.** Distance of object is equal to focal lengthSo,  $u = \pm f$ 

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{\pm f} = \frac{1}{f}$$

$$v = 2f, \infty$$

**10.** An object is placed in front of a spherical mirror whose 2 times magnified image is formed on screen. Then choose **CORRECT** option :-(A) Mirror is concave  $m = +2$ (B) Mirror is concave  $m = -2$ (C) Mirror is convex  $m = +2$ (D) Mirror is convex  $m = -2$ 

एक बिम्ब को गोलीय दर्पण के सामने रखा जाता है तथा इसका पर्दे पर दो गुना आवर्धित प्रतिबिम्ब बनता है। सही विकल्प चुनिए:-

(A) दर्पण अवतल है तथा  $m = +2$ (B) दर्पण अवतल है तथा  $m = -2$ (C) दर्पण उत्तल है तथा  $m = +2$ (D) दर्पण उत्तल है तथा  $m = -2$

GO0064

Ans. (B)

11. The table below lists object and image positions for four objects placed in front of mirrors, using Cartesian sign convention with pole of the mirror as origin and direction of incident rays as positive. In the following cases, the case in which images is formed by a convex spherical mirror, is :-

Object position	Image position
(A) – 25.0 cm	– 16.7 cm
(B) – 5.0 cm	10.0 cm
(C) – 20.0 cm	5.71 cm
(D) – 40.0 cm	80.0 cm

दर्पण के ध्रुव को मूलबिन्दु मानते हुए कार्तीय चिन्ह परिपाटी का उपयोग करते हुए दर्पणों के सामने रखे चार बिम्बों के लिये बिम्ब तथा प्रतिबिम्ब की स्थितियों को टेबल में दर्शाया गया है। निम्न में से कौनसी स्थिति में उत्तल गोलीय दर्पण द्वारा प्रतिबिम्बों का निर्माण होगा। आपतित किरणों की दिशा धनात्मक मानिये।

बिम्ब स्थिति	प्रतिबिम्ब स्थिति
(A) – 25.0 cm	– 16.7 cm
(B) – 5.0 cm	10.0 cm
(C) – 20.0 cm	5.71 cm
(D) – 40.0 cm	80.0 cm

GO0065

Ans. (C)

Sol. For a convex mirror real object forms virtual image which is closer to the mirror than the object.

12. A particle approaches from very large distance towards concave mirror along the principal axis. By the time the particle reaches the mirror the distance between the particle and its image
- (A) first decreases then increases  
 (B) first increases then decreases  
 (C) first increases then decreases and then again increases  
 (D) first decreases then increases and then again decreases

एक कण बहुत लम्बी दूरी से मुख्य अक्ष के अनुदिश अवतल दर्पण की ओर गति करता है। कण के दर्पण तक पहुंचने की प्रक्रिया में कण तथा इसके प्रतिबिम्ब के मध्य दूरी :-

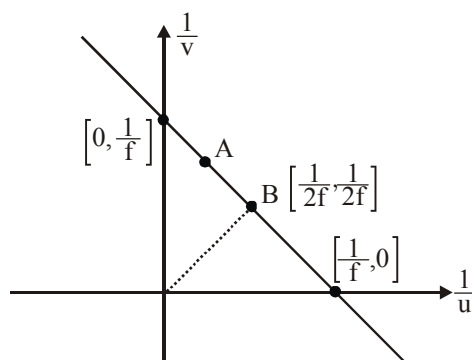
- (A) पहले घटेगी तथा फिर बढ़ेगी। (B) पहले बढ़ेगी तथा फिर घटेगी।  
 (C) पहले बढ़ेगी, फिर घटेगी तथा फिर पुनः बढ़ेगी। (D) पहले घटेगी, फिर बढ़ेगी तथा फिर पुनः घटेगी।

GO0066

Ans. (D)

13. Figure shows  $\frac{1}{v}$  vs  $\frac{1}{u}$  curve for convex mirror. Nature of image at point A is :-

- (A) Real, erect, magnified (B) virtual, inverted, magnified  
 (C) virtual, inverted, diminished (D) virtual, erect, diminished



चित्र में उत्तल दर्पण के लिए  $\frac{1}{v}$  vs  $\frac{1}{u}$  वक्र दिखाया गया है। बिन्दु A पर प्रतिबिम्ब की प्रकृति होगी :-

- (A) वास्तविक, सीधा, आवर्धित (B) काल्पनिक, उल्टा, आवर्धित  
(C) काल्पनिक, उल्टा, छोटा (D) काल्पनिक, सीधा, छोटा

GO0067

Ans. (C)

14. A boy of height 1 m stands in front of a convex mirror. His distance from the mirror is equal to its focal length. The height of his image is :- (Assume paraxial ray approximation holds)

एक लड़का जिसकी लम्बाई 1 मीटर है, एक उत्तल दर्पण के सामने खड़ा हुआ है। उसकी दर्पण से दूरी इसकी फोकस दूरी के बराबर है। उसके प्रतिबिम्ब की ऊँचाई है:- (यहाँ उपाक्षीय किरण अवधारणा लागू होती है)

- (A) 0.25 m (B) 0.33 m (C) 0.5 m (D) 0.67 m

GO0068

Ans. (C)

Sol.  $m = -\frac{f}{u-f} = -\frac{f}{-f-f} = \frac{1}{2} \therefore h_i = mh_o = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ m}$

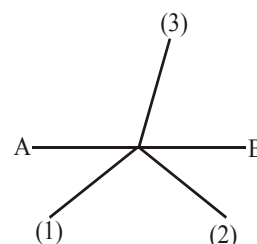
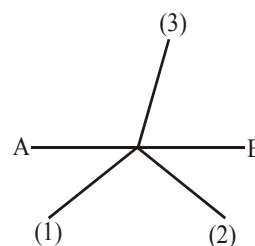
### Refraction at plane surface :

15. AB is a boundary separating two media of different refractive indices. A ray is incident on the boundary is partially reflected and partially transmitted. Choose the **CORRECT** statement.

- (A) 3 is incident ray and 1 is refracted ray  
(B) 2 is incident ray and 1 is partially reflected ray  
(C) 1 is incident ray and 3 is refracted ray  
(D) 3 is incident ray and 2 is partially reflected ray

चित्र में अलग-अलग अपवर्तनांकों वाले दो माध्यमों को परिसीमा AB पृथक-पृथक करती है। एक किरण इस परिसीमा पर आपतित होकर आंशिक परावर्तित तथा आंशिक पारगमित हो जाती है। सही कथन चुनिये।

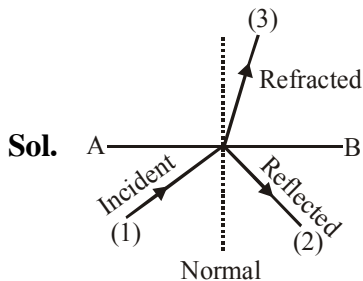
- (A) 3, आपतित किरण है तथा 1, अपवर्तित किरण है।  
(B) 2, आपतित किरण है तथा 1, आंशिक परावर्तित किरण है।  
(C) 1, आपतित किरण है तथा 3, अपवर्तित किरण है।



(D) 3, आपतित किरण है तथा 2, आंशिक परावर्तित किरण है।

GO0069

Ans. (C)



16. **Statement-1:** You see a geostationary satellite above the horizon. You desire to communicate with the satellite by sending a beam of laser light. You should aim your laser slightly higher than the line of sight of the satellite.

**Statement-2:** Light bends away from the normal while moving from denser to rarer medium.

(A) Statement-1 is true, statement-2 is true and statement-2 is correct explanation for statement-1.

(B) Statement-1 is true, statement-2 is true and statement-2 is NOT the correct explanation for statement-1.

(C) Statement-1 is true, statement-2 is false.

(D\*) Statement-1 is false, statement-2 is true.

**कथन-1:** आप क्षितिज के ऊपर एक भू-स्थैतिक उपग्रह को देखते हैं। आप एक लेजर प्रकाश पुंज को भेजकर उपग्रह के साथ संचार व्यवस्था स्थापित करना चाहते हैं। आपको लेजर प्रकाश की दिशा उपग्रह की दृष्टि रेखा से थोड़ी सी ऊपर रखनी होगी।

**कथन-2:** जब प्रकाश सघन से विरल माध्यम में प्रवेश करता है तो यह अभिलम्ब से दूर मुड़ जाता है।

(A) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है, कथन-2, कथन-1 का सही स्पष्टीकरण है।

(B) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है; कथन-2, कथन-1 का सही स्पष्टीकरण नहीं है।

(C) कथन-1 सत्य है, कथन-2 असत्य है।

(D) कथन-1 असत्य है, कथन-2 सत्य है।

GO0070

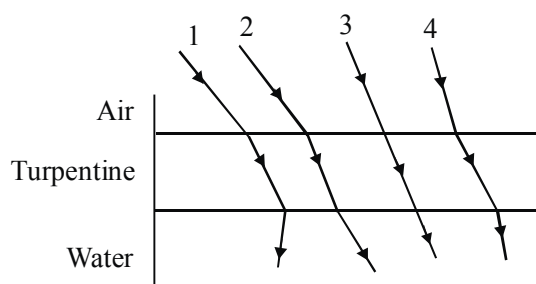
Ans. (D)

Sol. Principal of reversibility of light rays. You should aim the laser light directly to the satellite.

17. The optical density of turpentine is higher than that of water while its mass density is lower. Figure shows a layer of turpentine floating over water in a container. For which one of the four rays incident on turpentine in figure, the path shown is **CORRECT** ?

तारपीन के तेल का प्रकाशिक घनत्व जल से अधिक होता है जबकि इसका द्रव्यमान घनत्व जल की तुलना में कम होता है। चित्र में प्रदर्शित किसी पात्र में भरे हुए जल पर तारपीन के तेल की परत को दर्शाया गया है। तारपीन की परत पर चार किरणें आपतित होती हैं। कौनसी किरण सही पथ तय करेगी ?





(A) 1

(B) 2

(C) 3

(D) 4

GO0071

**Ans. (B)****Sol.** For rays moving from rarer to denser medium, refracted light move towards normal & vice-versa.**18.** When a ray of light of frequency  $6 \times 10^{14}$  Hz travels from water of refractive index  $4/3$  to the glass of refractive index  $8/5$ , its :-

- (A) frequency decreases to  $5/6$  of its initial value  
 (B) speed decreases to  $5/6$  of its initial value  
 (C) wavelength decreases to  $6/5$  of its initial value  
 (D) speed increases to  $6/5$  of its initial value

जब  $6 \times 10^{14}$  Hz आवृत्ति वाली प्रकाश किरण  $4/3$  अपवर्तनांक वाले पानी से  $8/5$  अपवर्तनांक वाले कांच में गमन करती है तो :-

- (A) इसकी आवृत्ति, प्रारंभिक आवृत्ति की  $5/6$  गुना हो जाती है।  
 (B) इसकी चाल प्रारंभिक चाल की  $5/6$  गुना हो जाती है।  
 (C) इसकी तरंगदैर्घ्य, प्रारंभिक तरंगदैर्घ्य की  $6/5$  गुना हो जाती है।  
 (D) इसकी चाल प्रारंभिक चाल की  $6/5$  गुना हो जाती है।

GO0072

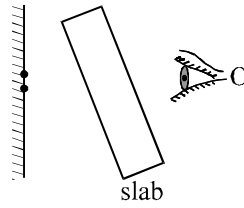
**Ans. (B)**

**Sol.**  $v_1 = \frac{c}{4/3} \Rightarrow \frac{3c}{4}$ ,  $v_2 = \frac{c}{8/5} \Rightarrow \frac{5c}{8}$

$$v_2 = \frac{5}{6} v_1$$

**19.** The observer at O views two closely spaced spots on a vertical wall through an angled glass slab as shown. As seen by observer, the spots appear.

- (A\*) shifted upward (B) shifted downward  
 (C) spaced farther apart (D) spaced closer together



एक प्रेक्षक O किसी कोण पर झुकी हुई कांच की पट्टिका से ऊर्ध्वाधर दीवार पर स्थित दो समीपस्थ बिन्दुओं को देखता है। प्रेक्षक द्वारा देखने पर यह बिन्दु दिखाई देंगे

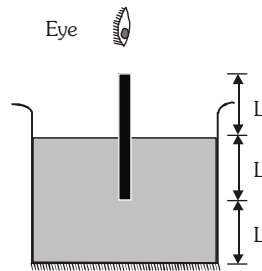
- (A) ऊपर की ओर विस्थापित (B) नीचे की ओर विस्थापित  
(C) एक-दूसरे से अधिक दूर (D) अपेक्षाकृत अधिक समीप

GO0073

Ans. (A)

20. What is the length of the image of the rod in mirror, according to the observer in air? (refractive index of the liquid is  $\mu$ )

प्रदर्शित चित्र में वायु में विद्यमान प्रेक्षक के अनुसार दर्पण में छड़ के प्रतिबिम्ब की लम्बाई क्या होगी? (द्रव का अपवर्तनांक  $\mu$  है)



- (A)  $\mu L + L$  (B\*)  $L + \frac{L}{\mu}$  (C)  $L\mu + \frac{L}{\mu}$  (D) None of these

GO0074

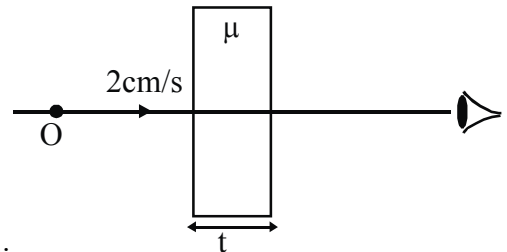
Ans. (B)

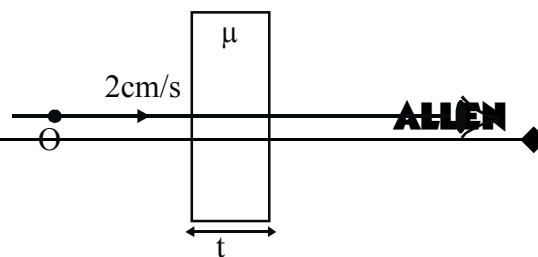
21. A glass slab of width ' $t$ ', refractive index ' $\mu$ ' is placed as shown in the figure. If the point object, moves with a speed 2 cm/s towards the slab the speed observed will be

- (A) 2 cm/s  
(B) less than 2 cm/s  
(C) greater than 2 cm/s  
(D) dependent on the refractive index of surrounding medium

अपवर्तनांक  $\mu$  व चौड़ाई  $t$  वाली कांच की पट्टिका चित्रानुसार रखी हुई है। यदि बिन्दु बिम्ब, पट्टिका की ओर 2 cm/s चाल से गति करता हो तो प्रेक्षित चाल होगी

- (A) 2 cm/s





- (B) 2 cm/s से कम  
(C) 2 cm/s से अधिक  
(D) परिवेशी माध्यम के अपवर्तनांक पर निर्भर करेगी

GO0075

Ans. (A)

Sol. The speed of image observed by observer is independent of the glass slab.

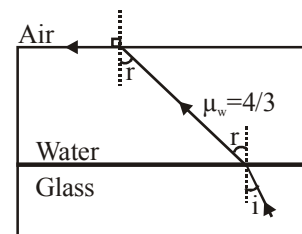
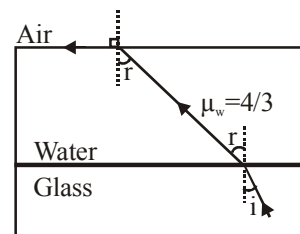
22. A ray of light is incident at the glass–water interface at an angle  $i$ , it emerges finally parallel to the surface of water, then the value of  $\mu_g$  would be :-  
[IIT-JEE 2003]

- (A)  $(4/3) \sin i$   
(B)  $1/\sin i$   
(C)  $4/3$   
(D) 1

एक प्रकाश की किरण कांच-जल अन्तरापृष्ठ पर  $i$  कोण पर आपतित है। अन्त में यह किरण जल की सतह के समान्तर निर्गत होती है, तो  $\mu_g$  का मान होगा

[IIT-JEE 2003]

- (A)  $(4/3) \sin i$   
(B)  $1/\sin i$   
(C)  $4/3$   
(D) 1



GO0076

Ans. (B)

### Total internal reflection :

23. **Statement-1:** A point source of light is placed inside water. A light detector present out side, in air can detect light only in a conical region, with the apex at the source and circumscribing the circle of illuminance.

**Statement-2:** Ray incident from denser to rarer medium undergoes total internal reflection when their angle of incidence become more than the critical angle, this situation create a circular region from which light escapes and is called circle of illuminance.

- (A) Statement-1 is true, statement-2 is true and statement-2 is correct explanation for statement-1.  
(B) Statement-1 is true, statement-2 is true and statement-2 is NOT the correct explanation for statement-1.  
(C) Statement-1 is true, statement-2 is false.  
(D) Statement-1 is false, statement-2 is true.

**कथन-1:** एक बिन्दु प्रकाश स्रोत पानी के अन्दर विद्यमान है। बाहर वायु में स्थित एक प्रकाश संसूचक केवल एक ऐसे शंकवाकार क्षेत्र में ही प्रकाश को संसूचित कर सकता है जिसका शीर्ष स्रोत पर हो तथा परिधि प्रकाशवान वृत्त को बनाये।

**कथन-2:** सघन से विरल माध्यम में आपतित प्रकाश का पूर्ण आंतरिक परावर्तन हो जाता है जब आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से अधिक हो जाये। यह स्थिति एक वृत्ताकार क्षेत्र बनाती है जिससे प्रकाश बाहर निकला है तथा इसे प्रकाशवान वृत्त कहते हैं।

- (A) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है, कथन-2, कथन-1 का सही स्पष्टीकरण है।

- (B) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है; कथन-2, कथन-1 का सही स्पष्टीकरण नहीं है।  
 (C) कथन-1 सत्य है, कथन-2 असत्य है।  
 (D) कथन-1 असत्य है, कथन-2 सत्य है।

GO0077

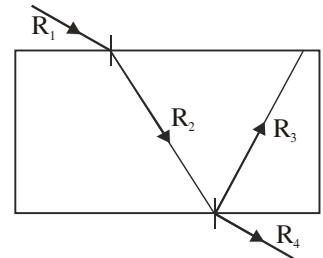
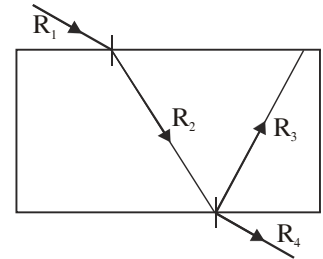
Ans. (D)

24. A ray  $R_1$  is incident on the plane surface of the glass slab (kept in air) of refractive index  $\sqrt{2}$  at an angle of incidence equal to the critical angle for this air glass system. The refracted ray  $R_2$  undergoes partial reflection and refraction at the other surface. The angle between reflected ray  $R_3$  and the refracted ray  $R_4$  at that surface is :

- (A)  $45^\circ$  (B)  $135^\circ$   
 (C)  $105^\circ$  (D)  $75^\circ$

अपवर्तनांक  $\sqrt{2}$  की कांच की पट्टिका (वायु में रखी हुई) की समतल सतह पर एक किरण  $R_1$  आपतित हो रही है। इसके लिए इस वायु-कांच के निकाय के लिए आपतन कोण, क्रांतिक कोण के बराबर है। इस अपवर्तित किरण  $R_2$  का दूसरी सतह से आंशिक परावर्तन तथा अपवर्तन होता है। इस सतह पर परावर्तित किरण  $R_3$  तथा अपवर्तित किरण  $R_4$  के मध्य कोण होगा-

- (A)  $45^\circ$  (B)  $135^\circ$   
 (C)  $105^\circ$  (D)  $75^\circ$

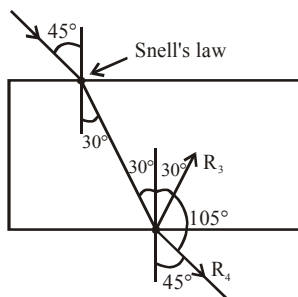


GO0078

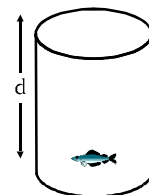
Ans. (C)

Sol.  $\sin \theta_c = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$\theta_c = 45^\circ$



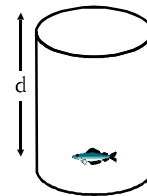
25. A fish floats in liquid with its eye at the centre of an opaque walled full tank of liquid of circular cross section. When the fish look upwards, it can see a fish-eye view of the surrounding scene i.e. it is able to view the entire space above the liquid surface. The diameter of the tank is 30 cm, and the critical angle for liquid is  $37^\circ$ . At what maximum depth below the



surface of the liquid,  $d$ , must the fish be floating?  $\left(\sin 37^\circ = \frac{3}{5}\right)$

- (A) 16 cm (B) 20 cm (C) 11.25 cm (D) 25 cm

एक अपारदर्शी दिवारों तथा वृत्ताकार अनुप्रस्थकाट क्षेत्रफल वाला टैंक पूर्णतया किसी द्रव से भरा हुआ है। इस टैंक में एक मछली इस प्रकार तैरती है कि इसकी आंख, टैंक के केन्द्र पर हो। जब मछली ऊपर की ओर देखती है तो यह चारों ओर के परिवेश का मछली-आंख दृश्य देख सकती है। अर्थात् यह द्रव सतह के ऊपर का संपूर्ण क्षेत्र को देख सकती है। टैंक का व्यास 30 cm है तथा द्रव के लिये क्रांतिक कोण का मान  $37^\circ$  है। द्रव सतह से



अधिकतम कितना नीचे  $d$  पर मछली तैर रही है?  $\left(\sin 37^\circ = \frac{3}{5}\right)$

- (A) 16 cm (B) 20 cm (C) 11.25 cm (D) 25 cm

GO0079

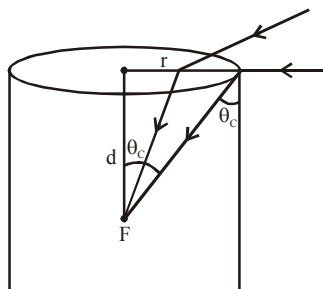
Ans. (B)

Sol.  $r = \frac{30}{2} = 15\text{cm}$

$$\frac{r}{d} = \tan \theta_c$$

$$\frac{r}{d} = \frac{3}{4}$$

$$d = \frac{4r}{3} = 20\text{cm}$$



26. **Statement-1:** When light falls on a sphere made of diamond total internal reflection takes place which makes it shine more than a similar sphere made of common glass.

**Statement-2:** Refractive index for diamond is more than refractive index of cheap glass.

- (A) Statement-1 is true, statement-2 is true and statement-2 is correct explanation for statement-1.  
 (B) Statement-1 is true, statement-2 is true and statement-2 is NOT the correct explanation for statement-1.  
 (C) Statement-1 is true, statement-2 is false.  
 (D) Statement-1 is false, statement-2 is true.

**कथन -1:** जब हीरे से बने गोले पर प्रकाश गिरता है तो इसका पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है जो इसे किसी भी सामान्य काँच से बने इसके जैसे अन्य गोले की तुलना में अधिक चमकीला बनाता है।

**कथन -2:** हीरे का अपवर्तनांक किसी सामान्य काँच के अपवर्तनांक से अधिक होता है।

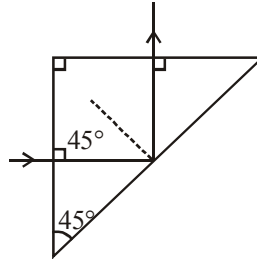
- (A) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है, कथन-2, कथन-1 का सही स्पष्टीकरण है।  
 (B) कथन-1 सत्य है, कथन-2 सत्य है; कथन-2, कथन-1 का सही स्पष्टीकरण नहीं है।  
 (C) कथन-1 सत्य है, कथन-2 असत्य है।  
 (D) कथन-1 असत्य है, कथन-2 सत्य है।

GO0080

Ans. (D)

27. A light ray is incident perpendicular to one face of a  $90^\circ$  prism and is totally internally reflected at the glass-air interface. If the angle of reflection is  $45^\circ$ , we conclude that the refractive index  $n$  :  
 कोई प्रकाश किरण किसी  $90^\circ$  कोण के प्रिज्म के एक फलक पर लम्बवत् आपतित होकर काँच-वायु अन्तरापृष्ठ पर पूर्ण आन्तरिक परावर्तित हो जाती है। यदि परावर्तन कोण  $45^\circ$  है, तो इससे हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि अपवर्तनांक  $n$  :

[AIEEE-2004]



- (A)  $n < \frac{1}{\sqrt{2}}$       (B)  $n > \sqrt{2}$       (C)  $n > \frac{1}{\sqrt{2}}$       (D)  $n < \sqrt{2}$

GO0081

Ans. (B)

Prism :

28. A ray of light is incident at  $60^\circ$  on a prism of refracting angle  $30^\circ$ . The emerging ray is at an angle  $30^\circ$  with the incident ray. The value of refractive index of the prism is :-  
 प्रकाश की एक किरण  $30^\circ$  अपवर्तक कोण वाले प्रिज्म पर  $60^\circ$  के कोण पर आपतित होती है। निर्गत किरण, आपतित किरण के साथ  $30^\circ$  का कोण बनाती है तो प्रिज्म के अपवर्तनांक का मान होगा :-

- (A)  $\frac{\sqrt{3}}{4}$       (B)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$       (C)  $\sqrt{3}$       (D)  $\frac{2}{\sqrt{3}}$

GO0082

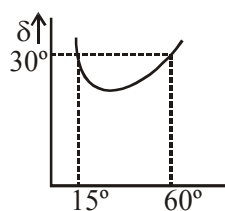
Ans. (C)

29. The refracting angle of the prism is  $60^\circ$  and minimum deviation of  $30^\circ$ , then the angle of incidence is:-  
 एक प्रिज्म का अपवर्तन कोण  $60^\circ$  तथा न्यूनतम विचलन  $30^\circ$  है। तब आपतन कोण होगा:-  
 (A)  $30^\circ$       (B)  $45^\circ$       (C)  $25^\circ$       (D)  $60^\circ$

GO0083

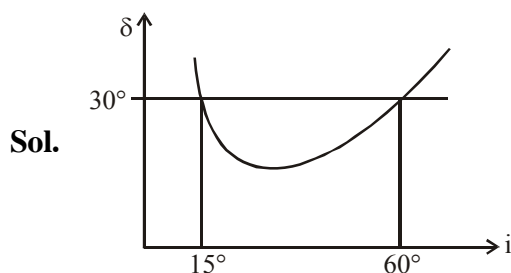
Ans. (B)

30. Figure shows graph of deviation  $\delta$  versus angle of incidence for a light ray striking a prism. Angle of prism is :-  
 किसी प्रिज्म पर आपतित प्रकाश किरण के लिये विचलन कोण  $\delta$  एवं आपतन कोण के मध्य आरेख चित्र में दर्शाया गया है। प्रिज्म कोण का मान है:-

(A)  $30^\circ$ (\*B)  $45^\circ$ (C)  $60^\circ$ (D)  $75^\circ$ 

GO0084

Ans. (B)



$$d = i + e - A$$

$$30^\circ = 15^\circ + 60^\circ - A$$

$$A = 45^\circ$$

For same deviation,  $i$  &  $e$  can be interchanged

31. There is a prism with refractive index equal to  $\sqrt{2}$  and the refracting angle equal to  $30^\circ$ . One of the refracting surface of the prism is polished. A beam of monochromatic light will retrace its path if its angle of incidence over the first refracting surface of the prism is :-

$30^\circ$  अपवर्तक कोण तथा  $\sqrt{2}$  अपवर्तनांक वाला एक प्रिज्म है। इस प्रिज्म का कोई भी एक अपवर्तक पृष्ठ पॉलिश किया गया है। एक वर्णी किरण पुंज अपने रास्ते पर लौट जाएगी यदि प्रिज्म के पहले अपवर्तक पृष्ठ पर इसका आपतन कोण है-

(A)  $0^\circ$ (B)  $30^\circ$ (C)  $45^\circ$ (D)  $60^\circ$ 

GO0085

Ans. (C)

32. The refractive index for the material of a  $60^\circ$  prism is 1.50. Then the angle of incidence for minimum deviation is nearly. ( $\sin 42^\circ \approx \frac{2}{3}$  and  $\sin 49^\circ \approx \frac{3}{4}$ )

deviation is nearly. ( $\sin 42^\circ \approx \frac{2}{3}$  and  $\sin 49^\circ \approx \frac{3}{4}$ )

$60^\circ$  प्रिज्म कोण वाले पदार्थ का अपवर्तनांक 1.50 है। यदि  $\sin 42^\circ \approx \frac{2}{3}$  तथा  $\sin 49^\circ \approx \frac{3}{4}$  हो, तो न्यूनतम विचलन के लिए आपतन कोण का मान लगभग होगा -

(A)  $30^\circ$ (B)  $49^\circ$ (C)  $38^\circ$ (D)  $28^\circ$ 

GO0086

Ans. (B)

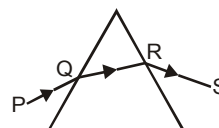
33. A ray of light is incident on an equilateral glass prism placed on a horizontal table. For minimum deviation which of the following is true ?

- (A) PQ is horizontal  
(B) QR is horizontal  
(C) RS is horizontal  
(D) Either PQ or RS is horizontal



क्षैतिज मेज पर रखे एक समबाहु काँच की प्रिज्म पर प्रकाश की किरण आपतित होती है। न्यूनतम विचलन के लिये कौनसा कथन सत्य है ?

- (A) PQ क्षैतिज है  
(B) QR क्षैतिज है  
(C) RS क्षैतिज है  
(D) या तो PQ या RS क्षैतिज है



GO0087

Ans. (B)

34. An isosceles glass prism having refractive index  $\mu$  has one of its faces coated with silver. A ray of light is incident normally on the other face (which is equal to the silvered face). The ray of light is reflected twice on the same sized faces and then emerges through the base of the prism perpendicularly. The angles of prism are :-

- (A)  $40^\circ, 70^\circ, 70^\circ$  (B)  $50^\circ, 65^\circ, 65^\circ$  (C)  $36^\circ, 72^\circ, 72^\circ$  (D) data insufficient

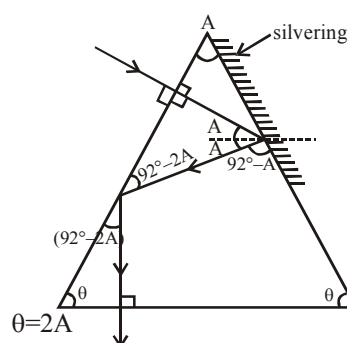
एक समद्विबाहु काँच के प्रिज्म का अपवर्तनांक  $\mu$  है तथा इसकी एक फलक रजतित है। इसके दूसरे फलक (जो कि रजतित फलक के ही बराबर है) पर एक प्रकाश किरण लम्बवत् आपतित होती है। प्रकाश की किरण समान आकार वाले फलकों से दो बार परावर्तित होती है तथा फिर प्रिज्म के आधार से लम्बवत् रूप से बाहर निकल जाती है। प्रिज्म के कोण हैं:

- (A)  $40^\circ, 70^\circ, 70^\circ$  (B)  $50^\circ, 65^\circ, 65^\circ$  (C)  $36^\circ, 72^\circ, 72^\circ$  (D) आंकड़े अपर्याप्त हैं

GO0088

Ans. (C)

Sol.



$$\text{and, } A + \theta + \theta = 180^\circ$$

$$5A = 180^\circ$$

$$A = 36^\circ$$

$$\theta = 72^\circ$$



35. A given ray of light suffers minimum deviation in an equilateral prism P. If refractive index increases slightly then the ray will now suffer :-

(A) greater deviation (B) no deviation  
(C) same deviation as before (D) Lesser deviation

प्रकाश की एक किरण समबाहु प्रिज्म P में न्यूनतम विचलन प्रदर्शित करती है। यदि अपवर्तनांक को थोड़ा सा बढ़ा दिया जाये तो अब किरण प्रदर्शित करेगी

(A) अधिक विचलन (B) कोई विचलन नहीं (C) पहले के समान विचलन (D) कम विचलन

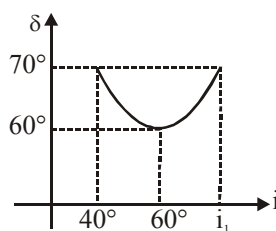
GO0089

Ans. (A)

Sol. 
$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

36. The curve of angle of incidence versus angle of deviation shown has been plotted for prism. The value of refractive index of the prism used is :

प्रिज्म के लिए आपतन कोण तथा विचलन कोण के मध्य एक ग्राफ खींचा गया है। प्रिज्म के अपवर्तनांक का मान होगा-



(A)  $\sqrt{3}$  (B)  $\sqrt{2}$  (C)  $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$  (D)  $\frac{2}{\sqrt{3}}$

GO0090

Ans. (A)

Sol. at minimum deviation,  $i = e$ .

$$\delta_{\min} = 2i - A$$

$$60^\circ = 2(60^\circ) - A$$

$$\text{So, } A = 60^\circ$$

$$\text{Now, } \mu = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_{\min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\sin(60^\circ)}{\sin(30^\circ)} = \sqrt{3}$$

37. A beam of monochromatic light is incident at  $i = 50^\circ$  on one face of an equilateral prism, the angle of emergence is  $40^\circ$ , then the angle of minimum deviation is :

एकवर्णीय प्रकाश का एक पुंज समबाहु प्रिज्म की एक सतह पर  $i = 50^\circ$  पर आपतित होती है। निर्गत कोण  $40^\circ$  है, तब न्यूनतम विचलन का कोण होगा-

- (A)  $30^\circ$  (B)  $< 30^\circ$  (C)  $\leq 30^\circ$  (D)  $\geq 30^\circ$

GO0091

Ans. (B)

Sol. For minimum deviation.

$$i = e$$

but here,  $i \neq e$ ,

$$\text{So, } \delta_{\min} < \delta = (i + e - A) \\ = 30^\circ$$

$$\text{So, } \delta_{\min} < 30^\circ$$

38. The angle of a prism is  $6^\circ$  and its refractive index for green light is 1.5. If a green ray passes through it, the deviation will be :-

एक प्रिज्म का कोण  $6^\circ$  है तथा हरे प्रकाश के लिये अपवर्तनांक 1.5 है। यदि इसमें से एक हरी किरण गुजरती है तो विचलन होगा:-

- (A)  $30^\circ$  (B)  $15^\circ$  (C)  $9^\circ$  (D)  $3^\circ$

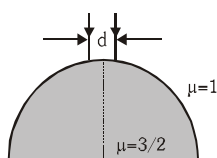
GO0092

Ans. (D)

**Refraction at curved surface :**

39. A beam of diameter 'd' is incident on a glass hemisphere as shown. If the radius of curvature of the hemisphere is very large in comparison to d, then the diameter of the beam at the base of the hemisphere will be :-

d व्यास का एक पुंज, चित्रानुसार कांच के अर्द्धगोले पर आपतित होता है। यदि d की तुलना में अर्द्धगोले की वक्रता त्रिज्या बहुत अधिक है, तब अर्द्धगोले के आधार पर पुंज का व्यास होगा-



- (A)  $\frac{3}{4}d$  (B) d (C)  $\frac{d}{3}$  (D)  $\frac{2}{3}d$

GO0093

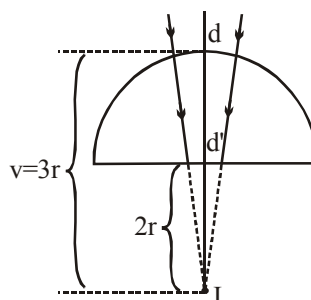
Ans. (D)

$$\text{Sol. } \frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$$

$$\frac{3/2}{v} - \frac{1}{\infty} = \frac{3/2 - 1}{r}$$

$$v = 3r$$

Using similar triangles,

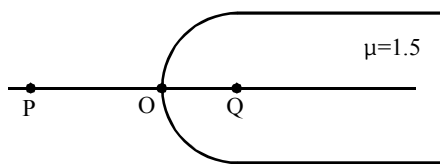


$$\frac{d'}{d} = \frac{2r}{3r}$$

$$d' = \frac{2}{3}d$$

40. One end of a glass rod of refractive index  $n = 1.5$  is a spherical surface of radius of curvature  $R$ . The centre of the spherical surface lies inside the glass. A point object placed in air on the axis of the rod at the point  $P$  has its real image inside glass at the point  $Q$  (see fig.). A line joining the points  $P$  and  $Q$  cuts the surface at  $O$  such that  $OP = 2OQ$ . The distance  $PO$  is :-

किसी काँच की छड़ का एक सिरा गोलाकार है, जिसकी सतह की वक्रता त्रिज्या  $R$  है और गोलीय सतह का केन्द्र काँच के भीतर स्थित है। काँच का अपवर्तनांक  $n = 1.5$  है। छड़ के अक्ष पर वायु में (चित्रानुसार) बिन्दु  $P$  पर एक पिण्ड को रखा गया है। इसका वास्तविक प्रतिबिम्ब काँच के भीतर बिन्दु  $Q$  पर बनता है। बिन्दुओं  $P$  और  $Q$  को जोड़ने वाली रेखा काँचीय सतह को बिन्दु  $O$  पर काटती है (चित्र देखिये) जिससे  $OP = 2OQ$  होता है। दूरी  $PO$  का मान होगा :-



- (A)  $8R$  (B)  $7R$  (C)  $2R$  (D) None of these

GO0094

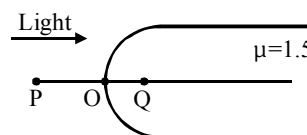
Ans. (A)

Sol.  $v = OQ$ ,  $u = OP = -2OQ$

Equation of refraction at curved surface with  $OP = 2OQ$

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R} \Rightarrow \frac{1.5}{OQ} - \frac{1}{-2OQ} = \frac{1.5 - 1}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{OQ} = \frac{1}{2R} \Rightarrow OQ = 4R \text{ therefore } OP = 2OQ = 2 \times 4R = 8R$$



41. An air bubble is inside water. The refractive index of water is  $4/3$ . At what distance from the air bubble should a point object be placed so as to form a real image at the same distance from the bubble:

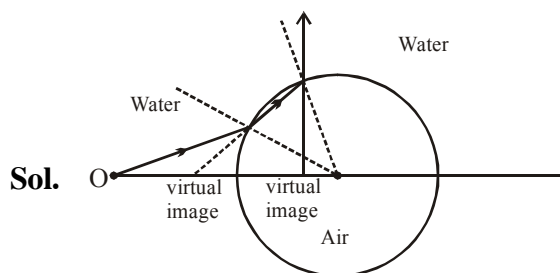
- (A)  $2R$  (B)  $3R$   
(C)  $4R$  (D) The air bubble cannot form a real image

पानी के अंदर वायु का एक बुलबुला है। पानी का अपवर्तनांक  $4/3$  है। वायु के बुलबुले से कितनी दूरी पर एक बिन्दु बिम्ब को रखना चाहिए ताकि बुलबुले से समान दूरी पर वास्तविक प्रतिबिम्ब बन जाये

- (A)  $2R$  (B)  $3R$   
(C)  $4R$  (D) वायु का बुलबुला वास्तविक प्रतिबिम्ब नहीं बना सकता

GO0095

Ans. (D)



42. A point object is placed at the centre of a glass sphere of radius 6 cm and refractive index 1.5. The distance of the virtual image from the surface of the sphere is :- [IIT-JEE 2004 (Scr)]

एक बिन्दु बिम्ब को 6 सेमी त्रिज्या तथा 1.5 अपवर्तनांक के कांच के गोले के केन्द्र पर रखा गया है। गोले की सतह से आभासी प्रतिबिम्ब की दूरी होगी-

[IIT-JEE 2004 (Scr)]

- (A) 2 cm (B) 4 cm (C) 6 cm (D) 12 cm

GO0096

Ans. (C)

**Lens :**

43. A concave lens of glass, refractive index 1.5, has both surfaces of same radius of curvature R. On immersion in a medium of refractive index 1.75, it will behave as a :-

- (A) convergent lens of focal length 3.5R (B) convergent lens of focal length 3.0 R.  
(C) divergent lens of focal length 3.5 R (D) divergent lens of focal length 3.0 R

1.5 अपवर्तनांक के कांच के एक अवतल लेंस के दोनों पृष्ठों की वक्रता त्रिज्या R समान है। 1.75 अपवर्तनांक के एक माध्यम में डुबोने पर, यह निम्न के समान व्यवहार करेगा

- (A) 3.5 R फोकस दूरी के अभिसारी लेंस के समान (B) 3.0 R फोकस दूरी के अभिसारी लेंस के समान  
(C) 3.5 R फोकस दूरी के अपसारी लेंस के समान (D) 3.0 R फोकस दूरी के अपसारी लेंस के समान

GO0097

Ans. (A)

Sol. in air

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{1.5}{1} - 1 \right) \left( \frac{-2}{R} \right) = \frac{-1}{R}$$

(diverging)

in medium :

$$\begin{aligned} \frac{1}{f'} &= \left( \frac{1.5}{1.75} - 1 \right) \left( \frac{-2}{R} \right) \\ &= +\frac{2}{7R} \text{ (converging)} \end{aligned}$$

44. A convergent (biconvex) lens is placed inside a jar filled with a liquid. The lens has focal length 20cm, when in air and its material has a refractive index of 1.5. If the liquid has a refractive index of 1.6, the focal length of the lens while in the jar, is :-

एक अभिसारी (द्विउत्तल) लेंस को एक द्रव से भरे पात्र में रखा गया है। इस लेंस की वायु में फोकस दूरी 20 सेमी. है और इस के द्रव्य का अपवर्तनांक 1.5 है। यदि द्रव का अपवर्तनांक 1.6 हो तो द्रव में डूबने पर लेंस की फोकस दूरी होगी :-

- (A) -110 cm (B) -130 cm (C) -160 cm (D) -180 cm

GO0098

Ans. (C)

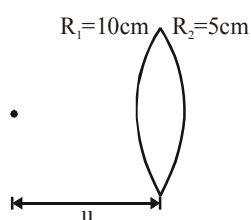
Sol. Use the formula  $\frac{1}{f} = (\mu - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

$$\frac{1}{f_{\text{air}}} = \left( \frac{\mu_{\text{glass}}}{\mu_{\text{air}}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad \& \quad \frac{1}{f_{\text{liquid}}} = \left( \frac{\mu_{\text{glass}}}{\mu_{\text{liquid}}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{f_{\text{liquid}}}{f_{\text{air}}} = \frac{\left( \frac{\mu_{\text{glass}}}{\mu_{\text{air}}} - 1 \right)}{\left( \frac{\mu_{\text{glass}}}{\mu_{\text{liquid}}} - 1 \right)} \Rightarrow \frac{f_{\text{liquid}}}{20} = \frac{(1.5 - 1)}{\left( \frac{1.5}{1.6} - 1 \right)} \Rightarrow f_{\text{liquid}} = -160 \text{ cm}$$

45. A thin convex lens is made of a material of refractive index 1.6. An object is kept at a distance of  $u$  from the lens on the principal axis as shown in the figure. The radius of curvature of the surfaces are 10 cm and 5cm. Now, the lens is reversed such that the face having radius of curvature 5cm lies close to the object. The difference in image position as obtained for both the cases is equal to :-

एक पतला उत्तल लेन्स 1.6 अपवर्तनांक वाले पदार्थ से बना हुआ है। एक बिम्ब को चित्रानुसार मुख्य अक्ष पर लेन्स से  $u$  दूरी पर रखा जाता है। पृष्ठों की वक्रता त्रिज्या 10 cm व 5cm है। अब लेन्स को इस प्रकार से उलट देते हैं कि 5cm वक्रता त्रिज्या वाला फलक बिम्ब के समीप आ जाता है। दोनों स्थितियों में प्राप्त प्रतिबिम्ब स्थितियों में अन्तर होगा :-



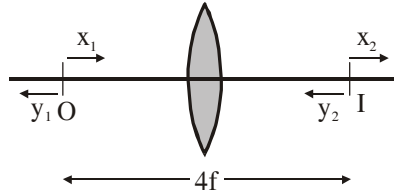
- (A) 0.4 u (B) 0.6 u (C) 0.8 u (D) 0

GO0099

Ans. (D)

46. In a converging lens of focal length  $f$  and the distance between real object and its real image is  $4f$ . If the object moves  $x_1$  distance towards lens its image moves  $x_2$  distance away from the lens and when object moves  $y_1$  distance away from the lens its image moves  $y_2$  distance towards the lens, then choose the correct option:-

किसी अभिसारी लेंस की फोकस दूरी  $f$  है तथा वास्तविक बिम्ब व इसके वास्तविक प्रतिबिम्ब के मध्य की दूरी  $4f$  है। यदि चित्रानुसार बिम्ब को लेंस की ओर  $x_1$  दूरी तक विस्थापित किया जाये तो इसका प्रतिबिम्ब, लेंस से दूरी  $x_2$  दूरी तक विस्थापित हो जाता है। इसी प्रकार यदि बिम्ब को लेंस से दूर  $y_1$  दूरी तक विस्थापित किया जाये तो इसका प्रतिबिम्ब लेंस की ओर  $y_2$  दूरी तक विस्थापित हो जाता है। सही विकल्प चुनिये :-

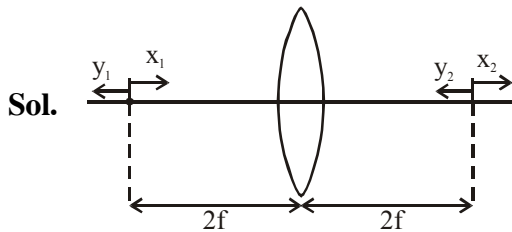


- (A)  $x_1 > x_2$  and  $y_1 > y_2$   
 (C)  $x_1 < x_2$  and  $y_1 > y_2$

- (B)  $x_1 < x_2$  and  $y_1 < y_2$   
 (D)  $x_1 > x_2$  and  $y_2 > y_1$

GO0100

Ans. (C)



$$\frac{\text{displacement of image}}{\text{displacement of object}} = \left( \frac{\text{position of image}}{\text{position of object}} \right)^2$$

47. A point object is placed on the principal axis of a converging lens and its image ( $I_1$ ) is formed on its principal axis. If the lens is rotated by a small angle  $\theta$  about its optical centre such that its principal axis also rotates by the same amount then the image ( $I_2$ ) of the same object is formed at point P. Choose the correct option.

