NCERT के पूर्णतया संशोधित नवीनतम् पाठ्यक्रम पर आधारित

संजीव®

भौतिक विज्ञान

कक्षा-12 (भाग-1)

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.

2025

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. 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

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) 146-200

4. गतिमान आवेश और चुम्बकत्व
   (Moving Charges and Magnetism) 201-252

5. चुम्बकत्व एवं द्रव्य
   (Magnetism and Matter) 253-280

6. वैद्युतचुम्बकीय प्रेरण
   (Electromagnetic Induction) 281-317

7. प्रत्यावर्ती धारा
   (Alternating Current) 318-363

8. वैद्युतचुम्बकीय तरंगें
   (Electromagnetic Waves) 364-389

- **परिशिष्ट** **390-395**

भौतिक विज्ञान भाग-1 (कक्षा-12)

वैद्युत आवेश तथा क्षेत्र
(Electric Charge and Field)

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 (Intraction) 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।

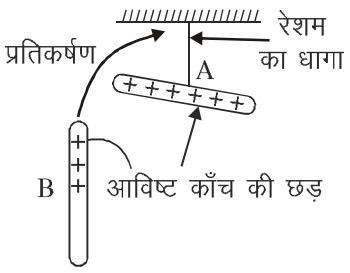
1.2. वैद्युत आवेश (Electric Charge)

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।

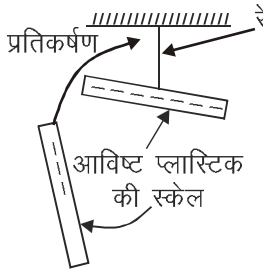
1.2.1. धन तथा ऋण आवेश (Positive and Negative Charges)–

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–

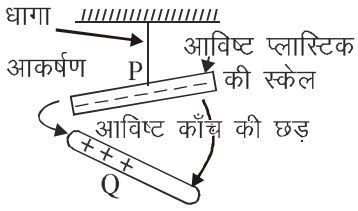
एक काँच की छड़ को रेशम के कपड़े से रगड़कर उसे एक धागे से स्थिर आधार पर चित्र I में दिखाये अनुसार लटका देते हैं। अब हम एक अन्य काँच की छड़ को लेते हैं। इसे भी रेशम के कपड़े से रगड़कर निलम्बित छड़ के निकट लाते हैं तो हम देखते हैं कि छड़ प्रतिकर्षण करती है।



सजातीय धन आवेशों में प्रतिकर्षण होता है



(अ) सजातीय ऋण आवेशों में प्रतिकर्षण होता है



(ब) विजातीय आवेशों में आकर्षण होता है

चित्र I **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 से 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 निकल कर 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 यह 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।

द्रव्यमान तथा आवेश में अन्तर

द्रव्यमान	आवेश
1. बिना आवेश के द्रव्यमान सम्भव है।	बिना द्रव्यमान के आवेश सम्भव नहीं है।
2. द्रव्यमान, निर्देश तन्त्र पर आधारित है। $m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$	आवेश, निर्देश तन्त्र पर निर्भर नहीं करता है।
3. द्रव्यमान सदैव धनात्मक होता है।	आवेश धनात्मक या ऋणात्मक दोनों प्रकार का सम्भव है। ऋण आवेशित वस्तु का द्रव्यमान अधिक तथा धन आवेशित वस्तु का द्रव्यमान कम होता है।
4. दो द्रव्यमानों के मध्य सदैव आकर्षण बल होता है– $F = -\frac{G m_1 m_2}{r^2}$ यह बल माध्यम पर निर्भर नहीं करता है।	दो आवेशों के मध्य आकर्षण या प्रतिकर्षण हो सकता है। $F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$ यह बल माध्यम पर निर्भर करता है– $F_{\text{माध्यम}} = \frac{k}{\epsilon_r}\frac{q_1 q_2}{r^2}$
5. त्वरित द्रव्यमान ऊर्जा उत्सर्जित नहीं करता है।	त्वरित आवेश ऊर्जा उत्सर्जित करता है।

1.3. चालक तथा विद्युतरोधी (Conductors and Insulators)

प्रकृति में पाये जाने वाले समस्त पदार्थों को मुख्यतः दो भागों में बाँटा जा सकता है–

(1) चालक (Conductors) तथा

(2) विद्युतरोधी (Insulators)

(1) चालक (Conductors)–वे पदार्थ जिन्हें विद्युत आवेशों को एक स्थान से दूसरे स्थान तक प्रवाह के लिए उपयोग में लिया जाता है, उन्हें चालक पदार्थ कहते हैं। **उदाहरणार्थ**, लोहा, ताँबा, चाँदी, एल्यूमीनियम, पारा, अम्ल, क्षार, साल्ट का घोल इत्यादि विद्युत के चालक पदार्थ हैं। चाँदी विद्युत का सबसे अच्छा चालक है। जब किसी चालक को आवेश दिया जाता है तो यह आवेश चालक के बाह्य पृष्ठ पर फैल जाता है तथा चालक के भीतर प्रत्येक बिन्दु पर आवेश शून्य होता है।

