NCERT के पूर्णतया संशोधित नवीनतम् पाठ्यक्रम पर आधारित

संजीव®

भौतिक विज्ञान

कक्षा-12 (भाग-2)

माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान के विद्यार्थियों के लिए

लेखक :

प्रो. जे.एस. सोखी
पूर्व संयुक्त निदेशक कॉलेज शिक्षा,
जयपुर (राजस्थान)

प्रो. सी.एम. सोनी
पूर्व विभागाध्यक्ष, भौतिक शास्त्र विभाग
डी.ए.वी. कॉलेज, अजमेर (राजस्थान)

अमित अग्रवाल
B.Ed., M.Sc., M.Tech.

2024

मूल्य :
₹ 400/-

संजीव प्रकाशन
जयपुर-3

- प्रकाशक :

  संजीव प्रकाशन

  धामाणी मार्केट, चौड़ा रास्ता,

  जयपुर-3

  email : sanjeevprakashanjaipur@gmail.com
  website : www.sanjivprakashan.com

- © प्रकाशकाधीन

- **मूल्य : ₹ 400.00**

- लेजर कम्पोजिंग :

  संजीव प्रकाशन (D.T.P. Department), जयपुर

- मुद्रक :

  पंजाबी प्रेस, जयपुर

  ****

- इस पुस्तक में त्रुटियों को दूर करने के लिए हर संभव प्रयास किया गया है। किसी भी त्रुटि के पाये जाने पर अथवा किसी भी तरह के सुझाव के लिए आप हमें निम्न पते पर email या पत्र भेजकर सूचित कर सकते हैं–

  email : sanjeevprakashanjaipur@gmail.com
  पता : प्रकाशन विभाग संजीव प्रकाशन
  धामाणी मार्केट, चौड़ा रास्ता, जयपुर

  आपके द्वारा भेजे गये सुझावों से अगला संस्करण और बेहतर हो सकेगा।
- यद्यपि इस पुस्तक को प्रकाशित करने में सभी सावधानियों का पालन किया गया है तथापि इस पुस्तक में प्रकाशित किसी त्रुटि के प्रति तथा इससे होने वाली किसी भी क्षति के लिए लेखक, प्रकाशक, संपादक तथा मुद्रक किसी भी रूप में जिम्मेदार नहीं हैं।
- सभी प्रकार के विवादों का न्यायिक क्षेत्र 'जयपुर' होगा।

भूमिका

भौतिक विज्ञान के उत्तरोत्तर विकास को दृष्टिगत रखकर विद्यार्थियों को अद्यतन विषय-सामग्री प्रदान करने हेतु प्रस्तुत पुस्तक **भौतिक विज्ञान भाग-2** का यह संस्करण राजस्थान बोर्ड द्वारा स्वीकृत **कक्षा 12 के नवीनतम संशोधित NCERT पाठ्यक्रमानुसार** लिखा गया है जिससे कि पाठ्यक्रम में एकरूपता बनी रहे और हमारे राज्य का विद्यार्थी अखिल भारतीय स्तर पर विभिन्न आयुर्विज्ञान एवं तकनीकी संस्थानों द्वारा आयोजित होने वाली प्रतियोगी परीक्षाओं में अपेक्षित सफलता अर्जित कर सके।

प्रस्तुत संस्करण की निम्न विशेषताएँ हैं—

1. विषय-वस्तु की भाषा-शैली को सरल-सहज व पूर्ण रूप से राजस्थान राज्य के अनुरूप रखा गया है जिससे कि विद्यार्थी ज्ञान को आसानी से समाहित कर सकें।
2. विभिन्न गणितीय सूत्रों का समावेश।
3. महत्त्वपूर्ण तथ्यों का समावेश।
4. पुस्तक में आवश्यकतानुसार आंकिक प्रश्न तथा हल सहित उदाहरण, प्रत्येक विषय-वस्तु के साथ दिये गये हैं, जिससे विद्यार्थी भौतिक विज्ञान के सिद्धान्तों के अनुप्रयोगों को आसानी से समझ सकें।
5. NCERT के सभी प्रश्नों का हल पुस्तक के प्रत्येक अध्याय में समायोजित है।
6. प्रत्येक अध्याय के अन्त में **महत्त्वपूर्ण प्रश्न (वस्तुनिष्ठ, रिक्तस्थान, अतिलघूत्तरात्मक, लघूत्तरात्मक, निबन्धात्मक एवं आंकिक) हल सहित दिये गये हैं,** जिससे विद्यार्थी में आत्मविश्वास उत्पन्न हो।
7. प्रत्येक अध्याय के अन्त में **विभिन्न प्रतियोगी परीक्षाओं में पूछे गये बहुविकल्पीय प्रश्नों को भी हल सहित** दिया गया है।
8. पुस्तक में एस.आई. (S.I.) मात्रक प्रयुक्त किये गये हैं।

पुस्तक का नवीनतम संशोधित संस्करण नये कलेवर में प्रस्तुत किया जा रहा है। इसमें विषय विशेषज्ञों, शिक्षकों तथा पाठकों से प्राप्त बहुमूल्य सुझावों को भी उचित स्थान दिया गया है।

हमारे द्वारा भरसक प्रयास किया गया है कि यह पुस्तक विद्यार्थियों, अध्यापकों की आवश्यकताओं की पूर्ति करेगी तथा उनके लिए लाभदायक सिद्ध होगी।

हम उन सभी विद्वानों, लेखकों के आभारी हैं जिनसे हमें निरन्तर प्रेरणा एवं मार्गदर्शन प्राप्त होते रहे हैं।