- (A) Point P lies on the new principal axis.  
 (B) Point P lies on the old principal axis.  
 (C) Point P is anywhere between the two principal axes  
 (D) None of these

एक बिन्दु बिम्ब, किसी अभिसारी लेंस की मुख्य अक्ष पर रखा हुआ है तथा इसका प्रतिबिम्ब ( $I_1$ ) इसकी मुख्य अक्ष पर बना है। यदि इस लेंस को इसके प्रकाशिक केन्द्र के सापेक्ष अल्प कोण  $\theta$  पर घुमा दिया जाये तो इसकी मुख्य अक्ष भी इतनी ही मात्रा में घूम जाती है तथा इस बिम्ब का प्रतिबिम्ब ( $I_2$ ) बिन्दु P पर बनता है। सही विकल्प चुनिये

- (A) बिन्दु P, नई मुख्य अक्ष पर स्थित है।  
 (B) बिन्दु P, पुरानी मुख्य अक्ष पर ही स्थित है।  
 (C) बिन्दु P, दोनों मुख्य अक्षों के मध्य कहीं पर स्थित है।  
 (D) इनमें से कोई नहीं

GO0101

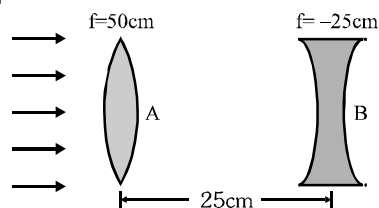
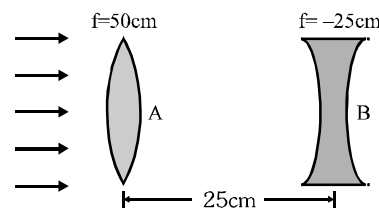
Ans. (B)

48. The two lenses shown are illuminated by a beam of parallel light from the left. Lens B is then moved slowly toward lens A. The beam emerging from lens B is :

- (A) Initially parallel and then diverging  
 (B) Always diverging  
 (C) Initially converging and finally parallel  
 (D) Always parallel

चित्र में प्रदर्शित दोनों लेंसों को बांयी ओर से आते हुए एक समान्तर प्रकाश पुंज द्वारा प्रकाशित किया गया है। अब लेंस B को धीरे-धीरे लेंस A की ओर ले जाया जाता है। लेंस B से निर्गत पुंज

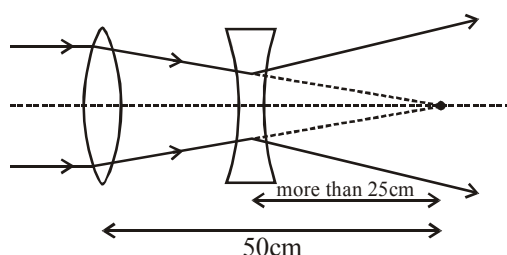
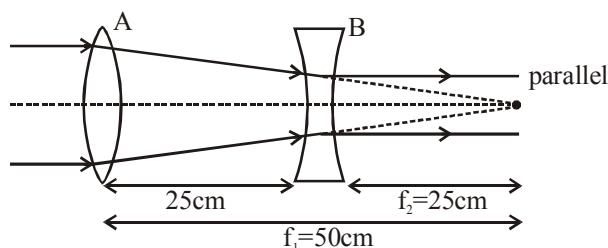
- (A) प्रारम्भ में समान्तर तथा फिर अपसरित है।  
 (B) सदैव अपसरित है।  
 (C) प्रारम्भ में अभिसारी तथा अन्त में समान्तर है।  
 (D) सदैव समान्तर है।



GO0102

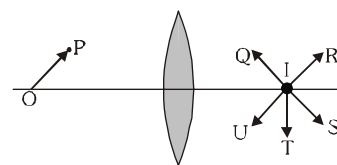
Ans. (A)

Sol. Initially



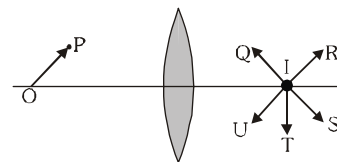
49. A point object O moves from the principal axis of a converging lens in a direction OP. The image of O, will move initially in the direction :

- (A) IQ (B) IR  
 (C) IS (D) IU



एक बिन्दु बिम्ब O अभिसरित लेंस की मुख्य अक्ष पर OP दिशा में गति कर रहा है। O का प्रतिबिम्ब I, प्रारम्भ में किस दिशा में गति करेगा ?

- (A) IQ (B) IR  
(C) IS (D) IU



GO0103

Ans. (C)

50. When the object is at distances  $u_1$  and  $u_2$  the images formed by the same lens are real and virtual respectively and of the same size. Then focal length of the lens is :

जब बिम्ब  $u_1$  तथा  $u_2$  दूरी पर होता है तो समान लेंस द्वारा बनाये गये प्रतिबिम्ब क्रमशः वास्तविक तथा आभासी होते हैं तथा समान आकार के होते हैं। तब लेंस की फोकस दूरी होगी :-

- (A)  $\frac{1}{2}\sqrt{u_1 u_2}$  (B)  $\frac{u_1 + u_2}{2}$  (C)  $\sqrt{u_1 u_2}$  (D)  $\sqrt{(u_1 + u_2)}$

GO0104

Ans. (B)

Sol.  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

first case :

$$u_1 \times \left( \frac{1}{+v_1} - \frac{1}{(-u_1)} = \frac{1}{f} \right)$$

real image

$$\frac{u_1}{v_1} + 1 = \frac{u_1}{f} \quad \dots (1)$$

Second case :

$$u_2 \times \left( \frac{1}{(-v_2)} - \frac{1}{(-u_2)} = \frac{1}{f} \right)$$

virtual image

$$-\frac{u_2}{v_2} + 1 = \frac{u_2}{f} \quad \dots (2)$$

Same size,  $\frac{u_1}{v_1} = \frac{u_2}{v_2}$

adding (1) & (2)

$$2 = \frac{u_1 + u_2}{f}$$

$$f = \frac{u_1 + u_2}{2}$$

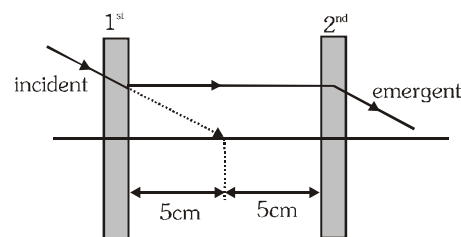
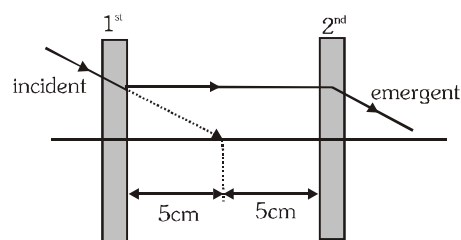


51. Look at the ray diagram shown, what will be the focal length of the 1<sup>st</sup> and the 2<sup>nd</sup> lens, if the incident light ray passes without any deviation ?

- (A) -5 cm and +10 cm  
(B) +5cm and +10cm  
(C) -5cm and +5cm  
(D) +5cm and - 5cm

प्रदर्शित किरण चित्र को देखिए, प्रथम तथा द्वितीय लेंस की फोकस दूरी क्या होगी यदि आपतित प्रकाश किरण बिना किसी विचलन के गुजरती है ?

- (A) -5 सेमी तथा +10 सेमी  
(B) +5 सेमी तथा +10 सेमी  
(C) -5 सेमी तथा +5 सेमी  
(D) +5 सेमी तथा - 5 सेमी

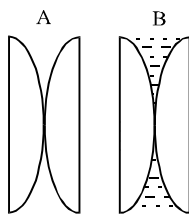


GO0105

Ans. (C)

52. Figure A shows two identical plano-convex lenses in contact as shown. The combination has focal length 24 cm. Figure B shows the same with a liquid introduced between them. If refractive index of glass of the lenses is 1.50 and that of the liquid is 1.60, the focal length of the system in figure B will be :-

चित्र A में दो एकसमान समतलोत्तल लेंस दर्शाये गये हैं जो कि एक-दूसरे के साथ संपर्क में हैं। इस संयोजन की फोकस दूरी 24 cm है। चित्र B में इस संयोजन के मध्य में एक द्रव भर दिया गया है। यदि लेंसों के काँच का अपवर्तनांक 1.50 तथा द्रव का अपवर्तनांक 1.60 हो तो चित्र B में दर्शाये गये संयोजन की फोकस दूरी होगी



(A\*) -120 cm

(B) 120 cm

(C) -24 cm

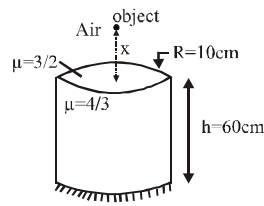
(D) 24 cm

GO0106

Ans. (A)

53. In the arrangement shown given that a biconvex lens of radius of curvature equal to 10 cm and concave mirror has focal length equal to 20cm. Then find the distance 'x' such that the final image formed by the system coincides with the object.

दिये गये चित्रानुसार एक द्वि-उत्तल लेंस की वक्रता त्रिज्या 10cm तथा अवतल दर्पण की फोकस दूरी 20cm है। दूरी x का वह मान ज्ञात कीजिए जिसके लिए इस निकाय द्वारा बनने वाला अंतिम प्रतिबिम्ब, वस्तु पर बने।



(A) 15 cm

(B) 22.5 cm

(C) 20 cm

(D) 17.5 cm

GO0107

Ans. (B)

Sol. I refraction  $\frac{3}{2v_1} - \frac{1}{u_1} = \frac{3}{2} - 1 \Rightarrow v_1 = \frac{30u_1}{20+u_1}$

II refraction  $v_2 = \frac{20u_1}{u_1 + 15}$

So image coincide with object

if  $v_2 = 20$  and  $60 \Rightarrow u_1 = -22.5$  cm

54. A convex lens of focal length 30 cm forms an image of height 2 cm for an object situated at infinity. If a concave lens of focal length 20 cm is placed coaxially at a distance of 26 cm in front of convex lens then size image would be :-

एक 30 cm फोकस दूरी वाला उत्तल लेंस अनन्त पर रखे एक बिम्ब का 2 cm ऊंचा एक प्रतिबिम्ब बनाता है। यदि इस उत्तल लेंस के सामने 26 cm की दूरी पर एक अन्य 20 cm फोकस दूरी के अवतल लेंस को समाक्षीय रूप से रख दिया जाये तो बनने वाले प्रतिबिम्ब का आकार होगा :-

[IIT-JEE 2003 (Scr)]

(A) 2.5 cm

(B) 5.0

(C) 1.25

(D) None

GO0108

Ans. (A)

55. A plano-convex lens of refractive index 1.5 and radius of curvature 30 cm is silvered at the curved surface. Now, this lens has been used to form the image of an object. At what distance from this lens, an object be placed in order to have a real image of the size of the object?

30 सेमी वक्रता त्रिज्या तथा 1.5 अपवर्तनांक के किसी समतलोत्तल लेंस के वक्रीय पृष्ठ को रजतित किया गया है। अब इस लेंस का उपयोग किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब बनाने में किया जाता है। इस लेंस से वस्तु को कितनी दूरी पर रखें कि वस्तु का उसी माप का वास्तविक प्रतिबिम्ब बने ?

[AIEEE-2004]

(A) 20 cm

(B) 30 cm

(C) 60 cm

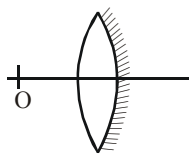
(D) 80 cm

GO0109

Ans. (A)

56. An equiconvex lens of refractive index  $\mu$  and radius of curvature  $R$  has its one surface silvered. A point source  $O$  is placed before the silvered lens so that its image is coincident with it, the distance of the object from the lens is :-

अपवर्तनांक  $\mu$  तथा वक्रता त्रिज्या  $R$  वाले एक समोत्तल लैन्स की एक सतह रजतित है। रजतित लेन्स के सामने एक बिन्दु स्रोत  $O$  को रखा जाता है ताकि इसका प्रतिबिम्ब इसके सम्पाती हो। बिम्ब की लैन्स से दूरी है :-



(A)  $\frac{R}{(\mu-1)}$

(B)  $\frac{2R}{(\mu-1)}$

(C)  $\frac{R}{(2\mu-1)}$

(D)  $\frac{2R}{(2\mu-1)}$

GO0110

**Ans. (C)**

**Sol.**  $P = P_L + P_m + P_L$

$$P_{\text{net}} = \left( \frac{4\mu-2}{R} \right)$$

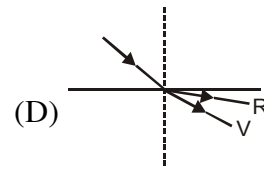
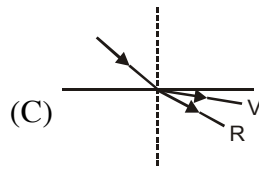
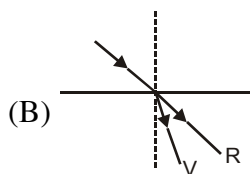
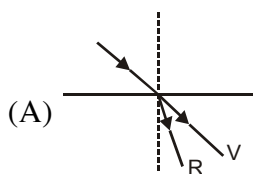
$$f = \frac{1}{2} \left( \frac{R}{2\mu-1} \right)$$

$$u = 2f$$

### Dispersion :

**57.** A ray of light is coming from air to water. Which of the following figure shows correct dispersion of light ?

प्रकाश की एक किरण वायु से पानी में जा रही है। निम्न में से कौनसा चित्र प्रकाश के सही वर्ण विक्षेपण को प्रदर्शित करता है ?



GO0111

**Ans. (B)**

**58.** When white light passes through a glass prism, one gets spectrum on the other side of the prism. In the emergent beam, the ray which is deviating least is or deviation by a prism is lowest for

(A) Violet ray (B) Green ray (C) Red ray (D) Yellow ray

जब काँच के प्रिज्म पर श्वेत प्रकाश आपतित करते हैं तो प्रिज्म के दूसरी ओर स्पेक्ट्रम प्राप्त होता है। निर्गत पुंज में सबसे कम विचलन होता है

(A) बैंगनी किरण (B) हरी किरण का (C) लाल किरण का (D) पीली किरण का

GO0112

**Ans. (C)**

**59.** The angle of prism is  $5^\circ$  and its refractive indices for red and violet colours are 1.5 and 1.6 respectively. The angular dispersion produced by the prism is :-

प्रिज्म कोण  $5^\circ$  एवं लाल तथा बैंगनी रंगों के लिये अपवर्तनांक क्रमशः 1.5 एवं 1.6 है तो प्रिज्म द्वारा उत्पन्न कोणीय विक्षेपण होगा -

(A)  $7.75^\circ$

(B)  $5^\circ$

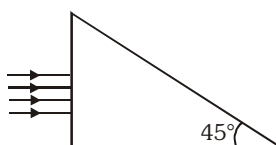
(C)  $0.5^\circ$

(D)  $0.17^\circ$

GO0113

Ans. (C)

60. A beam of light consisting of red, green and blue and is incident on a right angled prism. The refractive index of the material of the prism for the above red, green and blue wavelengths are 1.39, 1.44 and 1.47 respectively. The prism will
- (A) separate part of the red color from the green and blue colors
  - (B) separate part of the blue color from the red and green colors
  - (C) separate all the three colors from the other two colors
  - (D) not separate even partially, any colors from the other two colors



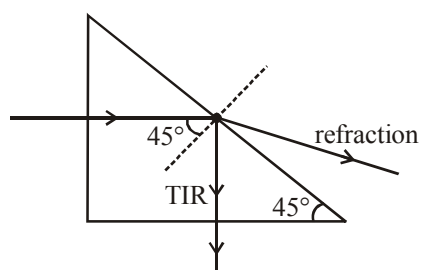
लाल, हरे एवं नीले रंगों से बना हुआ, एक प्रकाश पुंज चित्रानुसार एक समकोणिक प्रिज्म पर आपतित है। उक्त लाल, हरे एवं नीले रंगों की तरंगदैर्घ्यों के लिये प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक क्रमशः 1.39, 1.44 तथा 1.47 है, तो प्रिज्म

- (A) हरे एवं नीले रंगों से लाल रंग वाला भाग पृथक् कर देगा।
- (B) लाल एवं हरे रंगों से नीले रंग वाला भाग पृथक् कर देगा।
- (C) तीनों रंगों को परस्पर अलग कर देगा।
- (D) किसी भी रंग को किसी अन्य रंग से अंशतः भी अलग नहीं करेगा।

GO0114

Ans. (A)

Sol.



$$45^\circ > \theta_c$$

$$\sin 45^\circ > \sin \theta_c$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} > \frac{1}{\mu}$$

$$\sqrt{2} < \mu$$

red

$$45^\circ \leq \theta_c$$

$$\sin 45^\circ \leq \sin \theta_c$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \leq \frac{1}{\mu}$$

$$\sqrt{2} \geq \mu$$

green & blue

61. Two thin prisms of flint glass, with refracting angles of  $6^\circ$  and  $8^\circ$  respectively, possess dispersive powers in the ratio :

फ्लिन्ट काँच से बने दो पतले प्रिज्मों के अपवर्तन कोण क्रमशः  $6^\circ$  व  $8^\circ$  हैं। इनकी विक्षेपण क्षमताओं का अनुपात होगा।

- (A) 4 : 3 (B) 3 : 4 (C) 1 : 1 (D) 9 : 16

GO0115

Ans. (C)

Sol.  $\omega = \left( \frac{\mu_v - \mu_r}{\mu_y - 1} \right)$  same for both prism

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = 1$$

62. Chromatic aberration will be absent if for two thin lenses in contact :-

वर्ण विपथन उपस्थित नहीं होगा, यदि दो पतले लेंसों के युग्म के लिए

- (A)  $(\omega_1/F_1) + (\omega_2/F_2) = 0$  (B)  $(\omega_1/F_2) + (\omega_2/F_1) = 0$   
(C)  $(F_1/\omega_2) + (F_2/\omega_1) = 0$  (D)  $(\omega_1/\omega_2) + (F_1 + F_2) = 0$

GO0116

Ans. (A)

63. The dispersive powers of the materials of the two lenses are in the ratio 4 : 3. If the achromatic combination of these two lenses in contact is a convex lens of focal length 60 cm then the focal lengths of the component lenses are

दो लेंसों के पदार्थ की विक्षेपण क्षमताओं का अनुपात 4 : 3 है। यदि दोनों लेंसों का अवर्णीय संयुग्म एक उत्तल लेंस है, जिसकी फोकस दूरी 60 cm हो, तो घटक लेंसों की फोकस दूरी होगी-

- (A) - 20 cm and 25 cm (B) 20 cm and - 25 cm  
(C) - 15 cm and 40 cm (D) 15 cm and - 20 cm

GO0117

Ans. (D)

64. An achromatic convergent doublet of two lenses in contact has a power of + 2D. The convex lens has a power + 5D. What is the ratio of the dispersive powers of the convergent and divergent lenses

एक अवर्णीय अभिसारी लेंसों के युग्म की क्षमता + 2D है। उत्तल लेंस की क्षमता + 5D है। अभिसारी तथा अपसारी लेंसों की विक्षेपण क्षमता का अनुपात होगा-

- (A) 2 : 5 (B) 3 : 5 (C) 5 : 2 (D) 5 : 3

GO0118

Ans. (B)

65. It is desired to make an achromatic combination of two lenses ( $L_1$  &  $L_2$ ) made of materials having dispersive powers  $\omega_1$  and  $\omega_2$  ( $< \omega_1$ ). If the combination of lenses is converging then

- (A)  $L_1$  is converging  
(B)  $L_2$  is converging  
(C) Power of  $L_1$  is greater than the power of  $L_2$   
(D) None of these

$\omega_1$  तथा  $\omega_2 (<\omega_1)$  विक्षेपण क्षमता के पदार्थ से बने दो लेंसो ( $L_1$  तथा  $L_2$ ) का एक अवर्णीय संयोजन बनाना है। यदि लेंसों का संयोजन अभिसारी है तब -

- (A)  $L_1$  अभिसारी होगा (B)  $L_2$  अभिसारी होगा  
(C)  $L_1$  की शक्ति  $L_2$  की शक्ति से अधिक होगी (D) उपरोक्त में से कोई नहीं

GO0119

Ans. (B)

Sol. achromatic combination :

$$\frac{\omega_1}{f_1} + \frac{\omega_2}{f_2} = 0$$

$$\text{given : } \omega_2 < \omega_1 \Rightarrow |f_1| > |f_2|$$

$$\& \frac{1}{F} = \left( \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \right) > 0$$

converging

So,  $f_1$  is -ve

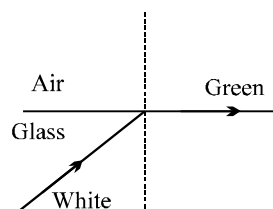
diverging

&  $f_2$  is +ve

converging

66. White light is incident on the interface of glass and air as shown in the figure. If green light is just totally internally reflected then the emerging ray in air contains [IIT-JEE 2004 (Scr)]

- (A) yellow, orange, red (B) violet, indigo, blue  
(C) all colours (D) all colours except green



श्वेत प्रकाश चित्रानुसार कांच तथा वायु की अन्तरापृष्ठ पर आपतित होता है। यदि हरे प्रकाश का लगभग पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है तब हवा में बाहर आती किरणों में रंग होंगे-

[IIT-JEE 2004 (Scr)]

- (A) पीला, नारंगी, लाल (B) बैंगनी, इंडिगो, नीला  
(C) सभी रंग (D) हरे के अतिरिक्त सभी

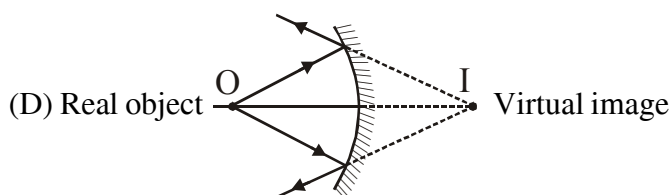
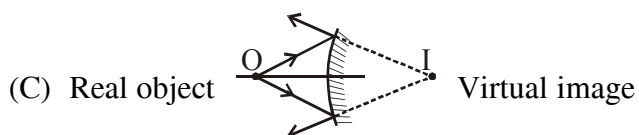
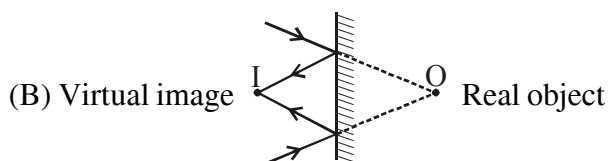
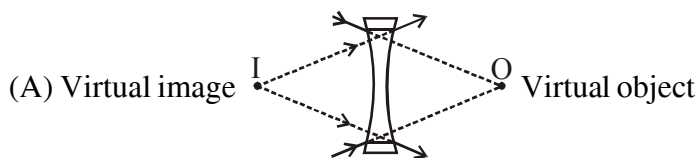
GO0120

Ans. (A)

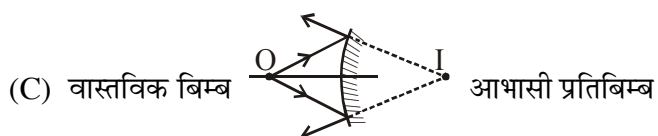
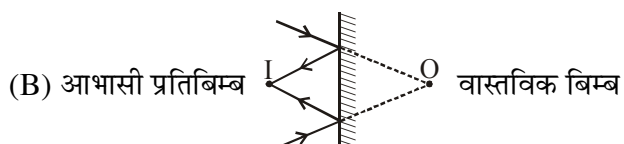
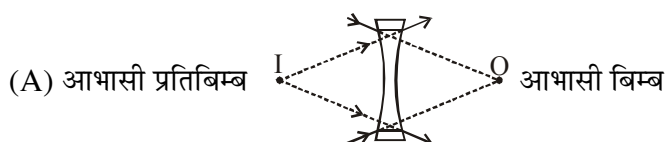
## MULTIPLE CORRECT TYPE QUESTIONS

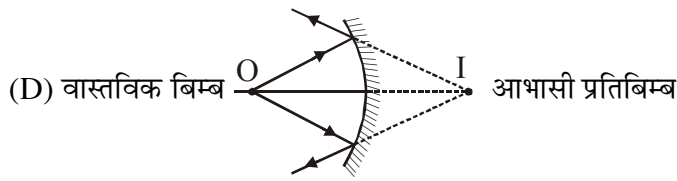
**Spherical mirror :**

67. The nature of object and image given with each of the optical condition is shown. Choose the **correct** option(s) :-



नीचे प्रदर्शित प्रत्येक प्रकाशिक स्थिति में बिम्ब तथा प्रतिबिम्ब की प्रकृति दर्शायी गई है। सही विकल्प/विकल्पों चुनिए।

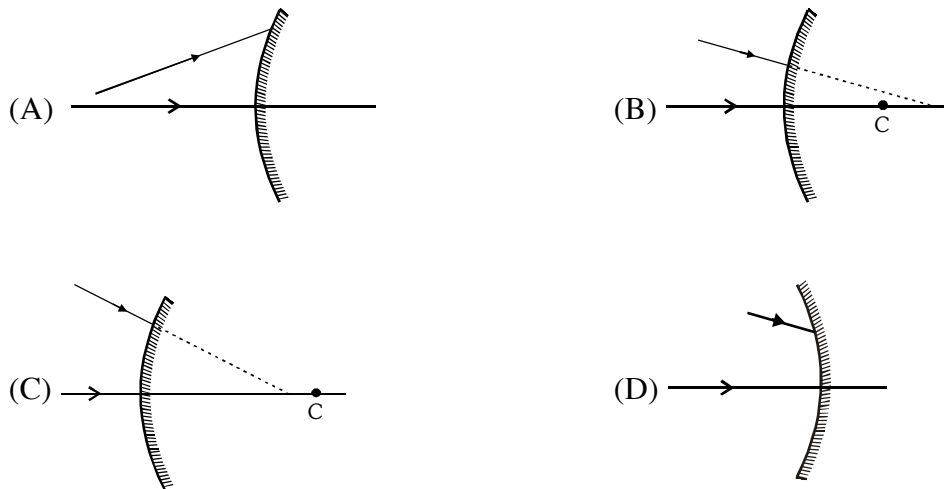




GO0121

Ans. (A,C,D)

68. In which of the following diagrams the image formed is virtual and inverted ?  
प्रदर्शित आरेखों में से कौनसे आरेख में बनने वाला प्रतिबिम्ब आभासी तथा उल्टा होगा ?



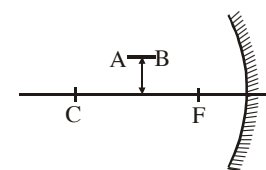
GO0122

Ans. (B, C)

Sol. Image is virtual & inverted, only when object is also, virtual.

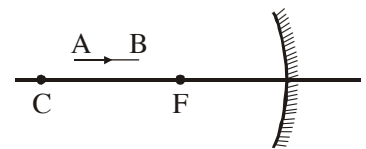
69. An object AB is placed parallel and close to the optical axis between focus F and centre of curvature C of a converging mirror of focal length  $f$  as shown in figure.

- (A) Image of A will be closer than that of B from the mirror.  
(B) Image of AB will be parallel to the optical axis.  
(C) Length of image is equal to AB.  
(D) Length of image is more than AB.



एक बिम्ब AB को चित्रानुसार  $f$  फोकस दूरी वाले किसी अभिसारी दर्पण के वक्रता केन्द्र C तथा फोकस F के मध्य मुख्य अक्ष के नजदीक तथा इसके समान्तर रखा गया है। तब

- (A) A का प्रतिबिम्ब, B के प्रतिबिम्ब की तुलना में दर्पण के अधिक निकट होगा।  
(B) AB का प्रतिबिम्ब, प्रकाशीय अक्ष के समान्तर होगा।  
(C) प्रतिबिम्ब की लम्बाई AB के बराबर है।  
(D) प्रतिबिम्ब की लम्बाई AB से अधिक है।



GO0123

Ans. (A,D)



**Sol.**  $y_i = \frac{fk}{f - x_0}$  and  $x_i = \frac{fx_0}{f - x_0} \Rightarrow \frac{y_i}{x_i} = \frac{k}{x_0} \Rightarrow y_i = \left(\frac{k}{x_0}\right) x_i$

**70.** Mark the **CORRECT** statement :-

- (A) Virtual image of virtual object can be formed by a single optical element
- (B) Virtual image of virtual object formed by a single optical element can be inverted
- (C) Virtual image of real object can be formed by a single optical element
- (D) Virtual image of real object formed by a single optical element can be inverted

सही कथन/कथनों को चुनिए :-

- (A) केवल एक प्रकाशिक युक्ति द्वारा ही आभासी बिम्ब का आभासी प्रतिबिम्ब बनाया जा सकता है।
- (B) एकल प्रकाशिक युक्ति द्वारा बना आभासी बिम्ब का आभासी प्रतिबिम्ब उल्टा हो सकता है।
- (C) एक प्रकाशिक युक्ति द्वारा वास्तविक बिम्ब का आभासी प्रतिबिम्ब बनाया जा सकता है।
- (D) एकल प्रकाशिक युक्ति द्वारा बना वास्तविक बिम्ब का आभासी प्रतिबिम्ब उल्टा हो सकता है।

**GO0124**

**Ans. (A,B,C)**

**71.** A concave mirror forms an image of the sun at a distance of 12 cm from it.

- (A) the radius of curvature of this mirror is 6 cm.
- (B\*) to use it as a shaving mirror, it can be held at a distance of 8-10 cm from the face
- (C\*) if an object is kept at a distance of 24 cm from it, the image formed will be of the same size as the object
- (D) all the above alternatives are correct.

एक अवतल दर्पण सूर्य का दर्पण से 12 cm दूरी पर प्रतिबिम्ब बनाता है तो

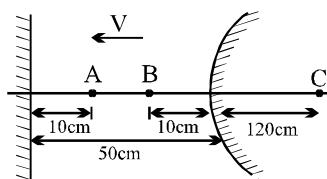
- (A) इस दर्पण की वक्रता त्रिज्या 6 cm है।
- (B) इस दर्पण को शेविंग में प्रयुक्त करने पर इसे चेहरे से 8-10 cm दूरी पर रखना होगा।
- (C) यदि एक बिम्ब को इससे 24 cm दूरी पर रखा गया है तो प्रतिबिम्ब बिम्ब के समान आकार का बनेगा।
- (D) उपरोक्त सभी विकल्प सत्य हैं।

**GO0125**

**Ans. (B,C)**

**72.** In the figure shown consider the first reflection at the plane mirror and second at the convex mirror. AB is object.

- (A) the second image is real, inverted of  $1/5^{\text{th}}$  magnification w.r.t AB
- (B) the second image is virtual and erect with magnification  $1/5$  w.r.t AB
- (C) the second image moves towards the convex mirror
- (D) the second image moves away from the convex mirror.



दिए गए चित्र में प्रथम परावर्तन समतल दर्पण से तथा द्वितीय उत्तल दर्पण से होता है। AB वस्तु है तो

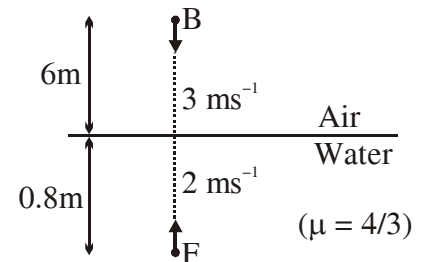
- (A) द्वितीय प्रतिबिम्ब AB के सापेक्ष वास्तविक, उल्टा तथा आवर्धन  $1/5$  होगा
- (B) द्वितीय प्रतिबिम्ब AB के सापेक्ष आभासी, सीधा तथा आवर्धन  $1/5$  होगा
- (C) द्वितीय प्रतिबिम्ब उत्तल दर्पण की ओर गति करेगा
- (D) द्वितीय प्रतिबिम्ब उत्तल दर्पण से दूर गति करेगा

GO0126

Ans. (B,C)

**Refraction at plane surface :**

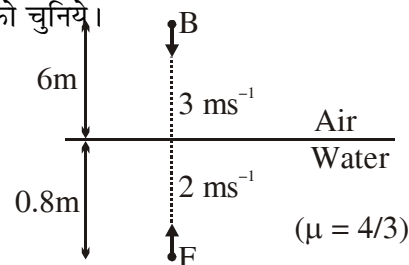
73. A fish, F in the pond, is at a depth of 0.8 m from water surface and is moving vertically upwards with velocity  $2 \text{ ms}^{-1}$ . At the same instant, a bird B is at a height of 6 m from water surface and is moving downwards with velocity  $3 \text{ ms}^{-1}$ . At this instant both are on the same vertical lines as shown in the figure. Which of the following statement(s) is(are) correct?



- (A) Height of B, observed by F (from itself) is equal to 8.00 m.
- (B) Depth of F, observed by B (from itself) is equal to 6.60 m.
- (C) Velocity of B, observed by F (relative to itself) is equal to  $5.00 \text{ ms}^{-1}$ .
- (D) Velocity of F, observed by B (relative to itself) is equal to  $4.50 \text{ ms}^{-1}$ .

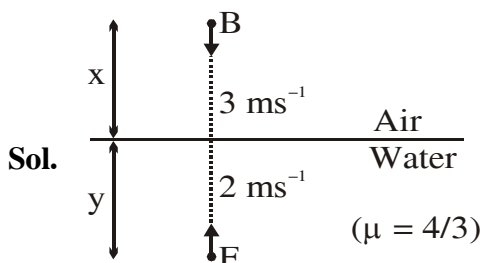
एक मछली F, जलाशय में जल सतह से 0.8 m नीचे गहराई पर है तथा ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर  $2 \text{ ms}^{-1}$  वेग से गति कर रही है। इसी क्षण पर एक पक्षी B जल सतह से 6 m ऊंचाई पर है तथा नीचे की ओर  $3 \text{ ms}^{-1}$  वेग से गति कर रहा है। इस क्षण ये दोनों एक ही ऊर्ध्वाधर रेखा में हैं। सही कथन/कथनों को चुनिये।

- (A) F द्वारा स्वयं से मापी गई B की ऊंचाई 8.00 m है।
- (B) B द्वारा स्वयं से मापी गई F की गहराई 6.60 m है।
- (C) F द्वारा स्वयं के सापेक्ष मापा गया B का वेग  $5.00 \text{ ms}^{-1}$  है।
- (D) B द्वारा स्वयं के सापेक्ष मापा गया F का वेग  $4.50 \text{ ms}^{-1}$  है।



GO0127

Ans. (B,D)



If observer is in air then  $d_1 = \left( x + \frac{y}{\mu} \right)$  &  $v_1 = \frac{dx}{dt} + \frac{1}{\mu} \frac{dy}{dt}$

If observer is in water  $d_2 = \mu x + y$  and  $v_2 = \frac{\mu dx}{dt} + \frac{dy}{dt}$

### Total internal reflection :

74. In the figure (a) light is incident at an angle  $\theta$  which is slightly greater than the critical angle. Now, keeping the incident fixed a slab of refractive index  $n_3$  is placed on surface AB in fig. (b). Which of the following statements are correct:

- (A\*) total internal reflection occurs at AB for  $n_3 < n_1$   
 (B) total internal reflection occurs at AB for  $n_3 > n_1$   
 (C\*) the ray will return back to the same medium for all values of  $n_3$   
 (D) total internal reflection occurs at CD for  $n_3 < n_1$

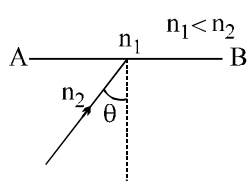


Fig. (a)

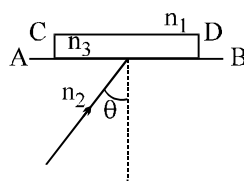


Fig. (b)

चित्र (a) में प्रकाश  $\theta$  कोण पर आपतित होता है, कोण  $\theta$  का मान क्रान्तिक कोण से थोड़ा सा अधिक है। अब आपतन कोण को स्थिर रखते हुए सतह AB पर अपवर्तनांक  $n_3$  वाली एक पट्टिका को चित्र (b) के अनुसार रखा जाता है। निम्न में से कौनसे कथन सत्य हैं?

