MP Board + NCERT Special | 100% परीक्षा उपयोगी हस्तलिखित नोट्स

कक्षा 12 भौतिक विज्ञान (Physics)

अध्याय: किरण प्रकाशकी एवं प्रकाशीय यंत्र (Ray Optics & Optical Instruments)

1. अध्याय का संक्षिप्त परिचय (Introduction)

प्रकाशकी (Optics) भौतिकी की वह शाखा है जिसके अंतर्गत प्रकाश, उसके गुणों एवं विभिन्न प्रकाशीय परिघटनाओं का अध्ययन किया जाता है। **किरण प्रकाशकी** (Ray Optics) में प्रकाश को सरल रेखा में गमन करता हुआ माना जाता है, जिसे प्रकाश किरण (Ray of Light) कहते हैं। इस अध्याय में हम परावर्तन, अपवर्तन, पूर्ण आंतरिक परावर्तन, गोलीय पृष्ठों एवं लेंसों द्वारा अपवर्तन, प्रिज्म से प्रकाश का विक्षेपण तथा प्रकाशीय यंत्रों (सूक्ष्मदर्शी एवं दूरदर्शी) का अध्ययन करेंगे। यह अध्याय बोर्ड परीक्षा की दृष्टि से अत्यंत महत्वपूर्ण तथा सबसे अधिक अंक भार वाला अध्याय है।

2. सभी महत्वपूर्ण परिभाषाएँ (Important Definitions)

- **प्रकाश का अपवर्तन** (Refraction of Light): जब प्रकाश किरण एक पारदर्शी माध्यम से दूसरे पारदर्शी माध्यम में प्रवेश करती है, तो वह अपने मूल पथ से विचलित हो जाती है। इस परिघटना को अपवर्तन कहते हैं।
- **क्रांतिक कोण** (Critical Angle - i_c): सघन माध्यम में बना वह आपतन कोण जिसके संगत विरल माध्यम में अपवर्तन कोण का मान $90°$ होता है, क्रांतिक कोण कहलाता है।
- **पूर्ण आंतरिक परावर्तन** (Total Internal Reflection - TIR): जब प्रकाश किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती है और आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से अधिक ($i > i_c$) होता है, तो किरण दूसरे माध्यम में न जाकर पुनः उसी सघन माध्यम में परावर्तित हो जाती है।
- **लेंस की क्षमता** (Power of Lens - P): किसी लेंस की प्रकाश किरणों को अभिसरित या अपसरित करने की क्षमता को उसकी क्षमता कहते हैं। यह मीटर में नापी गई फोकस दूरी का व्युत्क्रम होती है ($P = 1/f$)। इसका मात्रक **डायोप्टर** (D) है।
- **वर्ण विक्षेपण** (Dispersion of Light): जब श्वेत प्रकाश किसी प्रिज्म में से गुजरता है, तो वह अपने अवयवी सात रंगों में विभक्त हो जाता है। इस परिघटना को वर्ण विक्षेपण कहते हैं।
- **सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता** (Magnifying Power - M): अंतिम प्रतिबिंब द्वारा नेत्र पर बनाए गए दर्शन कोण (β) तथा स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर रखी वस्तु द्वारा नेत्र पर बनाए गए दर्शन कोण (α) के अनुपात को आवर्धन क्षमता कहते हैं ($M = \beta / \alpha$)।

3. सभी महत्वपूर्ण सूत्र (Formula Boxes)

1. स्नेल का नियम (Snell's Law) एवं अपवर्तनांक:

$${}^{1}\mu_2 = \sin i / \sin r = \mu_2 / \mu_1 = v_1 / v_2 = \lambda_1 / \lambda_2$$

2. क्रांतिक कोण एवं अपवर्तनांक में संबंध:

$\mu = 1 / \sin i_c$ या $\sin i_c = 1 / \mu$

3. गोलीय दर्पण एवं लेंस सूत्र (*Mirror & Lens Formula*):

दर्पण सूत्र: $1/f = 1/v + 1/u$ | रेखीय आवर्धन: $m = -v/u = h'/h$

लेंस सूत्र: $1/f = 1/v - 1/u$ | रेखीय आवर्धन: $m = v/u = h'/h$

4. लेंस निर्माता सूत्र (*Lens Maker's Formula*):

$1/f = (\mu - 1) [(1/R_1) - (1/R_2)]$

संपर्क में रखे पतले लेंसों की संयुक्त फोकस दूरी: $1/F = 1/f_1 + 1/f_2 \Rightarrow P = P_1 + P_2$