इस पुस्तक के प्रकाशन हेतु हम संजीव प्रकाशन के भी अत्यन्त आभारी हैं जिनके अथक तथा सतत प्रयासों से इस पुस्तक का प्रकाशन हो पाया है।

लेखक अपने परिश्रमपूर्ण प्रयास को तभी सफल मानेंगे जब यह पुस्तक सम्बन्धित छात्रों के लिए अधिक से अधिक लाभदायक सिद्ध होगी। प्रस्तुत पुस्तक को और अधिक उपयोगी बनाने हेतु शिक्षकों एवं पाठकगण के बहुमूल्य सुझावों का सहर्ष स्वागत किया जायेगा। अत: हम उनके आभारी रहेंगे।

लेखक

प्रो. जे. एस. सोखी

प्रो. सी. एम. सोनी

अमित अग्रवाल

विषय-सूची

9. किरण प्रकाशिकी एवं प्रकाशिक यंत्र
(Ray Optics and Optical Instruments) 1-74

10. तरंग प्रकाशिकी
(Wave Optics) 75-109

11. विकिरण तथा द्रव्य की द्वैत प्रकृति
(Dual Nature of Radiation and Matter) 110-134

12. परमाणु
(Atoms) 135-165

13. नाभिक
(Nucleus) 166-190

14. अर्धचालक इलेक्ट्रॉनिकी : पदार्थ, युक्तियाँ तथा सरल परिपथ
(Semiconductor Electronics : Materials, Devices and Simple Circuits) 191-223

- **परिशिष्ट** **224-228**

उच्च माध्यमिक परीक्षा, 2023
भौतिक विज्ञान
(Physics)

समय : 3 घण्टे 15 मिनट **पूर्णांक : 56**

परीक्षार्थियों के लिए सामान्य निर्देश :

(1) परीक्षार्थी सर्वप्रथम अपने प्रश्न-पत्र पर नामांक अनिवार्यत: लिखें।
(2) **सभी** प्रश्न करने अनिवार्य हैं।
(3) सभी प्रश्नों का उत्तर दी गई उत्तर-पुस्तिका में ही लिखें।
(4) जिन प्रश्नों में आन्तरिक खण्ड हैं, उन सभी के उत्तर एक साथ ही लिखें।
(5) प्रश्न-पत्र के हिन्दी व अंग्रेजी रूपान्तर में किसी प्रकार की त्रुटि/अन्तर/विरोधाभास होने पर हिन्दी भाषा के प्रश्न को ही सही मानें।
(6) प्रश्न का उत्तर लिखने से पूर्व प्रश्न का क्रमांक अवश्य लिखें।
(7) प्रश्न क्रमांक 19 व 20 में आन्तरिक विकल्प हैं।

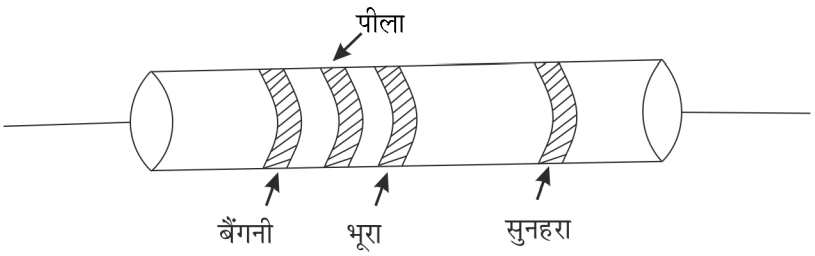
खण्ड - अ (Section-A)

1. बहुविकल्प प्रश्न (i से ix) : निम्न प्रश्नों के उत्तर का सही विकल्प का चयन कर दी गई उत्तर-पुस्तिका में लिखिए :

(i) मुक्त आकाश या निर्वात की विद्युतशीलता का SI मान है— 1

(अ) $9 \times 10^{9}\ Nm^2C^{-2}$ (ब) $9 \times 10^{-9}\ Nm^2C^{-2}$
(स) $8.854 \times 10^{-12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$ (द) $8.854 \times 10^{+12}\ C^2N^{-1}m^{-2}$

(ii) नीचे प्रदर्शित चित्र में रंग सूचक प्रतिरोधक में प्रतिशत सहनता (टोलरेन्स) होगी : 1



(अ) 10% (ब) 5% (स) 20% (द) 15%

(iii) लोहे का क्यूरी ताप होता है : 1

(अ) 1043 K (ब) 1143 K (स) 893 K (द) 317 K

(iv) प्रत्यावर्ती धारा $I = 200 \sin\left(60\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ में विद्युत धारा की आवृत्ति होगी— 1

(अ) 120 Hz (ब) 60 Hz (स) 90 Hz (द) 30 Hz

(v) FM प्रसारण के लिए संचार आवृत्ति बैंड परास है— 1

(अ) 530 – 1710 MHz (ब) 540 – 890 MHz (स) 88 – 108 MHz (द) 54 – 85 MHz

(vi) उत्तल लेंस की फोकस दूरी क्या होगी जिसकी क्षमता +2.5D है? 1

(अ) 50 cm (ब) 25 cm (स) 250 cm (द) 40 cm

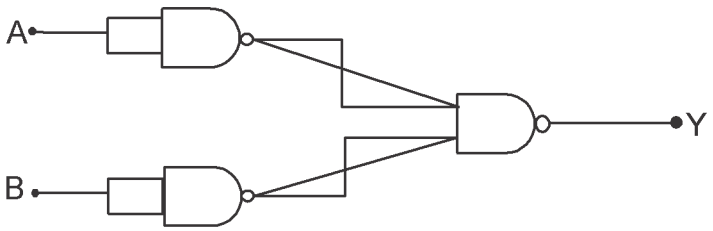
(vii) 4π कलांतर के तुल्य पथान्तर होता है— 1