- (A)  $n_3 < n_1$  के लिए सतह AB पर पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है।  
 (B)  $n_3 > n_1$  के लिए सतह AB पर पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है।  
 (C)  $n_3$  के सभी मानों के लिए किरण समान माध्यम में वापस लौट जाएगी।  
 (D)  $n_3 < n_1$  के लिए सतह CD पर पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है।

GO0128

Ans. (A,C)

75. For the refraction of light through a prism

- (A) For every angle of deviation there are two angles of incidence.  
 (B) The light travelling inside an equilateral prism is necessarily parallel to the base when prism is set for minimum deviation.  
 (C) There are two angles of incidence for maximum deviation.  
 (D) Angle of minimum deviation will increase if refractive index of prism is increased keeping the outside medium unchanged if  $\mu_p > \mu_s$ .

प्रिज्म से प्रकाश के अपवर्तन के लिए

- (A) प्रत्येक विचलन कोण के लिए दो आपतन कोण होते हैं।  
 (B) जब समबाहु प्रिज्म को न्यूनतम विचलन के लिए व्यवस्थित किया जाता है तो समबाहु प्रिज्म के अन्दर गतिशील प्रकाश आवश्यक रूप से इसके आधार के समान्तर होता है।  
 (C) अधिकतम विचलन के लिए दो आपतन कोण होते हैं।

- (D) यदि  $\mu_P > \mu_S$  हो तो बाहरी माध्यम को अपरिवर्तित रखते हुए यदि प्रिज्म के अपवर्तनांक को बढ़ाया जाए तो न्यूनतम विचलन कोण बढ़ जाएगा।

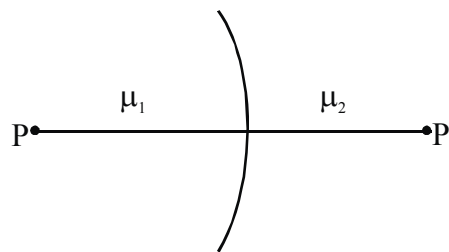
GO0129

Ans. (B,C,D)

**Refraction at curved surface :**

76. Two refracting media are separated by a spherical interface as shown in the figure.  $PP'$  is the principal axis,  $\mu_1$  and  $\mu_2$  are the refractive indices of medium of incidence and medium of refraction respectively, then

- (A) if  $\mu_2 > \mu_1$ , then there cannot be a real image of real object.  
 (B) if  $\mu_2 > \mu_1$ , then there cannot be a real image of virtual object.  
 (C) if  $\mu_1 > \mu_2$ , then there cannot be a virtual image of virtual object.  
 (D) if  $\mu_1 > \mu_2$ , then there cannot be a real image of real object.



दो अपवर्ती माध्यम चित्रानुसार किसी गोलाकार अन्तरापृष्ठ द्वारा पृथक किये गये हैं। यहां  $PP'$  मुख्य अक्ष है तथा  $\mu_1$  व  $\mu_2$  क्रमशः आपतन माध्यम तथा अपवर्तन माध्यम के अपवर्तनांक हैं, तब :-

- (A) यदि  $\mu_2 > \mu_1$  हो तो वास्तविक बिम्ब का वास्तविक प्रतिबिम्ब नहीं बनेगा।  
 (B) यदि  $\mu_2 > \mu_1$  हो तो आभासी बिम्ब का वास्तविक प्रतिबिम्ब नहीं बनेगा।  
 (C) यदि  $\mu_1 > \mu_2$  हो तो आभासी बिम्ब का आभासी प्रतिबिम्ब नहीं बनेगा।  
 (D) यदि  $\mu_1 > \mu_2$  हो तो वास्तविक बिम्ब का वास्तविक प्रतिबिम्ब नहीं बनेगा।

GO0130

Ans. (A,C)

Sol. For refraction at curved surface, (near normal incidence)

$$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R} \quad [R \text{ is -ve. For real object } u \text{ is -ve and for virtual object } u \text{ is +ve.}]$$

**Lens :**

77. Optical axis of a thin equi-convex lens is the X-axis. The co-ordinate of a point object and its image are  $(-20 \text{ cm}, 1 \text{ cm})$  and  $(25 \text{ cm}, -2 \text{ cm})$  respectively

- (A) the lens is located at  $x = 5 \text{ cm}$  (B\*) the lens is located at  $x = -5 \text{ cm}$   
 (C\*) the focal length of the lens is  $10 \text{ cm}$  (D) the focal length of the lens is  $15 \text{ cm}$

किसी पतले समोत्तल लेन्स की प्रकाशिक अक्ष, X-अक्ष है। किसी बिन्दु बिम्ब तथा उसके प्रतिबिम्ब के निर्देशांक क्रमशः  $(-20 \text{ cm}, 1 \text{ cm})$  तथा  $(25 \text{ cm}, -2 \text{ cm})$  है :-

- (A) यह लेन्स  $x = 5$  cm पर रखा है। (B) यह लेन्स  $x = -5$  cm पर रखा है।  
 (C) लेन्स की फोकस दूरी 10 cm है। (D) लेन्स की फोकस दूरी 15 cm है।

GO0131

Ans. (B,C)

78. The principal axis of an optical device is along  $y = -1$ , image of a small body placed at  $(-30, 3)$  is formed at a point  $(60, -3)$ . Then the optical device is

- (A) A convex lens of focal length 20 cm (B) A concave mirror of focal length 60 cm  
 (C) A concave lens of focal length 20 cm (D) A convex mirror of focal length 60 cm

किसी प्रकाशिय युक्ति की मुख्य अक्ष  $y = -1$  के अनुदिश है। बिन्दु  $(-30, 3)$  पर रखे एक छोटे पिण्ड का प्रतिबिम्ब बिन्दु  $(60, -3)$  पर बनता है। यह प्रकाशिय युक्ति है

- (A) 20 cm फोकस दूरी वाला एक उत्तल लेन्स (B) 60 cm फोकस दूरी वाला एक अवतल दर्पण  
 (C) 20 cm फोकस दूरी वाला एक अवतल लेन्स (D) 60 cm फोकस दूरी वाला एक उत्तल दर्पण

GO0132

Ans. (A,B)

79. In displacement method, the distance between object and screen is 96 cm. The ratio of length of two images formed by a convex lens placed between them is 4.84 :-

(A\*) Ratio of the length of object to the length of shorter image is  $11/5$ .

(B\*) Distance between the two positions of the lens is 36 cm.

(C\*) Focal length of the lens is 20.625 cm.

(D\*) Distance of the lens from the shorter image is 30 cm.

विस्थापन विधि में बिम्ब तथा पर्दे के मध्य दूरी 96 cm है। इनके मध्य रखे उत्तल लेंस द्वारा बनने वाले दो प्रतिबिम्बों की लम्बाईयों का अनुपात 4.84 है, तो

- (A) बिम्ब की लम्बाई का लघु प्रतिबिम्ब की लम्बाई के साथ अनुपात  $11/5$  है।  
 (B) लेंस की दो स्थितियों के मध्य दूरी 36 cm है।  
 (C) लेंस की फोकस दूरी 20.625 cm है।  
 (D) लघु प्रतिबिम्ब से लेंस की दूरी 30 cm है।

GO0133

Ans. (A,B,C,D)

80. A lens is formed by a material having refracting index  $\frac{3}{2}$  & radii of curvature 20 cm & 10 cm. Then

choose the correct option(s) :-

- (A) If lens is concavo-convex & light is falling on the surface having radius of curvature 20 cm, then focal length is 40 cm  
 (B) If lens is concavo-convex & light is falling on the surface having radius of curvature 10 cm, then focal length is -40 cm  
 (C) If lens is convexo-concave & light is falling on the surface having radius of curvature 20 cm, then focal length is 40 cm

(D) If lens is convexo-concave & light is falling on the surface having radius of curvature 10 cm, then focal length is -40 cm

एक लेंस के पदार्थ का अपवर्तनांक  $\frac{3}{2}$  तथा वक्रता त्रिज्या 20cm एवं 10 cm है। सही कथन/कथनों को चुनिए:-

- (A) यदि यह लेंस अवतलोत्तल हो तथा प्रकाश 20 cm वक्रता त्रिज्या वाली सतह पर गिर रहा हो तो फोकस दूरी 40cm होगी।  
 (B) यदि यह लेंस अवतलोत्तल हो तथा प्रकाश 10 cm वक्रता त्रिज्या वाली सतह पर गिर रहा हो तो फोकस दूरी -40cm होगी।  
 (C) यदि यह लेंस उत्तलोत्तल हो तथा प्रकाश 20 cm वक्रता त्रिज्या वाली सतह पर गिर रहा हो तो फोकस दूरी 40cm होगी।  
 (D) यदि यह लेंस उत्तलोत्तल हो तथा प्रकाश 10 cm वक्रता त्रिज्या वाली सतह पर गिर रहा हो तो फोकस दूरी -40cm होगी।

GO0134

Ans. (A,D)

81. Which of the following silvered lenses kept in air may form real image of a real object.

वायु में रखे हुए निम्न रजतित लेंसों में कौनसा/कौनसे लेंस किसी वास्तविक बिम्ब का वास्तविक प्रतिबिम्ब बना सकता/सकते हैं?



GO0135

Ans. (A, C)

82. A man wanted to get a picture of a Zebra. He photographed a white donkey after fitting a glass with black streaks onto the objective of his camera.

- (A) the image will look like a white donkey on the photograph.  
 (B) the image will look like a Zebra on the photograph.  
 (C) the image will be more intense compared to the case in which no such glass is used.  
 (D) the image will be less intense compared to the case in which no such glass is used.

एक व्यक्ति सफेद गधे का फोटो, जेबरा की तरह लेना चाहता है इसके लिए वह उसके कैमरे के अभिद्रश्यक पर कालीधारियों वाला कांच लगा लेता है

- (A) फोटो में प्रतिबिम्ब सफेद गधे के समान ही नजर आएगा  
 (B) फोटो में प्रतिबिम्ब जेबरा के समान ही नजर आएगा  
 (C) प्रतिबिम्ब उस स्थिति की तुलना में अधिक तीव्र होगा जब कोई कांच नहीं लगा होता है  
 (D) प्रतिबिम्ब उस स्थिति की तुलना में कम तीव्र होगा जब कोई कांच नहीं लगा होता है

GO0136

Ans. (A, D)

## COMPREHENSION TYPE QUESTIONS

## Paragraph for Question No. 83 to 85

A real object is placed perpendicular to the principal axis of a concave mirror at a position (1) such that the image formed is real with a magnification 2. The object is now shifted to another position (2) at a distance 15 cm from the position (1) and a real image is obtained with a magnification 8. Shifting the position of object from (2) to a third position (3) gives an image with magnification  $1/2$ .

एक वास्तविक वस्तु को अवतल दर्पण की मुख्य अक्ष के लम्बवत् स्थिति (1) पर इस प्रकार रखते हैं कि इसका 2 आवर्धन का वास्तविक प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है। अब वस्तु को स्थिति (1) से 15 cm विस्थापित कर अन्य स्थिति (2) पर ले जाते हैं, तो यहाँ जो वास्तविक प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है उसका आवर्धन 8 हो जाता है। जब वस्तु को स्थिति (2) से स्थिति (3) पर विस्थापित करते हैं, तो  $1/2$  आवर्धन को प्रतिबिम्ब प्राप्त होता है।

83. Position of the image when the object is at position (3) is :-

- (A) between centre of curvature and  $\infty$  (B) between focus and centre of curvature  
(C) at focus (D) between pole and focus

जब वस्तु को स्थिति (3) पर रखते हैं, तो इसके प्रतिबिम्ब की स्थिति होगी:-

- (A) वक्रता केन्द्र तथा  $\infty$  के मध्य (B) फोकस तथा वक्रता केन्द्र के मध्य  
(C) फोकस पर (D) ध्रुव तथा फोकस के मध्य

GO0137

Ans. (B)

84. Focal length of the mirror is :-

दर्पण की फोकस दूरी होगी :-

- (A) - 60 cm (B) -40 cm (C) -30 cm (D) -25 cm

GO0137

Ans. (B)

85. Distance of position (1) of the object from pole and that of position (2) of object from pole are , respectively :-

ध्रुव से वस्तु की स्थिति (1) की तथा ध्रुव से वस्तु की स्थिति (2) की दूरी क्रमशः होगी :-

- (A) 60 cm, 75 cm (B) 75 cm, 60 cm (C) 60 cm, 45 cm (D) 45 cm, 30 cm

GO0137

Ans. (C)

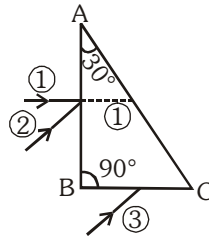
## Paragraph for Question No. 86 to 88

ABC is a right-angled prism kept in air. A ray (1) is incident on the face AB along the normal. Refractive index of the material of prism is the minimum value that will be required so that ray (1) undergoes total internal reflection at the face AC.

Another ray (2) is incident on the face AB such that it emerges from face AC along the normal to AC. A third ray (3) falls on the face BC and emerges from face AC such that its angle of emergence is the same as that of incidence. Assuming light (1), (2) and (3) to have the same frequency, answer the following questions.

वायु में एक समकोणीक प्रिज्म ABC रखा गया है। किरण (1) अभिलम्बवत् फलक AB पर आपतित होती है। प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक वह न्यूनतम मान है जो किरण (1) का फलक AC से पूर्ण आन्तरिक परावर्तन कर दें। दूसरी किरण (2) फलक AB पर आपतित होती है तथा फलक AC से अभिलम्बवत् निर्गत होती है। एक (3) किरण फलक BC पर आपतित होती

है तथा फलक AC से इस प्रकार निर्गत होती है कि निर्गत कोण का मान आपतन कोण के बराबर है। यदि प्रकाश (1), (2) तथा (3) की आवृत्ति समान हो, तो निम्न प्रश्नों के उत्तर दीजिए।



86. Refractive index of the material of prism is :-

प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक है :-

- (A)  $\sqrt{2}$  (B) 2 (C) 1.5 (D) 2.2

GO0138

Ans. (B)

87. Angle of incidence of ray (2) is :-

किरण (2) का आपतन कोण होगा :-

- (A)  $0^\circ$  (B)  $45^\circ$  (C)  $60^\circ$  (D)  $90^\circ$

GO0138

Ans. (D)

88. Deviation suffered by ray (3) is :-

किरण (3) का विचलन कोण होगा :-

- (A)  $60^\circ$  (B)  $30^\circ$  (C)  $90^\circ$  (D)  $120^\circ$

GO0138

Ans. (D)

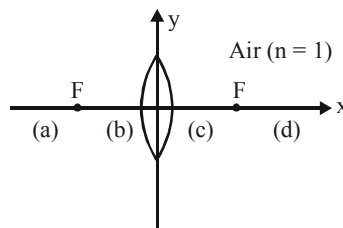
### Paragraph for Question no. 89 and 90

This question concerns a symmetrical lens shown, along with its two focal points. It is made of plastic with ( $n = 1.2$ ), and has a focal length  $f$ . Four different regions are shown :

Here (a)  $-\infty < x < -f$  ; (b)  $-f < x < 0$  ; (c)  $0 < x < f$  ; (d)  $f < x < \infty$

चित्र में एक सममित लेन्स दर्शाया गया है जिसके अनुदिश दो फोकस बिन्दु विद्यमान हैं। यह प्लास्टिक ( $n = 1.2$ ) से बना है तथा इसकी फोकस दूरी  $f$  है। यहाँ चार विभिन्न क्षेत्र निम्न प्रकार दर्शाये गये हैं :

यहाँ (a)  $-\infty < x < -f$  ; (b)  $-f < x < 0$  ; (c)  $0 < x < f$  ; (d)  $f < x < \infty$





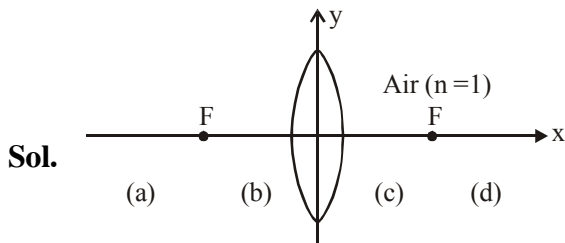
89. If an object is placed somewhere in region (a), in which region does the image appear ?

यदि एक बिम्ब को क्षेत्र (a) में कहीं पर रख दिया जाए तो प्रतिबिम्ब किस क्षेत्र में दिखाई देगा ?

- (A) (a) (B) (b) (C) (c) (D) (d)

GO0139

Ans. (D)



If object is at  $F - 2F$  then image I is at  $2F - \infty$

If object is at  $2F - \infty$  then image I is at  $F - 2F$

In the region "a" image will be in region "d"

90. If incident rays are converging then in which region does the image appear ?

यदि आपतित किरणें अभिसारी हों तो प्रतिबिम्ब किस क्षेत्र में दिखाई देगा ?

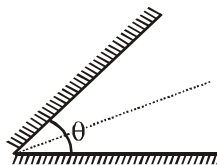
- (A) (a) (B) (b) (C) (c) (D) (d)

GO0139

Ans. (C)

### MATRIX MATCH TYPE QUESTIONS

91. Angle between two mirrors ' $\theta$ ' and location of object is given in column I and some possible number of images are given in column II.



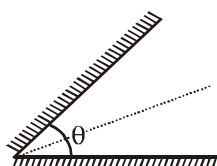
#### Column-I

- (A)  $\theta = 30^\circ$  and object is on bisector  
(B)  $\theta = 36^\circ$  and object is on bisector  
(C)  $\theta = 22.5^\circ$  and object is on bisector  
(D)  $\theta = 50^\circ$  and object is on bisector

#### Column-II

- (P) 9  
(Q) 11  
(R) 8  
(S) 15

स्तम्भ I में दो दर्पणों के मध्य कोण ' $\theta$ ' तथा बिम्ब की स्थिति को दिया गया है तथा स्तम्भ II में प्रतिबिम्ब की कुछ संभव संख्याएं दी गई हैं।



स्तम्भ I	स्तम्भ II
(A) $\theta = 30^\circ$ तथा बिम्ब, समद्विभाजक पर है	(P) 9
(B) $\theta = 36^\circ$ तथा बिम्ब, समद्विभाजक पर है	(Q) 11
(C) $\theta = 22.5^\circ$ तथा बिम्ब, समद्विभाजक पर है	(R) 8
(D) $\theta = 50^\circ$ तथा बिम्ब, समद्विभाजक पर है	(S) 15

GO0140

Ans. (A)  $\rightarrow$  (Q), (B)  $\rightarrow$  (P), (C)  $\rightarrow$  (S), (D)  $\rightarrow$  (R)

Sol. For (A)  $\frac{360^\circ}{30^\circ} = 12 \Rightarrow$  Number of images = 11

For (B)  $\frac{360^\circ}{36^\circ} = 10 \Rightarrow$  Number of images = 9

For (C)  $\frac{360^\circ}{22.5^\circ} = 16 \Rightarrow$  Number of images = 15

For (D)  $\frac{360^\circ}{50^\circ} = 7.2 \Rightarrow$  Number of images = 8

92. An object O is kept perpendicular to the principal axis of a spherical mirror. In column I, coordinate of, object, u with sign in cm, type of mirror and its focal length in cm is given

Column I	Column II
(A) $u = -18$ , concave mirror, 12	(P) Image is real
(B) $u = -12$ , concave mirror, 18	(Q) Image is virtual
(C) $u = -8$ , convex mirror, 10	(R) Image diminished
(D) $u = -10$ , convex mirror, 8	(S) Image is enlarged
	(T) Image is inverted

एक बिम्ब O को गोलीय दर्पण की मुख्य अक्ष के लम्बवत् रखा गया है। स्तम्भ I में बिम्ब u के निर्देशांक चिन्ह के साथ cm में, दर्पण का प्रकार तथा इसकी फोकस दूरी (सेमी) में दी गई है।

स्तम्भ I	स्तम्भ II
(A) $u = -18$ , अवतल दर्पण, 12	(P) प्रतिबिम्ब वास्तविक है।
(B) $u = -12$ , अवतल दर्पण, 18	(Q) प्रतिबिम्ब आभासी है।
(C) $u = -8$ , उत्तल दर्पण, 10	(R) प्रतिबिम्ब छोटा है।
(D) $u = -10$ , उत्तल दर्पण, 8	(S) प्रतिबिम्ब बड़ा है।
	(T) प्रतिबिम्ब उल्टा है।

GO0141

Ans. (A)  $\rightarrow$  (P,S,T); (B)  $\rightarrow$  (Q,S); (C)  $\rightarrow$  (Q, R) (D)  $\rightarrow$  (Q, R)

93. Column-I	Column-II
(A) An object is placed at a distance equal to focal length from pole before convex mirror	(P) Magnification is ( $\infty$ )
(B) An object is placed at focus before a concave mirror	(Q) Magnification is (0.5)
(C) An object is placed at the centre of curvature before a concave mirror.	(R) Magnification is (1/3)

(D) An object is placed at a distance equal to radius of curvature before a convex mirror.

(S) Magnification is  $(-1)$

### स्तम्भ-I

- (A) एक बिम्ब उत्तल दर्पण से पहले के ध्रुव से फोकस दूरी के (P) आवर्धन ( $\infty$ )  
बराबर दूरी पर रखा हुआ है
- (B) एक बिम्ब अवतल दर्पण से पहले फोकस पर रखा (Q) आवर्धन (0.5)  
हुआ है
- (C) एक बिम्ब अवतल दर्पण से पहले वक्रता केन्द्र पर (R) आवर्धन ( $1/3$ )  
रखा हुआ है
- (D) एक बिम्ब उत्तल दर्पण से पहले वक्रता त्रिज्या के बराबर (S) आवर्धन  $(-1)$   
दूरी पर रखा हुआ है

### स्तम्भ-II

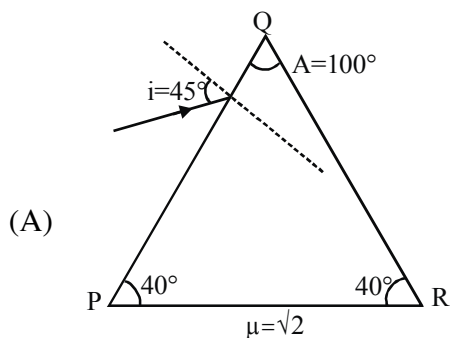
GO0142

Ans. (A)-Q; (B)-P; (C)-S; (D)-R

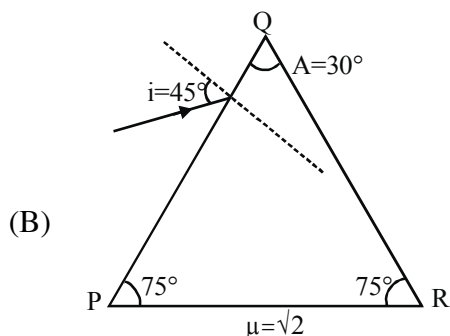
94. Light is incident at surface PQ of prism as shown in column-I then match the column-I with column-II (surrounding medium is air in all cases)

### Column-I

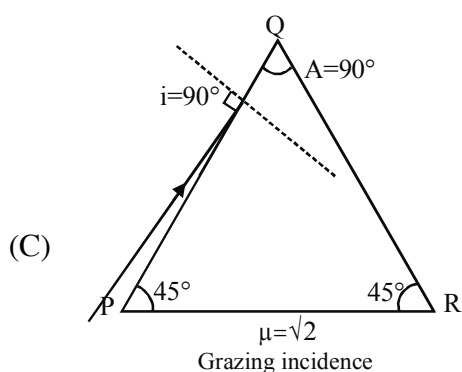
### Column-II



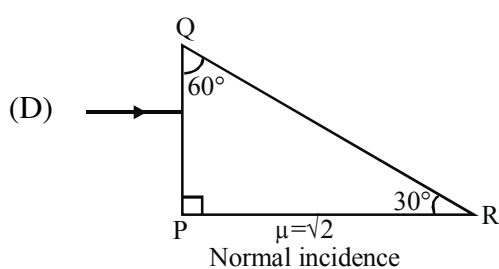
(P) Total internal reflection takes place at surface QR.



(Q) Light emerges normally from the surface QR



(R) Light emerges parallel to surface QR



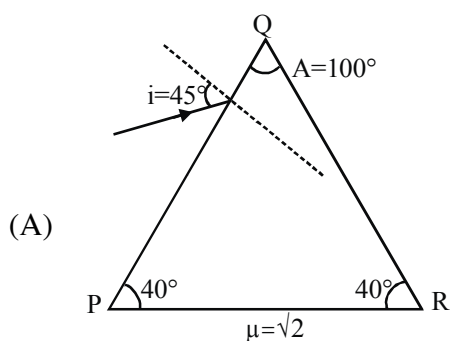
(S) The light ray emerges from face PR perpendicularly

(T) When light ray passes through the prism it is parallel to the base PR.

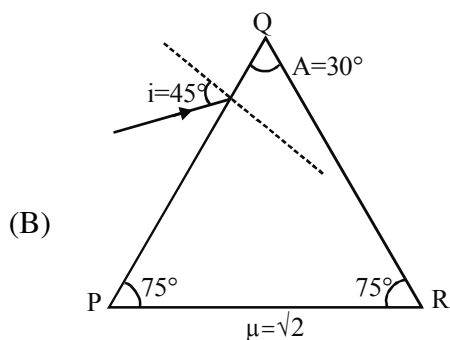
स्तम्भ -I में प्रिज्म की सतह PQ पर प्रकाश आपतित हो रहा है। यहां सभी स्थितियों में चारों ओर का माध्यम वायु है। स्तम्भ सुमेलन करें।

स्तम्भ I

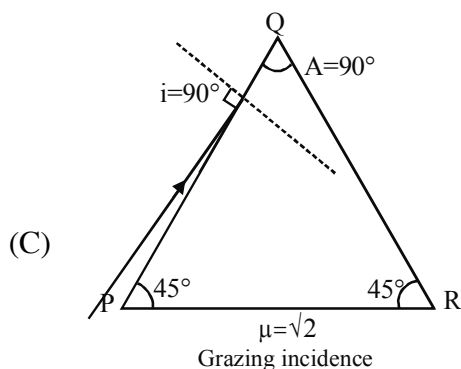
स्तम्भ II



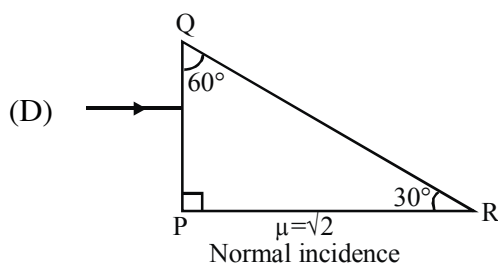
(P) पूर्ण आंतरिक परावर्तन सतह QR पर होता है।



(Q) प्रकाश सतह QR से लम्बवत् रूप से बाहर निकलता है।



(R) प्रकाश सतह QR के समान्तर रूप से बाहर निकलता है।



(S) प्रकाश फलक PR से लम्बवत् रूप से बाहर निकलता है।

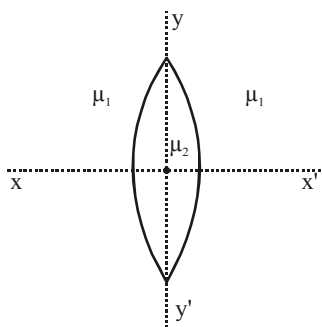
(T) जब प्रकाश किरण प्रिज्म से गुजरती है तो यह आधार PR के समान्तर हो जाती है।

GO0143

Ans. (A)-P; (B)-Q; (C)-RT; (D)-PT

95. An equi-convex lens of refractive index  $\mu_2$  and focal length  $f$  (in air) is kept in medium of refractive index  $\mu_1$ .

अपवर्तनांक  $\mu_2$  तथा फोकस दूरी  $f$  (वायु में) वाले एक समोत्तल लेंस को  $\mu_1$  अपवर्तनांक वाले एक माध्यम में रखा जाता है।



#### Column A

- (P) If lens is cut in two equal parts by a plane  $yy'$ . ( $\mu_1 = 1$ )  
यदि लेंस को समतल  $yy'$  द्वारा दो बराबर भागों में काटा जाये। ( $\mu_1 = 1$ )
- (Q) If lens is cut in two equal parts by a plane  $xx'$ . ( $\mu_1 = 1$ )

#### Column B

- (1) Lens will act as a glass slab  
लेंस काँच की एक पट्टिका की भाँति व्यवहार करेगा।
- (2) Lens will be converging and focal length will change.

यदि लेंस को समतल  $xx'$  द्वारा दो बराबर भागों में काटा जाये। ( $\mu_1 = 1$ )

(R) If  $\mu_1 = \mu_2$ .

यदि  $\mu_1 = \mu_2$  हो

(S) If  $\mu_1 > \mu_2$ .

यदि  $\mu_1 > \mu_2$  हो

लेंस अभिसारी होगा तथा इसकी फोकस दूरी परिवर्तित हो जायेगी।

(3) Lens will be converging and focal length will remain same

लेंस अभिसारी होगा तथा इसकी फोकस दूरी परिवर्तित नहीं होगी।

(4) Lens will be diverging and focal length will change.

लेंस अपसारी होगा तथा इसकी फोकस दूरी परिवर्तित हो जायेगी।

Codes :

	P	Q	R	S
(A)	2	4	1	3
(B)	2	3	1	4
(C)	3	4	2	1
(D)	1	2	3	4

GO0144

Ans. (B)

96. Column-II shows the optical phenomenon that can be associated with optical components given in column-I. Note that column-I may have more than one matching options in column-II.

Column-I

- (A) Convex mirror
- (B) Converging lens
- (C) Thin prism
- (D) Glass slab

Column-II

- (P) Dispersion
- (Q) Deviation
- (R) Real image of real object
- (S) Virtual images of real object

स्तम्भ-II प्रकाशिय परिघटनाओं को प्रदर्शित करते हैं जिन्हें स्तम्भ-I में दिये गये प्रकाशीय घटकों के साथ सम्बन्धित किया जा सकता है। ध्यान रहे कि स्तम्भ-I के स्तम्भ-II में एक से अधिक मिलान हो सकते हैं।

स्तम्भ-I

- (A) उत्तल दर्पण
- (B) अभिसारी लेंस
- (C) पतला प्रिज्म
- (D) कांच की पट्टिका

स्तम्भ-II

- (P) विक्षेपण
- (Q) विचलन
- (R) वास्तविक बिम्ब का वास्तविक प्रतिबिम्ब
- (S) वास्तविक बिम्ब का आभासी प्रतिबिम्ब

GO0145

Ans. (A)-Q,S; (B)-P,Q,R,S; (C)-P,Q,S (D)-S

## SUPPLEMENT FOR MAINS

**Optical Instruments :**

97. A long sighted person has a minimum distance of distinct vision of 50 cm. He wants to reduce it to 25cm. He should use a

- (A) Concave lens of focal length 50 cm (B) Convex lens of focal length 25 cm  
(C) Convex lens of focal length 50 cm (D) Concave lens of focal length 25 cm

एक दूरदृष्टि युक्त व्यक्ति 50 cm की न्यूनतम दूरी पर स्पष्ट रूप से देख सकता है, वह इसे कम कर 25 cm करना चाहता है, उसे किस लेंस का उपयोग करना चाहिए -

- (A) 50 cm की फोकस दूरी का अवतल लेंस (B) 25 cm फोकस दूरी का उत्तल लेंस  
(C) 50 cm की फोकस दूरी का उत्तल लेंस (D) 25 cm फोकस दूरी का अवतल लेंस

GO0148

Ans. (C)

98. A person's near point is 50 cm and his far point is 3m. Powers of the lenses he required for (i) for reading (ii) for viewing distinct stars

एक मनुष्य का निकट बिन्दु 50 cm है तथा उसका दूर बिन्दु 3m है। उन लेंसों की शक्ति जिसकी उसे आवश्यकता होगी

(i) पढ़ने के लिए (ii) दूरस्थ तारों को देखने हेतु है-

- (A) - 2D and 0.33 D (B) 2D and - 0.33 D (C) - 2D and 3D (D) 2D and - 3 D

GO0149

Ans. (B)

99. When length of a compound microscope tube increase, its magnifying power

- (A) decreases (B) increases  
(C) does not change (D) may increase or decrease

जब किसी संयुक्त सूक्ष्मदर्शी के नलिका की लम्बाई बढ़ाई जाती है, तो आवर्धन क्षमता

- (A) घटती है (B) बढ़ती है (C) अपरिवर्तित रहती है (D) कम व अधिक हो सकती है

GO0153

Ans. (A)

100. When the length of an astronomical telescope tube increases its magnifying power

- (A) Decreases (B) Increases  
(C) Does not change (D) May increase or decrease

जब खगोलीय दूरदर्शी की लम्बाई बढ़ाई जाती है, तो उसकी आवर्धन क्षमता

- (A) घटती है (B) बढ़ती है (C) परिवर्तित नहीं होती है (D) बढ़ अथवा घट सकती है

GO0155

Ans. (A)

Paragraph for Question 110 to 113

101. If an astronomical telescope has objective and eye-pieces of focal lengths 200 cm and 4 cm respectively, then the magnifying power of the telescope for the normal vision is  
खगोलीय दूरदर्शी के अभिदृश्यक तथा नेत्रिका की फोकस दूरिया क्रमशः 200 cm तथा 4 cm हैं, तो सामान्य दृष्टि के लिए दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता होगी-

(A) 42 (B) 50 (C) 58 (D) 204

GO0159

Ans. (B)

102. In the above question the length of the telescope for normal vision, is  
उपरोक्त प्रश्न में सामान्य दृष्टि के लिए दूरदर्शी की लम्बाई होगी -

(A) 204 cm (B) 200 cm (C) 196 cm (D) 203.45 cm

GO0159

Ans. (A)

103. In the above question magnifying power of the telescope for distinct vision is  
उपरोक्त प्रश्न में स्पष्ट दृष्टि के लिए दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता होगी

(A) 42 (B) 50 (C) 58 (D) 204

GO0159

Ans. (C)

104. In the above question the length of the telescope for distinct vision is  
उपरोक्त प्रश्न में स्पष्ट दृष्टि के लिए दूरदर्शी की लम्बाई होगी

(A) 204 cm (B) 200 cm (C) 196 cm (D) 203.45 cm

GO0159

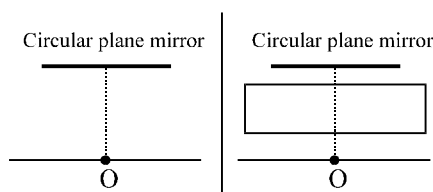
Ans. (D)



## EXERCISE O-2

### SINGLE CORRECT TYPE QUESTIONS

1. In the diagram shown below, a point source  $O$  is placed vertically below the center of a circular plane mirror. The light rays starting from the source are reflected from the mirror such that a circular area  $A$  on the ground receives light. Now, a glass slab is placed between the mirror and the source  $O$ . What will the magnitude of the new area on the ground receiving light?
- (A)  $A$   
 (B) Greater than  $A$   
 (C) Less than  $A$   
 (D) Cannot tell, as the information given is insufficient

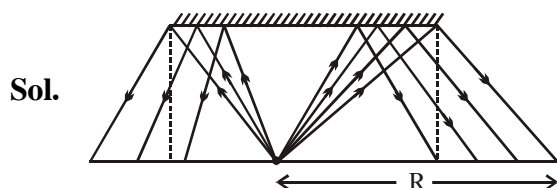


प्रदर्शित चित्र में एक बिन्दु स्रोत  $O$  को वृत्ताकार समतल दर्पण के केन्द्र के ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर रखा जाता है। स्रोत से निकलने वाली प्रकाश किरणें दर्पण से इस प्रकार परावर्तित होती हैं कि धरातल पर  $A$  वृत्ताकार क्षेत्रफल ही प्रकाश को ग्रहण करता है। अब दर्पण तथा स्रोत  $O$  के मध्य एक काँच की पट्टिका को रख दिया जाता है तो अब धरातल पर बनने वाला नया वृत्ताकार क्षेत्रफल जो प्रकाश को ग्रहण करेगा, होगा

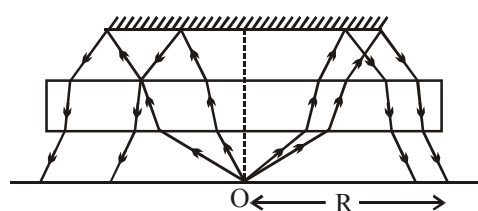
- (A)  $A$                       (B)  $A$  से अधिक                      (C)  $A$  से कम                      (D) आकड़े अपर्याप्त है

GO0160

Ans. (A)

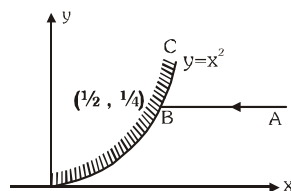


$$\text{area } A = \pi R^2$$



Slab does not deviate, but only shift laterally so, no change in area.

2. In the given figure, incident ray AB is parallel to x-axis. The angle of reflection is :-  
दिये गये चित्र में आपतित किरण AB, x-अक्ष के समान्तर है। परावर्तन कोण होगा:-



- (A)  $30^\circ$  (B)  $60^\circ$  (C)  $45^\circ$  (D) None of these

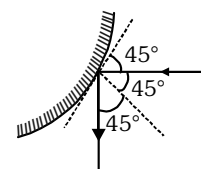
GO0161

Ans. (C)

Sol.  $\frac{dy}{dx} = 2x = 2\left(\frac{1}{2}\right) = 1$

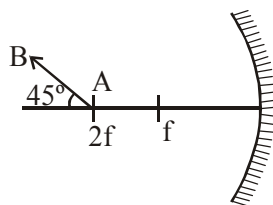
$\Rightarrow$  tangent at given point makes angle  $45^\circ$  with x-axis.