(2) विद्युतरोधी (Insulators)–वह पदार्थ जिससे होकर आवेश (या विद्युत) का प्रवाह नहीं हो सकता है, कुचालक या विद्युतरोधी कहलाता है। **उदाहरणार्थ,** काँच, रबर, प्लास्टिक, ऐबोनाइट इत्यादि विद्युतरोधी पदार्थ हैं। इन्हें **परावैद्युत पदार्थ** (dielectric) भी कहा जाता है।

मुक्त एवं बद्ध आवेश (Free and Bound Charges)– सामान्यतः पदार्थों में विद्युत का चालन **इलेक्ट्रॉन** (ऋणावेशित कण) द्वारा होता है। परमाणु में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर विभिन्न कक्षाओं में परिक्रमण करते हैं।

कुछ पदार्थों में परमाणुओं के संयोजी इलेक्ट्रॉनों पर नाभिक का आकर्षण प्रबल होने के कारण इनके संयोजी इलेक्ट्रॉनों का पदार्थ में सामान्यतः मुक्त रूप से विचरण सम्भव नहीं हो पाता है। ऐसे इलेक्ट्रॉनों को बद्ध इलेक्ट्रॉन तथा ऐसे पदार्थ को **विद्युतरोधी (परावैद्युत) पदार्थ कहते हैं।** परावैद्युत पदार्थों को बाह्य विद्युत क्षेत्र में रखने पर उनके परमाणुओं में इनके धनावेशों का केन्द्र तथा ऋणावेशों का केन्द्र परस्पर विस्थापित हो जाता है। फलतः उनके पृष्ठ पर प्रेरित आवेश आ जाता है।

1.4. वैद्युत आवेश के मूल गुण (Fundamental Properties of Electric Charge)

हमने यह देखा कि आवेश दो प्रकार के होते हैं–धनात्मक और ऋणात्मक। सजातीय आवेश एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं, जबकि विजातीय आवेश एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं। यहाँ पर हम विद्युत आवेशों के कुछ अन्य महत्त्वपूर्ण गुणों का वर्णन करेंगे।

1.4.1. आवेशों की योज्यता (Additivity of Charges)–

''आवेशों की योज्यता वह गुण है जिसके द्वारा किसी निकाय का कुल आवेश उसके विभिन्न आवेशों के बीजीय योग से प्राप्त किया जाता है।'' अर्थात् आवेशों को वास्तविक संख्याओं की भाँति जोड़ा जा सकता है अथवा आवेश द्रव्यमान की भाँति अदिश राशि है।

यदि किसी निकाय में n आवेश $q_1, q_2, q_3, ... q_n$ हैं तो निकाय का कुल आवेश $q_1 + q_2 + q_3 + ... + q_n$ है। आवेश का द्रव्यमान की भाँति ही परिमाण होता है, दिशा नहीं होती। किसी वस्तु

का द्रव्यमान सदैव धनात्मक होता है जबकि कोई आवेश या तो धनात्मक हो सकता है अथवा ऋणात्मक। अतः **किसी निकाय का आवेश ज्ञात करते समय उचित चिन्ह का प्रयोग करना होता है।**

उदाहरण के लिए, यदि किसी निकाय में + 2q, – 5q व + 7q आवेश है तो निकाय का कुल आवेश q = + 2q – 5q + 7q = + 4q होगा।

नोट–यदि किसी पदार्थ पर *आवेशों का योग शून्य हो तो वह पदार्थ उदासीन कहा जाता है।*

1.4.2. वैद्युत आवेश संरक्षित है (Electric Charge is Conserved)–

आवेश संरक्षण को समझने के लिए हम विलगित निकाय लेते हैं। विलगित निकाय से अभिप्राय ऐसे तन्त्र से है, जिसमें न तो कोई आवेश प्रवेश कर सकता है तथा न ही कोई आवेश बाहर निकल सकता है। किसी भी विलगित तन्त्र में आवेश की कुल मात्रा नियत रहती है। इसे आवेश संरक्षण का नियम कहते हैं।

यदि किसी विलगित निकाय के तन्त्र में दो पिण्ड पर आवेश q_1 व q_2 हैं एवं इनमें परस्पर अभिक्रिया के फलस्वरूप आवेश q_3 व q_4 हो जाते हैं तो आवेश संरक्षण के नियमानुसार तंत्र में कुल आवेश की मात्रा स्थिर रहनी चाहिए अतः क्रिया से पूर्व आवेश = क्रिया के पश्चात् आवेश अर्थात्

$$q_1 + q_2 = q_3 + q_4$$

इसी प्रकार किसी रासायनिक या विद्युत प्रक्रिया में किसी तन्त्र में कुछ धन आवेश उत्पन्न होता है तो उतने ही ऋण आवेश भी उत्पन्न होने चाहिए, जिससे इनका योग प्रक्रिया से पूर्व आवेश के मान के बराबर हो जाए। काँच की छड़ को जब आवेशित करते हैं तो उसे रेशम के कपड़े से रगड़ते हैं, जिससे काँच की छड़ एवं रेशम पर विपरीत आवेश उत्पन्न होते हैं। रगड़ने के कारण आवेशन की प्रक्रिया में आवेश का बीजगणितीय योग अपरिवर्तित रहता है।