(अ) 8λ (ब) 2λ (स) 6λ (द) 4λ

(viii) 100 वोल्ट विभवान्तर से त्वरित इलेक्ट्रॉन से सम्बद्ध दे-ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य है— 1

(अ) 12.27 nm (ब) 1.227 nm (स) 0.1227 nm (द) 122.7 nm

(ix) चित्र में दर्शाये तर्क परिपथ की निर्गम (Y) होगी— 1



(अ) $Y = A + B$ (ब) $Y = \overline{A+B}$ (स) $Y = A \cdot B$ (द) $Y = \overline{A.B}$

2. **रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए (i) से (iv)—**

(i) एकसमान आवेशित पतले गोलीय खोल के कारण उसके भीतर स्थित सभी बिन्दुओं पर विद्युत क्षेत्र.....होता है। 1

(ii) अर्धचालकों की प्रतिरोधकता ताप में वृद्धि होने पर.....है। 1

(iii) दो समान दिशा में प्रवाहित होने वाली विद्युत धाराओं के चालकों के मध्य ..... बल है। 1

(iv) प्राथमिक इन्द्रधनुष में, प्रकाश का..... बार अपवर्तन एवं ..... बार आन्तरिक परावर्तन होता है। 1

3. **निम्न प्रश्नों (i से viii) के उत्तर एक पंक्ति में दीजिए :**

(i) एकल धनावेश ($q > 0$) के कारण विद्युत क्षेत्र रेखाओं को दर्शाइए। 1
Show the electric field lines due to a single positive charge ($q > 0$).

(ii) वैद्युत द्विध्रुव के कारण इसके अक्ष पर स्थित बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र का मान लिखिए। 1
Write the value of electric field due to an electric dipole at a point on its axis.

(iii) स्थायी चुम्बक बनाने के लिए पदार्थ की दो विशेषताएँ लिखिए। 1
Write two characteristics of a material to produce a permanent magnet.

(iv) निम्न में से दो अनुचुम्बकीय पदार्थ छाँटिए : ½+½=1
सोडियम (Na), बिस्मथ (Bi), ताँबा (Cu), ऐलुमिनियम (Al), सीसा (Pb)
Select two paramagnetic material from the following :
Sodium (Na), Bismuth (Bi), Copper (Cu), Aluminum (Al), Lead (Pb)

(v) निर्वात नलिका मेग्रेट्रॉन द्वारा उत्पन्न विद्युत चुम्बकीय तरंग का नाम लिखिए। 1
Write the name of electromagnetic wave produced by vacuum tube magnetron.

(vi) एक अवतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या 28 cm है, इसकी फोकस दूरी होगी। 1
The radius of curvature of a concave mirror is 28 cm, its focal length will be?

(vii) फ्रेनल दूरी, प्रकाश की तरंगदैर्घ्य तथा द्वारक की साइज में सम्बन्ध बताने वाला सूत्र लिखिए। 1
Write the formula which shows the relation between fresnel distance wavelength of light and size of aperture.

(viii) P-प्रकार के अर्द्धचालक में बहुसंख्यक आवेशवाहक तथा अल्पसंख्यक आवेशवाहक के नाम लिखिए। 1
Write name of majority charge carriers and minority charge carriers in P-type semiconductor.

खण्ड-ब (Section-B)

4. 2×10^{-9}C आवेश के कारण इससे 9×10^{-4} मी. दूरी पर स्थित किसी बिन्दु पर विद्युत विभव परिकलित कीजिए। 1½
Calculate the electric potential at a point due to a charge of 2×10^{-9}C located 9×10^{-4}m away from it.

5. तीन बिन्दु आवेशों के निकाय की वैद्युत स्थितिज ऊर्जा का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 1½
Find the expression for electric potential energy of a system of three point charges.

6. किसी परिपथ में 0.1s में धारा 5.0A से 1.0A तक गिरती है। यदि औसत प्रेरित विद्युत वाहक बल 200V है तो परिपथ में स्वप्रेरकत्व का आकलन कीजिए। 1½
Current in a circuit falls from 5.0A to 1.0A in 0. 1s. If an average e.m.f. of 200V induced. Give an estimate of the self inductance of the circuit.

7. विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के लिए कथन लिखिए : ¾+¾=1½
(i) फेराडे का नियम (ii) लेंज का नियम
Write statement for electromagnetic induction.
(i) Faraday's law (ii) Lenz's law

8. शक्ति गुणांक का मान निम्नांकित परिपथों के लिए ज्ञात कीजिए : ¾+¾=1½
(i) शुद्ध धारितीय परिपथ (ii) श्रेणी LCR अनुनादी परिपथ
Find out value of power factor for following circuit :
(i) Purely capacitive circuit (ii) Series LCR resonance circuit

9. ट्रांसफार्मर में होने वाली किन्हीं तीन ऊर्जा क्षय (हानि) का उल्लेख कीजिए। इन्हें कैसे कम किया जा सकता है, समझाइए। 1½
Describe any three energy losses in transformers. How these can be minimized, explain?

10. प्रकाश विद्युत प्रभाव की घटना में निम्न को परिभाषित कीजिए : ¾+¾=1½
(i) कार्य फलन (ii) निरोधी विभव
Define the following in photoelectric effect phenomenon :
(i) Work function
(ii) Stopping potential

11. यदि सीजियम धातु का कार्यफलन 2.14eV है तो इसकी देहली आवृत्ति Hz में ज्ञात कीजिए। 1½
If the work function of caesium metal is 2.14 eV then find its threshold frequency in Hz.

