NCERT के पूर्णतया संशोधित नवीनतम् पाठ्यक्रम पर आधारित

संजीव®

भौतिक विज्ञान

कक्षा-12 (भाग-1)

माध्यमिक शिक्षा बोर्ड, राजस्थान के विद्यार्थियों के लिए

शिक्षा विभाग, राजस्थान द्वारा जारी प्रश्न बैंक के समस्त प्रश्न हल सहित यथास्थान दिये गये हैं।

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)

डॉ. श्याम प्रकाश पारीक
Associate Professor
एस एस जैन सुबोध पीजी कॉलेज, जयपुर

2027

मूल्य :
₹ 440/-

संजीव प्रकाशन
जयपुर-3

- प्रकाशक :

  संजीव प्रकाशन

  धामाणी मार्केट, चौड़ा रास्ता,

  जयपुर-3

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

- © प्रकाशकाधीन

- **मूल्य : ₹ 440.00**

- लेजर कम्पोजिंग :

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

- मुद्रक :

  मनोहर आर्ट प्रिन्टर्स, 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।
- 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-1** 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. इस पुस्तक में **शिक्षा विभाग, राजस्थान** द्वारा जारी **प्रश्न बैंक** के समस्त प्रश्नों को हल सहित यथास्थान दिया गया है, जिससे विद्यार्थियों को बोर्ड परीक्षा में मदद मिलेगी।
9. 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

विषय-सूची

1. वैद्युत आवेश तथा क्षेत्र
   (Electric Charges and Fields) 1-70

2. स्थिर-वैद्युत विभव तथा धारिता
   (Electrostatic Potential and Capacitance) 71-145

3. विद्युत धारा
   (Current Electricity) 146-202

4. गतिमान आवेश और चुम्बकत्व
   (Moving Charges and Magnetism) 203-256

5. चुम्बकत्व एवं द्रव्य
   (Magnetism and Matter) 257-284

6. वैद्युतचुम्बकीय प्रेरण
   (Electromagnetic Induction) 285-322

7. प्रत्यावर्ती धारा
   (Alternating Current) 323-368

8. वैद्युतचुम्बकीय तरंगें
   (Electromagnetic Waves) 369-394

- **परिशिष्ट** **395-400**

उच्च माध्यमिक परीक्षा, 2026

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 हल 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 **14, 15, 16, 17** व **18** में आन्तरिक विकल्प हैं।

खण्ड-अ (Section-A)

1. बहुविकल्पी प्रश्न (i से xviii) : निम्न प्रश्नों के उत्तर का सही विकल्प चयन कर उत्तर-पुस्तिका में लिखिए।

(i) $2\mu C$ तथा $3\mu C$ आवेश के दो गोले वायु में परस्पर 20 cm दूरी पर स्थित हैं। इन गोलों के मध्य कार्यरत् विद्युत बलों के परिमाण का अनुपात होगा- [½]
(अ) 1 : 1 (ब) 2 : 3
(स) 3 : 2 (द) 4 : 9

(ii) रैखिक आवेश घनत्व का SI मात्रक होता है- [½]
(अ) Cm (ब) C/m
(स) m/C (द) Cm^2

(iii) समविभव पृष्ठ तथा विद्युत क्षेत्र रेखाओं के मध्य कोण होता है- [½]
(अ) 180° (ब) 90°
(स) 45° (द) 0°

(iv) निम्न में से परावैद्युत पदार्थ होते हैं- [½]
(अ) चालक (ब) अतिचालक
(स) अर्धचालक (द) अचालक

(v) किसी संचायक बैटरी का विद्युत वाहक बल 10 V एवं आंतरिक प्रतिरोध 0.5Ω है। बैटरी से प्राप्त अधिकतम विद्युत धारा का मान होगा- [½]
(अ) 5 A (ब) 10 A
(स) 20 A (द) 0.05 A

(vi) एक घूर्णन में आवेशित कण द्वारा चुंबकीय क्षेत्र के अनुदिश चली गई दूरी को कहते हैं- [½]
(अ) पिच (चूड़ी अंतराल) (ब) कोणीय आवृत्ति
(स) कुंडलिनी की त्रिज्या (द) कोणीय विस्थापन

(vii) अतिचालक पदार्थ पूर्णत: प्रदर्शित करते हैं- [½]
(अ) लौह चुंबकत्व (ब) अनुचुंबकत्व
(स) प्रति चुंबकत्व (द) प्रबल लौह चुंबकत्व