$\Rightarrow$  Angle of reflection =  $45^\circ$



3. The shape of image formed of an object AB due to the concave mirror shown in the figure is best represented by (assume point A is at the centre of curvature of the mirror) :-

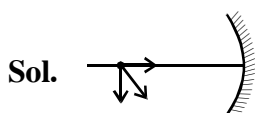
चित्र में प्रदर्शित अवतल दर्पण द्वारा बने बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब की आकृति को सर्वाधिक सही तरीके से दर्शाने वाला विकल्प है (माना बिन्दु A दर्पण के वक्रता केन्द्र पर है):-



- (A) (B) (C) (D)

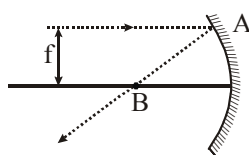
GO0162

Ans. (D)



4. A ray of light is incident on a concave mirror. It is parallel to the principal axis and its height from principal axis is equal to the focal length of the mirror. The ratio of the distance of point B to the distance of the focus from the centre of curvature is (AB is the reflected ray) :-

प्रकाश की एक किरण अवतल दर्पण पर आपतित होती है। यह मुख्य अक्ष के समान्तर है तथा इसकी मुख्य अक्ष से ऊँचाई, दर्पण की फोकस दूरी के बराबर है। वक्रता केन्द्र से बिन्दु B की दूरी का फोकस दूरी के साथ अनुपात होगा (AB परावर्तित किरण है)



(A)  $\frac{2}{\sqrt{3}}$

(B)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

(C)  $\frac{2}{3}$

(D)  $\frac{1}{2}$

GO0163

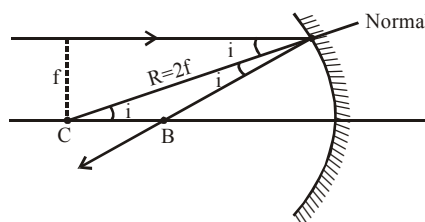
Ans. (A)

Sol.  $\sin i = \frac{f}{R} = \frac{1}{2}$  ;  $i = 30^\circ$

Not a paraxial ray

$$CB = \frac{R}{2 \cos i} = \frac{f}{(\sqrt{3}/2)} = f \left( \frac{2}{\sqrt{3}} \right)$$

$$\frac{CB}{f} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$



5. An infinitely long rod lies along the axis of a concave mirror of focal length  $f$ . The near end of the rod is at distance  $u > f$  from the mirror. Its image will have a length—

एक अनन्त लम्बाई की छड़,  $f$  फोकस दूरी के अवतल दर्पण की अक्ष के अनुदिश रखी हुई है। छड़ का निकटवर्ती सिरा दर्पण से  $u > f$  दूरी पर है। इसके प्रतिबिम्ब की लम्बाई है

(A)  $\frac{uf}{u-f}$

(B)  $\frac{uf}{u+f}$

(C)  $\frac{f^2}{u+f}$

(D)  $\frac{f^2}{u-f}$

GO0164

Ans. (D)

Sol. image of A is at A' :

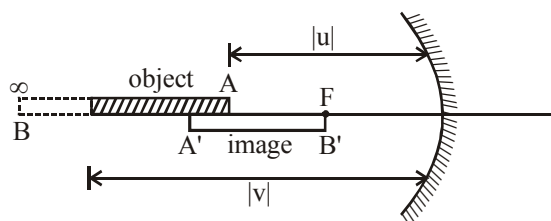
$$u_A = -u$$

$$\frac{1}{v_A} - \frac{1}{u_A} = \frac{1}{-f}$$

$$\frac{1}{-|v|} - \frac{1}{-u} = \frac{1}{-f}$$

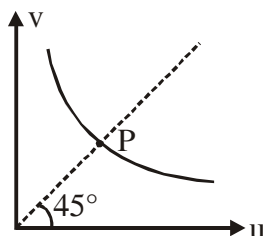
$$\frac{1}{+|v|} = \frac{1}{+f} + \frac{1}{ui}$$

$$|v| = \frac{uf}{u+f}$$



$$\text{size of image} = |v| - |u| = \frac{f^2}{u - f}$$

6. The graph shows the variation of  $v$  with change in  $u$  for a mirror. Points plotted above the point P on the curve are for values of  $v$
- (A) smaller than  $f$       (B) smaller than  $2f$       (C) larger than  $2f$       (D) larger than  $f$



किसी दर्पण के लिए  $u$  में परिवर्तन के सापेक्ष  $v$  के परिवर्तन का ग्राफ चित्र में प्रदर्शित है। वक्र पर बिन्दु P के ऊपर आरेखित बिन्दुओं के लिए  $v$  का मान

- (A)  $f$  के मान से कम है      (B)  $2f$  के मान से कम है      (C)  $2f$  के मान से अधिक है      (D)  $f$  के मान से अधिक है

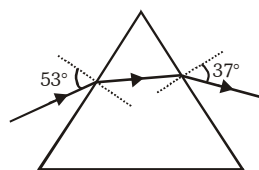
GO0165

Ans. (C)

Sol. where  $u = v \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$  so  $u = 2f = v$

7. A ray incident at an angle  $53^\circ$  on a prism emerges at an angle  $37^\circ$  as shown. If the angle of incidence is made  $50^\circ$ , which of the following is a possible value of the angle of emergence?

चित्रानुसार एक किरण प्रिज्म पर  $53^\circ$  कोण पर आपतित होती है तथा  $37^\circ$  कोण पर निर्गत होती है। यदि आपतन कोण  $50^\circ$  कर दिया जाए तो निर्गत कोण का निम्न में से कौनसा मान संभव होगा ?



- (A)  $35^\circ$       (B)  $42^\circ$       (C)  $40^\circ$       (D)  $38^\circ$

GO0166

Ans. (D)

Sol.  $1 \sin i = \mu \sin (r_1)$   
 $\& \mu \sin (r_2) = 1 \sin e$   
 $\& r_2 + r_1 = A$

So, by decreasing  $i$ ,  $e$  increases but  $|\Delta i| \neq |\Delta e|$ ,

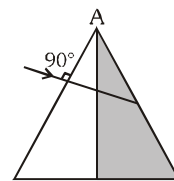
if  $i > e$ , then  $|\Delta i| > |\Delta e|$

hence, new value of  $e$  will be

$$37^\circ < e < 40^\circ$$

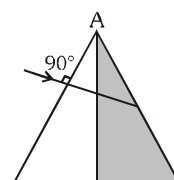
8. A ray of light is incident normally on the first refracting face of the prism of refracting angle  $A$ . The ray of light comes out at grazing emergence. If one half of the prism (shaded position) is knocked off, the same ray will :-

- (A) Emerge at an angle of emergence  $\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\sec A/2\right)$   
 (B) Not emerge out of the prism  
 (C) Emerge at an angle of emergence  $\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\sec A/4\right)$   
 (D) None of these



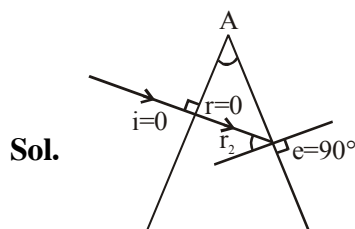
प्रकाश की एक किरण,  $A$  अपवर्तक कोण के प्रिज्म की प्रथम अपवर्तक सतह पर अभिलम्बवत आपतित होती है। प्रकाश किरण पृष्ठस्पर्शीय निर्गत होती है। यदि प्रिज्म का आधा भाग (छायांकित भाग) हटा दिया जाये तो वही किरण

- (A) निर्गत कोण  $\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\sec A/2\right)$  पर निर्गत होगी।  
 (B) प्रिज्म से बाहर नहीं निकलेगी।  
 (C) निर्गत कोण  $\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\sec A/4\right)$  पर निर्गत होगी।  
 (D) उपरोक्त में से कोई नहीं।



GO0167

Ans. (A)



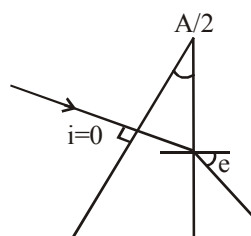
$$r_2 = A$$

$$\mu \sin A = 1 \sin 90^\circ$$

dividing the two equations.

$$2 \cos \mu_2 = \frac{1}{\sin e}$$

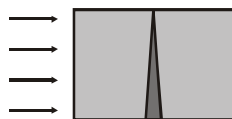
$$e = \sin^{-1}\left(\frac{1}{2} \sec \frac{A}{2}\right)$$



$$r_2 = \frac{A}{2}$$

$$\mu \sin \frac{A}{2} = 1 \sin e$$

9. A thin isosceles prism with angle  $4^\circ$  and refractive index  $5/4$  is placed inside a transparent tube with liquid (refractive index = 1.5) as shown. The deviation of light due to prism will be :-  
 (A)  $0.8^\circ$  upward (B)  $0.8^\circ$  downward (C)  $0.67^\circ$  upward (D)  $0.67^\circ$  downward



एक पतले समद्विबाहु प्रिज्म का प्रिज्म कोण  $4^\circ$  तथा अपवर्तनांक  $5/4$  है। इसे द्रव (अपवर्तनांक = 1.5) से भरी एक पारदर्शी नली के अन्दर चित्रानुसार रखा गया है। प्रिज्म के कारण प्रकाश का विचलन होगा

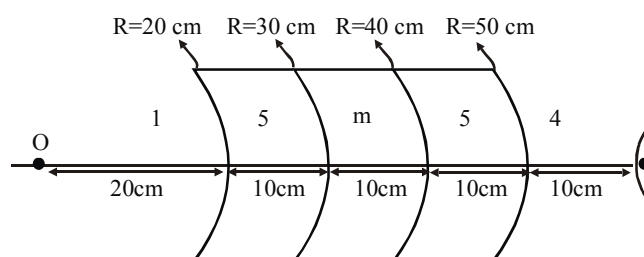
- (A)  $0.8^\circ$  ऊपर की ओर (B)  $0.8^\circ$  नीचे की ओर (C)  $0.67^\circ$  ऊपर की ओर (D)  $0.67^\circ$  नीचे की ओर

GO0168

Ans. (C)

$$\text{Sol. } (\mu_{rel} - 1) A = \left[ \frac{\left(\frac{5}{4}\right)}{\left(\frac{3}{2}\right)} - 1 \right] 4^\circ = -\frac{2^\circ}{3}$$

10. In the arrangement shown, separation between observer and object as seen by observer is  
 (A) 60 cm (B) more than 60 cm (C) less than 60 cm (D) depends on  $\mu$



प्रदर्शित निकाय में बिम्ब तथा उस प्रेक्षक के मध्य प्रेक्षक द्वारा देखी गई दूरी का मान :-

- (A) 60 cm है (B) 60 cm से अधिक है (C) 60 cm से कम है (D)  $\mu$  के मान पर निर्भर करता है।

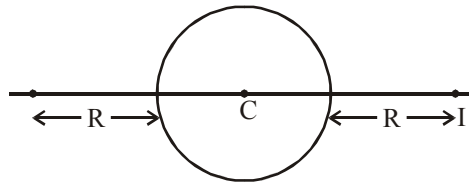
GO0169

Ans. (A)

Sol. no change in distance will be observed because O is kept at the centre of each refracting surface.

11. In the given situation, a spherical transparent surface of radius  $R$  is placed. The refractive index of sphere is such that image for an object kept at distance  $R$  is formed at the same distance of the opposite side. What is refractive index of sphere?

प्रदर्शित चित्र में त्रिज्या  $R$  वाला एक गोलाकार पारदर्शी पृष्ठ रखा हुआ है। इस गोले का अपवर्तनांक इस प्रकार है कि  $R$  दूरी पर रखे बिम्ब का प्रतिबिम्ब दूसरी ओर समान दूरी पर बनता है। गोले का अपवर्तनांक क्या होगा ?



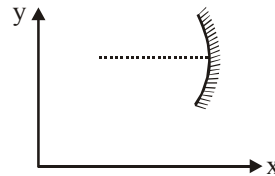
- (A) 1.5 (B) 1.75 (C) 1.25 (D) 2

GO0170

Ans. (D)

12. Figure shows a concave mirror with its principal axis parallel to x-axis and focus on the y-axis. The centre of curvature is at  $(-108 \text{ cm}, 54 \text{ cm})$ . The coordinates of the image of a point source A  $(81 \text{ cm}, 48 \text{ cm})$  will be :-

चित्र में एक अवतल दर्पण दर्शाया गया है जिसकी मुख्य अक्ष x-अक्ष के समान्तर एवं फोकस y-अक्ष पर है। वक्रता केन्द्र  $(-108 \text{ cm}, 54 \text{ cm})$  पर है। एक बिन्दु स्रोत A  $(81 \text{ cm}, 48 \text{ cm})$  के प्रतिबिम्ब के निर्देशांक होंगे :-



- (A)  $(144 \text{ cm}, 46 \text{ cm})$  (B)  $(144 \text{ cm}, 62 \text{ cm})$  (C)  $(36 \text{ cm}, 8 \text{ cm})$  (D) None of these

GO0171

Ans. (A)

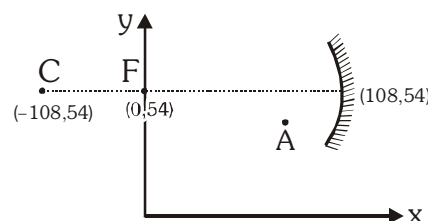
Sol. Here  $f = -108 \text{ cm}$ ,  $u = -27 \text{ cm}$

$$\therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \therefore \frac{1}{v} + \frac{1}{-27} = \frac{1}{-108} \Rightarrow v = 36 \text{ cm}$$

$\Rightarrow$  X-coordinate will be  $36 + 108 = 144 \text{ cm}$

$$\text{Magnification } m = -\frac{v}{u} = -\left(\frac{36}{-27}\right) = \frac{4}{3}$$

$$\text{Height of image} = \frac{4}{3} \times 6 = 8 \text{ cm} \Rightarrow \text{Y-coordinate} = 54 - 8 = 46 \text{ cm}$$



13. A light ray is incident on a transparent sphere of index  $=\sqrt{2}$ , at an angle of incidence  $= 45^\circ$ . What is the deviation of a tiny fraction of the ray, which enters the sphere, undergoes two internal reflections and then refracts out into air?

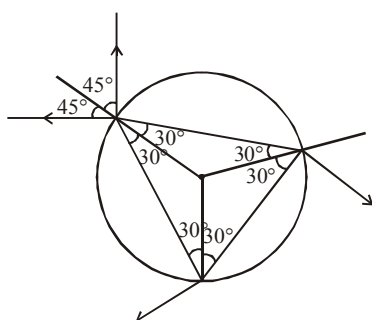
एक प्रकाश किरण चित्रानुसार  $\sqrt{2}$  अपवर्तनांक वाले पारदर्शी गोले पर  $45^\circ$  कोण पर आपतित होती है। किरण के उस छोटे अंश का विचलन क्या होगा जो गोले में प्रवेश कर दो आंतरिक परावर्तनों से गुजर कर अंत में वायु में अपवर्तित हो जाती है?

- (A)  $270^\circ$  (B)  $240^\circ$  (C)  $120^\circ$  (D)  $180^\circ$

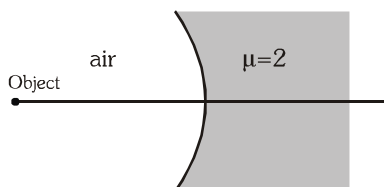
GO0172

Ans. (A)

Sol.

final deviation =  $90^\circ$  or  $270^\circ$ 

14. A concave spherical surface with radius  $R$  separates a medium with index of refraction 2 from air. If an object is moved toward the surface from far away along the central axis, its image :
- (A) Changes from virtual to real when it is  $R/2$  from the surface  
 (B) Changes from virtual to real when it is  $2R$  from the surface  
 (C) Changes from real to virtual when it is  $R/2$  from the surface  
 (D) Remains virtual



वक्रता त्रिज्या  $R$  वाली एक अवतल गोलीय सतह अपवर्तनांक ( $\mu=2$ ) वाले माध्यम को वायु से अलग करती है। एक वस्तु को बहुत दूर से केन्द्रीय अक्ष के अनुदिश इस सतह की तरफ लाया जाता है। तब प्रतिबिम्ब

- (A) आभासी से वास्तविक में बदलेगा जब वस्तु की सतह से दूरी  $R/2$  है।  
 (B) आभासी से वास्तविक में बदलेगा जब वस्तु की सतह से दूरी  $2R$  है।  
 (C) वास्तविक से आभासी में बदलेगा जब वस्तु की सतह से दूरी  $R/2$  है।  
 (D) आभासी ही रहेगा।

GO0173

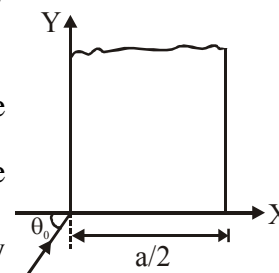
Ans. (D)

Sol.  $v = \left( \frac{Ru}{R-u} \right)$   $v$  is negative

### MULTIPLE CORRECT TYPE QUESTIONS

15. A glass slab is of thickness  $d = a/2$  is shown in figure. The refractive index of the slab varies according to relation  $\mu = \frac{a}{a-x}$  where  $a$  is positive constant. A ray of light enters the slab at origin at an angle  $\theta_0 \rightarrow \pi/2$ , then choose the **CORRECT** statement (s):-

- (A) The path of the light ray inside medium is a circle given by  $(x-a)^2 + y^2 = a^2$   
 (B) The path of the light ray inside medium is a parabola given by  $(x-a)^2 = y$





(C) The deviation of ray from its initial direction is  $\delta = \pi/3$

(D) Ray emerges grazing at the surface.

चित्र में  $d = a/2$  मोटाई की काँच की पट्टिका दर्शायी गई है। इस पट्टिका का अपवर्तनांक

$\mu = \frac{a}{a-x}$  के अनुसार परिवर्तित होता है, जहाँ  $a$  एक धनात्मक अचर है। एक प्रकाश

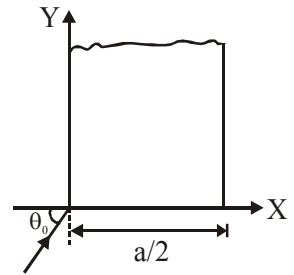
किरण इस पट्टिका में मूलबिन्दु से कोण  $\theta_0 \rightarrow \pi/2$  पर प्रवेश करती है। सही कथन/कथनों को चुनिये :-

(A) माध्यम के अन्दर प्रकाश किरण का पथ एक वृत्त  $(x-a)^2 + y^2 = a^2$  होगा।

(B) माध्यम के अन्दर प्रकाश किरण का पथ एक परवलय  $(x-a)^2 = y$  होगा।

(C) किरण का इसकी प्रारम्भिक दिशा से विचलन  $\delta = \pi/3$  होगा।

(D) किरण सतह से पृष्ठस्पर्शी रूप से बाहर निकलती है।



GO0174

Ans. (A,D)

Sol. For a thin strip at distance  $x$  & thickness  $dx$ ,  $1 = \frac{a}{a-x} \sin r$

$$\Rightarrow \sin r = \frac{a-x}{a} \Rightarrow \tan r = \frac{(a-x)}{\sqrt{a^2 - (a-x)^2}} = \frac{dy}{dx} \quad \dots (i)$$

$\therefore$  Equation of path of light  $= (x-a)^2 + y^2 = a^2$

$$\text{For } x = \frac{a}{2}, \mu = \frac{a}{a - \frac{a}{2}} = 2$$

$$\therefore 1 = 2 \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{1}{2} = 30^\circ$$

$$\therefore \delta = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$$

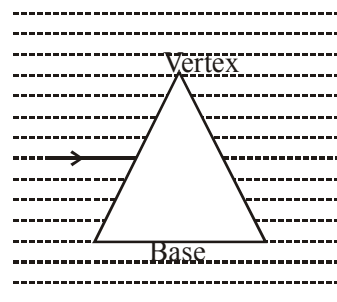
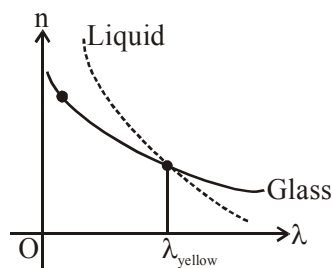
16. A glass prism is immersed in a hypothetical liquid. The curves showing the refractive index  $n$  as a function of wavelength  $\lambda$  for glass and liquid are as shown in the figure. When a ray of white light is incident on the prism parallel to the base :

(A) yellow ray travels without deviation

(B) blue ray is deviated towards the vertex

(C) red ray is deviated towards the base

(D) there is no dispersion



एक कांच का प्रिज्म एक काल्पनिक द्रव में डुबा हुआ है। चित्र में वक्र, कांच तथा द्रव के लिये अपवर्तनांक  $n$  को तरंगदैर्घ्य  $\lambda$  के फलन के रूप में दर्शाते हैं। जब सफेद प्रकाश की किरण प्रिज्म पर आधार के समान्तर आपतित होती है तो:-

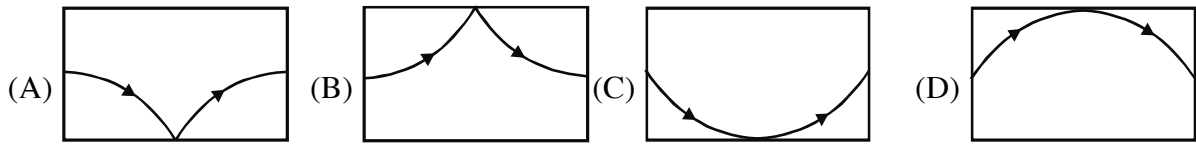
- (A) पीले रंग की किरण बिना विचलन के गति करती है। (B) नीले रंग की किरण शीर्ष की ओर विचलित हो जाती है।  
(C) लाल रंग की किरण आधार की ओर विचलित हो जाती है। (D) कोई विक्षेपण नहीं होता है।

GO0175

Ans. (A,B,C)

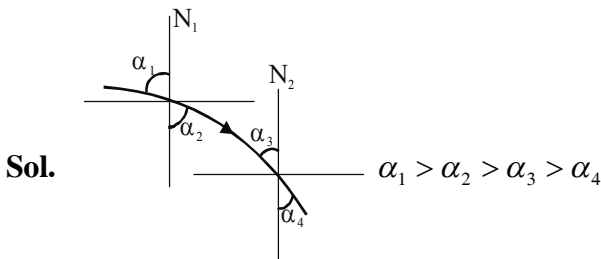
17. A cubic container is filled with a liquid whose refractive index increases linearly from top to bottom. Which of the following figures may represent the path of a ray of light inside the liquid?

एक घनीय पात्र में एक द्रव भरा है जिसका अपवर्तनांक ऊपर से नीचे की ओर जाने पर रेखीय रूप से बढ़ता है। द्रव के अन्दर प्रकाश किरण के पथ को निम्न में से कौनसा/कौनसे चित्र उचित तरीके से प्रदर्शित कर सकता/सकते हैं।

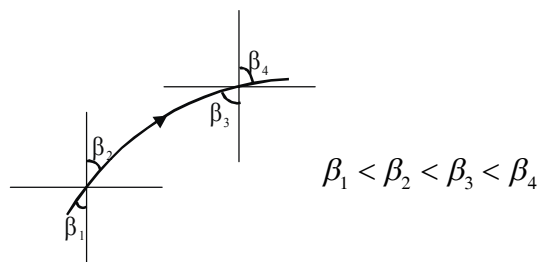


GO0176

Ans. (A,D)



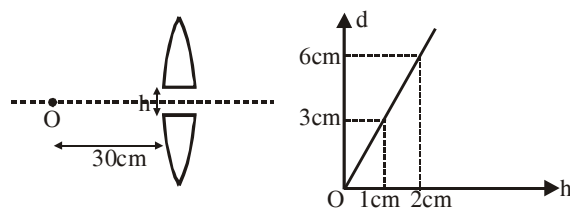
when ray goes down refractive index increases that means angle from normal decreases.



when ray goes up refractive index decreases that means angle from normal increases.

18. Figure shows a convex lens cut symmetrically into two equal halves and separated laterally by a distance  $h$ . A point object  $O$  placed symmetrically at a distance  $30\text{ cm}$ , from the lens halves, forms two images separated by a distance  $d$ . A plot of  $d$  versus  $h$  is shown in figure. The focal length of the lens is :-

चित्र में एक उत्तल लेंस को सममित रूप से दो बराबर भागों में काटा जाता है तथा ये पार्श्व रूप से  $h$  दूरी पर अलग-अलग कर दिये जाये हैं। एक बिन्दु बिम्ब  $O$  को इन टुकड़ों से  $30\text{ cm}$  की दूरी पर सममित रूप से रखा जाता है जिसके कारण दो प्रतिबिम्ब बनते हैं जिनके मध्य दूरी  $d$  होती है।  $d$  तथा  $h$  के मध्य आरेख चित्र में प्रदर्शित है। लेंस की फोकस दूरी होगी।



(A) 22.5 cm

(B) 40 cm

(C) 45 cm

(D) 20 cm

GO0177

Ans. (B,D)

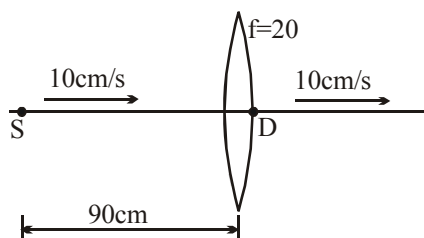
19. The figure shows initial positions of a source of light S and a light detector D. Both S & D move with velocity 10 cm/s, as shown. The converging lens of focal length 20 cm is fixed. Time instant(s) when the detector detects maximum intensity of light is /are :-

(A) 3 sec

(B) 4.5 sec

(C) 6 sec

(D) equal intensity at all time



चित्र में प्रकाश स्रोत S तथा प्रकाश संसूचक D की प्रारम्भिक स्थितियों को दर्शाया गया है। S व D दोनों 10 cm/s वेग से चित्रानुसार गति करते हैं। 20 cm फोकस दूरी वाला एक अभिसारी लेंस स्थिर है। किस/किन क्षणों पर संसूचक अधिकतम प्रकाश तीव्रता संसूचित करता है?

(A) 3 sec

(B) 4.5 sec

(C) 6 sec

(D) सदैव समान तीव्रता संसूचित करता है

GO0178

Ans. (A,C)

Sol. Detector will detect maximum light when the image of source is formed at the detector.

Let this happens after a time t. At this time  $u = -(90 - 10t)$ ;  $v = 10t$

from lens formula  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ ;  $\frac{1}{10t} - \frac{1}{-(90 - 10t)} = \frac{1}{20}$  This gives  $t = 3$  sec &  $t = 6$  sec.

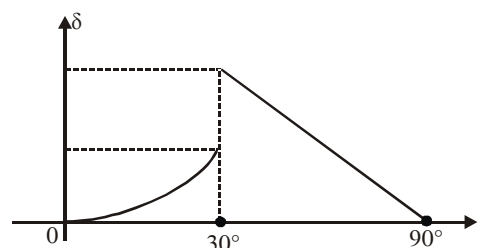
20. Figure shows graph of angle of deviation  $\delta$  vs angle of incidence  $i$  for a light ray. Incident ray goes from medium 1 ( $\mu_1$ ) to medium 2 ( $\mu_2$ ). Mark the correct option(s).

(A)  $\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{1}{2}$

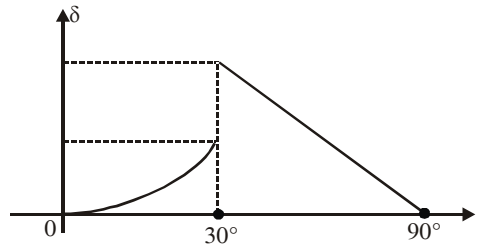
(B) Critical angle is  $30^\circ$

(C)  $\mu_1 > \mu_2$

(D) Maximum deviation is  $120^\circ$



चित्र में एक प्रकाश किरण के लिये विचलन कोण तथा आपतन कोण के मध्य ग्राफ दर्शाया गया है। आपतित किरण माध्यम  $1(\mu_1)$  से माध्यम  $2(\mu_2)$  में गमन करती है। सत्य कथन/कथनों को चुनिये



(A)  $\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{1}{2}$

(B) क्रांतिक कोण  $30^\circ$  है।

(C)  $\mu_1 > \mu_2$

(D) अधिकतम विचलन  $120^\circ$  है।

GO0179

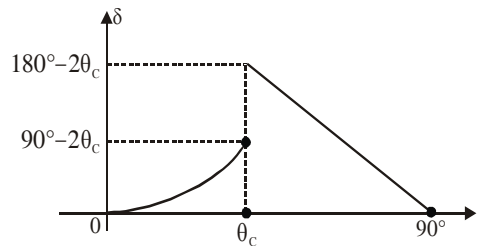
**Ans. (B,C,D)**

**Sol.** Here,  $\theta_c = 30^\circ$

and  $\sin \theta_c = \frac{\mu_r}{\mu_d}$

or  $\sin 30^\circ = \frac{\mu_1}{\mu_2}$

so,  $\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{1}{2}$



and  $\delta_{\max} (180^\circ - 2\theta_c) = 120^\circ$  during TIR

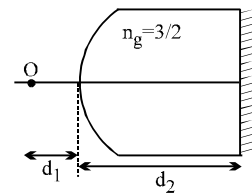
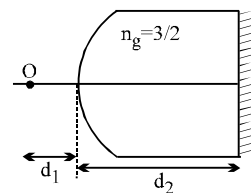
**21.** In the figure shown a point object O is placed in air on the principal axis. The radius of curvature of the spherical surface is 60 cm.  $I_f$  is the final image formed after all the refractions and reflections.

- (A) If  $d_1 = 120$  cm, then the ' $I_f$ ' is formed on 'O' for any value of  $d_2$ .  
 (B) If  $d_1 = 240$  cm, then the ' $I_f$ ' is formed on 'O' only if  $d_2 = 360$  cm.  
 (C) If  $d_1 = 240$  cm, then the ' $I_f$ ' is formed on 'O' for all values of  $d_2$ .  
 (D) If  $d_1 = 240$  cm, then the ' $I_f$ ' cannot be formed on 'O'.

प्रदर्शित चित्र में एक बिन्दु बिम्ब O को वायु में मुख्य अक्ष पर रखा जाता है। गोलाकार सतह की वक्रता त्रिज्या 60 cm है।

$I_f$  सभी अपवर्तनों तथा परावर्तनों के पश्चात् बनने वाला अन्तिम प्रतिबिम्ब है।

- (A) यदि  $d_1 = 120$  cm हो तो ' $I_f$ '  $d_2$  के किसी भी मान के लिए 'O' पर बनेगा।  
 (B) यदि  $d_1 = 240$  cm हो तो ' $I_f$ '  $d_2 = 360$  cm पर ही 'O' पर बनेगा।  
 (C) यदि  $d_1 = 240$  cm हो तो ' $I_f$ '  $d_2$  के प्रत्येक मान के लिए 'O' पर बनेगा।  
 (D) यदि  $d_1 = 240$  cm हो तो ' $I_f$ ' 'O' पर नहीं बन सकता है।



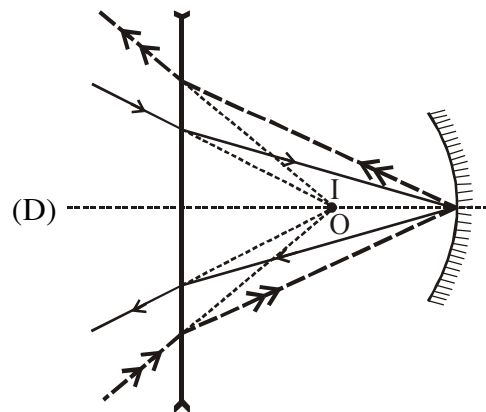
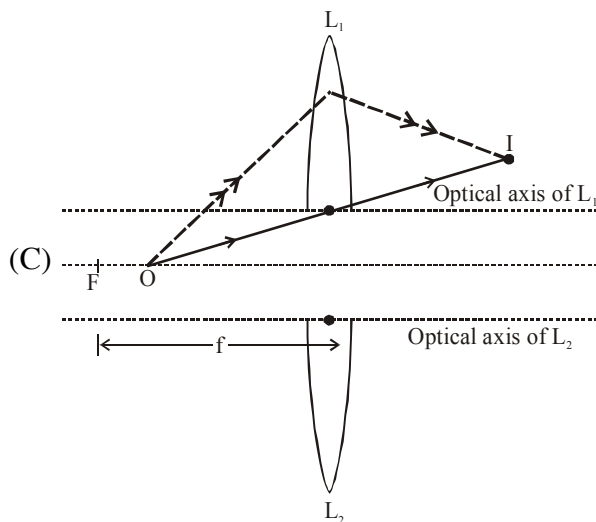
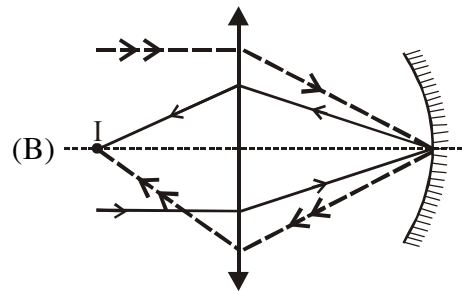
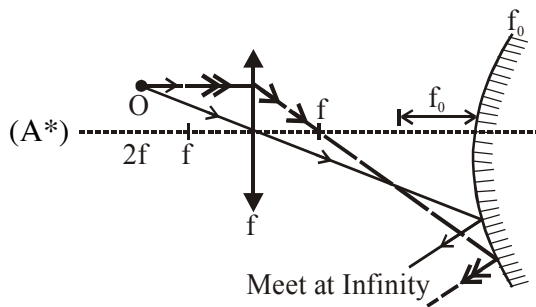
GO0180

**Ans. (A, B)**

22. Choose the incorrect ray diagram(s). All the rays shown are paraxial.

[ $\uparrow$ ] denotes converging lens and [ $\downarrow$ ] denotes diverging lens]

गलत किरण आरेख चुनिए जबकि सभी प्रदर्शित किरणें उपाक्षीय हैं। [ $\uparrow$ ] अभिसारी लेंस को तथा [ $\downarrow$ ] अपसारी लेंस को दर्शाता है।]



GO0181

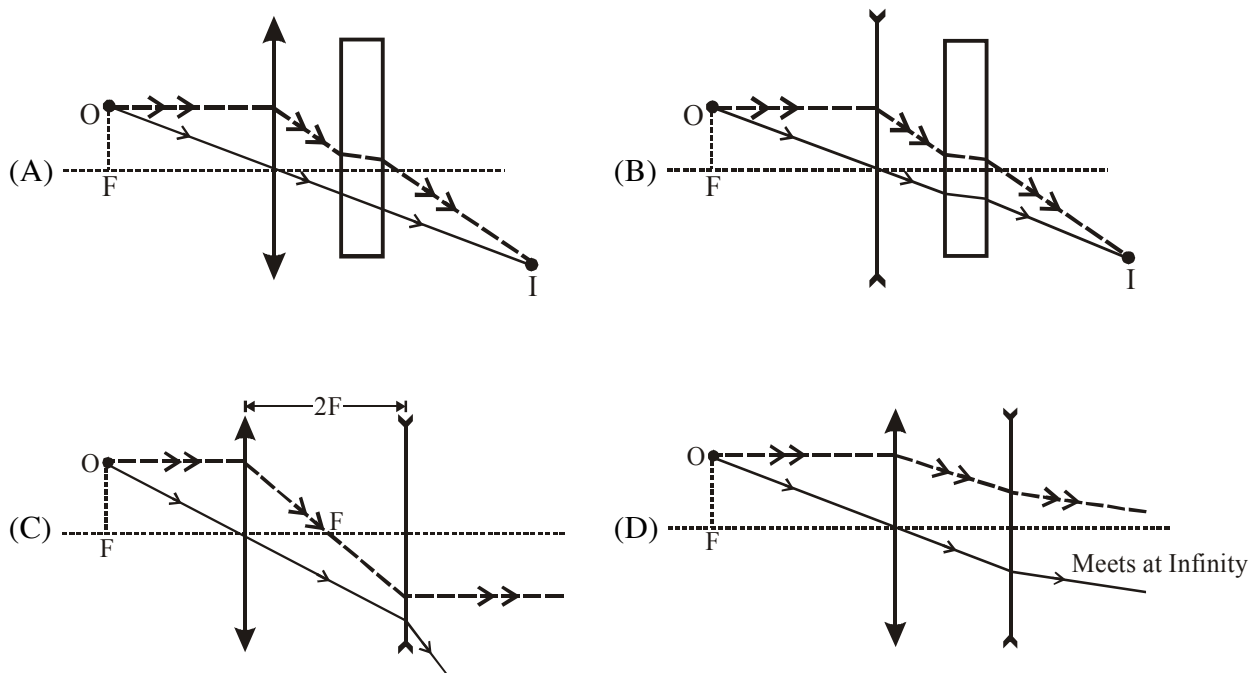
Ans. (A,B,C)

23. Choose incorrect ray diagram [ $\uparrow$ ] denotes converging lens and [ $\downarrow$ ] denotes diverging lens]

All symbols have their usual meaning and all the rays shown are paraxial. (focal length of each lens is F)

गलत किरण आरेख चुनिए जबकि सभी प्रदर्शित किरणें उपाक्षीय हैं। सभी संकेतों के सामान्य अर्थ हैं।

[ $\uparrow$ ] अभिसारी लेंस को तथा [ $\downarrow$ ] अपसारी लेंस को दर्शाता है।] प्रत्येक लेंस की फोकस दूरी F है।



GO0182

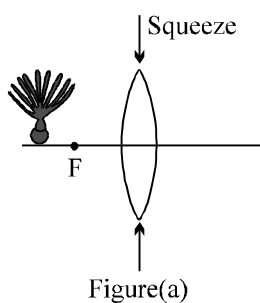
Ans. (A,B,C,D)

## COMPREHENSION TYPE QUESTIONS

## Paragraph for Question 24 to 26

A turnip sits before a thin converging lens, outside the focal point of the lens. The lens is filled with a transparent gel so that it is flexible; by squeezing its ends toward its center [as indicated in figure(a)], you can change the curvature of its front and rear sides.

एक शलजम को एक पतले अभिसारी लेंस के फोकस बिन्दु के बाहर रखा गया है। लेंस में एक पारदर्शक द्रव (gel) इस प्रकार भरा गया है कि यह मुलायम हो जाये इसके सिरों को केन्द्र की ओर चित्रानुसार दबाकर इसकी वक्रता को सामने एवं पीछे भाग से परिवर्तित कर सकते हैं।



24. When you squeeze the lens, the image.

(A) moves towards the lens

(B) moves away from the lens

(C) shifts up

(D) remains as it is

जब आप लेंस को दबाते हैं तो प्रतिबिम्ब:

(A) लेंस की ओर चलेगा

(B) लेंस से दूर चलेगा

(C) ऊपर प्रतिस्थापित होगा (D) वहीं पर रहेगा

GO0183

Ans. (A)

25. When you squeeze the lens, the lateral height of image.

- (A) increases (B) decreases (C) remains same (D) data insufficient

जब आप लेंस को दबाते हैं तो प्रतिबिम्ब की पार्श्व ऊँचाई

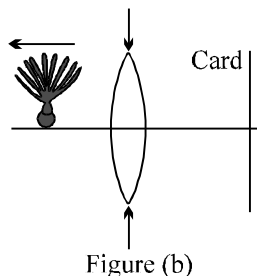
- (A) बढ़ेगी (B) घटेगी (C) समान रहेगी (D) आंकड़ें अपर्याप्त हैं

GO0183

Ans. (B)

26. Suppose that a sharp image must be formed on a card which is at a certain distance behind the lens [figure(b)], while you move the turnip away from the lens, then you should

- (A) decrease the squeeze of the lens (B) increase the squeeze of the lens  
(C) keep the card and lens as it is. (D) move the card away from the lens



कल्पना करते हैं कि स्पष्ट प्रतिबिम्ब एक कार्ड पर बनता है जो चित्रानुसार लेंस से एक निश्चित दूरी पर है। जब आप शलजम को लेंस से दूर ले जाते हैं तो आपको

- (A) लेंस पर दाब कम करना होगा (B) लेंस पर दाब बढ़ाना होगा  
(C) लेंस तथा कार्ड को उसी अवस्था में रखना होगा (D) कार्ड को लेंस से दूर ले जाना होगा

GO0183

Ans. (A)

## EXERCISE - (JM)

1. A car is fitted with a convex side-view mirror of focal length 20 cm. A second car 2.8 m behind the first car is overtaking the first car at a relative speed of 15 m/s. The speed of the image of the second car as seen in the mirror of the first one is:-

एक कार में 20 cm फोकस दूरी का पार्श्व-दर्शन उत्तल दर्पण लगा हुआ है। 2.8 m पीछे एक दूसरी कार पहली कार को 15m/s की आपेक्षिक चाल से गति कर पकड़ती है। पहली कार के दर्पण में देखी गई दूसरी कार के प्रतिबिम्ब की चाल है:-

[AIEEE- 2011]

- (1) 10 m/s                      (2) 15 m/s                      (3)  $\frac{1}{10}$  m/s                      (4)  $\frac{1}{15}$  m/s

GO0184

Ans. (4)

2. When monochromatic red light is used instead of blue light in a convex lens, its focal length will :-

[AIEEE- 2011]

- (1) Does not depend on colour of light                      (2) Increase  
(3) Decrease                      (4) Remain same

एक उत्तल लेन्स में नीले प्रकाश के स्थान पर जब एकवर्णी लाल प्रकाश का प्रयोग किया जाता है, तब इसकी फोकस लम्बाई :-

[AIEEE-2011]

- (1) प्रकाश के रंग पर निर्भर नहीं करती है                      (2) बढ़ जाएगी।  
(3) घट जाएगी।                      (4) अपरिवर्तित रहेगी।

GO0185

Ans. (2)

3. A beaker contains water up to a height  $h_1$  and kerosene of height  $h_2$  above water so that the total height of (water + kerosene) is  $(h_1 + h_2)$ . Refractive index of water is  $\mu_1$  and that of kerosene is  $\mu_2$ . The apparent shift in the position of the bottom of the beaker when viewed from above is :-

एक बीकर में पानी,  $h_1$  ऊँचाई तक और उसके ऊपर मिट्टी का तेल  $h_2$  ऊँचाई तक इस प्रकार भरा है कि (पानी + मिट्टी के तेल) की कुल ऊँचाई  $(h_1 + h_2)$  है। पानी का अपवर्तनांक  $\mu_1$  है और मिट्टी के तेल का अपवर्तनांक  $\mu_2$  है। ऊपर से देखे जाने पर बीकर के तले की स्थिति में आभासी स्थानांतर है :-

[AIEEE- 2011]

- (1)  $\left(1 - \frac{1}{\mu_1}\right)h_2 + \left(1 - \frac{1}{\mu_2}\right)h_1$                       (2)  $\left(1 + \frac{1}{\mu_1}\right)h_1 - \left(1 + \frac{1}{\mu_2}\right)h_2$   
(3)  $\left(1 - \frac{1}{\mu_1}\right)h_1 + \left(1 - \frac{1}{\mu_2}\right)h_2$                       (4)  $\left(1 + \frac{1}{\mu_1}\right)h_2 - \left(1 + \frac{1}{\mu_2}\right)h_1$

GO0186

Ans. (3)



4. An object 2.4 m in front of a lens forms a sharp image on a film 12 cm behind the lens. A glass plate 1 cm thick, of refractive index 1.50 is interposed between lens and film with its plane faces parallel to film. At what distance (from lens) should object be shifted to be in sharp focus on film ?