12. हाइड्रोजन परमाणु की निम्नतम अवस्था में कुल ऊर्जा –13.6eV है। इस दशा में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा ज्ञात करें। ¾+¾=1½
The total energy of the electron in the ground state of Hydrogen atom is –13.6eV. Find the kinetic energy and potential energy of electron in this state.

13. (i) परमाणु के रदरफोर्ड मॉडल की दो कमियाँ लिखिए।
(ii) हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की उस श्रेणी का नाम लिखिए जिसकी रेखाएँ दृश्य प्रकाश क्षेत्र में पड़ती हैं। 1+½=1½
(i) Write two drawbacks of Rutherford's atomic model.
(ii) Name the series of the hydrogen spectrum whose lines fall in the visible region.

14. रेडियोएक्टिव क्षयता का नियम लिखिए। किसी रेडियोएक्टिव तत्त्व का क्षय स्थिरांक 0.693 प्रति मिनट है। इसकी अर्ध-आयु का मान मिनट में ज्ञात कीजिए। ½+1=1½
Write the law of radioactive decay. The decay constant of a radioactive substance is 0.693 per minute. Calculate its half-life time in minute.

15. निम्नांकित को परिभाषित कीजिए : ½+½+½=1½
(i) नाभिकीय संलयन (ii) नाभिकीय विखण्डन (iii) द्रव्यमान क्षति
Define the following :
(i) Nuclear fusion (ii) Nuclear fission (iii) Mass defect

खण्ड-स (Section-C)

16. व्हीटस्टोन सेतु का नामांकित परिपथ चित्र बनाकर सेतु में शून्य विक्षेप के लिए प्रतिबन्ध की व्युत्पत्ति कीजिए। 1+2=3
Drawing a labelled circuit diagram of Wheatstone bridge, derive condition for zero deflection in the bridge.

17. ऐम्पियर का परिपथीय नियम से एक अत्यधिक लम्बी धारावाही परिनालिका के अक्ष पर चुम्बकीय क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त कीजिए। आवश्यक चित्र बनाइए। 2+1=3
Obtain an expression for magnetic field on the axis of current carrying very long solenoid by Ampere's circuital law. Draw necessary diagram.

18. व्यतिकरण फ्रिंज प्रतिरूप उत्पन्न करने के लिए यंग द्वि-स्लिट प्रयोग का आवश्यक चित्र बनाइये। प्रदीप्त फ्रिंजो के लिये फ्रिंज चौड़ाई का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 1+2=3
To produce interference fringe pattern, draw a necessary diagram of Young's double slit experiment. Derive an expression of fringe width for bright fringes.

खण्ड-द (Section-D)

19. अवतल दर्पण द्वारा प्रतिबिम्ब रचना का किरण चित्र बनाकर बिम्ब की दूरी (u) प्रतिबिम्ब दूरी (v) तथा फोकस दूरी (f) में सम्बन्ध स्थापित कीजिए। 1+3=4

Draw a ray diagram for image formation by concave mirror and establish a relation between object distance (u), image distance (v) and focal length (f).

अथवा/OR

काँच के त्रिभुजाकार प्रिज्म से किसी प्रकाश किरण के गुजरने का किरण चित्र बनाइए। यदि प्रिज्म कोण A हो तो

$\mu = \dfrac{\sin\left(\dfrac{A+\delta m}{2}\right)}{\sin\left(\dfrac{A}{2}\right)}$ सम्बन्ध का निगमन कीजिए।

(यहाँ μ = प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक एवं δm = न्यूनतम विचलन है। 1+3=4

Draw a ray diagram of light passing throught a triangular glass prism. If prism angle is A then deduce the relation $\mu = \dfrac{\sin\left(\dfrac{A+\delta m}{2}\right)}{\sin\left(\dfrac{A}{2}\right)}$

(where μ = refractive index of substance of prism and δm = minimum deviation)

20. दिष्टकरण किसे कहते हैं? पूर्णतरंग दिष्टकारी का परिपथ चित्र बनाकर इसकी कार्यविधि को समझाइये। निवेशी प्रत्यावर्ती तथा निर्गम वोल्टता के तरंग प्रारूप को प्रदर्शित कीजिए। ½+1+1½+½+½=4

What is rectification? Draw the circuit diagram of full wave rectifier and explain its working. Show the input ac voltage and output voltage waveforms from the rectifier circuit.

अथवा/OR

नैज अर्धचालक किसे कहते हैं? p-n संधि निर्माण की प्रक्रिया को आवश्यक चित्र बनाकर समझाइये। निम्नांकित डायोडों का प्रतीक बनाइए :

½+1+1½+½+½=4

(i) जेनर डायोड (ii) p-n संधि डायोड

What is intrinsic semiconductor? Explain the processes of p-n junction formation with necessary diagram. Draw the symbol of the following diodes.

(i) Zener diode (ii) p-n junction diode

❑❑❑

भौतिक विज्ञान भाग-2 (कक्षा-12)

किरण प्रकाशिकी एवं प्रकाशिक यंत्र
(Ray Optics and Optical Instruments)

अध्याय 9

9.1. भूमिका (Introduction)

9.2. प्रकाश का परावर्तन (Reflection of Light)

- **9.2.1.** समतल पर परावर्तन (Reflection at Plane)
- **9.2.2.** प्रकाश परावर्तन के नियम (Laws of Reflection of Light)
- **9.2.3.** समतल दर्पण में प्रतिबिम्ब (Image in Plane Mirror)

9.3. गोलीय दर्पणों द्वारा प्रकाश का परावर्तन (Reflection of Light by Spherical Mirror)