5. प्रिज्म सूत्र (*Prism Formula*):

$\mu = [\sin((A + \delta_m)/2)] / [\sin(A/2)]$

पतले प्रिज्म के लिए विचलन कोण: $\delta = (\mu - 1) A$

6. प्रकाशीय यंत्रों की आवर्धन क्षमता (*Magnification Formulas*):

(A) **सरल सूक्ष्मदर्शी (*Simple Microscope*):**

- जब प्रतिबिंब D पर बने: $M = 1 + D/f$ | • जब प्रतिबिंब अनंत पर बने: $M = D/f$

(B) **संयुक्त सूक्ष्मदर्शी (*Compound Microscope*):**

- जब प्रतिबिंब D पर बने: $M = - (v_o/u_o) [1 + D/f_e] \approx - (L/f_o) [1 + D/f_e]$
- जब प्रतिबिंब अनंत पर बने: $M = - (v_o/u_o) (D/f_e) \approx - (L/f_o) (D/f_e)$

(C) **खगोलीय दूरदर्शी (*Astronomical Telescope*):**

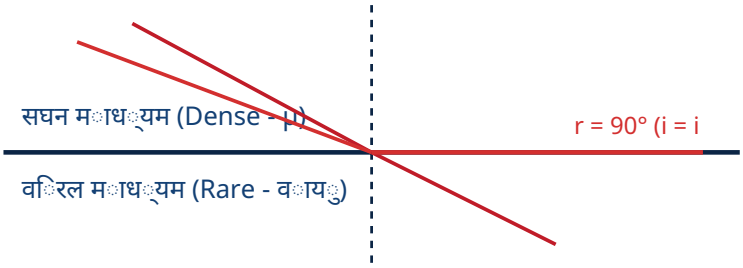
- जब प्रतिबिंब D पर बने: $M = - (f_o/f_e) [1 + f_e/D]$, नली की लंबाई $L = f_o + |u_e|$
- जब प्रतिबिंब अनंत पर बने (सामान्य समायोजन): $M = - f_o / f_e$, नली की लंबाई $L = f_o + f_e$

4. महत्वपूर्ण बिंदु एवं नियम (*Key Concept Rules*)

1. **चिह्न परिपाटी (*Cartesian Sign Convention*):** सभी दूरियाँ प्रकाशिक केंद्र/ध्रुव से मापी जाती हैं। आपतित प्रकाश की दिशा में मापी गई दूरियाँ धनात्मक (+) तथा विपरीत दिशा में ऋणात्मक (-) ली जाती हैं। उत्तल लेंस/दर्पण की फोकस दूरी धनात्मक तथा अवतल की ऋणात्मक होती है।
2. **पूर्ण आंतरिक परावर्तन की दो आवश्यक शर्तें:**
   ① प्रकाश किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में जानी चाहिए।
   ② सघन माध्यम में आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से अधिक होना चाहिए ($i > i_c$)।

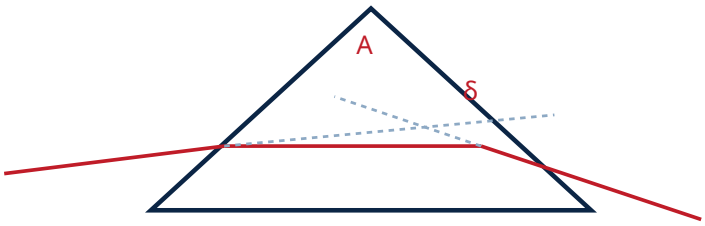
3. **पूर्ण आंतरिक परावर्तन के व्यावहारिक उदाहरण:** हीरे का अत्यधिक चमकना, रेगिस्तान में मरीचिका *(Mirage)*, प्रकाशीय तंतु (*Optical Fibre*) का कार्य सिद्धांत।
4. **पानी में डूबने पर लेंस की फोकस दूरी:** जब किसी काँच के लेंस को पानी में डुबोया जाता है, तो उसकी फोकस दूरी लगभग 4 गुनी बढ़ जाती है ($f_w \approx 4 f_a$) और क्षमता घट जाती है।

5. आवश्यक हस्तलिखित डायग्राम (*Handmade Diagrams*)



$_c$) $TIR (i > i_c)$

चित्र 1: अपवर्तन, क्रांतिक कोण (i_c) एवं पूर्ण आंतरिक परावर्तन (*TIR*)