लेन्स के सामने 2.4 m दूर एक वस्तु, लेन्स के पीछे 12 cm दूर एक फिल्म पर एक स्पष्ट प्रतिबिम्ब बनाता है। अपवर्तनांक 1.50 वाली 1 cm मोटी काँच की प्लेट को लेन्स और फिल्म के बीच इस प्रकार रखते हैं कि प्लेट के समतल पृष्ठ फिल्म के समानतर रहे। वस्तु को अब लेन्स से कितनी दूरी पर स्थानान्तरित किया जाए कि इसका स्पष्ट प्रतिबिम्ब फिल्म पर बनें?

[AIEEE- 2012]

- (1) 5.6 m (2) 7.2 m (3) 2.4 m (4) 3.2 m

GO0187

Ans. (1)

5. Diameter of a plano-convex lens is 6cm and thickness at the centre is 3 mm. If speed of light in material of lens is  $2 \times 10^8$  m/s, the focal length of the lens is :

एक सम-उत्तल लेन्स का व्यास 6cm है और केन्द्र पर मोटाई 3 mm है। यदि लेन्स के पदार्थ में प्रकाश की चाल  $2 \times 10^8$  m/s है, तब लेन्स की फोकस लम्बाई है :

[JEE-Main- 2013]

- (1) 15 cm (2) 20 cm (3) 30 cm (4) 10 cm

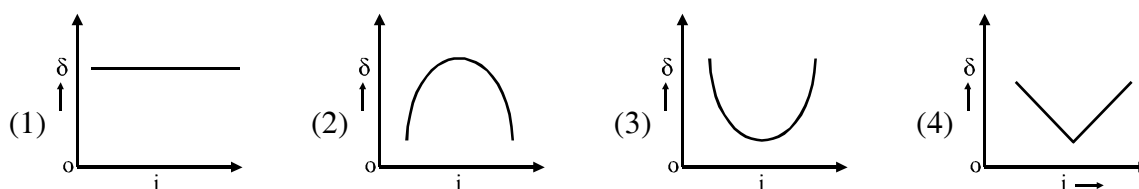
GO0188

Ans. (3)

6. The graph between angle of deviation ( $\delta$ ) and angle of incidence ( $i$ ) for a triangular prism is represented by :-

एक त्रिभुजाकार प्रिज्म के लिये विचलन कोण ( $\delta$ ) और आपतन कोण ( $i$ ) के बीच ग्राफ इससे दर्शाया जाता है :

[JEE-Main- 2013]



GO0189

Ans. (3)

7. A thin convex lens made from crown glass ( $\mu = \frac{3}{2}$ ) has focal length  $f$ . When it is measured in two

different liquids having refractive indices  $\frac{4}{3}$  and  $\frac{5}{3}$ , it has the focal length  $f_1$  and  $f_2$  respectively. The

correct relation between the focal lengths is :

[JEE-Main- 2014]

- (1)  $f_2 > f$  and  $f_1$  becomes negative (2)  $f_1$  and  $f_2$  both become negative  
(3)  $f_1 = f_2 < f$  (4)  $f_1 > f$  and  $f_2$  become negative

क्राउन काँच  $\left(\mu = \frac{3}{2}\right)$  से बने एक पतले उत्तल लेंस की फोकस लम्बाई  $f$  है। जब इसे अपवर्तनांक  $\frac{4}{3}$  तथा  $\frac{5}{3}$  वाले दो भिन्न द्रवों में रखकर मापा जाता है, तब फोकस लम्बाइयों क्रमशः  $f_1$  तथा  $f_2$  हैं। फोकस लम्बाइयों के बीच सही सम्बंध है:

[JEE-Main- 2014]

- (1)  $f_2 > f$  और  $f_1$  ऋणात्मक हो जाता है।      (2)  $f_1$  एवं  $f_2$  दोनों ऋणात्मक हो जाते हैं।  
 (3)  $f_1 = f_2 < f$       (4)  $f_1 > f$  और  $f_2$  ऋणात्मक हो जाता है।

GO0190

Ans. (4)

Sol.  $\frac{1}{f} = \left(\frac{3/2}{1} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$  ..... (1)

$\frac{1}{f_1} = \left(\frac{3/2}{4/3} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$  .....(2)

$\frac{1}{f_2} = \left(\frac{3/2}{5/3} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$  .....(3)

8. A green light is incident from the water to the air - water interface at the critical angle ( $\theta$ ). Select the correct statement. [JEE-Main- 2014]

- (1) The spectrum of visible light whose frequency is more than that of green light will come out to the air medium.  
 (2) The entire spectrum of visible light will come out of the water at various angles to the normal  
 (3) The entire spectrum of visible light will come out of the water at an angle of  $90^\circ$  to the normal.  
 (4) The spectrum of visible light whose frequency is less than that of green light will come out to the air medium.

एक हरे रंग का प्रकाश पानी से वायु-जल अन्तरापृष्ठ पर क्रांतिक कोण ( $\theta$ ) से आपतित है। सही कथन चुनिये।

[JEE-Main- 2014]

- (1) दृश्य प्रकाश का वह स्पेक्ट्रम , जिसकी तरंगदैर्घ्य हरे प्रकाश से अधिक है, पानी से वायु के माध्यम में बाहर निकलेगा।  
 (2) दृश्य प्रकाश का सम्पूर्ण स्पेक्ट्रम पानी से अभिलम्ब से विभिन्न कोणों पर बाहर निकलेगा।  
 (3) अभिलम्ब से  $90^\circ$  कोण पर पानी से दृश्य प्रकाश का सम्पूर्ण स्पेक्ट्रम बाहर निकलेगा।  
 (4) दृश्य प्रकाश का वह स्पेक्ट्रम, जिसकी आवृत्ति हरे प्रकाश से कम है, पानी से वायु के माध्यम में बाहर निकलेगा।

GO0191

Ans. (4)

Sol. Frequency of light ( $\nu$ ) > frequency of green light ( $\nu_G$ )

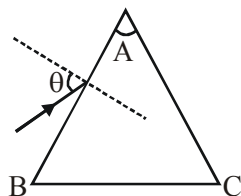
$\mu$  is also greater than  $\mu_G$  and critical angle of light is less than green light therefore light will get total internal reflection and not come out to the air.

For frequency of light ( $\nu$ ) <  $\nu_G$  ; light will not suffer T.I.R. Therefore light come out to the air

9. Monochromatic light is incident on a glass prism of angle  $A$ . If the refractive index of the material of the prism is  $\mu$ , a ray, incident at an angle  $\theta$ , on the face  $AB$  would get transmitted through the face  $AC$  of the prism provided :

काँच के किसी प्रिज्म का कोण  $A$  है। इस पर एकवर्णी प्रकाश आपतित होता है। यदि प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक  $\mu$ , है तो, प्रिज्म के  $AB$  फलक पर,  $\theta$  कोण आपतित प्रकाश की किरण, प्रिज्म के फलक  $AC$  से पारगत होगी यदि:

[JEE-Main- 2015]



$$(1) \theta > \cos^{-1} \left[ \mu \sin \left( A + \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) \right) \right]$$

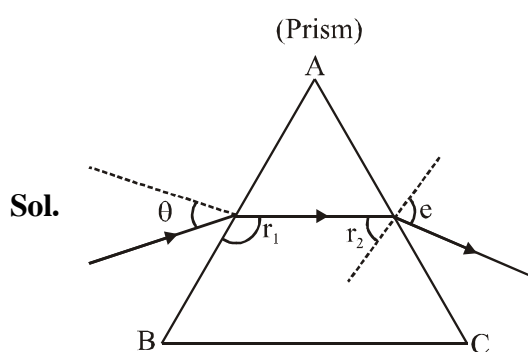
$$(2) \theta < \cos^{-1} \left[ \mu \sin \left( A + \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) \right) \right]$$

$$(3) \theta > \sin^{-1} \left[ \mu \sin \left( A - \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) \right) \right]$$

$$(4) \theta < \sin^{-1} \left[ \mu \sin \left( A - \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) \right) \right]$$

GO0192

Ans. (3)



For all light to come out from face  $AC$  angle of emergence  $e = 90^\circ$

Apply Snell's Law at face  $AC$

$$\mu \sin r_2 = 1 \sin e$$

$$r_2 = \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) \quad (\text{if } e = 90^\circ)$$

$$r_1 = A - \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) \quad (\because r_1 + r_2 = A)$$

Apply Snell's law at face  $AB$

$$1 \sin \theta = \mu \sin(r_1)$$

$$\theta = \sin^{-1} \left( \mu \sin \left( A - \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) \right) \right)$$

for all light transmitted through AC,  $e < 90^\circ$

$$\Rightarrow \theta > \sin^{-1} \left( \mu \sin \left( A - \sin^{-1} \left( \frac{1}{\mu} \right) \right) \right)$$

10. An observer looks at a distant tree of height 10 m with a telescope of magnifying power of 20. To the observer the tree appears : [JEE-Main- 2016]

- (1) 20 times nearer (2) 10 times taller  
(3) 10 times nearer (4) 20 times taller

दूर स्थित 10 m ऊँचे पेड़ को एक 20 आवर्धन क्षमता वाले टेलिस्कोप से देखने पर क्या महसूस होगा :

- (1) पेड़ 20 गुना पास है। (2) पेड़ 10 गुना ऊँचा है।  
(3) पेड़ 10 गुना पास है। (4) पेड़ 20 गुना ऊँचा है।

GO0193

Ans. (1)

Sol. Angular magnification is 20.

11. In an experiment for determination of refractive index of glass of a prism by  $i - \delta$ , plot, it was found that a ray incident at angle  $35^\circ$ , suffers a deviation of  $40^\circ$  and that it emerges at angle  $79^\circ$ . In that case which of the following is closest to the maximum possible value of the refractive index?

एक प्रयोग करके तथा  $i - \delta$  ग्राफ बनाकर एक काँच से बने प्रिज्म का अपवर्तनांक निकाला जाता है। जब एक किरण को  $35^\circ$  पर आपतित करने पर वह  $40^\circ$  से विचलित होती है तथा यह  $79^\circ$  पर निर्गम होती है। इस स्थिति में निम्न में से कौनसा मान अपवर्तनांक के अधिकतम मान के सबसे पास है? [JEE-Main- 2016]

- (1) 1.8 (2) 1.5 (3) 1.6 (4) 1.7

GO0194

Ans. (2)

Sol.  $i = 35^\circ$ ,  $\delta = 40^\circ$ ,  $e = 79^\circ$

$$\delta = i + e - A$$

$$40^\circ = 35^\circ + 79^\circ - A$$

$$A = 74^\circ$$

$$\text{and } r_1 + r_2 = A = 74^\circ$$

solving these, we get  $\mu = 1.5$

Since  $\delta_{\min} < 40^\circ$

$$\mu < \frac{\sin \left( \frac{74 + 40}{2} \right)}{\sin 37}$$

$$\mu_{\max} = 1.44$$

12. A diverging lens with magnitude of focal length 25 cm is placed at a distance of 15 cm from a converging lens of magnitude of focal length 20 cm. A beam of parallel light falls on the diverging lens. The final image formed is : [JEE-Main- 2017]

- (1) real and at a distance of 40 cm from the divergent lens
- (2) real and at a distance of 6 cm from the convergent lens
- (3) real and at a distance of 40 cm from convergent lens
- (4) virtual and at a distance of 40 cm from convergent lens.

एक 25 cm परिमाण की फोकस दूरी के अपसारी लेन्स को एक 20 cm परिमाण की फोकस दूरी के अभिसारी लेन्स से 15cm की दूरी पर रखा जाता है। एक समांतर प्रकाश पुंज अपसारी लेन्स पर आपतित होता है। परिणामी प्रतिबिम्ब होगा:

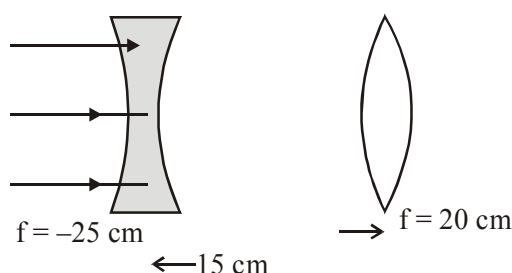
[JEE-Main- 2017]

- (1) वास्तविक और अपसारी लेन्स से 40 cm दूरी पर
- (2) वास्तविक और अभिसारी लेन्स से 6 cm दूरी पर
- (3) वास्तविक और अभिसारी लेन्स से 40 cm दूरी पर
- (4) आभासी और अभिसारी लेन्स से 40 cm पर

GO0195

Ans. (3)

**Sol.** As parallel beam incident on diverging lens it forms virtual image at  $v_1 = -25$  cm from the diverging lens which works as a object for the converging lens ( $f = 20$  cm)



So for converging lens  $u = -40$  cm,  $f = 20$  cm

$\therefore$

Final image

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{-40} = \frac{1}{20}$$

$v = 40$  cm from converging lenses.

### SELECTIVE PROBLEMS FROM JEE-MAINS ONLINE PAPERS

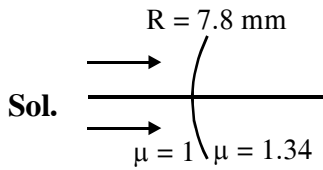
13. The eye can be regarded as a single refracting surface. The radius of curvature of this surface is equal to that of cornea (7.8 mm). This surface separates two media of refractive indices 1 and 1.34. Calculate the distance from the refracting surface at which a parallel beam of light will come to focus.

आँख को एकल अपवर्तक सतह माना जा सकता है। इस सतह की वक्रता त्रिज्या, कोर्निया के समान (7.8 mm) है यह सतह अपवर्तनांक 1 तथा 1.34 वाले दो माध्यमों को पृथक करती है। अपवर्तक सतह से उस बिन्दु की दूरी ज्ञात कीजिए जिस पर प्रकाश का समान्तर पुंज फोकसित होगा:-

[JEE-Main-2019\_Jan]

- (1) 2 cm
- (2) 1 cm
- (3) 3.1 cm
- (4) 4.0 cm

Ans. (3)



$$\frac{1.34}{V} - \frac{1}{\infty} = \frac{1.34 - 1}{7.8}$$

$$\therefore V = 30.7 \text{ mm}$$

- 14.** A plano convex lens of refractive index  $\mu_1$  and focal length  $f_1$  is kept in contact with another plano concave lens of refractive index  $\mu_2$  and focal length  $f_2$ . If the radius of curvature of their spherical faces is  $R$  each and  $f_1 = 2f_2$ , then  $\mu_1$  and  $\mu_2$  are related as :

अपवर्तनांक  $\mu_1$  तथा फोकस  $f_1$  दूरी के एक समतलोत्तल लेन्स को अपवर्तनांक  $\mu_2$  तथा फोकस दूरी  $f_2$  के दूसरे समतल-अवतल लेन्स के सम्पर्क में रखा गया है। यदि उनके प्रत्येक गोलीय फलक की वक्रता त्रिज्या  $R$  है तथा  $f_1 = 2f_2$  है, तो  $\mu_1$  तथा  $\mu_2$  में सम्बन्ध होगा :

[JEE-Main-2019\_Jan]

- (1)  $\mu_1 + \mu_2 = 3$       (2)  $2\mu_1 - \mu_2 = 1$       (3)  $2\mu_2 - \mu_1 = 1$       (4)  $3\mu_2 - 2\mu_1 = 1$

**Ans. (2)**

**Sol.**  $\frac{1}{2f_2} = \frac{1}{f_1} = (\mu_1 - 1) \left( \frac{1}{\infty} - \frac{1}{-R} \right)$

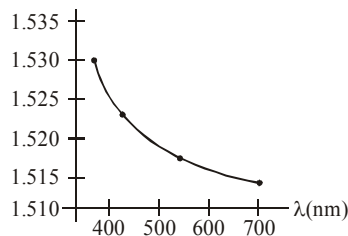
$$\frac{1}{f_2} = (\mu_2 - 1) \left( \frac{1}{-R} - \frac{1}{\infty} \right)$$

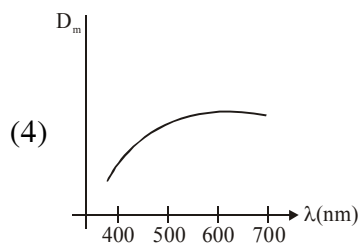
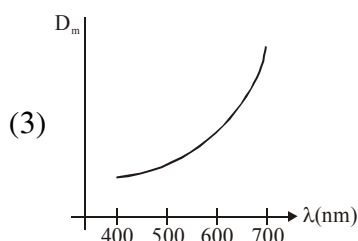
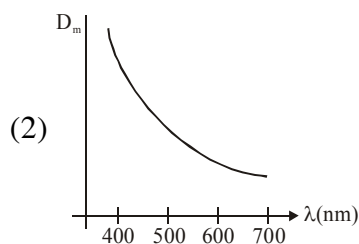
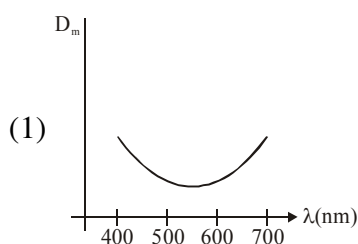
$$\frac{(\mu_1 - 1)}{R} = \frac{(\mu_2 - 1)}{2R}$$

$$2\mu_2 - \mu_1 = 1$$

- 15.** The variation of refractive index of a crown glass thin prism with wavelength of the incident light is shown. Which of the following graphs is the correct one, if  $D_m$  is the angle of minimum deviation? क्राउन काँच के पतले प्रिज्म के अपवर्तनांक के परिवर्तन को आपतित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य के साथ दिखाया गया है। यदि  $D_m$  न्यूनतम विचलन कोण है तो निम्न में से कौनसा ग्राफ सही है ?

[JEE-Main-2019\_Jan]





**Ans. (2)**

**Sol.** Since  $D_m = (\mu - 1)A$

& on increasing the wavelength,  $\mu$  decreases & hence  $D_m$  decreases. Therefore correct answer is (2)

**16.** An object is at a distacen of 20 m from a convex lens of focal length 0.3 m. The lens forms an image of the object. If the object moves away from the lens at a speed of 5 m/s, the speed and direction of the image will be :

(1)  $0.92 \times 10^{-3}$  m/s away from the lens

(2)  $2.26 \times 10^{-3}$  m/s away from the lens

(3)  $1.16 \times 10^{-3}$  m/s towards the lens

(4)  $3.22 \times 10^{-3}$  m/s towards the lens

0.3 m फोकस दूरी के एक उत्तल लेन्स से कोई वस्तु 20 m की दूरी पर है। लेन्स द्वारा वस्तु का प्रतिबिम्ब बनता है। यदि यह वस्तु लेन्स से दूर 5 m/s की चाल से जाती है तो प्रतिबिम्ब की चाल और दिशा होगी :- [JEE-Main-2019\_Jan]

(1)  $0.92 \times 10^{-3}$  m/s, लेन्स से दूर

(2)  $2.26 \times 10^{-3}$  m/s लेन्स से दूर

(3)  $1.16 \times 10^{-3}$  m/s लेन्स की ओर

(4)  $3.22 \times 10^{-3}$  m/s लेन्स की ओर

**Ans. (3)**

**Sol.** From lens equation

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{(-20)} = \frac{1}{(0.3)} = \frac{10}{3}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{10}{3} - \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{197}{60}; v = \frac{60}{197}$$

$$m = \left( \frac{v}{u} \right) = \left( \frac{60}{197} \right) \frac{1}{20}$$

velocity of image wrt. to lens is given by

$$v_{I/L} = m^2 v_{O/L}$$

direction of velocity of image is same as that of object

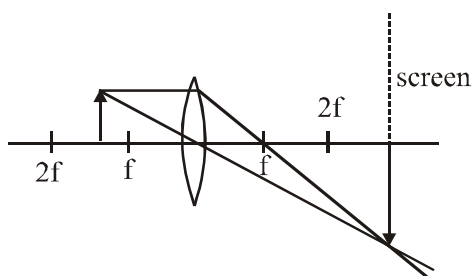
$$v_{O/L} = 5 \text{ m/s}$$

$$v_{I/L} = \left( \frac{60 \times 1}{197 \times 20} \right)^2 (5)$$

$$= 1.16 \times 10^{-3} \text{ m/s towards the lens}$$

17. Formation of real image using a biconvex lens is shown below :

चित्र में द्वि-उत्तल लेंस के उपयोग से वास्तविक बिम्ब के निर्माण को दर्शाया गया है।



If the whole set up is immersed in water without disturbing the object and the screen position, what will one observe on the screen ?

यदि बिम्ब तथा पर्दे की स्थितियों को परिवर्तित किये किये बिना सम्पूर्ण व्यवस्था को जल में डुबा दिया जाये तो पर्दे पर क्या दिखाई देगा ?

[JEE-Main-2019\_Jan]

- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| (1) Image disappears             | (2) No change               |
| (3) Erect real image             | (4) Magnified image         |
| (1) प्रतिबिम्ब अदृश्य हो जायेगा। | (2) कोई परिवर्तन नहीं होगा। |
| (3) सीधा वास्तविक प्रतिबिम्ब     | (4) आवर्धित प्रतिबिम्ब।     |

Ans. (1)

Sol. From  $\frac{1}{f} = (\mu_{\text{rel}} - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

Focal length of lens will change hence image disappears from the screen.

18. A convex lens (of focal length 20 cm) and a concave mirror, having their principal axes along the same lines, are kept 80 cm apart from each other. The concave mirror is to the right of the convex lens. When an object is kept at a distance of 30 cm to the left of the convex lens, its image remains at the same position even if the concave mirror is removed. The maximum distance of the object for which this concave mirror, by itself would produce a virtual image would be :-

एक उत्तल लेंस (फोकस दूरी 20 cm) तथा एक अवतल दर्पण, जिनके मुख्य अक्ष एक ही रेखा में हैं, को एक दूसरे से 80 cm की दूरी पर रखा गया है; अवतल दर्पण उत्तल लेंस के दाहिनी तरफ रखा है। जब एक वस्तु उत्तल लेंस के बाँयी तरफ 30 cm की दूरी पर रखी जाती है, तो उसका प्रतिबिम्ब उसी स्थान पर ही रहता है, भले ही अवतल दर्पण को उसकी स्थिति से हटा दिया जाये। वस्तु की अधिकतम दूरी, जिसके लिए वह अवतल दर्पण खुद से ही आभासी प्रतिबिम्ब बनाये, होगी :-

[JEE-Main-2019\_April]



(1) 20 cm

(2) 10 cm

(3) 25 cm

(4) 30 cm

Ans. (2)

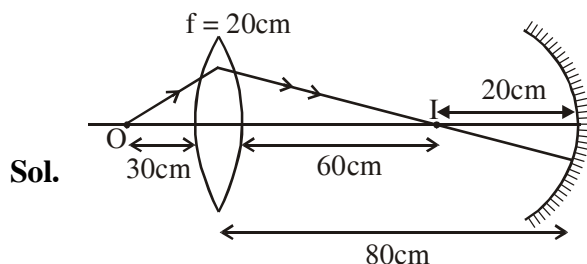


Image formed by lens

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{30} = \frac{1}{20}$$

$$v = +60 \text{ cm}$$

If image position does not change even when mirror is removed it means image formed by lens is formed at centre of curvature of spherical mirror.

Radius of curvature of mirror =  $80 - 60 = 20 \text{ cm}$

$\Rightarrow$  focal length of mirror  $f = 10 \text{ cm}$

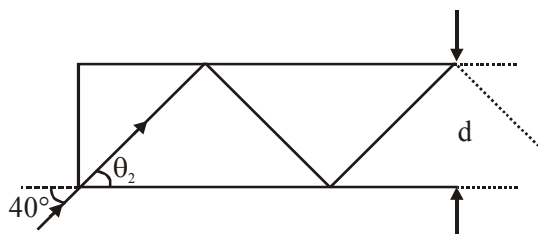
for virtual image, object is to be kept between focus and pole.

$\Rightarrow$  maximum distance of object from spherical mirror for which virtual image is formed, is 10 cm.

19. In figure, the optical fiber is  $\ell = 2 \text{ m}$  long and has a diameter of  $d = 20 \mu\text{m}$ . If a ray of light is incident on one end of the fiber at angle  $\theta_1 = 40^\circ$ , the number of reflection it makes before emerging from the other end is close to: (refractive index of fibre is 1.31 and  $\sin 40^\circ = 0.64$ )

चित्र में  $\ell = 2 \text{ m}$  लम्बे तथा  $d = 20 \mu\text{m}$  व्यास के एक प्रकाश तन्तु को दिखाया है। यदि प्रकाश की किरण इस तन्तु के एक सिरे पर  $\theta_1 = 40^\circ$  कोण पर आपतित होती है तो दूसरे सिरे से निकलने से पूर्व इसके परावर्तनों की लगभग संख्या होगी - (फाइबर का अपवर्तनांक 1.31 है और  $\sin 40^\circ = 0.64$ )

[JEE-Main-2019\_April]



(1) 55000

(2) 57000

(3) 66000

(4) 45000

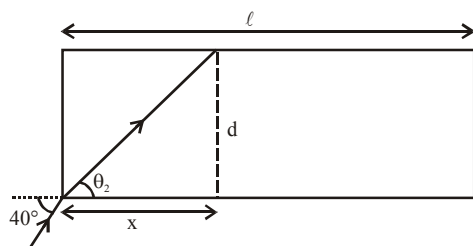
Ans. (2)

Sol. Note :

If we approximate the angle  $\theta_2$  as  $30^\circ$  initially then answer will be closer to 57000. But if we solve thoroughly, answer will be close to 55000.

So both the answers must be awarded.

Detailed solution is as following.



### Exact solution

by Snells' law  $1 \cdot \sin 40^\circ = (1.31) \sin \theta_2$

$$\sin \theta_2 = \frac{.64}{1.31} = \frac{64}{131} \approx .49$$

$$\text{Now } \tan \theta_2 = \frac{64}{\sqrt{(131)^2 - (64)^2}} = \frac{64}{\sqrt{13065}} \approx \frac{64}{114.3} = \frac{d}{x}$$

Now no. of reflections

$$= \frac{2 \times 64}{114.3 \times 20 \times 10^{-6}} = \frac{64 \times 10^5}{114.3} \approx 55991 \approx 55000$$

### Approximate solution

By Snells' law  $1 \cdot \sin 40^\circ = (1.31) \sin \theta_2$

$$\sin \theta_2 = \frac{.64}{1.31} = \frac{64}{131} \approx .49$$

If assume  $\Rightarrow \theta_2 \approx 30^\circ$

$$\tan 30^\circ = \frac{d}{x} \Rightarrow x = \sqrt{3}d$$

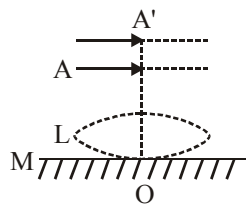
Now number of reflections

$$= \frac{l}{\sqrt{3}d} = \frac{2}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^{-6}} = \frac{10^5}{\sqrt{3}} \approx 57735 \approx 57000$$

20. A thin convex lens L (refractive index = 1.5) is placed on a plane mirror M. When a pin is placed at A, such that OA = 18 cm, its real inverted image is formed at A itself, as shown in figure. When a liquid of refractive index  $\mu_1$  is put between the lens and the mirror, The pin has to be moved to A', such that OA' = 27 cm, to get its inverted real image at A' itself. The value of  $\mu_1$  will be :-

1.5 अपवर्तनांक के एक पतले उत्तल लेन्स L को, किसी समतल दर्पण M की सतह पर रखते हैं। जब एक पिन को A पर रखते हैं, तब इसका वास्तविक किन्तु उल्टा प्रतिबिम्ब दिखाये चित्रानुसार A पर ही बनता है। दिया है OA = 18 cm अपवर्तनांक  $\mu_1$  के एक द्रव को लेन्स तथा दर्पण के बीच डालने पर, पिन के वास्तविक एवं उल्टे प्रतिबिम्ब को A पर ही पाने कि लिए पिन को A' तक इस प्रकार उठाते हैं कि OA' = 27 cm  $\mu_1$  का मान होगा :-

[JEE-Main-2019\_April]



(1)  $\sqrt{2}$

(2)  $\frac{4}{3}$

(3)  $\sqrt{3}$

(4)  $\frac{3}{2}$

**Ans. (2)**

**Sol.**  $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{2} \times \frac{2}{18} = \frac{1}{18}$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{(\mu_1 - 1)}{-18}$$

when  $\mu_1$  is filled between lens and mirror

$$P = \frac{2}{18} - \frac{2}{18}(\mu_1 - 1) = \frac{2 - 2\mu_1 + 2}{18}$$

$$= F_m = -\left(\frac{18}{2 - \mu_1}\right)$$

$$2 = 6 - 3\mu_1$$

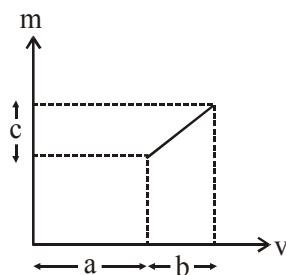
$$3\mu_1 = 4$$

$$\mu_1 = 4/3.$$

- 21.** The graph shows how the magnification  $m$  produced by a thin lens varies with image distance  $v$ . What is the focal length of the lens used ?

दिये गये ग्राफ में एक पतले लेंस के आवर्धन  $m$  को प्रतिबिम्ब की दूरी  $v$  के साथ दर्शाया गया है। इस लेंस की फोकस दूरी क्या होगी ?

[JEE-Main-2019\_April]



(1)  $\frac{b^2c}{a}$

(2)  $\frac{b^2}{ac}$

(3)  $\frac{a}{c}$

(4)  $\frac{b}{c}$

**Ans. (4)**

**Sol.**  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

$$1 - \frac{v}{u} = \frac{v}{f}$$

$$1 - m = \frac{v}{f}$$

$$m = 1 - \frac{v}{f}$$

$$\text{At } v = a, m_1 = 1 - \frac{a}{f}$$

$$\text{At } v = a + b, m_2 = 1 - \frac{a+b}{f}$$

$$m_2 - m_1 = c = \left[ 1 - \frac{a+b}{f} \right] - \left[ 1 - \frac{a}{f} \right]$$

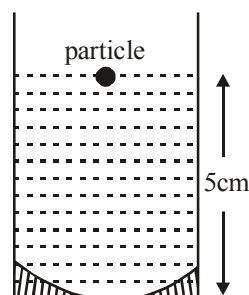
$$c = \frac{b}{f}$$

$$f = \frac{b}{c}$$

22. A concave mirror has radius of curvature of 40 cm. It is at the bottom of a glass that has water filled up to 5 cm (see figure). If a small particle is floating on the surface of water, its image as seen, from directly above the glass, is at a distance  $d$  from the surface of water. The value of  $d$  is close to : (Refractive index of water = 1.33)

40 cm वक्रता त्रिज्या का एक अवतल दर्पण, आरेख (चित्र) में दर्शाये गये अनुसार, एक गिलास की तली में रखा है। गिलास में 5 cm ऊँचाई तल जल भरा है। एक छोटा सा कण जल की सतह पर तैर रहा है। गिलास के ठीक ऊपर से देखने पर, इस का प्रतिबिम्ब जल की सतह से  $d$  दूरी पर है। तो,  $d$  का निकट मान होगा : (पानी का अपवर्तनांक = 1.33)

[JEE-Main-2019\_April]



(1) 8.8 cm

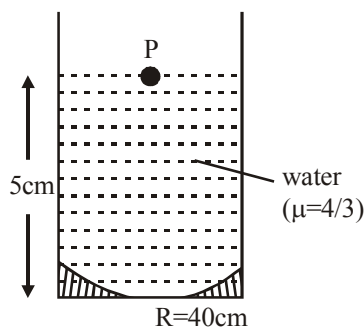
(2) 11.7 cm

(3) 6.7 cm

(4) 13.4 cm

Ans. (1)

Sol. Light incident from particle P will be reflected at mirror



$$u = -5\text{cm}, f = -\frac{R}{2} = -20\text{cm}$$

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$v_1 = +\frac{20}{3}\text{cm}$$

This image will act as object for light getting refracted at water surface

$$\text{So, object distance } d = 5 + \frac{20}{3} = \frac{35}{3}\text{cm}$$

below water surface.

After refraction, final image is at

$$\begin{aligned} d' &= d \left( \frac{\mu_2}{\mu_1} \right) \\ &= \left( \frac{35}{3} \right) \left( \frac{1}{4/3} \right) \\ &= \frac{35}{4} = 8.75\text{cm} \\ &\approx 8.8\text{cm} \end{aligned}$$

23. If we need a magnification of 375 from a compound microscope of tube length 150 mm and an objective of focal length 5 mm, the focal length of the eye-piece, should be close to :

यदि एक 150 mm ट्यूब की लम्बाई वाले संयुक्त सूक्ष्मदर्शी (माइक्रोस्कोप) में 375 गुने आवर्धन की आवश्यकता हो तथा इसके अभिदृश्यक (objective) लेंस की फोकस दूरी 5 mm हो, तो इसके नेत्रिका (eye-piece) लेंस की फोकस दूरी निम्न में से किसके निकट होगी ?

[JEE-Main-2020\_Jan]

- (1) 22 mm                      (2) 12 mm                      (3) 33 mm                      (4) 2 mm

Ans. (1)

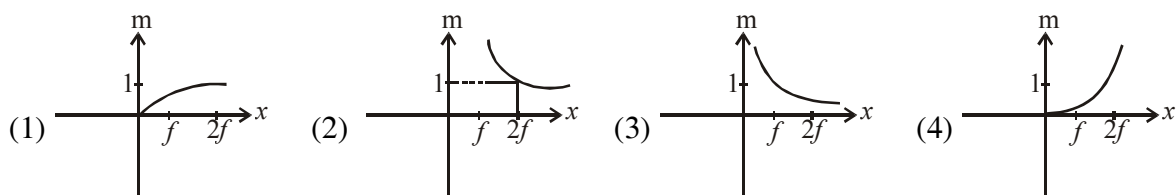
Sol.  $m = \frac{LD}{f_e \times f_o} = \frac{150 \times 250}{f_e \times 25} = 375$

$f_e = 20 \text{ mm.}$

24. An object is gradually moving away from the focal point of a concave mirror along the axis of the mirror. The graphical representation of the magnitude of linear magnification ( $m$ ) versus distance of the object from the mirror ( $x$ ) is correctly given by : (Graphs are drawn schematically and are not to scale)

एक वस्तु एक अवतल दर्पण के सामने इसके अक्ष पर चलते हुए इसके फोकस से धीरे-धीरे दूर जा रही है। ऐसी अवस्था में निम्न में से कौन सा ग्राफ इस वस्तु के रेखीय आवर्धन ( $m$ ) के मान का सम्बंध इसके दर्पण से दूरी ( $x$ ) के साथ दर्शाता है। (ग्राफ संकेतात्मक हैं)

[JEE-Main-2020\_Jan]



Ans. (2)

Sol.  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

At focus  $m = \infty$   $x = f$

At centre  $m = -1$   $x = 2f$

25. There is a small source of light at some depth below the surface of water (refractive index  $= \frac{4}{3}$ ) in a tank of large cross sectional surface area. Neglecting any reflection from the bottom and absorption by water, percentage of light that emerges out of surface is (nearly) :

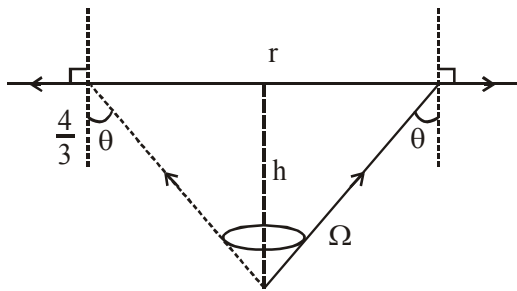
[Use the fact that surface area of a spherical cap of height  $h$  and radius of curvature  $r$  is  $2\pi rh$ ]:

एक हौज (tank), जिसकी सतह का आकार बहुत बड़ा है, में पानी (अपवर्तनांक  $= \frac{4}{3}$ ) भरा हुआ है और पानी की सतह के नीचे प्रकाश का एक छोटा स्रोत रखा हुआ है। यदि परावर्तन और पानी में अवशोषण द्वारा प्रकाश की होने वाली क्षति को नगण्य माना जाये तो पानी की सतह से बाहर आने वाला प्रकाश का प्रतिशत लगभग है : (एक गोलीय सतह, जिसकी ऊँचाई  $h$  हो और इसकी वक्रता त्रिज्या  $r$  हो तो इसका क्षेत्रफल  $2\pi rh$  होता है) :

[JEE-Main-2020\_Jan]

- (1) 17% (2) 21% (3) 34% (4) 50%

Ans. (1)



Sol.

$$\frac{4}{3} \sin \theta = 1 \sin 90^\circ$$

$$\sin \theta = \frac{3}{4}$$

Area of sphere in which light spread =  $4\pi R^2$

$$\Omega = 2\pi (1 - \cos \theta)$$

$$\Omega = 2\pi \left( 1 - \frac{\sqrt{7}}{4} \right)$$

$$P \rightarrow 4\pi \text{ steradians}$$

$$P' \rightarrow \frac{P}{4\pi} (1 - \cos \theta)$$

$$\text{Ratio} = \frac{P'}{P} = \frac{2\pi(1 - \cos \theta)}{4\pi} = \frac{(1 - \cos \theta)}{2} = \frac{1 - \frac{\sqrt{7}}{4}}{2}$$

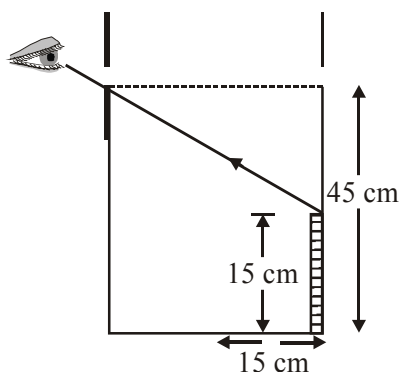
$$= \frac{0.33}{2} = 0.17$$

$\therefore$  Correct answer (1)

26. An observer can see through a small hole on the side of a jar (radius 15 cm) at a point at height of 15 cm from the bottom (see figure). The hole is at a height of 45 cm. When the jar is filled with a liquid up to a height of 30 cm the same observer can see the edge at the bottom of the jar. If the refractive index of the liquid  $N/100$ , where  $N$  is an integer, the value of  $N$  is \_\_\_\_\_.