- **9.3.1.** गोलीय दर्पणों के लिए फोकस दूरी तथा वक्रता त्रिज्या में सम्बन्ध (Relation between Focal Length and Radius of Spherical Mirrors)
- **9.3.2.** गोलीय दर्पण से प्रतिबिम्ब का बनना (Images in Spherical Mirror)
- **9.3.3.** दर्पणों की उपयोगिता (Uses of Mirrors)
- **9.3.4.** चिन्ह परिपाटी (Sign Convention)
- **9.3.5.** गोलीय दर्पण के लिए सूत्र, **u, v** व **f** में सम्बन्ध अथवा दर्पण समीकरण (Mirror equation)

9.4. प्रकाश का अपवर्तन (Refraction of Light)

- **9.4.1.** अपवर्तन के नियम (Laws of Refraction)
- **9.4.2.** दैनिक जीवन में अपवर्तन के उदाहरण (Examples of Refraction in Daily Life)

9.5. क्रान्तिक कोण तथा पूर्ण आन्तरिक परावर्तन (Critical Angle and Total Internal Reflection)

- **9.5.1.** प्रकृति में पूर्ण आन्तरिक परावर्तन तथा इसके प्रौद्योगिकीय अनुप्रयोग (Total Internal Reflection in Nature and its Technological Applications)

9.6. प्रकाश का गोलीय पृष्ठों पर अपवर्तन : लेन्स (Refraction of Light at Spherical Surfaces : Lens)

- **9.6.1.** गोलीय पृष्ठों के लिए चिन्ह परिपाटी (Sign Convention for Spherical Surfaces)
- **9.6.2.** गोलीय अवतल पृष्ठ पर अपवर्तन का सूत्र (Formula of Refraction at Spherical Convex Surface)
- **9.6.3.** गोलीय उत्तल पृष्ठ पर अपवर्तन का सूत्र (Formula of Refraction at Spherical Concave Surface)
- **9.6.4.** पतले लेन्स से अपवर्तन (Refraction by Thin Lens)
- **9.6.5.** लेन्स दूरियों के लिए चिन्ह परिपाटी (Sign Convention for Lens Distances)
- **9.6.6.** लेन्सों से प्रतिबिम्ब का निर्माण (Image Formation by Lenses)
- **9.6.7.** लेन्स के लिए ***u, v*** व ***f*** में सम्बन्ध अथवा लेन्स सूत्र (Lens formula)
- **9.6.8.** लेन्स की क्षमता (Power of Lens)
- **9.6.9.** सम्पर्क में रखे पतले लेन्सों का संयोजन (Combination of Two Thin Lenses in Contact)

9.7. प्रिज्म में अपवर्तन (Refraction in a Prism)

9.8. प्रकाशिक यंत्र (Optical Instruments)

- **9.8.1.** सरल सूक्ष्मदर्शी या आवर्धक लेंस (Simple Microscope or Magnifying Lens)
- **9.8.2.** संयुक्त सूक्ष्मदर्शी (Compound Microscope)
- **9.8.3.** दूरदर्शी (Telescope)

9.1. भूमिका (Introduction)

न्यूटन ने यह माना कि "प्रकाश ऊर्जा छोटे-छोटे कणों में संकेन्द्रित होती है, जिसको उन्होंने कणिकायें कहा और उन्होंने प्रतिपादित किया कि प्रकाश ऊर्जा इन कणिकाओं में संकेन्द्रित होती है। उन्होंने यह भी कल्पना की कि कणिकायें द्रव्यमान रहित प्रत्यास्थ कण हैं।" प्रकाश की निर्वात में चाल सबसे अधिक होती है जिसका मान $c = 3 \times 10^8$ m/s होता है तथा प्रकाश सरल रेखा में गमन करता है। चूँकि सामान्य वस्तुओं के आकार की तुलना में प्रकाश की तरंगदैर्घ्य काफी कम होती है, अतः प्रकाश तरंग को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक किसी सरल रेखा के अनुदिश गमन करते हुए कहा जा सकता है। इस पथ को प्रकाश किरण कहते हैं और किरणों के समूह को प्रकाश पुंज कहते हैं। प्रकाश किरण को हम एक सीधी रेखा के द्वारा प्रदर्शित करते हैं और इस पर तीर को लगाकर उसकी संचरण की दिशा को दर्शाते हैं। इस प्रकार किरण उस दिशा को प्रदर्शित करती है जिसमें प्रकाश ऊर्जा का संचरण होता है, यही किरण प्रकाशिकी का आशय होता है। इस अध्याय में, हम प्रकाश के किरण रूप का उपयोग करते हुए प्रकाश के परावर्तन, अपवर्तन तथा विक्षेपण की परिघटनाओं के बारे में विचार करेंगे। परावर्तन तथा अपवर्तन के मूल नियमों का उपयोग करते हुए हम समतल तथा गोलीय परावर्ती एवं अपवर्ती पृष्ठों द्वारा प्रतिबिम्बों की रचना का अध्ययन करेंगे तत्पश्चात् हम मानव नेत्र सहित कुछ महत्त्वपूर्ण प्रकाशिक यंत्रों की रचना एवं कार्यविधि का वर्णन करेंगे।

9.2. प्रकाश का परावर्तन (Reflection of Light)

जब प्रकाश किसी तल पर गिरता है, तो उसका कुछ भाग तल द्वारा अवशोषित हो जाता है और कुछ भाग तल द्वारा दूसरे तल या माध्यम में प्रवेश हो जाता है। कुछ भाग पुनः उसी माध्यम में लौटा दिया जाता है। गिरने वाले प्रकाश का कितना भाग वापस लौटता है, कितना भाग दूसरे माध्यम में चला जाता है तथा कितना भाग तल द्वारा अवशोषित होता है, यह सब तल पर निर्भर करता है। "जब एक प्रकाश किरण किसी माध्यम से चलकर एक परिसीमा (दो माध्यमों को अलग-अलग करने वाली सीमा) पर आपतित होकर उसी माध्यम में वापस आ जाती है तो इस घटना को प्रकाश का परावर्तन कहते हैं।"