(viii) 10 स्पोकों वाला साईकिल का एक पहिया पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के क्षैतिज घटक के लंबवत् 2 चक्र प्रति सेकण्ड की दर से घूम रहा है। जिससे पहिए की धुरी एवं रिम के मध्य प्रेरित विद्युत वाहक बल 'E' उत्पन्न होता है। यदि स्पोकों की संख्या दुगुनी कर दें, तो प्रेरित विद्युत वाहक बल होगा- [½]
(अ) 4E (ब) 2E
(स) E (द) $\frac{E}{2}$

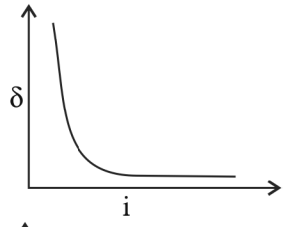
(ix) स्व प्रेरकत्व को कहते हैं- [½]
(अ) विद्युत बल (ब) विद्युत जड़त्व
(स) विद्युत दाब (द) विद्युत ऊर्जा

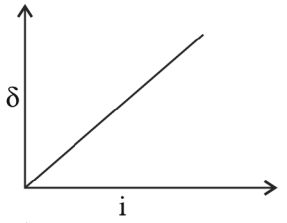
(x) प्रत्यावर्ती धारा के मूल माध्य वर्ग (rms) मान तथा इसके शिखर मान का अनुपात होता है- [½]
(अ) 1 : 1 (ब) 1 : 2
(स) $\sqrt{2}:1$ (द) $1:\sqrt{2}$

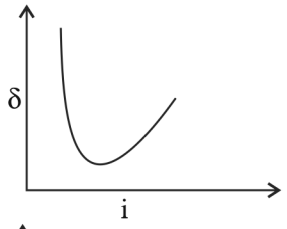
(xi) रिमोट नियंत्रकों में प्रयुक्त विद्युत चुंबकीय तरंग होती है-[½]
(अ) अवरक्त तरंग (ब) सूक्ष्म तरंग
(स) रेडियो तरंग (द) पराबैंगनी तरंग

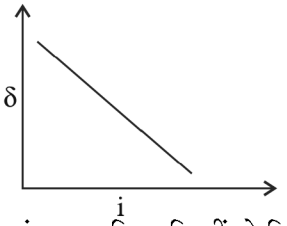
(xii) एक बाल्टी में जल 24 cm ऊँचाई तक भरा हुआ है। यदि जल का अपवर्तनांक $\frac{4}{3}$ हो, तो बाल्टी की तली पर रखी वस्तु की आभासी गहराई होगी- [½]
(अ) 32 cm (ब) 24 cm
(स) 12 cm (द) 18 cm

(xiii) किसी त्रिभुजाकार प्रिज्म के लिए आपतन कोण (i) एवं विचलन कोण (δ) के मध्य ग्राफ होता है- [½]

(अ)


(ब)


(स)


(द)


(xiv) किसी तरंगाग्र पर स्थित किन्हीं दो बिन्दुओं के मध्य कलांतर होता है– [½]

(अ) 0° (ब) 45°
(स) 90° (द) 120°

(xv) चार धातुएँ P, Q, R एवं S के कार्यफलन क्रमशः 2.3 eV, 3.2 eV, 4.25 eV एवं 5.15 eV हैं। इनमें सबसे न्यूनतम देहली आवृत्ति की धातु होगी– [½]

(अ) R (ब) S
(स) Q (द) P

(xvi) गाइगर-मार्सडन प्रकीर्णन प्रयोग में प्रयुक्त रेडियोएक्टिव स्रोत होता है– [½]

(अ) $^{235}_{92}U$ (ब) $^{214}_{83}Bi$
(स) $^{141}_{56}Ba$ (द) $^{89}_{36}Kr$

(xvii) तापनाभिकीय संलयन के लिए आवश्यक ताप होना चाहिए– [½]

(अ) 273 K (ब) 10^8 K
(स) 0 K (द) 10^{-5} K

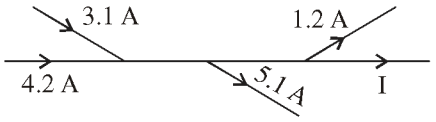
(xviii) यदि कार्बन, सिलिकॉन एवं जर्मेनियम के लिए ऊर्जा बैंड अंतराल क्रमशः E_1, E_2 एवं E_3 हो, तो इनमें सही संबंध होगा– [½]

(अ) $E_1 > E_2 > E_3$ (ब) $E_1 = E_2 = E_3$
(स) $E_1 < E_2 < E_3$ (द) $E_1 > E_2 < E_3$