एक प्रेक्षक (observer) एक जार (त्रिज्या 15 cm) पर बने छेद से दूसरी ओर बने एक बिन्दु को देख सकता है। जार की निचली सतह से छेद की ऊँचाई 45 cm है तथा दिखने वाली बिन्दु की ऊँचाई 15 cm है। (चित्र देखें)। जब जार में 30 cm ऊँचाई तक एक द्रव पदार्थ भरा जाता है तो वही प्रेक्षक निचली सतह की कगार (edge) देख सकता है। यदि इस द्रव का अपवर्तनांक  $N/100$  हो ( $N$  पूर्णांक) तो  $N$  का मान है \_\_\_\_\_।

[JEE-Main-2020\_Sep]



Ans. 158

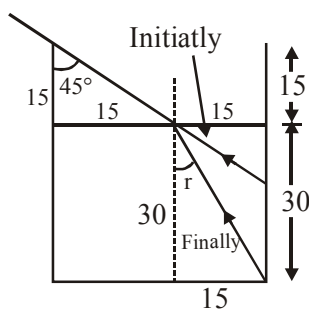
Sol.  $\tan r = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$

$$\sin r = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$1 \sin 45^\circ = \mu \sin r$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \mu \left( \frac{1}{\sqrt{5}} \right)$$

$$\mu = \sqrt{\frac{5}{2}} = 1.581$$



$$\frac{N}{100} = \mu$$

$$N = 100 \mu$$

$$N = 158.11$$

So integer value of  $N = 15800$

27. The distance between an object and a screen is 100 cm. A lens can produce real image of the object on the screen for two different positions between the screen and the object. The distance between

these two positions is 40 cm. If the power of the lens is close to  $\left( \frac{N}{100} \right) D$  where  $N$  is an integer, the value of  $N$  is \_\_\_\_\_.

एक वस्तु और एक पर्दे के बीच की दूरी 100 cm है। वस्तु और पर्दे के बीच दो भिन्न स्थानों पर रखे जाने पर एक लेन्स इस वस्तु का पर्दे पर वास्तविक प्रतिबिम्ब बनाता है। इन दो स्थानों के बीच की दूरी 40 cm है। यदि लेन्स की शक्ति लगभग

$\left( \frac{N}{100} \right) D$  हो ( $N$  एक पूर्णांक है)  $N$  का मान है \_\_\_\_\_।

[JEE-Main-2020\_Sep]

Official Ans. by NTA (5)

Official Ans. by ALLEN (476)



**Sol.** Using displacement method

$$f = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

Here,  $D = 100$  cm

$d = 40$  cm

$$f = \frac{100^2 - 40^2}{4(100)} = 21 \text{ cm}$$

$$P = \frac{1}{f} = \frac{100}{21} \text{ D} \quad \frac{N}{100} = \frac{100}{21} \quad N = 476$$

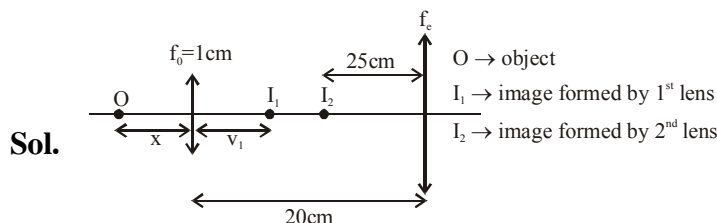
- 28.** In a compound microscope, the magnified virtual image is formed at a distance of 25 cm from the eye-piece. The focal length of its objective lens is 1 cm. If the magnification is 100 and the tube length of the microscope is 20 cm, then the focal length of the eye-piece lens (in cm) is \_\_\_\_\_.

एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी में आवर्धित आभासी प्रतिबिम्ब नेत्रिका से 25 cm दूरी पर बनता है। इसके अभिदृश्यक लेंस की फोकस दूरी 1 cm है। यदि आवर्धन 100 है तथा सूक्ष्मदर्शी की नली की लम्बाई 20 cm है तो नेत्रिका की फोकस दूरी (cm में) होगी:-

[JEE-Main-2020\_Sep]

**Official Ans. by NTA (5)**

**Official Ans. by ALLEN (4.48)**



$$\text{for first lens} = \frac{1}{v_1} - \frac{1}{-x} = \frac{1}{1} \Rightarrow v_1 = \frac{x}{x-1}$$

$$\text{also magnification } |m_1| = \left| \frac{v_1}{u_1} \right| = \frac{1}{x-1}$$

for 2<sup>nd</sup> lens this is acting as object

$$\text{so } u_2 = -(20 - v_1) = -\left(20 - \frac{x}{x-1}\right)$$

$$\text{and } v_2 = -25 \text{ cm}$$

$$\text{angular magnification } |m_A| = \left| \frac{D}{u_2} \right| = \frac{25}{|u_2|}$$

$$\text{Total magnification } m = m_1 m_A = 100$$

$$\left(\frac{1}{x-1}\right)\left(\frac{25}{20-\frac{x}{x-1}}\right)=100$$

$$\frac{25}{20(x-1)-x}=100 \Rightarrow 1=80(x-1)-4x$$

$$\Rightarrow 76x=81 \Rightarrow x=\frac{81}{76}$$

$$\Rightarrow u_2=-\left(20-\frac{81/76}{81/76-1}\right)=\frac{-19}{5}$$

now by lens formula

$$\frac{1}{-25}-\frac{1}{-19/5}=\frac{1}{f_e} \Rightarrow f_e=\frac{25 \times 19}{106} \approx 4.48 \text{cm}$$

## EXERCISE-(JA)

1. A biconvex lens of focal length 15 cm is in front of a plane mirror. The distance between the lens and the mirror is 10 cm. A small object is kept at a distance of 30 cm from the lens. The final image is  
 (A) virtual and at a distance of 16 cm from the mirror  
 (B) real and at a distance of 16 cm from the mirror  
 (C) virtual and at a distance of 20 cm from the mirror  
 (D) real and at a distance of 20 cm from the mirror
- 15 cm फोकस दूरी वाला एक उभयोत्तल लेंस एक समतल दर्पण के सामने रखा है। लेंस तथा दर्पण के बीच की दूरी 10 cm है। एक छोटा बिंब लेंस से 30 cm की दूरी पर रखा गया है। इसका अंतिम प्रतिबिंब  
 (A) आभासी तथा दर्पण से 16 cm की दूरी पर है।  
 (B) वास्तविक तथा दर्पण से 16 cm की दूरी पर है।  
 (C) आभासी तथा दर्पण से 20 cm की दूरी पर है।  
 (D) वास्तविक तथा दर्पण से 20 cm की दूरी पर है।

[IIT-JEE 2010]

[IIT-JEE 2010]

GO0196

Ans. (B)

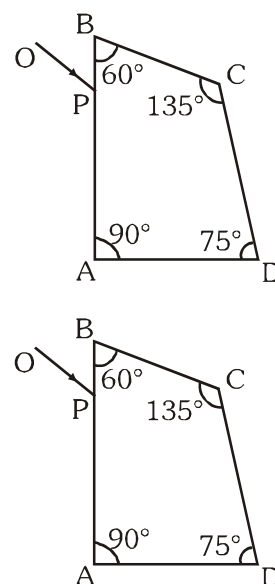
2. A ray OP of monochromatic light is incident on the face AB of prism ABCD near vertex B at an incident angle of  $60^\circ$  (see figure). If the refractive index of the material of the prism is  $\sqrt{3}$ , which of the following is (are) correct?  
 [IIT-JEE 2010]

- (A) The ray gets totally internally reflected at face CD  
 (B) The ray comes out through face AD  
 (C) The angle between the incident ray and the emergent ray is  $90^\circ$   
 (D) The angle between the incident ray and the emergent ray is  $120^\circ$

चित्रानुसार एक प्रिज्म ABCD के AB तल पर शीर्ष B के पास प्रकाश की एक एकवर्णीय किरण OP,  $60^\circ$  आपतन कोण पर आपतित है। यदि प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक  $\sqrt{3}$  है, तो निम्नलिखित में से कौन सा (कौन से) कथन सही है?

[IIT-JEE 2010]

- (A) किरण का CD तल से पूर्ण आन्तरिक परावर्तन हो जाता है।  
 (B) किरण AD तल से बाहर आ जाती है।  
 (C) निर्गत किरण और आपतित किरण के बीच के कोण का मान  $90^\circ$  है।  
 (D) निर्गत किरण और आपतित किरण के बीच के कोण का मान  $120^\circ$  है।



GO0197

Ans. (A,B,C)

3. Two transparent media of refractive indices  $\mu_1$  and  $\mu_3$  have a solid lens shaped transparent material of refractive index  $\mu_2$  between them as shown in figures in **Column II**. A ray traversing these media is also shown in the figures. In **Column I** different relationships between  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  and  $\mu_3$  are given. Match them to the ray diagrams shown in **Column II**.

स्तम्भ II में दिये गये चित्रों में दर्शाये अनुसार  $\mu_2$  अपवर्तनांक वाले पदार्थ से बना पारदर्शी ठोस लेंस,  $\mu_1$  व  $\mu_3$  अपवर्तनांक वाले दो पारदर्शी माध्यमों के मध्य रखा हुआ है। इन माध्यमों से गुजरने वाली एक किरण भी चित्रों में दर्शाई गई है। स्तम्भ I में  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  तथा  $\mu_3$  के मध्य विभिन्न संबंध दर्शाये गये हैं। इन्हें स्तम्भ II में दिये गये किरण चित्रों से सुमेलित कीजिए।

[IIT-JEE 2010]

**Column I**

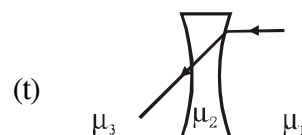
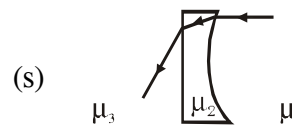
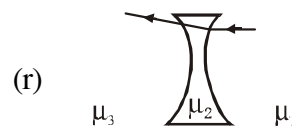
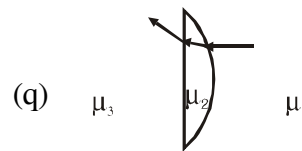
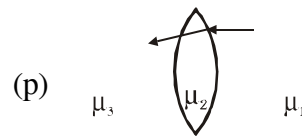
(A)  $\mu_1 < \mu_2$

(B)  $\mu_1 > \mu_2$

(C)  $\mu_2 = \mu_3$

(D)  $\mu_2 > \mu_3$

**Column II**



GO0198

Ans. (A)–pr, (B) –qst, (C) –prt, (D) –qs

4. The focal length of a thin biconvex lens is 20 cm. When an object is moved from a distance of 25 cm in front of it to 50 cm, the magnification of its image changes from  $m_{25}$  to  $m_{50}$ . The ratio  $\frac{m_{25}}{m_{50}}$  is
- एक पतले उभयोत्तल लेंस की फोकस दूरी 20 cm है। जब लेंस के सामने बिंब को 25 cm से 50 cm दूर ले जाया जाता है तो इसके प्रतिबिंब का आवर्धन  $m_{25}$  से  $m_{50}$  हो जाता है।  $\frac{m_{25}}{m_{50}}$  अनुपात का मान क्या होगा ? [IIT-JEE 2010]

GO0199

Ans. 6

5. Image of an object approaching a convex mirror of radius of curvature 20 m along its optical axis is observed to move from  $\frac{25}{3}$  m to  $\frac{50}{7}$  m in 30 seconds. What is the speed of the object in km per hour?

20m वक्रता त्रिज्या के एक उत्तल दर्पण की ओर प्रकाश अक्ष पर जाते हुए एक बिंब का प्रतिबिंब 30 sec में  $\frac{25}{3}$  m से  $\frac{50}{7}$  m पर खिसकता है। बिंब की चाल km/hour में क्या होगी ?

[IIT-JEE 2010]

GO0200

Ans. 3

6. A large glass slab ( $\mu = \frac{5}{3}$ ) of thickness 8 cm is placed over a point source of light on a plane surface. It is seen that light emerges out of the top surface of the slab from a circular area of radius R cm. What is the value of R?

एक समतल सतह पर काँच ( $\mu = \frac{5}{3}$ ) का 8 cm मोटाई का एक बड़ा गुटका प्रकाश के एक बिन्दु स्रोत पर रखा है। यह देखा जाता है कि इसके ऊपरी पृष्ठ से प्रकाश R cm त्रिज्या के वृत्ताकार क्षेत्र से बाहर निकलता है। R का मान ज्ञात कीजिए।

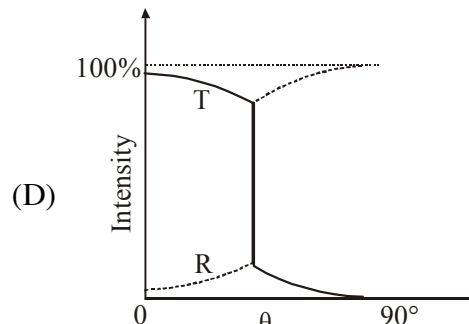
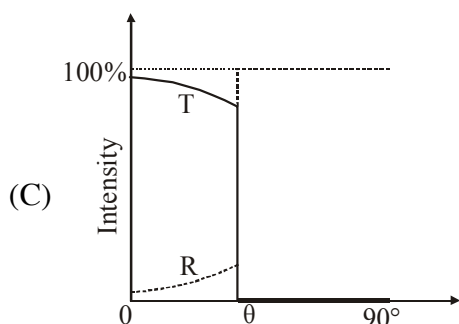
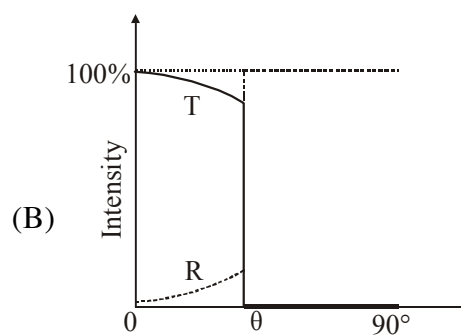
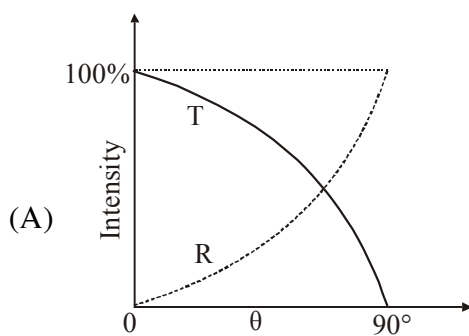
[IIT-JEE 2010]

GO0201

Ans. 6

7. A light ray traveling in glass medium is incident on glass-air interface at an angle of incidence  $\theta$ . The reflected (R) and transmitted (T) intensities, both as function of  $\theta$ , are plotted. The correct sketch is एक प्रकाश किरण काँच में चलकर काँच-वायु अंतरापृष्ठ पर आपतन कोण  $\theta$  से पड़ रही है। परावर्तित (R) एवम् निर्गमित (T) तीव्रताओं के बदलाव कोण  $\theta$  के सदृश खींचे गये हैं। सही स्केच है

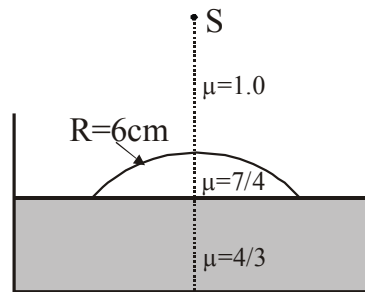
[IIT-JEE 2011]



Ans. (C)

8. Water (with refractive index  $= \frac{4}{3}$ ) in a tank is 18 cm deep. Oil of refractive index  $\frac{7}{4}$  lies on water making a convex surface of radius of curvature 'R = 6 cm' as shown. Consider oil to act as a thin lens. An object 'S' is placed 24 cm above water surface. The location of its image is at 'x' cm above the bottom of the tank. Then 'x' is

एक टैंक में 18 cm गहरा पानी (अपवर्तनांक  $= \frac{4}{3}$ ) है। पानी पर अपवर्तनांक  $\frac{7}{4}$  का तेल पड़ा है जिसकी सतह उत्तल है व 'R = 6 cm' त्रिज्या की है (चित्र देखिये)। तेल को पतले लेंस की तरह मानिये। एक बिम्ब 'S' पानी की सतह से 24 cm ऊपर है। प्रतिबिम्ब टैंक के तल से x cm पर है। तब x का मान है [IIT-JEE 2011]

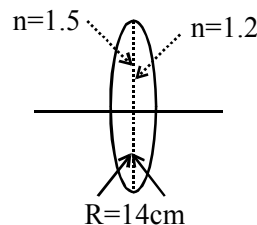


GO0203

Ans. 2

9. A biconvex lens is formed with two thin plano-convex lenses as shown in the figure, Refractive index n of the first lens is 1.5 and that of the second lens is 1.2. Both the curved surfaces are of the same radius of curvature R = 14 cm. For this biconvex lens, for an object distance of 40 cm, the image distance will be :-

चित्र में दर्शाये अनुसार दो पतले समतल-उत्तल लेंसों को मिलाकर एक उभयोत्तल लेंस बना है। पहले लेंस का अपवर्तनांक n का मान (1.5) और दूसरे लेन्स का 1.2 है। दोनों लेंसों के गोलीय फलकों की वक्रता-त्रिज्या R = 14 cm है। इस उभयोत्तल लेंस के लिये यदि बिम्ब दूरी 40 cm हो, तब प्रतिबिम्ब दूरी होगी :- [IIT-JEE 2012]



- (A) -280.0 cm (B) 40.0 cm (C) 21.5 cm (D) 13.3 cm

GO0204

Ans. (B)

### Paragraph for Questions 10 and 11

Most materials have the refractive index,  $n > 1$ . So, when a light ray from air enters a naturally occurring

material, then by Snell's law,  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$ , it is understood that the refracted ray bends towards the

normal. But it never emerges on the same side of the normal as the incident ray. According to

electromagnetism, the refractive index of the medium is given by the relation,  $n = \left( \frac{c}{v} \right) = \pm \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$ ,

where  $c$  is the speed of electromagnetic waves in vacuum,  $v$  its speed in the medium,  $\epsilon_r$  and  $\mu_r$  are the relative permittivity and permeability of the medium respectively.

In normal materials, both  $\epsilon_r$  and  $\mu_r$  are positive, implying positive  $n$  for the medium. When both  $\epsilon_r$  and  $\mu_r$  are negative, one must choose the negative root of  $n$ . Such negative refractive index materials can now be artificially prepared and are called meta-materials. They exhibit significantly different optical behaviour, without violating any physical laws. Since  $n$  is negative, it results in a change in the direction of propagation of the refracted light. However, similar to normal materials, the frequency of light remains unchanged upon refraction even in meta-materials.

अधिकतर पदार्थों का अपवर्तनांक,  $n > 1$  होता है। इसलिये जब कोई प्रकाश किरण वायु से किसी प्राकृतिक पदार्थ में प्रवेश

करती है तब, Snell's नियम  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$  क अनुसार, अपवर्तित किरण अभिलंब की तरफ झुकती है। लेकिन यह कभी

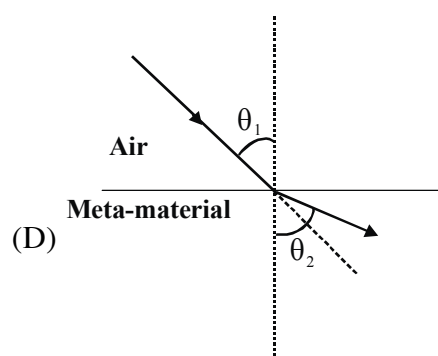
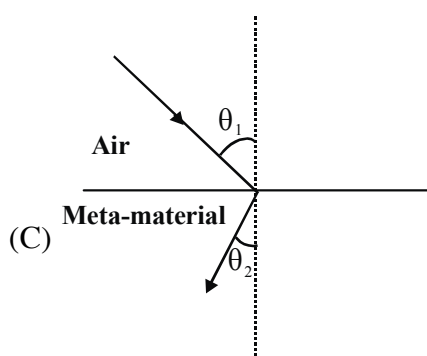
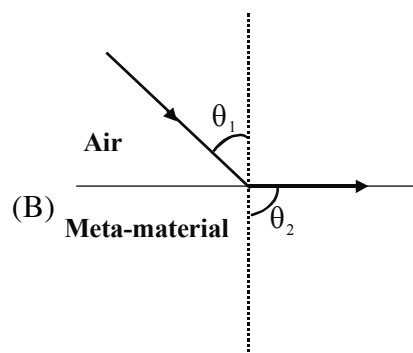
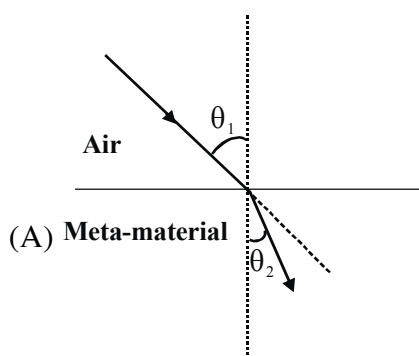
भी अभिलंब के आपतित किरण वाले ओर से बाहर नहीं निकलती। विद्युत-चुम्बकत्व के अनुसार, किसी माध्यम का

अपवर्तनांक  $n = \left( \frac{c}{v} \right) = \pm \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$  होता है, जहां  $c$  विद्युत-चुम्बकीय तरंगों की निर्वात में चाल तथा  $v$  उनकी माध्यम में चाल

है,  $\epsilon_r$  व  $\mu_r$  क्रमशः माध्यम की सापेक्ष विद्युतशीलता व चुंबकशीलता है। आम पदार्थों में  $\epsilon_r$  व  $\mu_r$  दोनों धनात्मक होते हैं, अर्थात् माध्यम का  $n$  धनात्मक है। जब  $\epsilon_r$  व  $\mu_r$  दोनों ऋणात्मक हों तब हमें  $n$  का ऋणात्मक वर्गमूल लेना होगा। ऐसे ऋणात्मक  $n$  वाले पदार्थ अब अप्राकृतिक रूप में तैयार किये जा सकते हैं, और उन्हें मैटा-पदार्थ (meta-material) कहते हैं। वे बिल्कुल अलग तरह का प्रकाशिक गुणधर्म दर्शाते हैं, परन्तु भौतिक नियमों का उल्लंघन नहीं करते। चूंकि  $n$  ऋणात्मक है, अपवर्तित प्रकाश की चलने की दिशा में परिवर्तन होता है तथापि आम पदार्थों की तरह इन मैटा-पदार्थों में भी अपवर्तन पर प्रकाश की आवृत्ति नहीं बदलती।

[IIT-JEE-2012]

10. For light incident from air on a meta-material, the appropriate ray diagram is  
वायु (air) से मैटा-पदार्थ पर आपतित प्रकाश-किरण के लिये उपयुक्त किरण-चित्र है



GO0205

Ans. (C)

11. Choose the correct statement.

(A) The speed of light in the meta-material is  $v = c|n|$

(B) The speed of light in the meta-material is  $v = \frac{c}{|n|}$

(C) The speed of light in the meta-material is  $v = c$ .

(D) The wavelength of the light in the meta-material ( $\lambda_m$ ) is given by  $\lambda_m = \lambda_{\text{air}}|n|$ , where  $\lambda_{\text{air}}$  is the wavelength of the light in air.

सही प्रकथन चुनें।

[IIT-JEE 2012]

(A) मैटा-पदार्थ में प्रकाश की गति  $v = c|n|$  है।

(B) मैटा-पदार्थ में प्रकाश की गति  $v = \frac{c}{|n|}$  है।

(C) मैटा-पदार्थ में प्रकाश की गति  $v = c$  है।

(D) मैटा-पदार्थ में प्रकाश की तरंगदैर्घ्य ( $\lambda_m$ ) को  $\lambda_m = \lambda_{\text{air}}|n|$  द्वारा दर्शा सकते हैं, जहाँ  $\lambda_{\text{air}}$  वायु में प्रकाश की तरंगदैर्घ्य है।

GO0205

Ans. (B)



12. A ray of light travelling in the direction  $\frac{1}{2}(\hat{i} + \sqrt{3}\hat{j})$  is incident on a plane mirror. After reflection, it travels along the direction  $\frac{1}{2}(\hat{i} - \sqrt{3}\hat{j})$ . The angle of incidence is :-

एक समतल दर्पण पर आपतित प्रकाश किरण की प्रगामी दिशा  $\frac{1}{2}(\hat{i} + \sqrt{3}\hat{j})$  है। परावर्तन के बाद प्रगामी दिशा  $\frac{1}{2}(\hat{i} - \sqrt{3}\hat{j})$

हो जाती है। किरण का आपतन कोण है :-

[JEE-Advance-2013]

(A)  $30^\circ$

(B)  $45^\circ$

(C)  $60^\circ$

(D)  $75^\circ$

GO0206

Ans. (A)

13. The image of an object, formed by a plano-convex lens at a distance of 8 m behind the lens, is real and is one-third the size of the object. The wavelength of light inside the lens is  $\frac{2}{3}$  times the wavelength in free space. The radius of the curved surface of the lens is :-

एक समतल उत्तल लेंस एक वास्तविक प्रतिबिम्ब लेंस के 8 m पीछे बनाता है जो कि वस्तु के आकार का एक-तिहाई है।

लेंस के अन्दर प्रकाश की तरंगदैर्घ्य निर्वात की तरंगदैर्घ्य से  $\frac{2}{3}$  गुना है। लेंस के गोलीय वक्रित पृष्ठ की वक्रता त्रिज्या है:-

[JEE-Advance-2013]

(A) 1 m

(B) 2 m

(C) 3 m

(D) 6 m

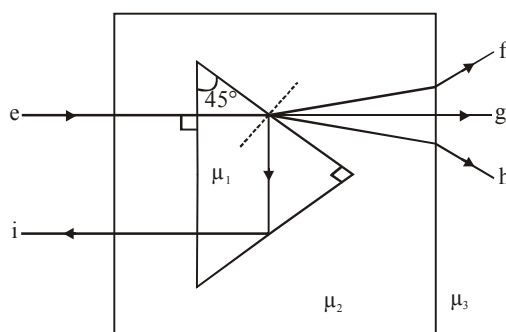
GO0207

Ans. (C)

14. A right angled prism of refractive index  $\mu_1$  is placed in a rectangular block of refractive index  $\mu_2$ , which is surrounded by a medium of refractive index  $\mu_3$ , as shown in the figure. A ray of light 'e' enters the rectangular block at normal incidence. Depending upon the relationships between  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ , and  $\mu_3$ , it takes one of the four possible paths 'ef', 'eg', 'eh' or 'ei'.

एक  $\mu_1$  अपवर्तनांक के समकोण प्रिज्म को  $\mu_2$  अपवर्तनांक के आयताकार ब्लॉक में रखा गया है। पूर्ण व्यवस्था  $\mu_3$  अपवर्तनांक के माध्यम से चित्र में दर्शाए अनुसार घिरी हुई है। प्रकाश की किरण 'e' आयताकार ब्लॉक पर अभिलंबवत आपतित होती है।  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  और  $\mu_3$  के मानों पर निर्भर होती हुई प्रकाश की किरण चार संभव पथों 'ef', 'eg', 'eh' या 'ei' में से एक लेती है।

[JEE-Advance-2013]



Match the paths in List I with conditions of refractive indices in List II and select the correct answer using the codes given below the lists :

सूची I में दिये गये पथों को सूची II की अपवर्तनांक की शर्तों से सुमेलित कीजिए और सूचियों के नीचे दिये गये कोड का प्रयोग करके सही उत्तर चुनिये :-

**List I**

- P.  $e \rightarrow f$   
Q.  $e \rightarrow g$   
R.  $e \rightarrow h$   
S.  $e \rightarrow i$

**List II**

1.  $\mu_1 > \sqrt{2}\mu_2$   
2.  $\mu_2 > \mu_1$  and  $\mu_2 > \mu_3$   
3.  $\mu_1 = \mu_2$   
4.  $\mu_2 < \mu_1 < \sqrt{2}\mu_2$  and  $\mu_2 > \mu_3$

**Codes :**

	P	Q	R	S
(A)	2	3	1	4
(B)	1	2	4	3
(C)	4	1	2	3
(D)	2	3	4	1

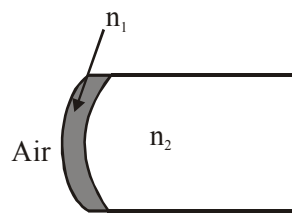
GO0208

**Ans. (D)**

15. A transparent thin film of uniform thickness and refractive index  $n_1 = 1.4$  is coated on the convex spherical surface of radius  $R$  at one end of a long solid glass cylinder of refractive index  $n_2 = 1.5$ , as shown in the figure. Rays of light parallel to the axis of the cylinder traversing through the film from air to glass get focused at distance  $f_1$  from the film, while rays of light traversing from glass to air get focused at distance  $f_2$  from the film. Then

काँच के एक लम्बे व ठोस बेलन, जिसका अपवर्तनांक  $n_2 = 1.5$  है, का एक छोर गोलीय है जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। इस गोलीय पृष्ठ की त्रिज्या  $R$  है और इस पर  $n_1 = 1.4$  अपवर्तनांक की एकसमान मोटाई वाली एक पारदर्शी पतली फिल्म लगी है। वायु से फिल्म में होकर काँच में जाने वाली प्रकाश की किरणें जो कि बेलन के अक्ष के समांतर हैं, फिल्म से  $f_2$  दूरी पर फोकस होती हैं। तब :-

[JEE-Advance-2014]



(A)  $|f_1| = 3R$

(B)  $|f_1| = 2.8 R$

(C)  $|f_2| = 2R$

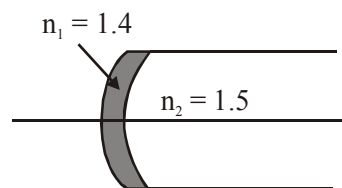
(D)  $|f_2| = 1.4 R$

GO0209

**Ans. (A,C)**

**Sol.** When rays are moving from air to glass,

$$\frac{1.5}{f_1} = \frac{(1.4 - 1)}{+R} + \frac{(1.5 - 1.4)}{+R}$$



$$\frac{1.5}{f_1} = \frac{0.4}{R} + \frac{0.1}{R} = \frac{0.5}{R}$$

$$|f_1| = 3R$$

When rays are moving from glass to air,

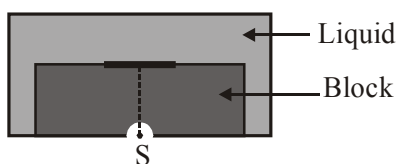
$$\frac{1}{F_2} = \frac{(1-1.4)}{-R} + \frac{(1.4-1.5)}{-R} = \frac{0.5}{R}$$

$$|f_2| = 2R$$

16. A point source S is placed at the bottom of a transparent block of height 10 mm and refractive index 2.72. It is immersed in a lower refractive index liquid as shown in the figure. It is found that the light emerging from the block to the liquid forms a circular bright spot of diameter 11.54 mm on the top of the block. The refractive index of the liquid is :-

एक बिन्दु प्रकाश स्रोत (S) एक 10 mm ऊँचाई वाले पारदर्शी गुटके की निचली सतह पर रखा है। गुटके का अपवर्तनांक 2.72 है। गुटके को एक कम अपवर्तनांक वाले द्रव में डुबोया गया है, जैसा चित्र में दर्शाया गया है। गुटके से निकल कर द्रव में जाने वाला प्रकाश, गुटके की ऊपरी सतह पर 11.54 mm व्यास का एक दीप्त वृत्त (Spot) बनाता है। द्रव का अपवर्तनांक है:-

[JEE-Advance-2014]



- (A) 1.21 (B) 1.30 (C) 1.36 (D) 1.42

GO0210

Ans. (C)

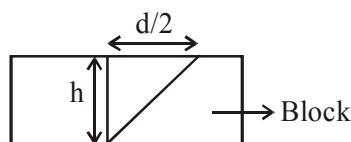
Sol. From the given situation, at critical angle,

$$\tan \theta = \frac{(d/2)}{h} = \frac{5.77}{10}$$

$$\therefore \sin \theta_c \approx \frac{1}{2}$$

$$\mu_{\text{denser}} \sin \theta_c = \mu_{\text{rarer}} \sin (\pi/2)$$

$$\Rightarrow 2.72 \times \frac{1}{2} = \mu_r \Rightarrow \mu_r = 1.36$$



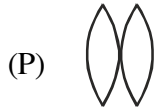
17. Four combinations of two thin lenses are given in List-I. The radius of curvature of all curved surfaces is r and the refractive index of all the lenses is 1.5. Match lens combinations in List-I with their focal length in List-II and select the correct answer using the code given below the lists.

दो पतले लेन्सों के चार संयोजन सूची-I में दिए हैं। प्रत्येक लेन्स के वक्रांक पृष्ठ की वक्रता त्रिज्या r तथा अपवर्तनांक 1.5 है। सूची-I में विभिन्न लेन्स संयोजन दिए हैं तथा सूची-II में उनकी फोकस दूरी दी हुई है। सूची-I को सूची-II से सुमेलित कीजिए तथा सूचियों के नीचे दिए गए कोड का प्रयोग करके सही उत्तर चुनिए :-

[JEE-Advance-2014]

List-I

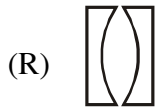
List-II



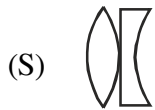
(1)  $2r$



(2)  $\frac{r}{2}$



(3)  $-r$



(4)  $r$

**Code :**

(A) P-1, Q-2, R-3, S-4

(B) P-2, Q-4, R-3, S-1

(C) P-4, Q-1, R-2, S-3

(D) P-2, Q-1, R-3, S-4

GO0211

**Ans. (B)**

**Sol.** P  $\rightarrow$  2



$$\frac{1}{F_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = (1.5 - 1) \left( \frac{2}{r} \right) \times 2 = \frac{2}{r} \quad F_{eq} = r/2$$

Q  $\rightarrow$  4



$$\frac{1}{F_{eq}} = (1.5 - 1) \left( \frac{2}{r} \right) = \frac{1}{r} \quad F_{eq} = r$$

R  $\rightarrow$  3



$$\frac{1}{F_{eq}} = (1.5 - 1) \left( -\frac{2}{r} \right) = -\frac{1}{r} \quad F_{eq} = -r$$

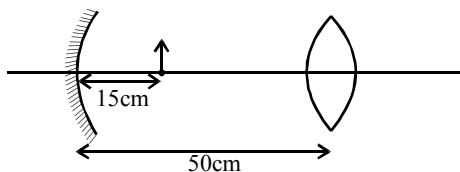
18. Consider a concave mirror and a convex lens (refractive index = 1.5) of focal length 10 cm each, separated by a distance of 50 cm in air (refractive index = 1) as shown in the figure. An object is placed at a distance of 15 cm from the mirror. Its erect image formed by this combination has magnification  $M_1$ . When the set-up is kept in a medium of refractive index  $7/6$  the magnification

becomes  $M_2$ . The magnitude  $\left| \frac{M_2}{M_1} \right|$  is.

एक अवतल दर्पण तथा उत्तल लेंस (अपवर्तनांक = 1.5) जिनमें प्रत्येक की फोकस दूरी 10 cm है, दर्शाये चित्रानुसार एक-दूसरे से 50 cm की दूरी पर वायु (अपवर्तनांक = 1) में स्थित है। एक वस्तु को दर्पण से 15 cm की दूरी पर रखा गया है। इस संयोजन द्वारा वस्तु के सीधे बनने वाले प्रतिबिंब का आवर्धन  $M_1$  है। जब यह सेट-अप  $7/6$  अपवर्तनांक के माध्यम

में रखा जाता है तब आवर्धन  $M_2$  हो जाता है।  $\left| \frac{M_2}{M_1} \right|$  के परिमाण का मान है।

[JEE-Advance-2015]



GO0212

**Ans. 7****Sol.** For reflection from concave mirror,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{v} - \frac{1}{15} = \frac{-1}{10}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{15} - \frac{1}{10} = \frac{-1}{30}$$

$$\therefore v = -30$$

$$\text{magnification } (m_1) = -\frac{v}{u} = -2$$

Now for refraction from lens,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$$

$$\therefore \text{magnification } (m_2) = \frac{v}{u} = -1$$

$$\therefore M_1 = m_1 m_2 = 2$$

Now when the set-up is immersed in liquid, no effect for the image formed by mirror.

$$\text{we have } (\mu_L - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{10}$$

$$\Rightarrow \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{5}$$

when lens is immersed in liquid,

$$\frac{1}{f_{\text{lens}}} = \left( \frac{\mu_L}{\mu_S} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{2}{7} \times \frac{1}{5} = \frac{2}{35}$$

$$\therefore \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_{\text{Liquid}}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{2}{35} - \frac{1}{20} = \frac{8-7}{140} = \frac{1}{140}$$

$$\therefore \text{magnification} = -\frac{140}{20} = -7$$

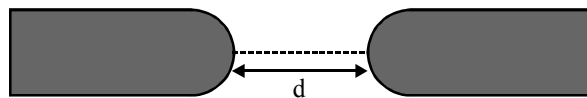
$$\therefore M_2 = 2 \times 7 = 14$$

$$\therefore \left| \frac{M_2}{M_1} \right| = 7$$

19. Two identical glass rods  $S_1$  and  $S_2$  (refractive index = 1.5) have one convex end of radius of curvature 10 cm. They are placed with the curved surfaces at a distance  $d$  as shown in the figure, with their axes (shown by the dashed line) aligned. When a point source of light  $P$  is placed inside rod  $S_1$  on its axis at a distance of 50 cm from the curved face, the light rays emanating from it are found to be parallel to the axis inside  $S_2$ . The distance  $d$  is :

दो काँच (अपवर्तनांक = 1.5) की एकरूप छड़ों  $S_1$  तथा  $S_2$  का एक छोर 10 cm वक्रता त्रिज्या की उत्तल सतह है। उनकी वक्र सतह एक-दूसरे से  $d$  दूरी पर दर्शाये चित्रानुसार रखी हैं तथा उनके अक्ष एक रेखा (चित्र में असतत रेखा) पर हैं। यदि प्रकाश के एक बिंदु स्रोत  $P$  को छड़  $S_1$  के अंदर वक्र सतह से 50 cm की दूरी पर रखने पर इससे निकलने वाली प्रकाश की किरणें छड़  $S_2$  के अन्दर अक्ष के समांतर हों, तब दूरी  $d$  होगी :

[JEE-Advance-2015]



(A) 60 cm

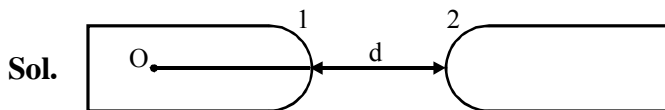
(B) 70 cm

(C) 80 cm

(D) 90 cm

GO0213

Ans. (B)



For first surface

$$\frac{1}{V} - \frac{1.5}{-50} = \frac{1-1.5}{-10}$$

$$V = 50 \text{ cm}$$

for second surface

$$\frac{1.5}{\infty} - \frac{1}{-(d-50)} = \frac{1.5-1}{10}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$\therefore$  (B)

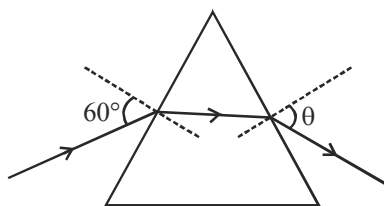
20. A monochromatic beam of light is incident at  $60^\circ$  on one face of an equilateral prism of refractive index  $n$  and emerges from the opposite face making an angle  $\theta(n)$  with the normal (see the figure).