स्मरण बिन्दु

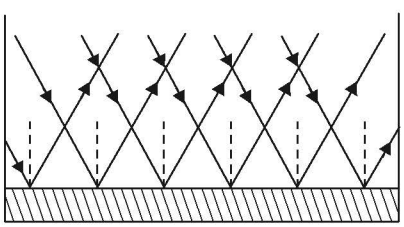
(i) परावर्तन के पश्चात् प्रकाश का वेग, तरंगदैर्घ्य तथा आवृत्ति अपरिवर्तित रहते हैं जबकि तीव्रता तल की प्रकृति के अनुसार परिवर्तित होती रहती है।

(ii) यदि प्रकाश किरण किसी सतह पर अभिलम्बवत् आपतित होती है, तो वह परावर्तन के पश्चात् अपने आपतित वाले पथ पर वापस लौट जाती है।

9.2.1. समतल पर परावर्तन (Reflection at Plane)

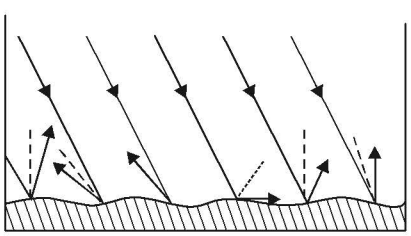
समतल पर प्रकाश परावर्तन के लिए हम समतल व खुरदरे पृष्ठ दोनों पर प्रकाश के परावर्तन की घटना की जानकारी प्राप्त करेंगे।

नियमित परावर्तन (Regular reflection)–जब किसी समतल दर्पण पर सूर्य का प्रकाश या किसी अन्य स्रोत से प्रकाश गिरता है तो सभी परावर्तित किरणें परावर्तन के नियमानुसार एक विशेष दिशा में लौटती हैं। अतः आँख को जब इन परावर्तित किरण के मार्ग में रखते हैं तो दर्पण हमें चमकीला दिखाई देता है परन्तु इसके अतिरिक्त अन्य दिशाओं से देखने पर यह हमें चमकीला कम दिखाई देता है या दिखाई नहीं देता है। इस परावर्तन को नियमित परावर्तन कहते हैं। जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



चित्र–नियमित परावर्तन

विसरित परावर्तन (Diffused reflection)–जब सूर्य का प्रकाश किसी खुरदरे पृष्ठ पर गिरता है तो यह सभी दिशाओं में फैल जाता है। खुरदरे पृष्ठ द्वारा प्रकाश को समान रूप से चारों ओर फैलाने के प्रभाव को विसरित परावर्तन कहते हैं। अधिकांशतः हम वस्तुओं को विसरित प्रकाश से ही देखते हैं क्योंकि वायुमण्डल में धूल और धुएँ के कण प्रकाश को विसरित करते रहते हैं।



चित्र–विसरित परावर्तन

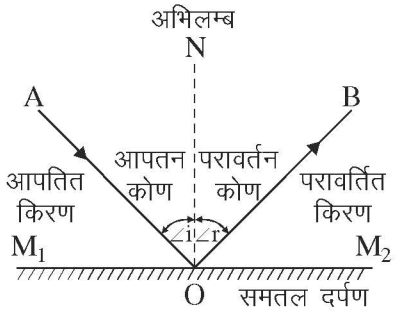
आकाश का नीला रंग होना भी वायुमण्डल के कारण विसरित प्रकाश का प्रभाव ही है जबकि अन्तरिक्ष यात्रियों के पृथ्वी के वायुमण्डल से बाहर निकलने पर आकाश एकदम काला दिखाई देता है।

9.2.2. प्रकाश परावर्तन के नियम (Laws of Reflection of Light)

किसी तल से प्रकाश का परावर्तन निम्नलिखित दो नियमों के अनुसार होता है। इनको परावर्तन के नियम कहते हैं।

(1) आपतित किरण, आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब तथा परावर्तित किरण तीनों एक ही तल में होते हैं।

(2) परावर्तन कोण सदैव आपतन कोण के बराबर होता है अर्थात् $\angle r = \angle i$



स्मरण बिन्दु

(i) यदि हम आपतित किरण की दिशा में कोई परिवर्तन करते हैं तो परावर्तित किरण की दिशा में भी परिवर्तन होता है।

(ii) आपतित किरण की दिशा को स्थिर रखते हुए यदि हम दर्पण को उसके तल में ही घुमायें तो भी परावर्तित किरण अपनी दिशा से विचलित नहीं होती है।

(iii) प्रकाश के परावर्तन का नियम किसी भी परावर्तक पृष्ठ, चाहे वह समतल हो या वक्रित हो, के प्रत्येक बिन्दु के लिए वैध है।

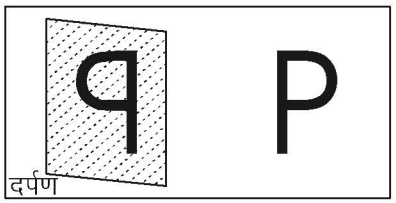
(iv) यदि प्रकाश का परावर्तन सघन माध्यम से होता है, तो कला π से परिवर्तित हो जाती है। इसी को स्टोक नियम भी कहते हैं।

9.2.3. समतल दर्पण में प्रतिबिम्ब (Image in Plane Mirror)