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए– (i से x)

(i) वह अधिकतम विद्युत क्षेत्र जिसे कोई परावैद्युत माध्यम बिना भंजन के सहन कर सकता है, उस माध्यम की ..... कहलाती है। [½]

(ii) दिए गए विद्युत परिपथ में धारा 'I' का मान ..... A होगा। [½]



(iii) किसी वोल्टमीटर में विक्षेप प्रति एकांक वोल्टता को ..... कहते हैं। [½]

(iv) चुंबकीय क्षेत्र रेखा के किसी बिंदु पर खींची गई स्पर्श रेखा उस बिंदु पर परिणामी ..... की दिशा बताती है। [½]

(v) लेंज का नियम ..... संरक्षण नियम का पालन करता है। [½]

(vi) विस्थापन धारा की अवधारणा ..... नामक वैज्ञानिक ने दी थी। [½]

(vii) 1.52 अपवर्तनांक वाले काँच के एक लेंस को किसी द्रव से भरे खुले बर्तन में डालने से वह अदृश्य हो जाता है। द्रव का अपवर्तनांक ..... होगा। [½]

(viii) जल के पृष्ठ पर किसी समय जल के अणुओं का निस्पंदी रेखाओं पर विस्थापन ..... होता है। [½]

(ix) यदि किसी फोटॉन की तरंगदैर्घ्य आधी कर दी जाए, तो इसकी आवृत्ति ..... हो जाएगी। [½]

(x) 0.10 kg द्रव्यमान की एक वस्तु 10 m/s की चाल से गतिमान है। इससे संबद्ध तरंग की डी-ब्रोग्ली तरंगदैर्घ्य ..... m होगी। [½]

3. निम्न प्रश्नों के उत्तर एक से दो पंक्ति में दीजिए :

(i) ताँबे के लिए प्रतिरोधकता (ρ) एवं परम ताप (T) के मध्य ग्राफ बनाइए। [1]

(ii) धारा घनत्व को परिभाषित कीजिए। [1]

(iii) यदि चुंबकीय एकल ध्रुवों का अस्तित्व होता तो चुंबकत्व संबंधी गॉस के नियम का समीकरण लिखिए। [1]

(iv) किसी पदार्थ के चुंबकन (M), चुंबकीय तीव्रता (H) तथा चुंबकीय क्षेत्र (B) के मध्य संबंध लिखिए। [1]

(v) विद्युत चुंबकीय प्रेरण किसे कहते हैं? [1]

(vi) एक रेखीय ध्रुवित चुंबकीय तरंग का संचरण चित्र बनाइए। [1]

(vii) प्रकाश के विवर्तन को परिभाषित कीजिए। [1]

(viii) यदि किसी धातु का कार्यफलन 4.5 eV तथा इसके पृष्ठ से उत्सर्जित फोटो (प्रकाशिक) इलेक्ट्रॉन की गतिज

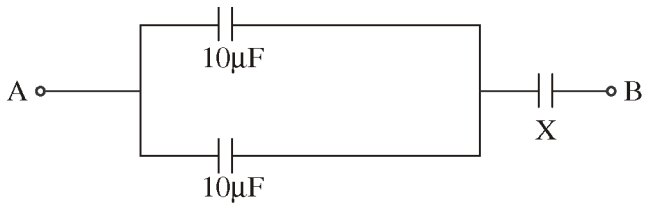
ऊर्जा 1.5 eV हो, तो आपतित प्रकाश के फोटॉन की ऊर्जा ज्ञात कीजिए। [1]

(ix) उत्सर्जन रैखिक स्पेक्ट्रम की परिभाषा लिखिए। [1]

(x) यदि ऑक्सीजन नाभिक $^{16}_{8}O$ की बंधन ऊर्जा 128 MeV हो, तो इसकी प्रति न्यूक्लियॉन बंधन ऊर्जा ज्ञात कीजिए। [1]

खण्ड-ब (Section-B)

4. दिए गए परिपथ में, यदि बिंदु A व B के मध्य तुल्यधारिता 15μF हो, तो संधारित्र X की धारिता ज्ञात कीजिए। [1½]



5. पास-पास रखी दो कुंडलियों का अन्योन्य प्रेरकत्व 2H है। यदि एक कुंडली में 0.1s में विद्युत धारा शून्य से बढ़कर 15A हो जाती है, तो दूसरी कुंडली की फ्लक्स बंधता में परिवर्तन ज्ञात कीजिए। [1½]