For  $n = \sqrt{3}$  the value of  $\theta$  is  $60^\circ$  and  $\frac{d\theta}{dn} = m$ . The value of  $m$  is

एकवर्णी प्रकाश का एक पुंज एक  $n$  अपवर्तनांक वाले समबाहु प्रिज्म के एक फलक पर  $60^\circ$  के कोण पर आपतित होता है तथा सामने वाले फलक से लम्ब से  $\theta(n)$  कोण बनाते हुए निकलता है (चित्र देखें)।  $n = \sqrt{3}$  पर  $\theta$  का मान  $60^\circ$  है तथा

$$\frac{d\theta}{dn} = m \text{ है। तब } m \text{ का मान है।}$$

[JEE-Advance-2015]



GO0214

**Ans. 2****Sol.** By snell's law

$$1 \sin 60 = n \sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \frac{1}{2} r_1 = 30^\circ \quad \dots(i)$$

By differentiating 'w.r.t' n

$$0 = \sin r_1 + n \cos r_1 \left( \frac{dr_1}{dn} \right)$$

$$= \frac{1}{2} + \sqrt{3} \left( \sqrt{\frac{3}{2}} \right) \frac{dr_1}{dn}$$

$$\frac{dr_1}{dn} = \frac{1}{3} \quad \dots(ii)$$

By applying snell's law

$$n \sin r_2 = 1 \sin \theta$$

$$n \sin (60 - r_1) = 1 \sin \theta \quad [\because A = r_1 + r_2]$$

By differentiating 'w.r.t' n

$$\sin (60 - r_1) - n \cos (60 - r_1) \frac{dr_1}{dn} = \cos \theta \frac{d\theta}{dn}$$

By substituting value of 'r<sub>1</sub>' and  $\frac{dr_1}{dn}$  from (1) and (2)

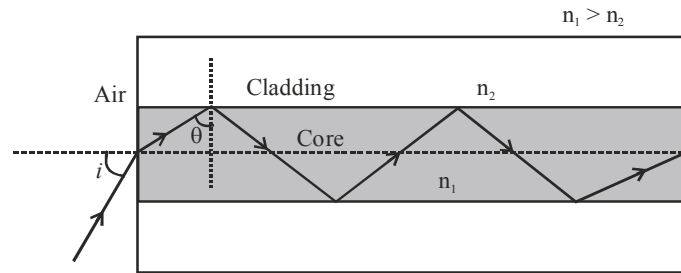
$$\frac{d\theta}{dn} = 2$$

**Paragraph for Question No. 21 and 22**

Light guidance in an optical fiber can be understood by considering a structure comprising of thin solid glass cylinder of refractive index  $n_1$  surrounded by a medium of lower refractive index  $n_2$ . The light guidance in the structure takes place due to successive total internal reflections at the interface of the media  $n_1$  and  $n_2$  as shown in the figure. All rays with the angle of incidence  $i$  less than a particular value of  $i_m$  are confined in the medium of refractive index  $n_1$ . The numerical aperture (NA) of the structure is defined as  $\sin i_m$ .

**[JEE-Advance-2015]**

एक प्रकाशीय तंतु में प्रकाश का परिवहन एक संरचना जिसमें  $n_1$  अपवर्तनांक वाले काँच का एक पतला बेलन (सिलिंडर) एक उससे कम अपवर्तनांक  $n_2$  वाले माध्यम से घिरा है द्वारा समझा जा सकता है। इस संरचना में प्रकाश का परिवहन माध्यमों  $n_1$  तथा  $n_2$  के अंतरापृष्ठ पर उत्तरोत्तर पूर्ण आंतरिक परावर्तन द्वारा होता है (चित्र देखें)। प्रकाश की वे सभी किरणों जिनका इस संरचना के सिरे पर आपतन कोण  $i$  का मान एक विशिष्ट कोण  $i_m$  से कम होता है संरचना में  $n_1$  अपवर्तनांक के माध्यम में रहते हुए परिवहन कर सकती है। संरचना का संख्यात्मक द्वारक (numerical aperture (NA))  $\sin i_m$  द्वारा परिभाषित किया जाता है।



21. For two structures namely  $S_1$  with  $n_1 = \sqrt{45}/4$  and  $n_2 = 3/2$ , and  $S_2$  with  $n_1 = 8/5$  and  $n_2 = 7/5$  and taking the refractive index of water to be  $4/3$  and that of air to be 1, the correct option(s) is (are)

(A) NA of  $S_1$  immersed in water is the same as that of  $S_2$  immersed in liquid of refractive index  $\frac{16}{3\sqrt{15}}$ .

(B) NA of  $S_1$  immersed in liquid of refractive index  $\frac{6}{\sqrt{15}}$  is the same as that of  $S_2$  immersed in water.

(C) NA of  $S_1$  placed in air is the same as that of  $S_2$  immersed in liquid of refractive index  $\frac{4}{\sqrt{15}}$ .

(D) NA of  $S_1$  placed in air is the same as that of  $S_2$  placed in water.

दो संरचनाएँ  $S_1$  जिसमें  $n_1 = \sqrt{45}/4$  एवं  $n_2 = 3/2$  है तथा  $S_2$  जिसमें  $n_1 = 8/5$  एवं  $n_2 = 7/5$  लें। पानी का अपवर्तनांक  $4/3$  एवं वायु का अपवर्तनांक 1 लेते हुए सही विकल्प है (हैं)

(A)  $S_1$  की NA पानी में डुबाने पर वही है जो कि  $S_2$  को  $\frac{16}{3\sqrt{15}}$  अपवर्तनांक वाले द्रव में डुबाने पर है।

(B)  $S_1$  की NA  $\frac{6}{\sqrt{15}}$  अपवर्तनांक वाले द्रव में डुबाने पर वही है जो  $S_2$  को पानी में डुबाने पर है।

(C)  $S_1$  की NA उसे वायु में रखने पर वही है जो कि  $S_2$  को  $\frac{4}{\sqrt{15}}$  अपवर्तनांक वाले द्रव में डुबाने पर है।

(D)  $S_1$  की NA उसे वायु में रखने पर वही है जो कि  $S_2$  को पानी में डुबाने पर है।

GO0215

Ans. (A,C)

Sol. Let the whole structure is placed in a medium of refractive index  $n'$ , then

$$n' \sin i = n_1 \sin (90 - \theta)$$



$$n' \sin i = n_1 \cos \theta \quad \dots(i)$$

Here for  $i_m$ ;  $\theta = C$  and  $\sin C = \frac{n_2}{n_1}$

from eq. (i),  $n' \sin i_m = n_1 \sqrt{\frac{1 - n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

$$\Rightarrow \sin i_m = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n'}$$

Now, for (A)  $(NA)_{s_1} = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{45}{16} - \frac{9}{4}} = \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$

$$(NA)_{s_2} = \frac{3\sqrt{15}}{16} \sqrt{\frac{64}{25} - \frac{49}{25}} = \frac{3\sqrt{15}}{16} \times \frac{1}{5} \sqrt{15} = \frac{9}{16}$$

For (B)  $(NA)_{s_1} = \frac{\sqrt{15}}{6} \times \frac{3}{4} = \frac{\sqrt{15}}{8}$

$$(NA)_{s_2} = \frac{3}{4} = \frac{\sqrt{15}}{5} \text{ Not equal}$$

For (C)  $(NA)_{s_1} = 1 \times \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$

$$(NA)_{s_2} = \frac{\sqrt{15}}{4} \times \frac{\sqrt{15}}{5} = \frac{15}{4 \times 5} = \frac{3}{4}$$

For (D)  $(NA)_{s_1} = \frac{3}{4}$

$$(NA)_{s_2} = \frac{3}{4} \times \frac{\sqrt{15}}{5} \text{ Not equal}$$

22. If two structures of same cross-sectional area, but different numerical apertures  $NA_1$  and  $NA_2$  ( $NA_2 < NA_1$ ) are joined longitudinally, the numerical aperture of the combined structure is यदि बराबर अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाली परन्तु अलग-अलग संख्यात्मक द्वारक  $NA_1$  तथा  $NA_2$  ( $NA_2 < NA_1$ ) वाली दो संरचनाओं के अनुदैर्ध्य रूप में एक दूसरे से जोड़ा जाता है। संयुक्त संयोजन का संख्यात्मक द्वारक है।

(A)  $\frac{NA_1 NA_2}{NA_1 + NA_2}$

(B)  $NA_1 + NA_2$

(C)  $NA_1$

(D)  $NA_2$

Ans. (D)

Sol. It is given that

$$NA_2 < NA_1$$

$$\Rightarrow i_{m2} < i_{m1}$$

GO0215

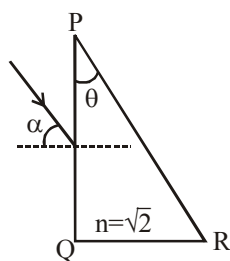
Hence if the combination can be placed both ways i.e. 1<sup>st</sup> structure & then 2<sup>nd</sup> structure and then reversed also, then the condition of TIR is satisfied for lower  $i_m$  then it can be satisfied for all other less angle as well.

Hence  $NA_2$  will be the numerical aperture of the combined structure.

23. A parallel beam of light is incident from air at an angle  $\alpha$  on the side PQ of a right angled triangular prism of refractive index  $n = \sqrt{2}$ . Light undergoes total internal reflection in the prism at the face PR when  $\alpha$  has a minimum value of  $45^\circ$ . The angle  $\theta$  of the prism is :

वायु से आती प्रकाश की एक समानान्तर किरण-पुंज (parallel beam) एक समकोण त्रिभुजीय प्रिज्म (right angled triangular prism), जिसका अपवर्तनांक  $n = \sqrt{2}$  है, के PQ तल पर  $\alpha$  कोण से आपतित होती है। जब  $\alpha$  का न्यूनतम मान  $45^\circ$  है तो प्रकाश का प्रिज्म की PR सतह पर पूर्ण आंतरिक परावर्तन (total internal reflection) होता है। प्रिज्म का कोण  $\theta$  क्या होगा ?

[JEE-Advance-2016]



(A)  $15^\circ$

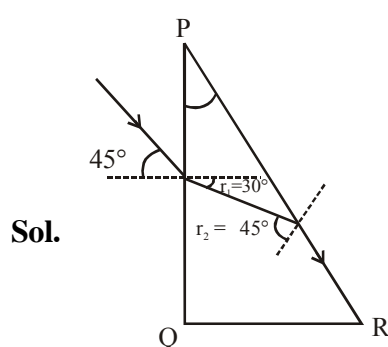
(B)  $22.5^\circ$

(C)  $30^\circ$

(D)  $45^\circ$

GO0216

Ans. (A)



$$1 \sin 45^\circ = \sqrt{2} \sin r_1$$

$$r_2 - r_1 = \theta$$

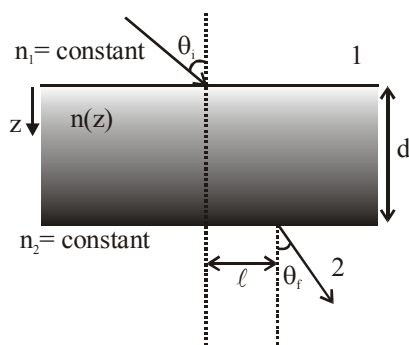
$$\theta = 45^\circ - 30^\circ$$

$$\Rightarrow \theta = 15^\circ$$

24. A transparent slab of thickness  $d$  has a refractive index  $n(z)$  that increases with  $z$ . Here  $z$  is the vertical distance inside the slab, measured from the top. The slab is placed between two media with uniform refractive indices  $n_1$  and  $n_2$  ( $> n_1$ ), as shown in the figure. A ray of light is incident with angle  $\theta_i$  from medium 1 and emerges in medium 2 with refraction angle  $\theta_f$  with a lateral displacement  $\ell$ . Which of the following statement(s) is(are) true ?

[JEE-Advance-2016]

- (A)  $\ell$  is independent of  $n_2$  (B)  $\ell$  is dependent on  $n(z)$   
 (C)  $n_1 \sin \theta_i = (n_2 - n_1) \sin \theta_f$  (D)  $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_f$



$d$  मोटाई के एक पारदर्शी पट्ट का अपवर्तनांक  $n(z)$  का मान  $z$  बढ़ाने से बढ़ता है। यहाँ  $z$  पट्ट के अंदर ऊपरी सतह से मापी गयी ऊर्ध्वाधर दूरी है। पट्ट को दो माध्यमों के बीच रखा गया है जिनके एकसमान (uniform) अपवर्तनांक  $n_1$  एवं  $n_2$  ( $> n_1$ ) है, जैसा की चित्र में दर्शाया गया है। यहाँ  $n_1$  और  $n_2$  स्थिर (constant) है। प्रकाश की एक किरण माध्यम 1 से पट्ट पर  $\theta_i$  कोण से आपतित है तथा माध्यम 2 में पार्श्विक विस्थापन (lateral displacement)  $\ell$  से अपवर्तन कोण  $\theta_f$  पर निकसित होती है। निम्नलिखित में से कौनसा/कौनसे कथन सत्य है/हैं?

- (A)  $\ell$  का मान  $n_2$  पर निर्भर करता है। (B)  $\ell$  का मान  $n(z)$  पर निर्भर करता है।  
 (C)  $n_1 \sin \theta_i = (n_2 - n_1) \sin \theta_f$  (D)  $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_f$

GO0217

Ans. (A,B,D)

Sol. For parallel slab

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_f$$

And  $\ell$  depends on refractive angle in slab $\therefore \ell$  depends on refractive index of slab and independent of  $n_2$ 

25. A plano-convex lens is made of a material of refractive index  $n$ . When a small object is placed 30 cm away in front of the curved surface of the lens, an image of double the size of the object is produced. Due to reflection from the convex surface of the lens, another faint image is observed at a distance of 10 cm away from the lens. Which of the following statement(s) is(are) true?

[JEE-Advance-2016]

- (A) The refractive index of the lens is 2.5  
 (B) The radius of curvature of the convex surface is 45 cm

(C) The faint image is erect and real

(D) The focal length of the lens is 20 cm.

एक समतल-उत्तल लेंस के पदार्थ का अपवर्तनांक  $n$  है। जब एक छोटी वस्तु को लेंस के वक्रपृष्ठ के सामने 30 cm की दूरी पर रखते हैं तो उस वस्तु की दुगुनी साइज का प्रतिबिम्ब बनता है। उत्तल पृष्ठ से परावर्तन के कारण लेंस से 10 cm की दूरी पर एक क्षीण प्रतिबिम्ब भी बनता है। निम्नलिखित में से कौनसा/कौनसे कथन सत्य है/हैं?

(A) लेंस का आवर्तनांक 2.5 है।

(B) उत्तल पृष्ठ की वक्रता त्रिज्या 45 cm है।

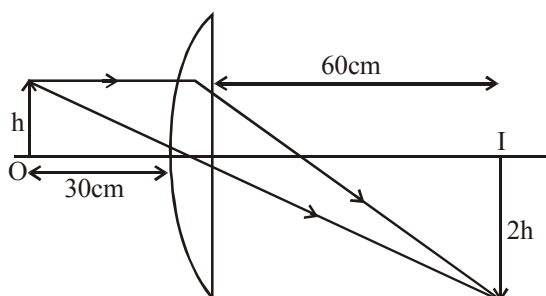
(C) क्षीण प्रतिबिम्ब वास्तविक एवं सीधा है।

(D) लेंस की फोकस दूरी 20 cm है।

GO0218

Ans. (A,D)

Sol. For lens

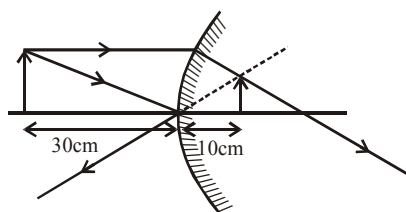


$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{60} - \frac{1}{(-30)} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 20 \text{ cm} \quad \dots (i)$$

$$\text{Also } \frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{(n-1)}{R} \quad \dots (ii)$$

For reflection from convex mirror (curved surface)



$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{+10} + \frac{1}{-30} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad \dots (iii)$$

$$R = 30 \text{ cm}$$

from (i), (ii) & (iii)

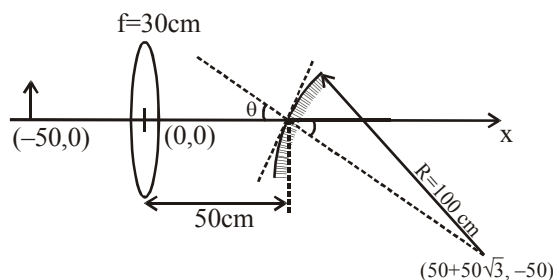
$$n = 2.5,$$

faint image erect & virtual

26. A small object is placed 50 cm to the left of thin convex lens of focal length 30 cm. A convex spherical mirror of radius of curvature 100 cm is placed to the right of the lens at a distance of 50 cm. The mirror is tilted such that the axis of the mirror is at an angle  $\theta = 30^\circ$  to the axis of the lens, as shown in the figure. If the origin of the coordinate system is taken to be at the centre of the lens, the coordinates (in cm) of the point (x, y) at which the image is formed are :

एक छोटी वस्तु को 30 cm फोकस दूरी वाले एक पतले उत्तल लेंस की बाईं ओर 50 cm की दूरी पर रखा गया है। 100 cm की वक्रता त्रिज्या वाले एक उत्तल गोलाकार दर्पण को लेंस की दाईं ओर 50 cm की दूरी पर रखा गया है। दर्पण को इस तरह से झुकाया गया है कि दर्पण का अक्ष लेंस के अक्ष से  $\theta = 30^\circ$  का कोण बनाता है, जैसा चित्र में दर्शाया गया है। यह निर्देशांक पद्धति का मूलबिन्दु लेंस के मध्य में हो तो जहाँ प्रतिबिम्ब बना है उस बिन्दु का निर्देशांक (x, y), सेंटीमीटर में, क्या होगा ?

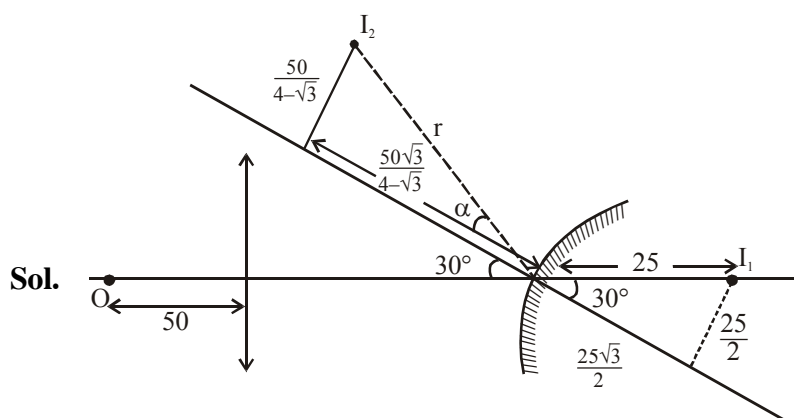
[JEE-Advance-2016]



- (A)  $(25, 25\sqrt{3})$  (B)  $\left(\frac{125}{3}, \frac{25}{\sqrt{3}}\right)$  (C)  $(50 - 25\sqrt{3}, 25)$  (D)  $(0, 0)$

GO0219

Ans. (A)



$$\text{For lens } V = \frac{(-50)(30)}{-50 + 30} = 75$$

$$\text{For mirror } v = \frac{\left(\frac{25\sqrt{3}}{2}\right)(50)}{\frac{25\sqrt{3}}{2} - 50} = \frac{-50\sqrt{3}}{4 - \sqrt{3}}$$

$$m = -\frac{v}{u} = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow h_2 = -\left(\frac{-50\sqrt{3}}{4 - \sqrt{3}}\right) \cdot \frac{25}{2}$$

$$h_2 = \frac{+50}{4 - \sqrt{3}}$$

The x coordinate of the images =  $50 - v \cos 30 + h_2 \cos 60 \approx 25$

The y coordinate of the images =  $v \sin 30 + h_2 \sin 60 \approx 25\sqrt{3}$

27. For an isosceles prism of angle  $A$  and refractive index  $\mu$ , it is found that the angle of minimum deviation  $\delta_m = A$ . Which of the following options is/are correct ? **[JEE-Advance-2017]**

(A) At minimum deviation, the incident angle  $i_1$  and the refracting angle  $r_1$  at the first refracting surface are related by  $r_1 = (i_1/2)$

(B) For this prism, the refractive index  $\mu$  and the angle of prism  $A$  are related as  $A = \frac{1}{2} \cos^{-1} \left( \frac{\mu}{2} \right)$

(C) For this prism, the emergent ray at the second surface will be tangential to the surface when the

$$\text{angle of incidence at the first surface is } i_1 = \sin^{-1} \left[ \sin A \sqrt{4 \cos^2 \frac{A}{2} - 1} - \cos A \right]$$

(D) For the angle of incidence  $i_1 = A$ , the ray inside the prism is parallel to the base of the prism.

एक समद्विबाहु प्रिज्म का प्रिज्म कोण  $A$  है (isosceles prism of angle  $A$ ) इस प्रिज्म का अपवर्तनांक  $\mu$  है। इस प्रिज्म का न्यूनतम विचलन कोण (angle of minimum deviation)  $\delta_m = A$  है। निम्न में से कौन सा (से) कथन सही है/हैं?

**[JEE-Advance-2017]**

(A) न्यूनतम विचलन में आपतित कोण  $i_1$  एवं प्रथम अपवर्तक तल के अपवर्तक कोण  $r_1 = (i_1/2)$  द्वारा संबंधित है।

(B) प्रिज्म का अपवर्तनांक  $\mu$  एवं प्रिज्म कोण  $(A)$   $A = \frac{1}{2} \cos^{-1} \left( \frac{\mu}{2} \right)$  द्वारा संबंधित है।

(C) जब पहले तल पर आपतन कोण  $i_1 = \sin^{-1} \left[ \sin A \sqrt{4 \cos^2 \frac{A}{2} - 1} - \cos A \right]$  है, तब इस प्रिज्म के लिए द्वितीय तल

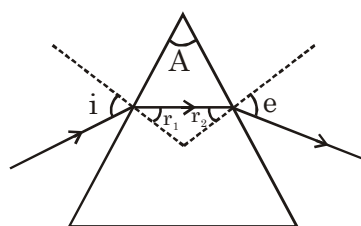
से निर्गत किरण प्रिज्म के पृष्ठ से स्पर्शीय होगी (tangential to the emergent surface)

(D) जब प्रिज्म का आपतन कोण  $i_1 = A$  है तब प्रिज्म के भीतर प्रकाश किरण प्रिज्म के आधार के समानान्तर होगी।

**GO0220**

**Ans. (A,C,D)**

Sol.



$i = e$  (for minimum deviation)

$$r_1 + r_2 = A, r_1 = r_2$$

$$(A) \delta_m = 2i - A = A \text{ (given)}$$

$$\Rightarrow i = A$$

$$\Rightarrow r_1 = \frac{A}{2} = \frac{i}{2}$$

$$(B) \mu = \frac{\sin(A)}{\sin(A/2)} = 2 \cos \frac{A}{2} \Rightarrow A = 2 \cos^{-1} \left( \frac{\mu}{2} \right)$$

$$(C) \mu \sin(r_2) = 1$$

$$\sin(r_2) = \frac{1}{\mu}$$

$$r_1 + r_2 = A$$

$$r_1 = A - r_2$$

$$= A - \sin^{-1} \left[ \frac{1}{\mu} \right]$$

$$\sin(i) = \mu \sin(r_1)$$

$$i = \sin^{-1} \left[ \mu \sin \left[ A - \sin^{-1} \left[ \frac{1}{\mu} \right] \right] \right]$$

$$i_g = \sin^{-1} \left[ \sqrt{\mu^2 - 1} \sin A - \cos A \right] = \sin^{-1} \left[ \mu \sin(A - \theta_c) \right]$$

$$\text{(Here } \mu = 2 \cos \frac{A}{2} \text{)}$$

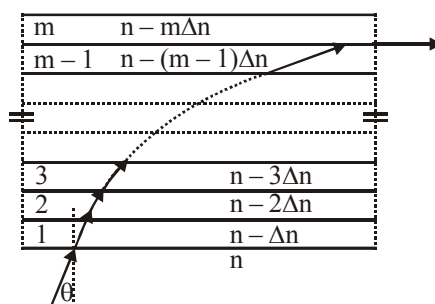
$$(D) \text{ Condition of min. deviation } i = e \text{ \& } r_1 = r_2 = \frac{A}{2}$$

Rays will be parallel to base.

28. A monochromatic light is travelling in a medium of refractive index  $n = 1.6$ . It enters a stack of glass layers from the bottom side at an angle  $\theta = 30^\circ$ . The interfaces of the glass layers are parallel to each other. The refractive indices of different glass layers are monotonically decreasing as  $n_m = n - m\Delta n$ , where  $n_m$  is the refractive index of the  $m^{\text{th}}$  slab and  $\Delta n = 0.1$  (see the figure). The ray is refracted out parallel to the interface between the  $(m-1)^{\text{th}}$  and  $m^{\text{th}}$  slabs from the right side of the stack. What is the value of  $m$ ?

एकवर्णी प्रकाश (monochromatic light) अपवर्तनांक  $n = 1.6$  वाले माध्यम में प्रगामी है। यह प्रकाश काँच की चीती (stack of glass layers) पर निचले सतह से  $\theta = 30^\circ$  कोण पर आपतित होता है। (जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है)। काँचों के स्तर परस्पर समांतर हैं। काँच के चीती के अपवर्तनांक एकदिष्ट  $n_m = n - m\Delta n$  क्रम से घट रहे हैं। यहाँ  $m$  स्तर का अपवर्तनांक  $n_m$  है और  $\Delta n = 0.1$  है। प्रकाश किरण  $(m-1)^{\text{th}}$  एवं  $m^{\text{th}}$  स्तर के पृष्ठतल से समांतर दिशा में दाई ओर से बाहर निकलता है। तब  $m$  का मान होगा ?

[JEE-Advance-2017]



GO0221

Ans. 8

Sol. Applying Snell's law between entry & exit surfaces,

$$n \sin \theta = \mu \sin \left( \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\Rightarrow 1.6 \sin 30^\circ = \mu \sin \left( \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\therefore \mu = 0.8$$

$$\therefore 0.8 = n - m\Delta n$$

$$= 1.6 - m \times 0.1$$

$$\therefore m = 8$$

29. Sunlight of intensity  $1.3 \text{ kW m}^{-2}$  is incident normally on a thin convex lens of focal length 20 cm. Ignore the energy loss of light due to the lens and assume that the lens aperture size is much smaller than its focal length. The average intensity of light, in  $\text{kW m}^{-2}$ , at a distance 22 cm from the lens on the other side is \_\_\_\_\_.



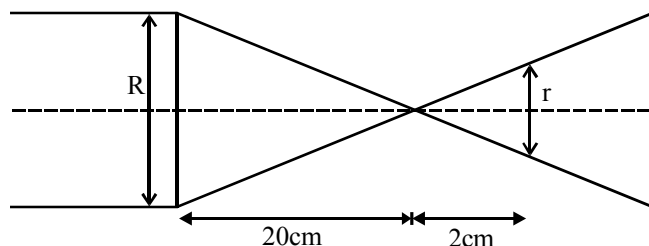
सूर्य का प्रकाश, जिसकी तीव्रता (intensity)  $1.3 \text{ kW m}^{-2}$  है, एक पतले उत्तल लेंस (convex lens) पर अभिलम्बित तरीके से आपतित होता है (incident normally)। लेंस की फोकस दूरी (focal length) 20 cm है। लेंस द्वारा होने वाली प्रकाश की ऊर्जा के क्षय की उपेक्षा कीजिये और मान लीजिए कि लेंस का द्वारक माप (aperture size) उसकी फोकस दूरी से बहुत कम है। लेंस के दूसरी तरफ, 22 cm की दूरी पर प्रकाश की औसत तीव्रता  $\text{ kW m}^{-2}$  है।

[JEE-Advance-2018]

GO0222

Ans. 130 [129.95, 130.05]

Sol.



$$\frac{r}{R} = \frac{2}{20} = \frac{1}{10}$$

$$\therefore \text{Ratio of area} = \frac{1}{100}$$

Let energy incident on lens be E.

$$\therefore \text{Given } \frac{E}{A} = 1.3$$

$$\text{So final, } \frac{E}{a} = ??$$

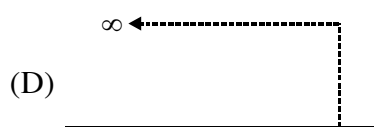
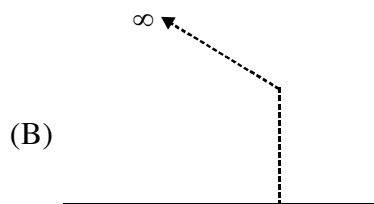
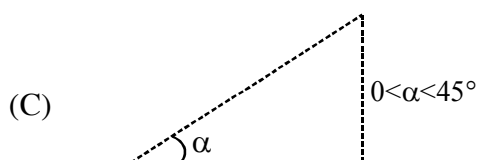
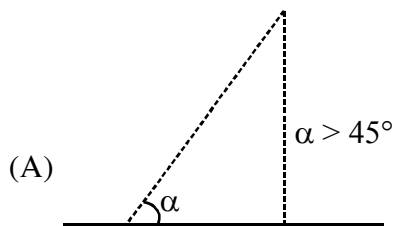
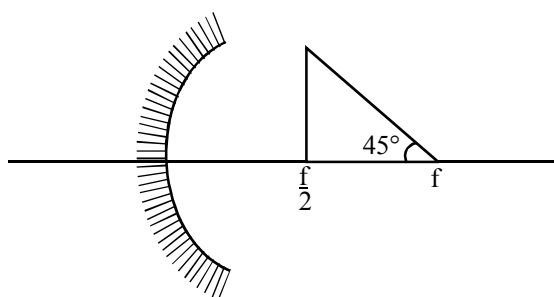
$$E = A \times 1.30$$

$$\text{Also } \frac{a}{A} = \frac{1}{100}$$

$$\therefore \text{Average intensity of light at 22 cm} = \frac{E}{a} = \frac{A \times 1.3}{a} = 100 \times 1.3 = 130 \text{ kW/m}^2$$

30. A wire is bent in the shape of a right angled triangle and is placed in front of a concave mirror of focal length  $f$ , as shown in the figure. Which of the figures shown in the four options qualitatively represent(s) the shape of the image of the bent wire? (These figures are not to scale.) ?

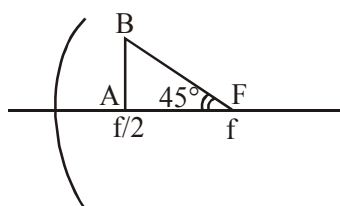
एक तार को एक समकोण त्रिभुज के आकार में मोड़ कर  $f$  फोकस दूरी (focal length) वाले एक अवतल दर्पण (concave mirror) के सामने रखा गया है, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। चार विकल्प चित्रों में से कौनसा (से) चित्र मुड़े हुये तार के प्रतिबिम्ब का सही आकार गुणात्मक तरीके से दर्शाता है (दर्शाते हैं)? (ये चित्र स्केल (scale) के अनुसार नहीं हैं।)



GO0223

Ans. (D)

Sol.



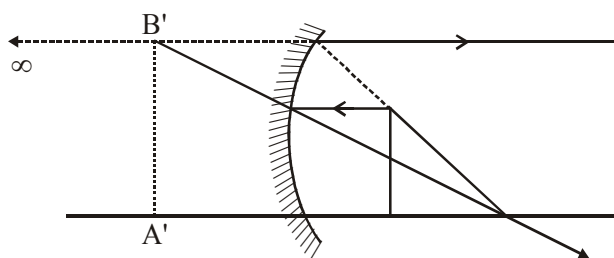
Distance of point A is  $f/2$

Let  $A'$  is the image of A from mirror, for this image

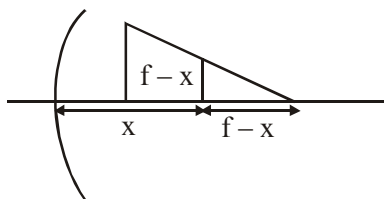
$$\frac{1}{v} + \frac{1}{-f/2} = \frac{1}{-f}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{2}{f} - \frac{1}{f} = \frac{1}{f}$$

image of line AB should be perpendicular to the principle axis & image of F will form at infinity, therefor correct image diagram is



OR



$$\frac{f}{f-u} = \frac{h_2}{h_1}$$

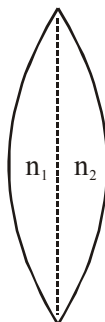
$$h_2 = \frac{-f(f-x)}{-f+x}$$

$$h_2 = f$$

31. A thin convex lens is made of two materials with refractive indices  $n_1$  and  $n_2$ , as shown in figure. The radius of curvature of the left and right spherical surfaces are equal.  $f$  is the focal length of the lens when  $n_1 = n_2 = n$ . The focal length is  $f + \Delta f$  when  $n_1 = n$  and  $n_2 = n + \Delta n$ . Assuming  $\Delta n \ll (n-1)$  and  $1 < n < 2$ , the correct statement(s) is/are :

चित्र में दर्शाया गया एक पतला उत्तल लेंस दो पदार्थों से मिलकर बना है, जिनके अपवर्तनांक (refractive index) क्रमशः  $n_1$  व  $n_2$  हैं। लेंस के बाएँ और दाएँ पृष्ठों की वक्रता त्रिज्याएँ समान हैं।  $n_1 = n_2 = n$  के लिए लेंस की फोकस दूरी  $f$  है। जब  $n_1 = n$  और  $n_2 = n + \Delta n$  है, तब फोकस दूरी  $f + \Delta f$  है। यह मानते हुए कि  $\Delta n \ll (n-1)$  और  $(1 < n < 2)$ , निम्नलिखित कथनों में से कौनसा (से) सही है(हैं) ?

[JEE-Advance-2019]



- (1) The relation between  $\frac{\Delta f}{f}$  and  $\frac{\Delta n}{n}$  remains unchanged if both the convex surfaces are replaced by concave surfaces of the same radius of curvature.
- (2)  $\left| \frac{\Delta f}{f} \right| < \left| \frac{\Delta n}{n} \right|$
- (3) For  $n = 1.5$ ,  $\Delta n = 10^{-3}$  and  $f = 20$  cm, the value of  $|\Delta f|$  will be 0.02 cm (round off to 2<sup>nd</sup> decimal place)
- (4) If  $\frac{\Delta n}{n} < 0$  then  $\frac{\Delta f}{f} > 0$

- (1) यदि दोनों उत्तल पृष्ठों को उसी समान वक्रता त्रिज्या वाले अवतल पृष्ठों से बदला जाता है तब  $\frac{\Delta f}{f}$  और  $\frac{\Delta n}{n}$  का सम्बन्ध अपरिवर्तित रहता है

- (2)  $\left| \frac{\Delta f}{f} \right| < \left| \frac{\Delta n}{n} \right|$

(3) यदि  $n = 1.5$ ,  $\Delta n = 10^{-3}$  और  $f = 20 \text{ cm}$  हो, तब  $|\Delta f|$  का मान  $0.02 \text{ cm}$  होगा। (दशमलव के द्वितीय स्थान तक राउंड ऑफ (round off))

(4) यदि  $\frac{\Delta n}{n} < 0$  हो तब  $\frac{\Delta f}{f} > 0$

GO0224

Ans. (1,3,4)

Sol. When  $n_1 = n_2 = n$

$$\frac{1}{f} = (n-1) \times \frac{2}{R}$$

$$\text{So } f = \frac{R}{2(n-1)} \quad \dots\dots(1)$$

2<sup>nd</sup> case :

$$\frac{1}{f_1} = \frac{n-1}{R}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{(n+\Delta n)-1}{R}$$

$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f + \Delta f} = \left( \frac{n-1}{R} \right) + \frac{(n+\Delta n)-1}{R} = \frac{2(n-1) + \Delta n}{R}$$

$$\Delta f = \left( \frac{R}{2(n-1) + \Delta n} \right) - \left( \frac{R}{2(n-1)} \right)$$

$$= \frac{R}{2} \left[ \frac{(n-1) - (n-1 + \Delta n)}{(n-1 + \Delta n)(n-1)} \right] = \frac{-\Delta n}{(n-1)^2} \times \frac{R}{2}$$

$$\frac{\Delta f}{f} = -\frac{\Delta n}{2(n-1)} \quad \dots\dots(2)$$

(1) Relation between  $\frac{\Delta f}{f}$  and  $\frac{\Delta n}{n}$  is independent of R so (1) is correct.

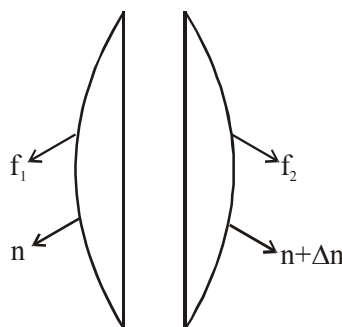
(2)  $2n - 2 < n$  because  $n < 2$

$$\Rightarrow \frac{\Delta f}{f} = \frac{1}{2} \left| \frac{\Delta n}{n-1} \right| > \frac{\Delta n}{n}$$

So  $\frac{\Delta f}{f} > \left| \frac{\Delta n}{n} \right|$  So (2) is wrong

$$(3) |\Delta f| = \frac{f \Delta n}{(n-1)} = \frac{(20 \times 10^{-3})}{1.5-1} = 40 \times 10^{-3} = 0.04$$

So (3) is wrong

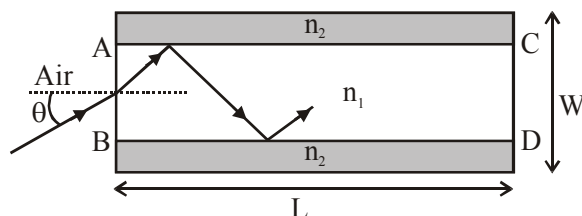


(4) If  $\frac{\Delta n}{n} < 0$  then  $\frac{\Delta f}{f} > 0$  from equation (2)

32. A planar structure of length  $L$  and width  $W$  is made of two different optical media of refractive indices  $n_1 = 1.5$  and  $n_2 = 1.44$  as shown in figure. If  $L \gg W$ , a ray entering from end AB will emerge from end CD only if the total internal reflection condition is met inside the structure. For  $L = 9.6$  m, if the incident angle  $\theta$  is varied, the maximum time taken by a ray to exit the plane CD is  $t \times 10^{-9}$  s, where  $t$  is \_\_\_\_\_. [Speed of light  $c = 3 \times 10^8$  m/s]

एक  $L$  लम्बाई तथा  $W$  चौड़ाई की एक समतल संरचना दो भिन्न प्रकाशीय माध्यमों से बनी है, जिनका अपतर्पनांक  $n_1 = 1.5$  तथा  $n_2 = 1.44$  है, जैसा चित्र में प्रदर्शित है। यदि  $L \gg W$  है तब AB सिरे पर आपतित किरण का CD सिरे से उदगमन (emerge) संरचना के अन्दर पूर्ण आन्तरिक परावर्तन होने पर ही होगा।  $L = 9.6$  m के लिए, यदि आपतन कोण  $\theta$  को बदलते हैं तब किरण द्वारा CD सिरे से बाहर निकलने में लिया गया अधिकतम समय  $t \times 10^{-9}$  s है, जहाँ  $t$  का मान \_\_\_\_\_ है। [प्रकाश की चाल  $c = 3 \times 10^8$  m/s]

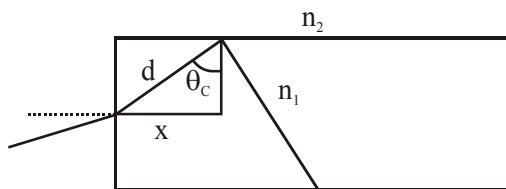
[JEE-Advance-2019]



GO0225

Ans. (50.00)

Sol. For maximum time the ray of light must undergo TIR at all surfaces at minimum angle i.e.  $\theta_C$



For TIR  $n_1 \sin \theta_C = n_2$

$$\sin \theta_C = \frac{1.44}{1.5}$$

In above  $\Delta$   $\sin \theta_C = \frac{x}{d}$

$$d = \frac{x}{\sin \theta_C}$$

$$\text{Similarly } D = \frac{L}{\sin \theta_C}$$

where  $L$  = length of tube,  $D$  = length of path of light

Time taken by light

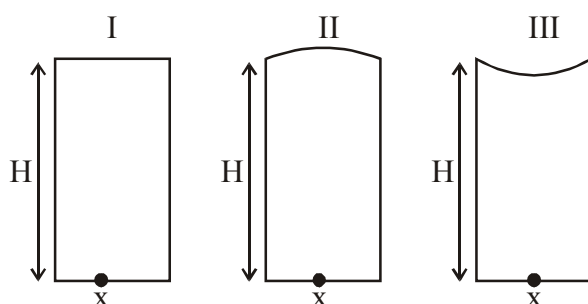
$$t = \frac{D}{C} = \frac{L / \sin \theta_C}{2 \times 10^8}$$

$$t = 50 \times 10^{-9} \text{ s}$$

33. Three glass cylinders of equal height  $H = 30 \text{ cm}$  and same refractive index  $n = 1.5$  are placed on a horizontal surfaces shown in figure. Cylinder I has a flat top, cylinder II has a convex top and cylinder III has a concave top. The radii of curvature of the two curved tops are same ( $R = 3 \text{ m}$ ). If  $H_1$ ,  $H_2$  and  $H_3$  are the apparent depths of a point X on the bottom of the three cylinders, respectively, the correct statement(s) is/are

चित्रानुसार तीन कांच के बेलन जिनकी समान ऊँचाई  $H = 30 \text{ cm}$  तथा अपवर्तनांक  $n = 1.5$  है को एक क्षैतिज सतह पर रखा गया है। बेलन-I की ऊपरी सतह समतल, बेलन-II की ऊपरी सतह उत्तल तथा बेलन-III की ऊपरी सतह अवतल है। दोनों वक्रतीय सतहों की वक्रता त्रिज्या समान तथा  $R = 3 \text{ m}$  है। यदि तीनों बेलनों के नीचे उपस्थित एक बिन्दु X की आभासी गहराइयाँ  $H_1$ ,  $H_2$  और  $H_3$  है तो निम्नलिखित कथनों में से कौनसा/कौनसे सही है(हैं) ?