जब हम दर्पण के सामने किसी वस्तु (बिम्ब) को रखते हैं तो दर्पण में उस वस्तु की आकृति बन जाती है। इस आकृति को वस्तु का 'प्रतिबिम्ब' कहते हैं। इसकी परिभाषा निम्न प्रकार से दी जा सकती है–

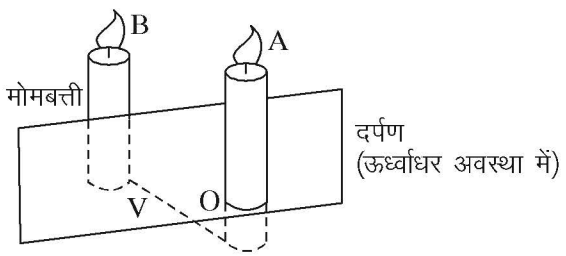
"यदि प्रकाश की किरणें वस्तु के किसी बिन्दु से चलकर परावर्तन के पश्चात् किसी दूसरे बिन्दु पर जाकर मिलती हैं अथवा किसी दूसरे बिन्दु से आती हुई प्रतीत होती हैं तो इस दूसरे बिन्दु को पहले बिन्दु का प्रतिबिम्ब कहते हैं।"

(i) पार्श्व परिवर्तन–समतल दर्पण में प्रतिबिम्ब का आकार वस्तु (बिम्ब) के आकार के बराबर होता है तथा आकृति भी समान होती है। लेकिन प्रतिबिम्ब की आकृति में एक परिवर्तन आवश्यक होता है। समतल दर्पण में किसी वस्तु के प्रतिबिम्ब में दाईं ओर दिशा में प्रतिवर्ती परिवर्तन को पार्श्व परिवर्तन कहते हैं।



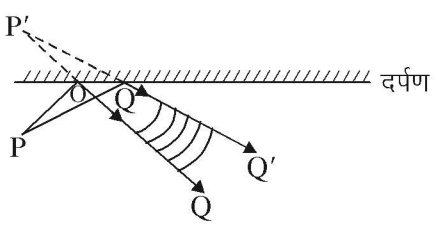
चित्र–पार्श्व परिवर्तन

(ii) प्रतिबिम्ब की स्थिति–समतल दर्पण में प्रतिबिम्ब दर्पण के पीछे ठीक उतनी ही दूरी पर बनता है जितनी दूरी पर दर्पण के सामने वस्तु रखी होती है।



चित्र–प्रतिबिम्ब की स्थिति

(iii) प्रतिबिम्ब की प्रकृति (आभासी)–समतल दर्पण में बना प्रतिबिम्ब सदैव आभासी होता है। आभासी प्रतिबिम्ब को हम किसी भी पर्दे पर प्राप्त नहीं कर सकते हैं, क्योंकि प्रकाश की किरणें प्रतिबिम्ब तक पहुँचने में असमर्थ होती हैं।

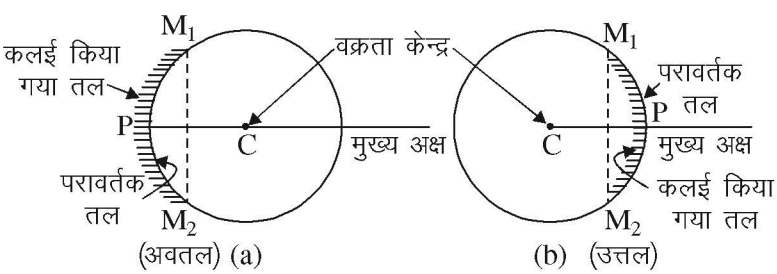


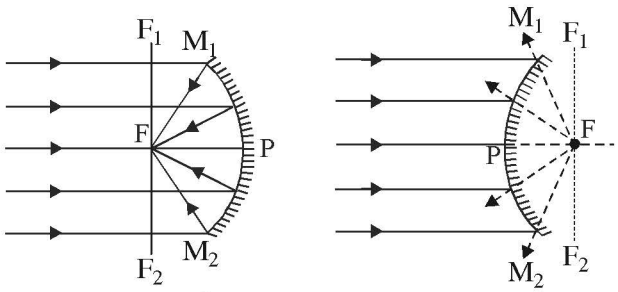
चित्र–समतल दर्पण में प्रतिबिम्ब की प्रकृति (आभासी)

9.3. गोलीय दर्पणों द्वारा प्रकाश का परावर्तन (Reflection of Light by Spherical Mirror)

यदि किसी खोखले गोले को काटकर उसके किसी भाग के एक तल पर कलई (पॉलिश) कर दी जाए तो इसका दूसरी ओर का तल परावर्तक तल बन जाता है। ऐसे दर्पणों को गोलीय दर्पण कहते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं–(i) अवतल दर्पण, (ii) उत्तल दर्पण।

अवतल दर्पण (Concave Mirror)–वह दर्पण होता है जिसमें परावर्तन दबी हुई ओर से होता है अर्थात् गोले के अन्दर की ओर का तल परावर्तक होता है। इसमें कलई गोले के बाहर की ओर की जाती है। जैसा कि चित्र (a) में दिखाया गया है।





(c) अवतल दर्पण (d) उत्तल दर्पण

चित्र–अवतल व उत्तल दर्पण में परावर्तन

उत्तल दर्पण (Convex Mirror)–वह दर्पण होता है जिसमें परावर्तन गोले के उभरे हुए तल से होता है, अर्थात् गोले का बाहरी तल परावर्तक तल होता है। इसमें गोले के अन्दर के तल पर कलई की हुई होती है। जैसा कि चित्र (b) में दिखाया गया है।