6. परिभाषित कीजिए- [1½]
(अ) वाटहीन धारा
(ब) शक्ति गुणांक।

7. पूर्ण आंतरिक परावर्तन को परिभाषित कीजिए। इस पर आधारित कोई एक परिघटना का नाम लिखिए। [1½]

8. हाइगेन्स के तरंग सिद्धांत से प्रकाश के अपवर्तन हेतु स्नैल का नियम व्युत्पन्न कीजिए। [1½]

9. पोलेरॉइड किसे कहते हैं? इसके कोई दो उपयोग लिखिए। [1½]

10. प्रकाश के तरंग सिद्धांत से प्रकाश विद्युत प्रभाव की व्याख्या क्यों नहीं की जा सकती है? कोई दो कारण लिखिए। [1½]

11. डी ब्रोग्ली परिकल्पना से बोर के क्वांटमीकरण के द्वितीय अभिग्रहीत की व्याख्या कीजिए। [1½]

12. परिभाषित कीजिए- [1½]
(अ) समभारिक
(ब) रेडियो एक्टिविटी

13. RC परिपथ में कालांक किसे कहते हैं? संधारित्र फिल्टर के साथ पूर्ण तरंग दिष्टकारी का परिपथ चित्र बनाइए। [1½]

खण्ड-स (Section-C)

14. वैद्युत द्विध्रुव के कारण उसकी अक्ष पर स्थित किसी बिंदु पर विद्युत क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त कीजिए। आवश्यक चित्र बनाइए। [2+1=3]

अथवा/OR

गॉस के नियम द्वारा सिद्ध कीजिए कि एक समान आवेशित अनंत समतल चादर के कारण किसी बिंदु पर विद्युत क्षेत्र का मान दूरी पर निर्भर नहीं करता है। आवश्यक चित्र बनाइए। [2+1=3]

15. प्रत्यावर्ती वोल्टता स्रोत के साथ श्रेणीबद्ध LCR परिपथ की प्रतिबाधा का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। [3]

अथवा/OR

ट्रांसफॉर्मर की कुंडलियों में फेरों की संख्या तथा धाराओं के मध्य संबंध स्थापित कीजिए। [3]

16. (i) नैज अर्धचालक तथा अपद्रवी अर्धचालक को परिभाषित कीजिए।

(ii) दाता ऊर्जा स्तर को चित्रित करते हुए ताप T > OK पर n-प्रकार के अर्धचालक का ऊर्जा बैंड आरेख बनाइए। [1+1+1=3]

अथवा/OR

(i) p-n संधि के निर्माण में 'ह्रासी क्षेत्र' एवं 'रोधिका विभव' को परिभाषित कीजिए।

(ii) ग्राही ऊर्जा स्तर को चित्रित करते हुए ताप T > OK पर p-प्रकार के अर्धचालक का ऊर्जा बैंड आरेख बनाइए। [1+1+1=3]

खण्ड-द (Section-D)

17. बायो-सावर्ट नियम का सूत्र सदिश रूप में लिखिए। इस नियम से किसी धारावाही वृत्ताकार पाश के अक्ष पर स्थित किसी बिंदु पर चुंबकीय क्षेत्र का सूत्र प्राप्त कीजिए। आवश्यक चित्र बनाइए। [1+2+1=4]

अथवा/OR

एम्पियर का परिपथीय नियम लिखिए। 'a' त्रिज्या के एक लंबे सीधे तार में स्थाई विद्युत धारा 'I' एक समान रूप से प्रवाहित हो रही है। तार के बाहर 'r' दूरी पर स्थित बिंदु (r > a) पर चुंबकीय क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त कीजिए। आवश्यक चित्र बनाइए। [1+2+1=4]

18. लेंस की क्षमता को परिभाषित कीजिए। सिद्ध कीजिए कि किसी गोलीय दर्पण की फोकस दूरी उसकी वक्रता त्रिज्या की आधी होती है। आवश्यक किरण चित्र बनाइए। [1+2+1=4]

अथवा/OR

आवर्धन क्षमता को परिभाषित कीजिए। सरल सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता का सूत्र प्राप्त कीजिए, यदि प्रतिबिंब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (D) पर बनता है। आवश्यक किरण चित्र बनाइए। [1+2+1=4]

❑❑❑

भौतिक विज्ञान भाग-1 (कक्षा-12)

वैद्युत आवेश तथा क्षेत्र
(Electric Charges and Fields)