चित्र 2: प्रिज्म द्वारा प्रकाश किरण का विचलन (*Deviation Angle δ*)

$_o$ (अभिदृश्यक) L_e

(नेत्रिका) AB $A'B'$

चित्र 3: संयुक्त सूक्ष्मदर्शी (*Compound Microscope*) की किरण आरेख

6. बोर्ड परीक्षा हेतु प्रश्न एवं उत्तर (*Chapter Questions & Answers*)

[A] 2 अंक वाले अतिलघुउत्तरीय प्रश्न (2 *Marks Questions*)

प्रश्न 1: पूर्ण आंतरिक परावर्तन किसे कहते हैं? इसकी दो आवश्यक शर्तें लिखिए। *MP Board 2019, 2022*

उत्तर: जब प्रकाश किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती है और आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से अधिक होता है, तो किरण उसी सघन माध्यम में वापस लौट आती है। इसे पूर्ण आंतरिक परावर्तन कहते हैं।

शर्तें: (1) प्रकाश सघन से विरल माध्यम में जाना चाहिए। (2) आपतन कोण > क्रांतिक कोण ($i > i_c$)।

प्रश्न 2: प्रकाश के प्रकीर्णन से आप क्या समझते हैं? रैले का प्रकीर्णन नियम लिखिए। *MP Board 2020*

उत्तर: जब प्रकाश माध्यम के ऐसे कणों पर आपतित होता है जिनका आकार प्रकाश की तरंगदैर्ध्य से बहुत छोटा होता है, तो प्रकाश चारों दिशाओं में फैल जाता है। इसे प्रकीर्णन कहते हैं।

रैले का नियम: प्रकीर्णित प्रकाश की तीव्रता तरंगदैर्ध्य के चतुर्थ घात के व्युत्क्रमानुपाती होती है: $I \propto 1/\lambda^4$।

प्रश्न 3: उत्तल लेंस के दो उपयोग तथा अवतल लेंस के दो उपयोग लिखिए। *MP Board 2023*

उत्तर:

- **उत्तल लेंस:** (1) दूरदृष्टि दोष निवारण में, (2) सूक्ष्मदर्शी व दूरदर्शी में।
- **अवतल लेंस:** (1) निकटदृष्टि दोष निवारण में, (2) गैलीलियो दूरदर्शी में।

[B] 3 अंक वाले लघुउत्तरीय प्रश्न (3 *Marks Questions*)

प्रश्न 4: लेंस की क्षमता से क्या तात्पर्य है? दो पतले लेंसों को संपर्क में रखने पर संयुक्त क्षमता एवं फोकस दूरी का सूत्र व्युत्पन्न कीजिए। *MP Board 2018, 2021*

उत्तर: किसी लेंस द्वारा प्रकाश किरणों को मोड़ने की क्षमता लेंस क्षमता कहलाती है ($P = 1/f$)।

यदि f_1 तथा f_2 फोकस दूरी वाले दो पतले लेंस परस्पर संपर्क में रखे हैं, तो प्रथम लेंस द्वारा बना प्रतिबिंब द्वितीय लेंस के लिए आभासी वस्तु का कार्य करता है।

लेंस सूत्र से: $1/v' - 1/u = 1/f_1$ तथा $1/v - 1/v' = 1/f_2$

दोनों समीकरणों को जोड़ने पर: $1/v - 1/u = 1/f_1 + 1/f_2$

यदि संयुक्त फोकस दूरी F हो, तो $1/F = 1/f_1 + 1/f_2$ एवं संयुक्त क्षमता $P = P_1 + P_2$ होगी।

प्रश्न 5: खतरे का संकेत (*Signal*) हमेशा लाल रंग का ही क्यों बनाया जाता है? *NCERT*

उत्तर: रैले के प्रकीर्णन नियम अनुसार ($I \propto 1/\lambda^4$), जिस रंग की तरंगदैर्ध्य (λ) जितनी अधिक होती है, उसका प्रकीर्णन (फैलाव) उतना ही कम होता है। लाल रंग की तरंगदैर्ध्य दृश्य प्रकाश में सर्वाधिक (~700 *nm*) होती है, जिसके कारण धुंध या कोहरे में भी लाल रंग का प्रकीर्णन सबसे कम होता है और वह दूर से स्पष्ट दिखाई देता है।

[C] 4 / 5 **अंक वाले दीर्घउत्तरीय प्रश्न (4/5** *Marks Questions*)