स्मरण बिन्दु

प्रकाश के परावर्तन के नियम गोलीय दर्पणों के लिए भी वही हैं जो समतल दर्पण के लिए हैं। यहाँ यह बात ध्यान देने योग्य है कि गोलीय दर्पणों में किसी बिन्दु से दर्पण के वक्रता केन्द्र को मिलाने वाली रेखा उस बिन्दु पर सदैव अभिलम्ब (Normal) होती है।

गोलीय दर्पणों से सम्बन्धित कुछ परिभाषाएँ (Some Important Definitions related to Spherical Mirrors)

(i) ध्रुव (Pole)–दर्पण के परावर्तक तल के मध्य-बिन्दु को दर्पण का 'ध्रुव' कहते हैं। चित्र में P ध्रुव है।

(ii) द्वारक (Aperture)–मुख्य अक्ष के लम्बवत दर्पण के परावर्तक तल का व्यास, दर्पण का द्वारक कहलाता है, चित्र में बिन्दुवत् रेखा (M_1M_2) द्वारक है।

(iii) वक्रता केन्द्र (Centre of Curvature)–गोलीय दर्पण जिस खोखले गोले से काटकर बनाया जाता है, उसके केन्द्र को दर्पण का 'वक्रता केन्द्र' कहते हैं। यह उत्तल दर्पण में परावर्तक तल के दूसरी ओर तथा अवतल दर्पण में परावर्तक तल की ओर होता है। चित्र में C वक्रता केन्द्र है।

(iv) वक्रता त्रिज्या (Radius of Curvature)–उस गोले की त्रिज्या को जिसका कि दर्पण एक भाग है, दर्पण की 'वक्रता त्रिज्या' कहते हैं। चित्र में दूरी PC = वक्रता त्रिज्या।

(v) मुख्य अक्ष (Principal Axis)–दर्पण के ध्रुव तथा वक्रता-केन्द्र को मिलाने वाली रेखा दर्पण की 'मुख्य अक्ष' कहलाती है। चित्र में रेखा PC मुख्य अक्ष है।

(vi) फोकस एवं फोकस दूरी (Focal and focal length)–मुख्य अक्ष के समान्तर चलने वाली किरणें दर्पण से परावर्तन के पश्चात् जिस बिन्दु पर मुख्य अक्ष से मिलती हैं (अवतल दर्पण में) या उससे निकलती हुई प्रतीत होती हैं (उत्तल दर्पण में), वह बिन्दु दर्पण का फोकस कहलाता है।

चित्र (c) तथा (d) में F फोकस है। चित्र c तथा d से स्पष्ट है कि अवतल दर्पण का फोकस वास्तविक तथा दर्पण के सामने होता है जबकि उत्तल दर्पण का फोकस आभासी तथा दर्पण के पीछे होता है। दर्पण के ध्रुव से दर्पण के फोकस तक की दूरी को दर्पण की फोकस दूरी (focal length) कहते हैं। चित्र में PF = फोकस दूरी f।

(vii) फोकस तल (Focal Plane)–मुख्य अक्ष के लम्बवत् तथा फोकस से गुजरने वाला तल फोकस तल कहलाता है। चित्र c तथा d में तल F_1FF_2 फोकस तल है।

(viii) कोणीय द्वारक (Angular Aperture)–दर्पण के व्यास द्वारा वक्रता केन्द्र पर बनने वाला कोण, 'कोणीय द्वारक' कहलाता है।

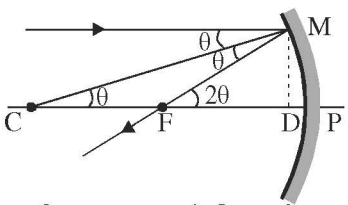
(ix) सीमान्त किरणें–मुख्य अक्ष से दूर दर्पण के किनारों के भागों पर आपतित प्रकाश किरणें सीमान्त किरणें कहलाती हैं।

(x) उपाक्षीय किरणें–मुख्य अक्ष के समीप दर्पण के मध्य भाग पर आपतित प्रकाश किरणें उपाक्षीय किरणें कहलाती हैं।

9.3.1. गोलीय दर्पणों के लिए फोकस दूरी तथा वक्रता त्रिज्या में सम्बन्ध (Relation between Focal Length and Radius of Spherical Mirrors)

अवतल दर्पण–माना C दर्पण का वक्रता केन्द्र है। मुख्य अक्ष के समान्तर एक प्रकाश किरण पर विचार करते हैं। जो दर्पण से M पर टकराती है। CM बिन्दु M पर दर्पण पर अभिलम्ब है। माना θ आपतन कोण है तथा MD बिन्दु M से मुख्य अक्ष पर लंब है। तब,

$\angle MCP = \theta$ तथा $\angle MFP = 2\theta$



चित्र–अवतल गोलीय दर्पण

अब, समकोण ΔCDM में, $\tan\theta = \frac{MD}{CD}$ तथा समकोण ΔFDM में, $\tan 2\theta = \frac{MD}{FD}$ .....(1)

θ के लघु मानों के लिए, जो कि उपाक्षीय किरणों के लिए सत्य है,

$\tan\theta \approx \theta$, $\tan 2\theta \approx 2\theta$

∴ समीकरण (1) से

$$\frac{MD}{FD} = 2\frac{MD}{CD}$$

अथवा, $$FD = \frac{CD}{2} \quad .....(2)$$

अथवा, θ के लघु मान के लिए, बिन्दु D बिन्दु P के बहुत निकट है। FD = f तथा CD = R। अतः समीकरण (2) से प्राप्त होता है

$$\boxed{f = R/2} \quad .....(3)$$

अतः अवतल गोलीय दर्पण में फोकस दूरी, वक्रता त्रिज्या R की आधी होती है।