1 अध्याय

1.1. भूमिका (Introduction)
1.2. वैद्युत आवेश (Electric Charge)
  1.2.1. धन तथा ऋण आवेश (Positive and Negative Charges)
  1.2.2. विद्युत आवेश का इलेक्ट्रॉन सिद्धान्त (Electron Theory of Electric Charge)
  1.2.3. घर्षण विद्युत की व्याख्या (Explanation of Frictional Electricity)
1.3. चालक तथा विद्युतरोधी (Conductors and Insulators)
1.4. वैद्युत आवेश के मूल गुण (Fundamental Properties of Electric Charge)
  1.4.1. आवेशों की योज्यता (Additivity of Charges)
  1.4.2. वैद्युत आवेश संरक्षित है (Electric Charge is Conserved)
  1.4.3. वैद्युत आवेश का क्वांटमीकरण (Quantization of Electric Charge)
1.5. कूलॉम का नियम (Coulomb's Law)
  1.5.1. सदिश रूप में कूलॉम का नियम (Coulomb's Law in Vector Form)
  1.5.2. कूलॉम नियम के महत्त्वपूर्ण तथ्य (Important Facts of Coulomb's Law)
1.6. बहुल आवेशों के बीच बल (Forces between Multiple Charges) या अध्यारोपण का सिद्धान्त (Principle of Superposition)
1.7. विद्युत क्षेत्र (Electric Field)
  1.7.1. विद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Intensity of Electric Field)
  1.7.2. बिन्दुवत् आवेश के कारण किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Intensity of Electric Field at a Point due to a Point Charge)
  1.7.3. आवेशों के निकाय के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Electric Field Intensity due to a System of Charges)
  1.7.4. विद्युत क्षेत्र का भौतिक अभिप्राय (Physical Significance of Electric Field)
1.8. विद्युत क्षेत्र रेखायें एवं उनके गुण (Electric Field Lines and their Properties)
1.9. विद्युत फ्लक्स (Electric Flux)
1.10. विद्युत द्विध्रुव तथा द्विध्रुव आघूर्ण (Electric Dipole and Dipole Moment)
  1.10.1. विद्युत द्विध्रुव के कारण उत्पन्न विद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Intensity of Electric Field due to an Electric Dipole)
  1.10.2. विद्युत द्विध्रुव का भौतिक महत्त्व (Physical Significance of Electric Dipole)
1.11. एकसमान विद्युत क्षेत्र में स्थित विद्युत द्विध्रुव पर बल तथा बल आघूर्ण (Torque and Force on a Dipole in a Uniform Electric Field)
1.12. संतत आवेश वितरण (Continuous Charge Distribution)
1.13. गाउस का नियम (Gauss's Law)
1.14. गाउस नियम के अनुप्रयोग (Applications of Gauss's Law)
  1.14.1. अनन्त लम्बाई के एकसमान आवेशित सीधे तार के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Electric Field Intensity due to an Infinite Length of Uniform Charged Wire)
  1.14.2. एकसमान आवेशित अनन्त समतल चादर के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Electric Field Intensity due to an Infinite Uniformly Charged Sheet)
  1.14.3. एकसमान आवेशित पतले गोलीय खोल के कारण विद्युत क्षेत्र की तीव्रता (Electric Field Intensity due to a Uniformly Charged Spherical Shell)

1.1. भूमिका (Introduction)

स्थिर विद्युतिकी, भौतिक विज्ञान की वह शाखा है जिसमें स्थिर आवेश तथा आवेशों द्वारा उत्पन्न क्षेत्रों के मध्य अनुक्रिया (Interaction) का अध्ययन किया जाता है। इस अध्याय में हम आवेश एवं इसके गुणधर्म, विद्युत क्षेत्र, विद्युत बल एवं विद्युत विभव के अतिरिक्त विद्युत द्विध्रुव की संकल्पना तथा इनके अनुप्रयोगों का विस्तृत अध्ययन करेंगे।

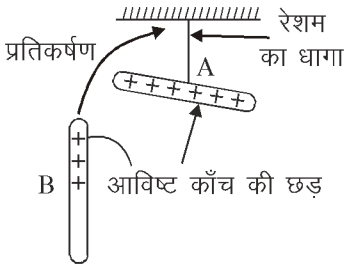
1.2. वैद्युत आवेश (Electric Charge)