[JEE-Advance-2019]



$$(1) H_3 > H_1$$

$$(3) H_2 > H_3$$

$$(2) 0.8 \text{ cm} < (H_2 - H_1) < 0.9 \text{ cm}$$

$$(4) H_2 > H_1$$

GO0226

Ans. (3,4)

Sol.  $H_1 = \frac{2H}{3} = \frac{2}{3} \times \frac{3}{10} = \frac{1}{5} \text{ m}$

for 2<sup>nd</sup>

$$\frac{1}{v} + \frac{3}{2H} = \frac{-1}{2(-3)}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{6} - \frac{10}{2} = \frac{1}{6} - \frac{30}{6} = \frac{-29}{6}$$

$$H_2 = \frac{6}{29} > H_1$$

For 3<sup>rd</sup>

$$\frac{1}{v} + \frac{3}{2H} = \frac{-1}{2(3)}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-1}{6} - 5 = \frac{-31}{6}$$

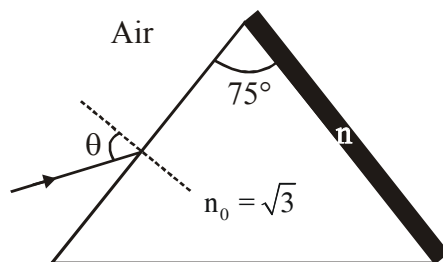
$$H_3 = \frac{6}{31}$$

$$\text{so } \boxed{H_3 < H_1 < H_2} \quad \& \quad (H_2 - H_1) = \frac{6}{29} - \frac{6}{31} = 0.68 \text{ cm}$$

34. A monochromatic light is incident from air on a refracting surface of a prism of angle  $75^\circ$  and refractive index  $n_0 = \sqrt{3}$ . The other refracting surface of a prism is coated by a thin film of material of refractive index  $n$  as shown in figure. The light suffers total internal reflection at the coated prism surface for an incidence angle of  $\theta \leq 60^\circ$ . The value of  $n^2$  is \_\_\_\_\_.

एक प्रिज्म जिसका प्रिज्म कोण  $75^\circ$  तथा अपवर्तनांक  $n_0 = \sqrt{3}$  है के अपवर्ती पृष्ठ पर वायु से एकवर्णी (monochromatic) प्रकाश आपतित होता है। चित्रानुसार प्रिज्म का दूसरे अपवर्ती पृष्ठ पर किसी एक पदार्थ की कलई (coating) की गयी है, जिसका अपवर्तनांक  $n$  है। आपतित कोण  $\theta \leq 60^\circ$  के लिए प्रकाश की किरण का कलई किए गए पृष्ठ पर पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है।  $n^2$  का मान \_\_\_\_\_ है।

[JEE-Advance-2019]



GO0227

Ans. (1.50)

Sol. At  $\theta = 60^\circ$  ray incidents at critical angle at second surface

So,

$$\sin \theta = \sqrt{3} \sin r_1$$

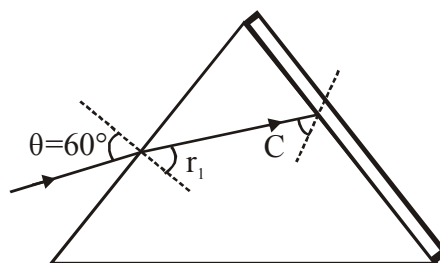
$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \sin r_1$$

$$r_1 = 30^\circ$$

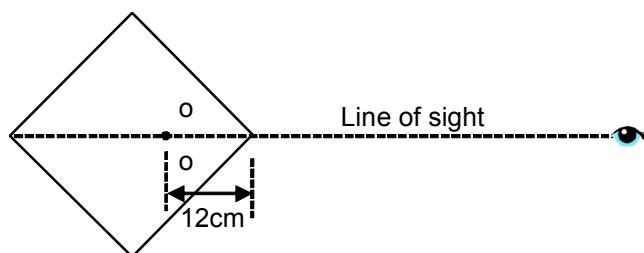
$$r_2 = 45^\circ = C$$

$$\sqrt{3} \sin 45^\circ = n \sin 90^\circ$$

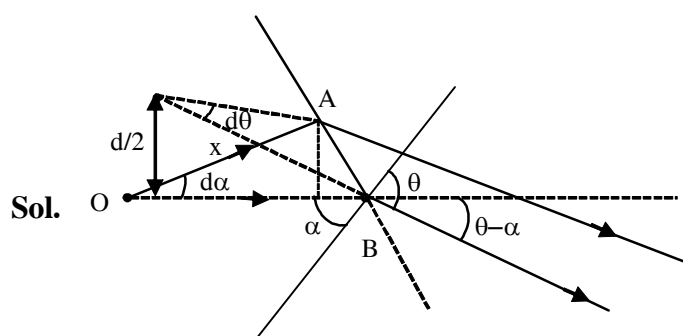
$$n = \sqrt{\frac{3}{2}} \Rightarrow n^2 = \frac{3}{2}$$



35. A large square container with thin transparent vertical walls and filled with water (refractive index  $\frac{4}{3}$ ) is kept on a horizontal table. A student holds a thin straight wire vertically inside the water 12 cm from one of its corners, as shown schematically in the figure. Looking at the wire from this corner, another student sees two images of the wire, located symmetrically on each side of the line of sight as shown. The separation (in cm) between these images is \_\_\_\_\_. [JEE-Advance-2020]



Ans. Bonus



We will assume that observer sees the image of object through edge  $\Rightarrow \alpha = 45^\circ$

$$AB = \frac{12d\alpha}{\cos \alpha} = \frac{xd\theta}{\cos \theta}$$

By applying Snell's Law

$$\frac{4}{3} \sin \alpha = 1 \sin \theta$$

$$\frac{4}{3} \cos \alpha d\alpha = \cos \theta d\theta$$

$$\Rightarrow \frac{9}{\cos^2 \alpha} = \frac{x}{\cos^2 \theta}$$

$$1 \sin \theta = \frac{4}{3} \sin \alpha$$

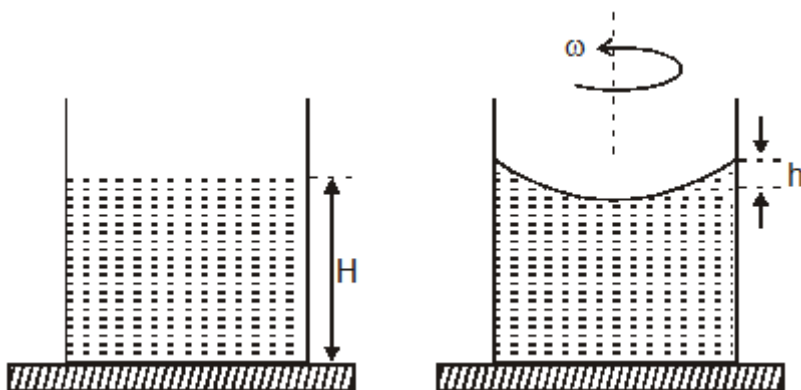


$$\Rightarrow \sin \theta = \frac{2\sqrt{2}}{3} \Rightarrow x = 18 \times \frac{1}{9} = 2$$

$$d = 2x \sin(\theta - \alpha)$$

$$= 4 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{2\sqrt{2}}{3} - \frac{1}{3} \right) = \frac{8 - 2\sqrt{2}}{3} \approx 1.73 \approx 2$$

36. A beaker of radius  $r$  is filled with water (refractive index  $\frac{4}{3}$ ) up to a height  $H$  as shown in the figure on the left. The beaker is kept on a horizontal table rotating with angular speed  $\omega$ . This makes the water surface curved so that the difference in the height of water level at the center and at the circumference of the beaker is  $h$  ( $h \ll H$ ,  $h \ll r$ ), as shown in the figure on the right. Take this surface to be approximately spherical with a radius of curvature  $R$ . Which of the following is/are correct? ( $g$  is the acceleration due to gravity) [JEE-Advance-2020]



(A)  $R = \frac{h^2 + r^2}{2h}$

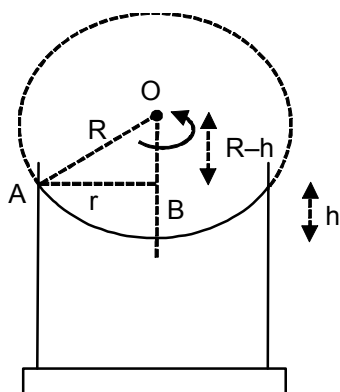
(B)  $R = \frac{3r^2}{2h}$

(C) Apparent depth of the bottom of the beaker is close to  $\frac{3H}{2} \left( 1 + \frac{\omega^2 H}{2g} \right)^{-1}$

(D) Apparent depth of the bottom of the beaker is close to  $\frac{3H}{4} \left( 1 + \frac{\omega^2 H}{4g} \right)^{-1}$

Ans. (A,D)

Sol.



In  $\triangle OAB$

$$R^2 = (R - h)^2 + r^2$$

$$R^2 = R^2 - 2hR + h^2 + r^2$$

$$\Rightarrow 2hR = h^2 + r^2$$

$$\Rightarrow R = \frac{h^2 + r^2}{2h}$$

Now considering equation of surface

$$y = y_0 + \frac{\omega^2 r^2}{2g}$$

$$h = \frac{\omega^2 r^2}{2g}$$

$$\text{Now using : } \frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} + \frac{4}{3(H-h)} = \frac{1-4/3}{-R}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{3R} - \frac{4}{3H}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{2h}{3r^2} - \frac{4}{3H}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v} = -\frac{4}{3H} \left[ 1 - \frac{\omega^2 H}{4g} \right]$$

$$\Rightarrow v = \frac{3H}{4} \left[ 1 + \frac{\omega^2 H}{4g} \right]^{-1}$$

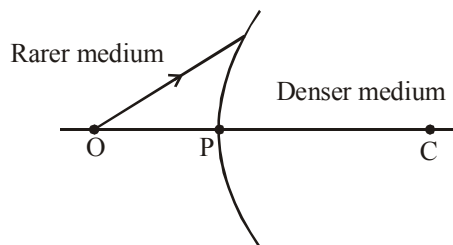
## CBSE PREVIOUS YEAR'S QUESTIONS

1. Draw a ray diagram of an astronomical telescope in the normal adjustment position. Write down the expression for its magnifying power.

सामान्य समंजन स्थिति में एक खगोलीय दूरदर्शी का किरण आरेख बनाइये। इसकी आवर्धन क्षमता के लिये व्यंजक लिखिये। [2; CBSE-2004]

2. A spherical surface of radius of curvature  $R$ , separates a rarer and a denser medium as shown in the figure.

$R$  वक्रता त्रिज्या का एक गोलीय पृष्ठ चित्र में दर्शाये अनुसार एक विरल व एक सघन माध्यम को पृथक करता है। वास्तविक प्रतिबिम्ब के निर्माण को दर्शाये हुये आपतित प्रकाश की किरण के पथ को पूर्ण कीजिये।



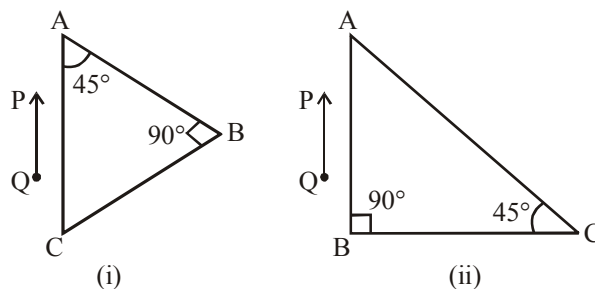
Complete the path of the incident ray of light, showing the formation of a real image. Hence derive the relation connecting object distance ' $u$ ', image distance ' $v$ ', radius of curvature  $R$  and the refractive indices  $n_1$  and  $n_2$  of the two media.

Briefly explain, how the focal length of a convex lens changes, with increase in wavelength of incident light.

फिर बिम्ब दूरी ' $u$ ', प्रतिबिम्ब दूरी ' $v$ ', वक्रता त्रिज्या  $R$  तथा दोनों माध्यमों के अपवर्तनांकों  $n_1$  तथा  $n_2$  के मध्य सम्बन्ध व्युत्पन्न कीजिये। संक्षेप में स्पष्ट कीजिये कि एक उत्तल लैन्स की फोकस दूरी आपतित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य में वृद्धि के साथ किस प्रकार परिवर्तित होती है ? [5; CBSE-2004]

3. A right-angled crown glass prism with critical angle  $41^\circ$  is placed before an object PQ, in two positions as shown in the figures (i) and (ii). Trace the paths of the rays from P and Q the prisms in the two cases.

$41^\circ$  क्रान्तिक कोण वाले एक समकोण क्राउन (crown) काँच प्रिज्म को चित्र (i) तथा (ii) में दर्शाये अनुसार बिम्ब PQ के सामने दो स्थितियों में रखा गया है। P व Q किरणों के पथ दर्शाइये। [2; CBSE-2005]



4. (a) Draw a labelled ray diagram to show the formation of an image by a compound microscope. Write the expression for its magnifying power.  
 (b) How does the resolving power of a compound microscope change, when (i) refractive index of the medium between the object and the objective lens increases; and (ii) wavelength of the radiation used is increased?  
 (a) संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा प्रतिबिम्ब के निर्माण को दर्शाने के लिये नामांकित किरण आरेख खींचिये। इसकी आवर्धन क्षमता के लिये व्यंजक लिखिये।  
 (b) किसी संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता किस प्रकार परिवर्तित होती है, जब (i) वस्तु व अभिदृश्यक लैन्स के मध्य माध्यम का अपवर्तनांक बढ़ता है, तथा (ii) प्रयुक्त विकिरण की तरंगदैर्घ्य बढ़ाई जाती है ? [3; CBSE-2005]
5. What is the function of cladding in a typical optical fiber?  
 एक विशेष प्रकाशीय तन्तु में क्लेडिंग का कार्य क्या है ? [1; CBSE-2005]
6. Draw a labelled ray diagram to show the image formation in a refracting type astronomical telescope. Why should the diameter of the objective of a telescope be large?  
 अपवर्तक खगोलीय दूरदर्शी में प्रतिबिम्ब निर्माण को दर्शाने के लिये नामांकित किरण आरेख बनाइये। एक दूरदर्शी के अभिदृश्यक का व्यास अधिक क्यों होना चाहिये। [2; CBSE-2006]
7. A beam of light converges to a point P. A lens is placed in the path of the convergent beam 12 cm from P. At what point does the beam converge if the lens is  
 (i) a convex lens of focal length 20 cm,  
 (ii) a concave lens of focal length 16 cm ?  
 Do the required calculations.  
 एक प्रकाश पुंज एक बिन्दु P पर अभिसारित होता है। एक लैन्स को अभिसारी पुंज के पथ में P से 12 cm पर रखा जाता है। पुंज किस बिन्दु पर अभिसारित होगा यदि लैन्स –  
 (i) 20 cm फोकस दूरी का एक उत्तल लैन्स है,  
 (ii) 16 cm फोकस दूरी का एक अवतल लैन्स है ?  
 आवश्यक गणनाये कीजिये। [3; CBSE-2006]
8. Define resolving power of a compound microscope. How does the resolving power of a compound microscope change when  
 (i) refractive index of the medium between the object and objective lens increases ?  
 (ii) wavelength of the radiation used is increased  
 संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता को परिभाषित कीजिये। संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता में क्या परिवर्तित होता है, जब  
 (i) वस्तु का अभिदृश्यक लैन्स के मध्य के माध्यम का अपवर्तनांक बढ़ जाता है ?  
 (ii) प्रयुक्त विकिरण की तरंगदैर्घ्य बढ़ाई जाती है ? [2; CBSE-2007]
9. A double convex lens of glass of refractive index 1.6 has its both surfaces of equal radii of curvature of 30 cm each. An object of height 5 cm is placed at a distance of 12.5 cm from the lens. Calculate the size of the image formed.  
 1.6 अपवर्तनांक के काँच के एक द्विउत्तल लैन्स की दोनों सतहों की वक्रता त्रिज्या समान है, जो 30 cm है। 5 cm ऊँचाई की एक वस्तु को लैन्स से 12.5 cm की दूरी पर रखा जाता है। निर्मित प्रतिबिम्ब के आकार की गणना कीजिये। [2; CBSE-2007]

10. A glass lens of refractive index 1.5 is placed in a trough of liquid. What must be the refractive index of the liquid in order to make the lens disappear?

1.5 अपवर्तनांक के एक काँच के लैन्स को द्रव के पात्र में रखा जाता है। लैन्स को अदृश्य करने के लिये द्रव का अपवर्तनांक क्या होगा ? [1; CBSE-2008]

11. A ray of light passing through an equilateral triangular glass prism from air undergoes minimum deviation when angle of incidence is  $3/4^{\text{th}}$  of the angle of prism. Calculate the speed of light in the prism.

वायु से एक समबाहु त्रिभुजाकार काँच के प्रिज्म में से होकर गुजरने वाली एक प्रकाश किरण न्यूनतम विचलित होती है। जब आपतन कोण प्रिज्म कोण का  $3/4^{\text{th}}$  होता है। प्रिज्म में प्रकाश की चाल की गणना कीजिये। [2; CBSE-2008]

12. (a) For a ray of light traveling from a denser medium of refractive Index  $n_1$  to a rarer medium of

refractive index  $n_2$ , prove that  $\frac{n_2}{n_1} = \sin i_c$  where  $i_c$  is the critical angle of incidence for the media.

(b) Explain with the help of a diagram, how the above the principle is used for transmission of video signals using optical fibres.

(a)  $n_1$  अपवर्तनांक के घन माध्यम से  $n_2$  अपवर्तनांक के विरल माध्यम में गतिमान एक प्रकाश किरण के लिये, सिद्ध

कीजिये कि  $\frac{n_2}{n_1} = \sin i_c$  होता है, जहाँ  $i_c$  माध्यम के लिये क्रान्तिम आपतन कोण है।

(b) एक आरेख की सहायता से स्पष्ट कीजिये, कि किस प्रकार उपरोक्त सिद्धान्त का उपयोग प्रकाशिक तन्तुओं का प्रयोग करते हुये दृश्य संकेतों के प्रसारण के लिये किया जाता है। [5; CBSE-2008]

13. You are given following three lenses. Which two lenses will you use as an eyepiece and as an objective to construct an astronomical telescope? [1; CBSE-2009]

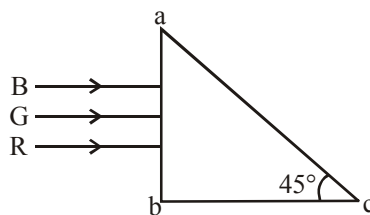
Lenses	Power (P)	Aperture (A)
L1	3D	8 cm
L2	6D	1 cm
L3	10D	1 cm

आपको निम्न तीन लैन्स दिये गये हैं। आप खगोलीय दूरदर्शी बनाने के लिये किन दो लैन्सों का प्रयोग नेत्रिका के रूप में तथा अभिदृश्यक के रूप में करेंगे ? [1; CBSE-2009]

लैन्स	शक्ति (P)	द्वारक (A)
L1	3D	8 cm
L2	6D	1 cm
L3	10D	1 cm

14. Three light rays red (R), green (G) and blue (B) are incident on a right angled prism 'abc' at face 'ab'. The refractive indices of the material of the prism for red, green and blue wavelength are 1.39, 1.44 and 1.47 respectively. Out of the three which colour ray will emerge out of face 'ac'? Justify your answer. Trace the path of these rays after passing through face 'ab'.

तीन प्रकाश किरणें लाल (R), हरी (G) तथा नीली (B) एक समकोण प्रिज्म 'abc' के फलक 'ab' पर आपतित होती है। लाल, हरी व नीली तरंगदैर्घ्यों के लिये प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक क्रमशः 1.39, 1.44 तथा 1.47 है। तीनों में से कौनसे रंग की किरण फलक 'ac' से बाहर निकलेगी। अपने उत्तर को स्पष्ट कीजिये। इन किरणों का फलक 'ab' से गुजरने के पश्चात् का पथ ज्ञात कीजिये। [3; CBSE-2009]



15. Trace the rays of light showing the formation of an image due to a point object placed on the axis of a spherical surface separating the two media of refractive indices  $n_1$  and  $n_2$ . Establish the relation between the distances of the object, the image and the radius of curvature from the central point the spherical surface. Hence derive the expression of lens maker's formula.

अपवर्तनांक  $n_1$  तथा  $n_2$  के दो माध्यमों को पृथक् करने वाली गोलीय सतह के अक्ष पर स्थित एक बिन्दु बिम्ब के कारण प्रतिबिम्ब के निर्माण को दर्शाते हुये प्रकाश की किरणों को दिखाईये। गोलीय पृष्ठ के केन्द्र बिन्दु से वस्तु, प्रतिबिम्ब की दूरियों व वक्रता त्रिज्या के मध्य सम्बन्ध स्थापित कीजिये। इस प्रकार लैन्स निर्माण के सूत्र का व्यंजक भी व्युत्पन्न कीजिये।

[5; CBSE-2009]

16. Draw the labeled ray diagram for the formation of image by a compound microscope. Derive the expression for the total magnification of a compound microscope. Explain why both the objective and the eyepieces of a compound microscope must have short focal lengths.

संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा प्रतिबिम्ब निर्माण के लिये नामांकित किरण चित्र आरेखित कीजिये। संयुक्त सूक्ष्मदर्शी के पूर्ण आवर्धन के लिये व्यंजक व्युत्पन्न कीजिये। स्पष्ट कीजिये कि संयुक्त सूक्ष्मदर्शी के अभिदृश्यक व नैत्रिका दोनों की फोकस दूरियाँ कम क्यों होनी चाहिये?

[5; CBSE-2009]

17. A converging lens is kept coaxially in contact with a diverging lens- both the lenses being of equal focal lengths. What is the focal length of the combination?

एक अभिसारी लैन्स को एक अपसारी लैन्स के सम्पर्क में समाक्षीय रूप से रखा जाता है, दोनों लैन्सों की फोकस दूरियाँ समान हैं। संयोजन की फोकस दूरी क्या है?

[1; CBSE-2010]

18. (i) Draw a net labelled ray diagram of an astronomical telescope in normal adjustment. Explain briefly its working.

(ii) An astronomical telescope uses two lenses of powers 10 D and 1 D. What is its magnifying power in normal adjustment?

[3; CBSE-2010]

(i) सामान्य समंजन में खगोलीय दूरदर्शी का नामांकित किरण आरेख बनाइये। इसकी कार्यप्रणाली को संक्षेप में स्पष्ट कीजिये।

(ii) एक खगोलीय दूरदर्शी 10 D तथा 1 D क्षमताओं के दो लैन्सों का प्रयोग करता है। सामान्य समंजन में इसकी आवर्धन क्षमता क्या है?

[3; CBSE-2010]

19. (i) Draw a neat labelled ray diagram of a compound microscope. Explain briefly its working,  
(ii) Why must both the objective and the eye piece of a compound microscope have short focal lengths?

(i) एक संयुक्त सूक्ष्मदर्शी का स्वच्छ व नामांकित चित्र बनाइये। इसकी कार्यप्रणाली को संक्षेप में स्पष्ट कीजिये।

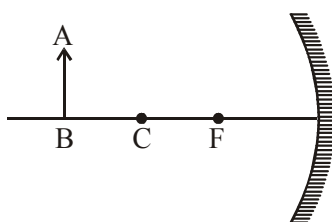
(ii) संयुक्त सूक्ष्मदर्शी के अभिदृश्यक व नैत्रिका दोनों की फोकस दूरियाँ कम होना आवश्यक क्यों है?

[3; CBSE-2010]



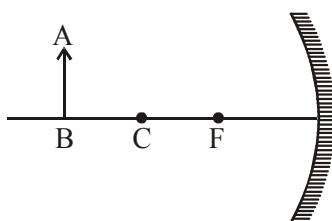


26. An object AB is kept in front of a concave mirror as shown in the figure.



- (i) Complete the ray diagram showing the image formation of the object.  
 (ii) How will the position and intensity of the image be affected if the lower half of the mirror's reflecting surface is painted black? [2; CBSE-2012]

एक वस्तु AB चित्र में दर्शाये अनुसार एक अवतल दर्पण के सामने रखी गई है।



- (i) वस्तु के प्रतिबिम्ब निर्माण को दर्शाते हुये किरण आरेख पूर्ण कीजिये।  
 (ii) प्रतिबिम्ब की स्थिति व तीव्रता पर क्या प्रभाव पड़ेगा यदि दर्पण की परावर्तक सतह का निचला आधा भाग काला रंग दिया जाये ? [2; CBSE-2012]

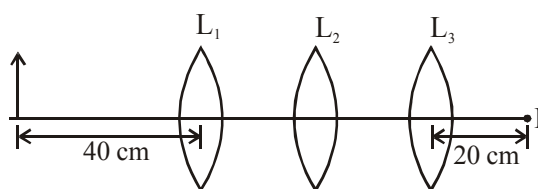
27. Draw a labeled ray diagram of a reflecting telescope. Mention its two advantages over the refracting telescope.

परावर्तक दूरदर्शी का नामांकित किरण चित्र खींचिये। अपवर्तक दूरदर्शी से अलग इसके दो लाभ बताइये।

[2; CBSE-2012]

28. You are given three lenses  $L_1$ ,  $L_2$  and  $L_3$  each of focal length 20 cm. A object is kept at 40 cm in front of  $L_1$ , as shown. The final real image is formed at the focus "I" of  $L_3$ . Find the separation between  $L_1$ ,  $L_2$  and  $L_3$ .

आपको प्रत्येक 20 cm फोकस दूरी के तीन लैन्स  $L_1$ ,  $L_2$  तथा  $L_3$  दिये जाते हैं। एक वस्तु को दर्शाये अनुसार  $L_1$  सामने 40 cm पर रखा जाता है। अन्तिम वास्तविक प्रतिबिम्ब  $L_3$  के फोकस 'I' पर बनता है।  $L_1$ ,  $L_2$  व  $L_3$  के मध्य पृथक्ता ज्ञात कीजिये। [3; CBSE-2012]



29. A convex lens of focal length  $f_1$  is kept in contact with a concave lens of focal length  $f_2$ . Find the focal length of the combination.

$f_1$  फोकस दूरी के एक उत्तल लैन्स को  $f_2$  फोकस दूरी के एक अन्य अवतल लैन्स के सम्पर्क में रखा जाता है। इस संयोजन की फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। [CBSE-2013]

30. Draw a labelled ray diagram of a refracting telescope. Define its magnifying power and write the expression for it. Write two important limitations of a refracting telescope over a reflecting type telescope. अपवर्ती दूरदर्शक का एक नामांकित किरण आरेख बनाइये। इसकी आवर्धन क्षमता को परिभाषित कीजिए तथा इसके लिए एक व्यंजक लिखिए। परावर्ती दूरदर्शक की तुलना में अपवर्ती दूरदर्शक की दो महत्वपूर्ण कमियाँ लिखिए।

[CBSE-2013]

31. One day Chetan's mother developed a severe stomach ache all of a sudden. She was rushed to the doctor who suggested for an immediate endoscopy test and gave an estimate of expenditure for the same. Chetan immediately contacted his class teacher and shared the information with her. The class teacher arranged for the money and rushed to the hospital. On releasing that Chetan belonged to a below average income group family, even the doctor offered concession for the test fee. The test was conducted successfully.

[CBSE-2013]

Answer the following questions based on the above information:

- (a) Which principle in optics is made use of in endoscopy?  
(b) Briefly explain the values reflected in the action taken by the teacher.  
(c) In what way do you appreciate the response of the doctor on the given situation?

एक दिन चेतन की माँ के पेट में अचानक बहुत दर्द होने लगा। उन्हे तुरन्त डॉक्टर के पास ले जाया गया। डॉक्टर ने अन्तर्मुखी (एन्डोस्कोपी) परीक्षण (टेस्ट) कराने का सुझाव दिया और इसका अनुमानित खर्च भी बताया। चेतन ने तुरन्त अपने कक्षा अध्यापक से सम्पर्क किया और इस घटना के बारे में बतलाया। कक्षा अध्यापक ने आवश्यक धन का प्रबन्ध किया और तुरन्त अस्पताल पहुँचे। यह जानने पर कि चेतन एक निम्न औसत आय वाले परिवार से है, डॉक्टर ने भी परीक्षण के लिए व्यय में छूट दे दी। परीक्षण सफलतापूर्वक हो गया।

[CBSE-2013]

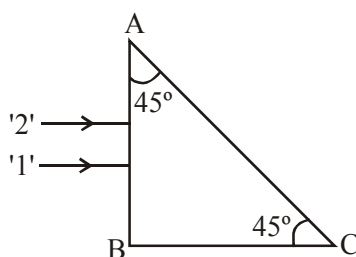
उपर्युक्त सूचना के आधार पर निम्नांकित प्रश्नों का उत्तर दीजिये :

- (a) एन्डोस्कोपी में प्रकाशिकी के किस सिद्धान्त का उपयोग किया जाता है ?  
(b) शिक्षक द्वारा की गई कार्यवाही (व्यवहार) से प्रदर्शित नैतिक मूल्यों का संक्षेप में वर्णन कीजिए।  
(c) इस परिस्थिति में डॉक्टर की अनुक्रिया के महत्व का आप किस प्रकार मूल्यांकन करेंगे ?

32. A biconvex lens made of a transparent material of refractive index 1.5 is immersed in water of refractive index 1.33. Will the lens behave as a converging or a diverging lens? Give reason. [CBSE-2014]  
1.5 अपवर्तनांक के पारदर्शी पदार्थ से बने किसी उभयोत्तल लेंस को 1.33 अपवर्तनांक के जल में डुबोया गया है। क्या यह लेंस अभिसारी के रूप में व्यवहार करेगा अथवा अपसारी के रूप में ? कारण दीजिये। [CBSE-2014]

33. Two monochromatic rays of light are incident normally on the face AB of an isosceles right-angled prism ABC. The refractive indices of the glass prism for the two rays '1' and '2' are respectively 1.3 and 1.5. Trace the path of these rays after entering through the prism.

किसी समद्विबाहु समकोण प्रिज्म ABC के फलक AB पर दर्शाएक अनुसार एकवर्णी प्रकाश की दो किरणें अभिलम्बवत् आपतन करती हैं। काँच के प्रिज्म के अपवर्तनांक किरणों '1' व '2' के लिए क्रमशः 1.3 और 1.5 हैं। इन किरणों का प्रिज्म में प्रवेश करने के पश्चात् का पथ आरेखित कीजिए। [CBSE-2014]



34. A Convex lens of focal length 20 cm is placed coaxially with a concave mirror of focal length 10 cm at a distance of 50 cm apart from each other. A beam of light coming parallel to the principal axis is incident on the convex lens. Find the position of the final image formed by this combination. Draw the ray diagram showing the formation of the image.

20 cm फोकस दूरी के किसी उत्तल लेंस को 10 cm फोकस दूरी के किसी अवतल दर्पण के समक्ष इस प्रकार रखा गया है कि उन दोनों की एक-दूसरे से दूरी 50 cm है। मुख्य अक्ष के समान्तर कोई प्रकाश पुंज उस उत्तल लेंस पर आपतित है। इस संयोजन द्वारा बने अंतिम प्रतिबिम्ब की स्थिति ज्ञात कीजिए। प्रतिबिम्ब बनना दर्शाने के लिए किरण आरेख भी खींचिए।

[CBSE-2014]

35. जब प्रकाश किसी प्रकाशतः सघन माध्यम से विरल माध्यम में गमन करता है, तब आपतन का क्रांतिक कोण प्रकाश के वर्ण (रंग) पर निर्भर क्यों करता है?

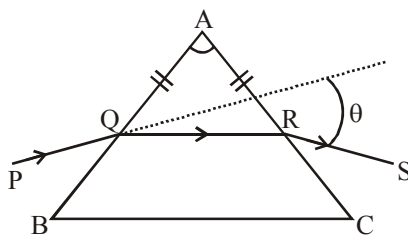
When light travels from an optically denser medium to a rarer medium, why does the critical angle of incidence depend on the colour of light ?

[1; CBSE-2015]

36. A ray PQ incident on the refracting face BA is refracted in the prism BAC as shown in the figure and emerges from the other refracting face AC as RS such that  $AQ = AR$ . If the angle of prism  $A = 60^\circ$  and refractive index of material of prism is  $\sqrt{3}$ , calculate angle  $\theta$ .

आरेख में दर्शाए अनुसार कोई किरण PQ प्रिज्म BAC के अपवर्ती फलक BA पर आपतित होकर इसके अन्य अपवर्ती फलक AC से RS के रूप में इस प्रकार निर्गत होती है, कि  $AQ = AR$  हो। यदि प्रिज्म कोण  $A = 60^\circ$  तथा प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक  $\sqrt{3}$  है, तो कोण  $\theta$  परिकलित कीजिए।

[CBSE-2016]



37. (i) A screen is placed at a distance of 100 cm from an object. The image of the object is formed on the screen by a convex lens for two different locations of the lens separated by 20cm. Calculate the focal length of the lens used.

कोई पर्दा किसी बिम्ब से 100 cm दूरी पर स्थित है। इस पर्दे पर किसी उत्तल लेंस की दो स्थितियों, जिनके बीच की दूरी 20cm है, के लिए प्रतिबिम्ब बनते हैं। लेंस की फोकस दूरी परिकलित कीजिए।

- (ii) A converging lens is kept coaxially in contact with a diverging lens-both the lenses being of equal focal length. What is the focal length of the combination ?

कोई अभिसारी लेंस किसी अपसारी लेंस के समाक्ष सम्पर्क में रखा है तथा दोनों लेंसों की फोकस दूरियां समान हैं। इस संयोजन का फोकस दूरी क्या है ?

[CBSE-2016]

38. How does the angle of minimum deviation of a glass prism vary, if the incident violet light is replaced by red light ? Give reason.

[CBSE-2017]

यदि बैंगनी रंग के आपतित प्रकाश को लाल प्रकाश से प्रतिस्थापित कर दिया जाए, तो काँच के प्रिज्म का न्यूनतम विचलन कोण किस प्रकार परिवर्तित होगा ? कारण दीजिए।

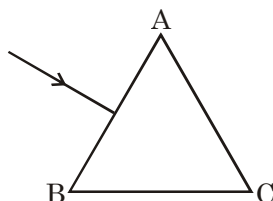
[CBSE-2017]

39. (a) Monochromatic light of wavelength 589 nm is incident from air on a water surface. If  $\mu$  for water is 1.33, find the wavelength, frequency and speed of the refracted light. [CBSE-2017]  
 (b) A double convex lens is made of a glass of refractive index 1.55, with both faces of the same radius of curvature. Find the radius of curvature required, if the focal length is 20 cm.  
 (a) 589 nm तरंगदैर्घ्य का कोई एकवर्णी प्रकाश वायु से किसी जल के पृष्ठ पर आपतित होता है। यदि जल का  $\mu = 1.33$  है, तो परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य आवृत्ति और चाल ज्ञात कीजिए। [CBSE-2017]  
 (b) 1.55 अपवर्तनांक के काँच से कोई उभयोत्तल लेंस बनाया गया है जिसके दोनों फलकों की वक्रता त्रिज्या समान है। यदि इस लेंस की फोकस दूरी 20 cm है, तो आवश्यक वक्रता त्रिज्या ज्ञात कीजिए।  
 40. (a) Draw a ray diagram depicting the formation of the image by an astronomical telescope in normal adjustment. [CBSE-2017]  
 (b) You are given the following three lenses. Which two lenses will you use as an eyepiece and as an objective to construct an astronomical telescope ? Give reason.  
 (a) सामान्य समायोजन में किसी खगोलीय टेलीस्कोप (दूरबीन) द्वारा प्रतिबिम्ब बनना चित्रित करते हुए किरण आरेख खींचिए। [CBSE-2017]  
 (b) आपको निम्नलिखित तीन लेंस दिए गए हैं। इनमें से किन दो लेंसों का उपयोग, किसी खगोलीय टेलीस्कोप (दूरबीन) की रचना करने में, उसके नेत्रिका और अभिदृश्यक के रूप में करेंगे ? कारण दीजिए।

Lenses	Power (D)	Aperture (cm)
$L_1$	3	8
$L_2$	6	1
$L_3$	10	1

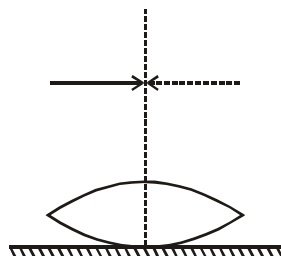
41. (a) Draw a ray diagram to show the image formation by a combination of two thin convex lenses in contact. Obtain the expression for the power of this combination in terms of the focal lengths of the lenses.  
 (b) A ray of light passing from air through an equilateral glass prism undergoes minimum deviation when the angle of incidence is  $\frac{3}{4}$ th of the angle of prism. Calculate the speed of light in the prism. [CBSE-2017]  
 (a) सम्पर्क में रखे दो पतले उत्तल लेंसों के संयोजन द्वारा प्रतिबिम्ब बनना दर्शाने के लिए किरण आरेख खींचिए। लेंसों की फोकस दूरी के पदों में इस संयोजन की क्षमता के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।  
 (b) वायु से काँच के समबाहु प्रिज्म से गुजरती हुई कोई प्रकाश किरण उस समय न्यूनतम विचलित होती है जब आपतन कोण का मान प्रिज्म कोण के मान का  $\frac{3}{4}$  होता है। प्रिज्म में प्रकाश की चाल परिकलित कीजिए। [CBSE-2017]  
 42. (b) The figure shows a ray of light falling normally on the face AB of an equilateral glass prism having refractive index  $\frac{3}{2}$ , placed in water of refractive index  $\frac{4}{3}$ . Will this ray suffer total internal reflection on striking the face AC? Justify your answer.

- (b)  $\frac{4}{3}$  अपवर्तनांक के जल में स्थित  $\frac{3}{2}$  अपवर्तनांक के काँच के किसी समबाहु त्रिज्या के फलक AB पर कोई प्रकाश किरण चित्रानुसार अभिलम्बवत् आपतन करती है। फलक AC से टकराने पर क्या यह किरण पूर्ण आन्तरिक परावर्तित होगी? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए। [CBSE-2018]



43. A symmetric biconvex lens of radius of curvature R and made of glass of refractive index 1.5, is placed on a layer of liquid placed on top of a plane mirror as shown in the figure. An optical needle with its tip on the principal axis of the lens is moved along the axis until its real, inverted image coincides with the needle itself. The distance of the needle from the lens is measured to be x. On removing the liquid layer and repeating the experiment, the distance is found to be y. Obtain the expression for the refractive index of the liquid in terms of x and y.

अपवर्तनांक 1.5 के काँच से बना वक्रता त्रिज्या R का कोई सममित उभयोत्तल लेंस चित्रानुसार किसी समतल दर्पण के शीर्ष पर स्थित द्रव की सतह पर रखा है। कोई प्रकाशिक सुई अपनी नोक को इस लेंस के मुख्य अक्ष पर रखते हुए, अक्ष पर अपने वास्तविक, उल्टे प्रतिबिम्ब के संपाती होने तक गमन करती है। लेंस से सुई की मापित दूरी x है। द्रव की सतह को हटाने और प्रयोग को दोहराने पर यह दूरी y पाई जाती है। x और y के पदों में द्रव के अपवर्तनांक के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए। [CBSE-2018]



44. (a) Draw a ray diagram to show image formation when the concave mirror produces a real, inverted and magnified image of the object.  
 (b) Obtain the mirror formula and write the expression for the linear magnification.  
 (c) Explain two advantages of a reflecting telescope over a refracting telescope.  
 (a) किसी अवतल दर्पण द्वारा किसी बिम्ब का वास्तविक, उल्टा तथा विवर्धित प्रतिबिम्ब बनना दर्शाने के लिए किरण आरेख खींचिए। [CBSE-2018]  
 (b) दर्पण सूत्र प्राप्त कीजिए और रैखिक आवर्धन के लिए व्यंजक लिखिए।  
 (c) अपवर्ती दूरदर्शक की तुलना में परावर्ती दूरदर्शक के दो लाभों की व्याख्या कीजिए।