इसी प्रकार नाभिकीय क्रियाओं में भी आवेश संरक्षित रहता है।

$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{36}Kr^{92} + {}_{56}Ba^{141} + 3\ {}_0n^1 +$ ऊर्जा

इस समीकरण में बायीं ओर आवेश की मात्रा = 92 + 0 = 92

दायीं ओर आवेश की मात्रा = 36 + 56 = 92

अतः आवेश संरक्षित है।

युग्म उत्पादन (Pair Production)–नाभिकीय अभिक्रियाओं में जब 1.02 MeV से अधिक ऊर्जा के फोटोन द्रव्य से अन्योन्य क्रिया करते हैं तो एक इलेक्ट्रॉन व एक पॉजीट्रान का उत्पादन होता है।

$\gamma = e^+ + e^-$

अतः आवेश संरक्षित रहता है।

1.4.3. वैद्युत आवेश का क्वांटमीकरण (Quantization of Electric Charge)–

प्रयोगों द्वारा यह पाया गया कि प्रत्येक आवेशित वस्तु (छोटी अथवा बड़ी) पर उपस्थित आवेश सदैव आवेश की एक न्यूनतम मात्रा का पूर्ण गुणक होता है। आवेश की इस न्यूनतम मात्रा को मूल आवेश (Fundamental Charge) कहते हैं तथा इसे e से प्रदर्शित करते हैं। सन् 1912 में वैज्ञानिक मिलीकॉन ने अपने प्रयोग द्वारा यह ज्ञात किया कि आवेश की यह न्यूनतम मात्रा $e = 1.6 \times 10^{-19}$ कूलॉम होती है। यह इलेक्ट्रॉन पर उपस्थित आवेश का ही परिमाण है। अतः प्रकृति में e से छोटा कोई आवेश नहीं है अतः किसी भी आवेशित वस्तु अथवा कण पर उपस्थित आवेश ज्ञात करें तो वह सदैव e, 2e, 3e, ... अथवा – e, – 2e, – 3e, ... ही होगा, e के भिन्न रूप में नहीं अर्थात् 0.7e, 3.5e, ... 1.5e आदि नहीं। अतः इस तथ्य से स्पष्ट होता है कि **"किसी वैद्युत/आवेश को अनिश्चित रूप में विभाजित नहीं किया जा सकता है। आवेश का यह गुण आवेश की परमाणुकता** (Atomicity of Charge) **कहा जाता है।"**

वैज्ञानिक मिलिकॉन ने मूल आवेश e को विद्युत का क्वान्टम कहा। इस गुण का कारण यह है कि वस्तुओं के वैद्युतीकरण में इलेक्ट्रॉन पूर्ण संख्या में ही एक वस्तु से दूसरी वस्तु में स्थानान्तरित हो सकते हैं, भिन्नात्मक रूप में नहीं। **अतः आवेशित वस्तुओं पर वैद्युत आवेश सतत परिमाण में न होकर असतत विवक्त परिमाण में होता है। वैद्युत आवेश का यह गुण आवेश का क्वाण्टमीकरण कहलाता है।**

इसका अर्थ है कि किसी आवेशित वस्तु पर उपस्थित आवेश सदैव मूल आवेश (e) का पूर्ण गुणक होता है अर्थात् q = ne (जहाँ पर $n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, ...$)

उदाहरण 1. यदि किसी पिण्ड से एक सेकण्ड में 10^9 इलेक्ट्रॉन किसी अन्य पिण्ड में स्थानान्तरित होते हैं तो 1C आवेश के स्थानान्तरण में कितना समय लगेगा? (NCERT)

हल–हम जानते हैं कि आवेश क्वान्टित होता है और इसका क्वान्टम इलेक्ट्रॉन पर आवेश का मान $e = 1.6 \times 10^{-19}C$ के बराबर होता है।

अतः 1C आवेश के स्थानान्तरण के लिए स्थानान्तरित इलेक्ट्रॉन की संख्या होगी–

$$n = \frac{q}{e}$$

$$n = \frac{1}{1.6\times10^{-19}}$$

$$n = 6.25 \times 10^{18}$$

अतः 1 कूलॉम आवेश (या 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन) स्थानान्तरित होने में लगा समय

$$(T) = \frac{6.25\times10^{18}}{10^9} \text{ सेकण्ड}$$

$$T = 6.25 \times 10^9 \text{ सेकण्ड}$$

वर्ष में बदलने पर $T = \frac{6.25\times10^9}{60\times60\times24\times365}$ वर्ष

$$= 198.18 \approx 200 \text{ वर्ष}$$

उदाहरण 2. एक कप जल में कितने धन तथा ऋण आवेश होते हैं? (NCERT)

हल–माना एक कप जल का द्रव्यमान m = 250g,

तथा जल का अणु द्रव्यमान M = 18

अतः एक कप जल में अणुओं की संख्या