ईसा से लगभग 600 वर्ष पूर्व एक प्रसिद्ध यूनानी दार्शनिक थेल्स (Thales) ने यह देखा कि जब अम्बर (Amber) नामक पदार्थ को **फलालेन, रेशम या बिल्ली की खाल से रगड़ा जाता है,** तो उसमें कागज के छोटे-छोटे टुकड़ों जैसी हल्की वस्तुओं को अपनी ओर आकर्षित करने की क्षमता उत्पन्न हो जाती है। थेल्स के पश्चात् लगभग 2000 वर्ष तक वैज्ञानिकों का इस खोज की ओर कोई ध्यान नहीं गया। सन् 1600 ई. में रानी एलिजाबेथ के चिकित्सक Dr. Gilbert ने अपने प्रयोगों द्वारा यह सिद्ध किया कि अम्बर की तरह से शीशा, चमड़ा, एबोनाइट, गन्धक, लाख आदि भी ऐसे पदार्थ हैं, जिनमें रगड़ने पर हल्की वस्तुओं को अपनी ओर खींचने की शक्ति आ जाती है। स्पष्ट है कि इन पदार्थों में आकर्षण का यह विशेष गुण घर्षण के फलस्वरूप ही उत्पन्न होता है। घर्षण से उत्पन्न इस आवेश को घर्षण विद्युत (Frictional Electricity) कहते हैं। घर्षण के बाद वस्तुओं में हल्की वस्तुओं को आकर्षित करने का गुण आ जाने पर घर्षित वस्तुओं को **विद्युतमय** (Electrified) कहा जाता है। दैनिक अनुभव में भी सूखे बालों में कंघी करके हम यह देख सकते हैं कि बाल संवारने के बाद कंघी, कागज के छोटे-छोटे टुकड़ों को आकर्षित करने लगती है। वस्तुतः इस प्रक्रिया में कंघी विद्युतमय हो जाती है। विद्युतमय पदार्थ के इस लाक्षणिक गुण को **विद्युत आवेश** (Electric Charge) कहते हैं। विद्युतमय पदार्थ को आवेशित (Charged) पदार्थ भी कहा जाता है।

1.2.1. धन तथा ऋण आवेश (Positive and Negative Charges)–

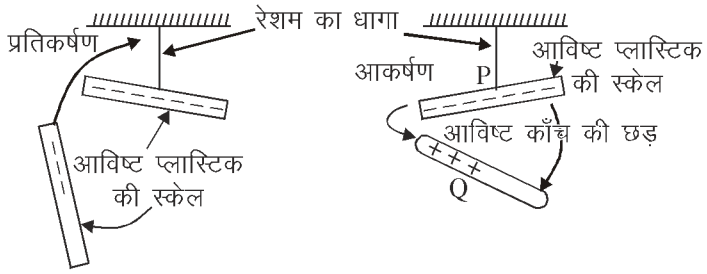
कुछ वर्षों के प्रयोगों के बाद वैज्ञानिकों ने यह देखा कि रगड़ने से दो विभिन्न प्रकार के आवेश प्राप्त होते हैं। ये आवेश विशेष परिस्थितियों में एक-दूसरे को आकर्षित एवं प्रतिकर्षित करते हैं। इस घटना को प्रदर्शित करने के लिए हम निम्न प्रयोग करते हैं–

एक काँच की छड़ को रेशम के कपड़े से रगड़कर उसे एक धागे से स्थिर आधार पर चित्र I में दिखाये अनुसार लटका देते हैं। अब हम एक अन्य काँच की छड़ को लेते हैं। इसे भी रेशम के कपड़े से रगड़कर निलम्बित छड़ के निकट लाते हैं तो हम देखते हैं कि छड़ प्रतिकर्षण करती है।



सजातीय धन आवेशों में प्रतिकर्षण होता है

चित्र I



(अ) सजातीय ऋण आवेशों में प्रतिकर्षण होता है

(ब) विजातीय आवेशों में आकर्षण होता है

चित्र II

इसी प्रकार प्लास्टिक की दो स्केल व ऊनी कपड़े की सहायता से उपरोक्त प्रयोग को पुनः करें तो हम देखते हैं कि आवेशित प्लास्टिक की स्केलों में भी प्रतिकर्षण होता है। जैसा कि चित्र II (अ) में दिखाया गया है।

अब हम आवेशित प्लास्टिक की स्केल के पास आवेशित काँच की छड़ लाते हैं तो हम देखते हैं कि प्लास्टिक स्केल व काँच की छड़ में आकर्षण हो रहा है। जैसा कि चित्र II (ब) में दिखाया गया है।

उपरोक्त प्रयोग से स्पष्ट है कि काँच की छड़ में रेशम के वस्त्र से रगड़ने पर उत्पन्न विद्युत, प्लास्टिक की स्केल को ऊनी कपड़ों से रगड़ने पर उत्पन्न विद्युत से भिन्न प्रकृति की है। अतः आवेशित वस्तुओं को दो भागों में बाँटा गया है–