प्रश्न 6: लेंस निर्माता सूत्र (*Lens Maker's Formula*) $1/f = (\mu - 1) [(1/R_1) - (1/R_2)]$ की स्थापना कीजिए। *MP Board 2019, 2022, 2024*

उत्तर:

माना μ अपवर्तनांक का एक पतला उत्तल लेंस वायु में स्थित है। इसके पृष्ठों की वक्रता त्रिज्याएँ R_1 व R_2 हैं।

प्रथम पृष्ठ द्वारा अपवर्तन: मुख्य अक्ष पर रखी बिंदु वस्तु O का प्रतिबिंब I' दूरी v' पर बनता है।

गोलीय पृष्ठ से अपवर्तन सूत्र: $(\mu / v') - (1 / u) = (\mu - 1) / R_1$ --- (1)

द्वितीय पृष्ठ द्वारा अपवर्तन: I' द्वितीय पृष्ठ के लिए आभासी वस्तु का कार्य करता है और अंतिम प्रतिबिंब I दूरी v पर बनता है। (यहाँ माध्यम लेंस से वायु में प्रवेश करता है, अतः अपवर्तनांक $1/\mu$ होगा)

$((1/\mu) / v) - (1 / v') = ((1/\mu) - 1) / R_2$

दोनों पक्षों में μ से गुणा करने पर: $(1 / v) - (\mu / v') = - (\mu - 1) / R_2$ --- (2)

समीकरण (1) तथा (2) को जोड़ने पर:

$(1/v) - (1/u) = (\mu - 1) [(1/R_1) - (1/R_2)]$

यदि वस्तु अनंत पर हो ($u = \infty$), तो प्रतिबिंब फोकस पर बनेगा ($v = f$):

$1/f = (\mu - 1) [(1/R_1) - (1/R_2)]$ (इति सिद्धम)

प्रश्न 7: खगोलीय दूरदर्शी (*Astronomical Telescope*) का वर्णन निम्नलिखित शीर्षकों में कीजिए: (1) किरण आरेख, (2) आवर्धन क्षमता का सूत्र जब प्रतिबिंब अनंत पर बने तथा स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बने। *MP Board 2020, 2023*

उत्तर:

सिद्धांत: इसमें दो उत्तल लेंस होते हैं। अभिदृश्यक लेंस (L_o) का द्वारक एवं फोकस दूरी बड़ी तथा नेत्रिका (L_e) का द्वारक एवं फोकस दूरी छोटी होती है।

आवर्धन क्षमता के सूत्र:

① **स्थिति 1 (जब अंतिम प्रतिबिंब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी D पर बने):**

$M = - (f_o / f_e) [1 + (f_e / D)]$, नली की लंबाई $L = f_o + |u_e|$

② **स्थिति 2 (जब अंतिम प्रतिबिंब अनंत पर बने - सामान्य समायोजन):**

$M = - (f_o / f_e)$, नली की लंबाई $L = f_o + f_e$

7. महत्वपूर्ण संख्यात्मक प्रश्न (*Solved Numericals*)

आंकिक प्रश्न 1: एक उत्तल लेंस की वायु में फोकस दूरी 20 cm है। इसे जल में डुबोने पर इसकी फोकस दूरी क्या होगी? (काँच का अपवर्तनांक $^a\mu_g = 3/2$, जल का अपवर्तनांक $^a\mu_w = 4/3$) *MP Board 2022*

हल:

लेंस निर्माता सूत्र से वायु में: $1/f_a = (^a\mu_g - 1) (1/R_1 - 1/R_2)$

$\Rightarrow 1/20 = (3/2 - 1) K = (1/2) K \Rightarrow K = 1/10$

जल में लेंस का अपवर्तनांक: ${}^{w}\mu_g = {}^{a}\mu_g / {}^{a}\mu_w = (3/2) / (4/3) = 9/8$

जल में फोकस दूरी: $1/f_w = ({}^{w}\mu_g - 1) K = (9/8 - 1) (1/10) = (1/8) \times (1/10) = 1/80$

उत्तर: जल में फोकस दूरी $f_w = 80$ cm (वायु की फोकस दूरी की 4 गुनी)।

आंकिक प्रश्न 2: +5 D तथा -3 D क्षमता के दो पतले लेंस परस्पर संपर्क में रखे हैं। संयुक्त लेंस की क्षमता एवं फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। *MP Board 2023*

हल:

दिया है: $P_1 = +5$ D, $P_2 = -3$ D

संयुक्त क्षमता: $P = P_1 + P_2 = 5 - 3 = +2$ D

संयुक्त फोकस दूरी: $F = 1 / P = 1 / 2 = 0.5$ **मीटर** $= +50$ **सेमी**

उत्तर: संयुक्त क्षमता = +2 D, फोकस दूरी = +50 cm (उत्तल लेंस की भाँति व्यवहार करेगा)।

आंकिक प्रश्न 3: किसी प्रिज्म का अपवर्तक कोण 60° तथा न्यूनतम विचलन कोण 30° है। प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक ज्ञात कीजिए। ($\sin 45° = 1/\sqrt{2}$, $\sin 30° = 1/2$) *NCERT*

हल:

दिया है: $A = 60°$, $\delta_m = 30°$

सूत्र: $\mu = [\sin((A + \delta_m)/2)] / [\sin(A/2)]$

$\Rightarrow \mu = [\sin((60° + 30°)/2)] / [\sin(60°/2)] = \sin 45° / \sin 30°$

$\Rightarrow \mu = (1/\sqrt{2}) / (1/2) = 2 / \sqrt{2} = \sqrt{2} \approx 1.414$

उत्तर: प्रिज्म का अपवर्तनांक $\mu = 1.414$

8. महत्वपूर्ण अंतर (*Difference Tables*)

क्र.	संयुक्त सूक्ष्मदर्शी (*Compound Microscope*)	खगोलीय दूरदर्शी (*Astronomical Telescope*)
1	अत्यंत सूक्ष्म पास की वस्तुओं को देखने में प्रयुक्त।	दूर स्थित आकाशीय पिंडों को देखने में प्रयुक्त।
2	अभिदृश्यक लेंस छोटा (f_o छोटा) व नेत्रिका बड़ी होती है।	अभिदृश्यक लेंस बड़ा (f_o बड़ा) व नेत्रिका छोटी होती है।
3	आवर्धन क्षमता बढ़ाने के लिए f_o व f_e दोनों छोटे होने चाहिए।	आवर्धन क्षमता बढ़ाने के लिए f_o बड़ा तथा f_e छोटा होना चाहिए।

10. ट्रिक्स एवं याद रखने योग्य तथ्य (*Exam Tricks & Facts*)

🔥 **मुख्य ट्रिक्स** (*Memory Tricks*):

1. **दृष्टि दोष निवारण: "2 का 3, 3 का 4"**
   - **2 अक्षर:** नि-कट (3 अक्षर वाला लेंस → अ-व-त-ल)
   - **2 अक्षर:** दू-र (3 अक्षर वाला लेंस → उ-त्-त-ल)
2. **लेंस क्षमता:** फोकस दूरी सेमी में होने पर क्षमता $P = 100 / f(cm)$ लागू करें!

11. त्वरित पुनरावलोकन (*Quick Revision Notes*)

- आकाश का नीला रंग तथा सूर्योदय/सूर्यास्त के समय सूर्य का लाल दिखना: **प्रकाश का प्रकीर्णन**
- हीरे का चमकना व ऑप्टिकल फाइबर: **पूर्ण आंतरिक परावर्तन** (*TIR*)
- पानी की सतह पर तैरती तेल की बूंदों का रंगीन दिखना: **व्यतिकरण** (अध्याय 10)
- समतल दर्पण की फोकस दूरी **अनंत** (∞) तथा क्षमता **शून्य (0)** होती है।
- जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे में जाता है तो **आवृत्ति** (*Frequency*) **अपरिवर्तित** रहती है, जबकि वेग व तरंगदैर्ध्य बदल जाते हैं।

12. पिछले वर्षों के प्रश्न (*PYQs - Previous Years Questions*)

1. एक स्वस्थ नेत्र के लिए स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी कितनी होती है? (उत्तर: *25 cm*) **2018, 2022**
2. प्रकाशीय तंतु किस सिद्धांत पर कार्य करता है? (उत्तर: पूर्ण आंतरिक परावर्तन) **2019, 2023**
3. लेंस की क्षमता का *SI* मात्रक क्या है? (उत्तर: डायोप्टर / *Dioptre*) **2020, 2021**
4. प्राथमिक एवं द्वितीयक इंद्रधनुष में दो मुख्य अंतर लिखिए। **2020, 2024**
5. काँच के गुटके की क्षमता कितनी होती है? (उत्तर: शून्य) **2023**

***** शुभकामनाएँ - बोर्ड परीक्षा में 100/100 अंक प्राप्त करें *****