(1) प्रथम प्रकार की वे आवेशित वस्तुएँ जिनमें *रेशम के कपड़े से रगड़ी हुई काँच की छड़ के समान विद्युत उत्पन्न होती है।* इस प्रकार से आवेशित वस्तुओं को धन आवेश से आवेशित कहते हैं।

(2) दूसरे प्रकार में वे वस्तुएँ आती हैं जिनमें *ऊनी वस्त्र अथवा फर से रगड़ी हुई प्लास्टिक की स्केल के समान विद्युत गुण उत्पन्न होते हैं।* इस प्रकार की आवेशित वस्तुओं को ऋण विद्युत से आवेशित कहते हैं।

उपरोक्त प्रयोगों से स्पष्ट है कि

(i) सजातीय आवेशों में प्रतिकर्षण होता है।

(ii) विजातीय आवेशों में आकर्षण होता है।

यहाँ पर प्रयोग से यह निष्कर्ष निकलता है कि रगड़ी जाने वाली वस्तु और वह वस्तु जिससे रगड़ते हैं, दोनों में एक साथ समान एवं विपरीत आवेश प्रकट होते हैं।

हम आगे यह अध्ययन करेंगे कि प्रत्येक पदार्थ के परमाणुओं में समान मात्रा में धन आवेश एवं ऋण आवेश होते हैं। मूलतया ऋण आवेश इलेक्ट्रॉनों में और धन आवेश प्रोटॉनों में होता है। इसके कारण प्रत्येक परमाणु विद्युतीय दृष्टि से उदासीन होता है। जब हम काँच की छड़ को रेशम के कपड़े से रगड़ते हैं तो काँच की छड़ से कुछ इलेक्ट्रॉन (ऋण आवेश) रेशम के कपड़े में स्थानान्तरित हो जाते हैं। इसके कारण काँच की छड़ में धन आवेशों का बाहुल्य हो जाता है और रेशम के कपड़े में ऋण आवेश का बाहुल्य हो जाता है।

1.2.2. विद्युत आवेश का इलेक्ट्रॉन सिद्धान्त (Electron Theory of Electric Charge)–

इस सिद्धान्त के अनुसार प्रत्येक पदार्थ छोटे-छोटे कणों से मिलकर बना होता है, जिन्हें हम परमाणु (atoms) कहते हैं। परमाणु का समस्त भार उसके केन्द्रीय भाग में समाहित होता है, जिसे नाभिक कहते हैं। नाभिक दो प्रकार के भौतिक कण होते हैं–(1) प्रोटॉन (2) न्यूट्रॉन। प्रोटॉन पर धन आवेश होता है जबकि न्यूट्रॉन उदासीन होता है। नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन पर ऋण आवेश होता है। प्रत्येक इलेक्ट्रॉन पर ऋण आवेश परिमाण में प्रत्येक प्रोटॉन के धन आवेश के बराबर होता है। इसके अलावा प्रत्येक परमाणु में प्रोटॉन की संख्या इलेक्ट्रॉन की संख्या के बराबर होती है। अतः परमाणु में दो विपरीत प्रकार के आवेशित कणों के विद्यमान होने के बावजूद भी परमाणु विद्युत रूप से उदासीन होता है।

यदि किसी परमाणु से किसी प्रकार एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉन निकाल देते हैं, तो इस पर धनावेश की मात्रा बढ़ जाती है तथा यह धनावेशित कहा जाता है। जब कोई परमाणु बाहर से किसी प्रकार एक या एक से अधिक इलेक्ट्रॉन ग्रहण कर लेता है तो इस पर ऋणावेश की मात्रा बढ़ जाती है तथा यह ऋणावेशित कहा जाता है क्योंकि प्रत्येक वस्तु में असंख्य परमाणु होते हैं। **"अतः किसी वस्तु का धनावेशित होना उसके परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों की कमी को तथा ऋणावेशित होना इलेक्ट्रॉनों के आधिपत्य को प्रदर्शित करता है।"**

क्योंकि किसी वस्तु के धनावेशित तथा ऋणावेशित होने की क्रिया इलेक्ट्रॉन के स्थानान्तरण से ही समझाई जा सकती है तथा इलेक्ट्रॉन परमाणु से आसानी से अलग भी किया जा सकता है, प्रोटॉन नहीं। अतः **किसी वस्तु के आवेशित होने के लिए इलेक्ट्रॉन ही उत्तरदायी होता है, प्रोटॉन नहीं।**

महत्त्वपूर्ण तथ्य–(1) किसी वस्तु के धनावेशित होने का आशय है वस्तु पर सामान्य अवस्था में इलेक्ट्रॉनों की कमी होना और वस्तु के ऋणावेशित होने का आशय है कि वस्तु पर सामान्य अवस्था में इलेक्ट्रॉनों की अधिकता का होना।

(2) किसी वस्तु के विद्युतीकरण के लिए इलेक्ट्रॉन उत्तरदायी होते हैं, प्रोटॉन नहीं, क्योंकि इलेक्ट्रॉन नाभिक से बाहर रहते हैं, उन्हें पृथक् करना आसान है जबकि प्रोटॉन नाभिक के अन्दर प्रबल बलों द्वारा बँधे रहते हैं, अतः प्रोटॉनों को नाभिक से हटाना कठिन है।

1.2.3. घर्षण विद्युत की व्याख्या (Explanation of Frictional Electricity)–

सामान्यतः हम यह अनुभव करते हैं कि अम्बर नामक पदार्थ को ऊन से रगड़ने पर इसमें हल्की वस्तु (जैसे–कागज के छोटे-छोटे टुकड़े, हल्के तिनके इत्यादि) को आकर्षित करने का गुण आ जाता है। इसी प्रकार **काँच की छड़ को रेशम के कपड़े से** रगड़ने पर तथा एबोनाइट को बिल्ली की खाल से रगड़ने पर इनमें भी ऐसा ही गुण उत्पन्न हो जाता है। स्पष्ट है कि इन पदार्थों में आकर्षण का यह विशेष गुण घर्षण के फलस्वरूप ही उत्पन्न होता है। घर्षण से उत्पन्न इस प्रभाव को घर्षण विद्युत कहते हैं। जब काँच की छड़ को रेशम से रगड़ते हैं तो काँच के परमाणुओं से कुछ इलेक्ट्रॉन निकलकर रेशम में चले जाते हैं। इससे काँच पर इलेक्ट्रॉन की कमी हो जाने के कारण धन आवेश की अधिकता हो जाती है तथा रेशम पर ऋण आवेश की अधिकता हो जाती है। अतः काँच की छड़ धन आवेशित और रेशम ऋण आवेशित हो जाता है। इसी प्रकार एबोनाइट की छड़ को बिल्ली की खाल से रगड़ने पर खाल से कुछ इलेक्ट्रॉन एबोनाइट में आ जाते हैं अतः एबोनाइट की छड़ इलेक्ट्रॉन की अधिकता के कारण ऋण आवेशित हो जाती है तथा बिल्ली की खाल इलेक्ट्रॉन की कमी के कारण धन आवेशित हो जाती है। हम जानते हैं कि इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg होता है और वस्तु से इलेक्ट्रॉन हटने पर उसके द्रव्यमान में कमी होगी। यद्यपि यह कमी अथवा वृद्धि बहुत ही कम मात्रा में अर्थात् अत्यल्प होती है। लेकिन यह सैद्धान्तिक रूप से सही है। *नीचे दी गई सारणी में घर्षण के कारण प्रथम कॉलम की वस्तुओं पर धनात्मक तथा द्वितीय कॉलम की वस्तुओं पर ऋणात्मक आवेश आ जाता है।*

धनात्मक आवेश (Positive Charge)	**ऋणात्मक आवेश** (Negative Charge)
1. काँच की छड़	रेशम का कपड़ा
2. बिल्ली की खाल	(i) एबोनाइट छड़ (ii) प्लास्टिक की कोई छड़
3. ऊनी कपड़ा	(i) एबोनाइट (ii) रबर (iii) प्लास्टिक

किसी कण के द्रव्यमान का व्यवहार आवेश जैसा नहीं होता है, चूँकि अति उच्च वेग $v \sim c$ पर कण का द्रव्यमान $m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ होता है।

यहाँ पर m_o कण के स्थिर अवस्था में द्रव्यमान का मान है जबकि आवेश के लिए ऐसा नहीं होता है। इसका मुख्य कारण यह है कि आवेश धनात्मक और ऋणात्मक होता है लेकिन द्रव्यमान केवल धनात्मक ही होता है। आवेश सदैव द्रव्यमान से जुड़ा रहता है अर्थात् द्रव्यमान के बिना आवेश का अस्तित्व नहीं हो सकता है जबकि आवेश के बिना द्रव्यमान का अस्तित्व हो सकता है। जिन कणों का विराम द्रव्यमान शून्य होता है वे कण आवेशित नहीं हो सकते हैं। जैसे–फोटॉन अथवा न्यूट्रिनो।