# Ch 1 · Electric Charges & Fields
# अध्याय 1 · विद्युत आवेश तथा क्षेत्र

Class 12 Physics · CGBSE 2027 · Important Questions with Solutions / महत्वपूर्ण प्रश्न एवं हल

## A. Objective / वस्तुनिष्ठ (1 mark)

**Q1. SI unit of electric flux is —**
विद्युत फ्लक्स का SI मात्रक है —

> **Ans/उत्तर:** $N\ m^2\ C^{-1}$ (or V m)

**Q2. Net force on an electric dipole in a uniform electric field is —**
एकसमान विद्युत क्षेत्र में विद्युत द्विध्रुव पर परिणामी बल होता है —

> **Ans/उत्तर:** Zero / शून्य

**Q3. Dielectric constant of a metal is —**
धातु का परावैद्युतांक होता है —

> **Ans/उत्तर:** Infinite (∞) / अनंत

**Q4. Value of $1/4\pi\varepsilon_0$ is —**
$1/4\pi\varepsilon_0$ का मान है —

> **Ans/उत्तर:** $9 \times 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$

**Q5. Electric field of a dipole at large distance r varies as —**
अधिक दूरी r पर द्विध्रुव का विद्युत क्षेत्र किसके अनुसार बदलता है —

> **Ans/उत्तर:** $1/r^3$

## B. Very Short / अति लघु (2 marks)

**Q6. What is quantization of charge?**

आवेश का क्वांटीकरण क्या है? [2]

Charge on any body is always an integral multiple of e: $q = \pm ne$, $n = 1, 2, 3...$, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C.

किसी वस्तु पर आवेश सदैव इलेक्ट्रॉन के आवेश e का पूर्ण गुणज होता है: $q = \pm ne$.

**Q7. Why do two electric field lines never intersect?**

दो विद्युत क्षेत्र रेखाएँ एक-दूसरे को क्यों नहीं काटतीं? [2]

At the point of intersection, two tangents give two directions of field, which is impossible.

प्रतिच्छेद बिंदु पर दो स्पर्श रेखाएँ खींची जा सकेंगी, अर्थात क्षेत्र की दो दिशाएँ होंगी, जो असंभव है।

**Q8. State Coulomb's law. Write it in vector form.**

कूलॉम का नियम लिखिए तथा सदिश रूप दीजिए। [2]

Force between two point charges is directly proportional to the product of charges and inversely proportional to the square of distance between them.

दो बिंदु आवेशों के बीच बल आवेशों के गुणनफल के अनुक्रमानुपाती तथा उनके बीच की दूरी के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

$F = (1/4\pi\varepsilon_0) \cdot q_1 q_2 / r^2$ $\vec{F}_{12} = (1/4\pi\varepsilon_0)(q_1 q_2/r^2)\,\hat{r}_{21}$

**Q9. Define electric dipole moment. Write its SI unit.**

विद्युत द्विध्रुव आघूर्ण की परिभाषा दीजिए। इसका SI मात्रक लिखिए। [2]

Product of either charge and distance between them: $p = q \times 2a$. Direction: $-q$ to $+q$. Unit: C m. It is a vector.

किसी एक आवेश के परिमाण तथा दोनों आवेशों के बीच की दूरी का गुणनफल। दिशा: ऋण से धन आवेश की ओर। मात्रक: कूलॉम-मीटर।

**Q10. State Gauss's law in electrostatics.**

*स्थिरवैद्युतिकी में गाउस का नियम लिखिए।* [2]

Total electric flux through a closed surface is $1/\varepsilon_0$ times the net charge enclosed.

किसी बंद पृष्ठ से गुजरने वाला कुल विद्युत फ्लक्स उस पृष्ठ द्वारा घिरे कुल आवेश का $1/\varepsilon_0$ गुना होता है।

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q / \varepsilon_0$$

## C. Short / लघु उत्तरीय (3 marks)

**Q11. Write any four properties of electric field lines.**

*विद्युत क्षेत्र रेखाओं के कोई चार गुण लिखिए।* [3]

- Start from +ve charge, end on –ve charge. / धन आवेश से निकलकर ऋण आवेश पर समाप्त होती हैं।
- Never intersect each other. / एक-दूसरे को कभी नहीं काटतीं।
- Do not form closed loops. / बंद लूप नहीं बनातीं।
- Tangent gives field direction; closeness shows strength. / स्पर्श रेखा क्षेत्र की दिशा, सघनता क्षेत्र की तीव्रता बताती है।
- Perpendicular to conductor surface. / चालक के पृष्ठ के लंबवत होती हैं।

**Q12. Derive torque on an electric dipole placed in a uniform electric field.**

*एकसमान विद्युत क्षेत्र में रखे द्विध्रुव पर बल आघूर्ण का व्यंजक प्राप्त कीजिए।* [3]

Force on $+q = qE$ (along E), on $-q = qE$ (opposite). Net force = 0, but forces form a couple.

$+q$ पर बल $qE$ (E की दिशा में), $-q$ पर $qE$ (विपरीत)। परिणामी बल शून्य, परंतु बल-युग्म बनता है।

$\tau$ = force × ⊥ distance = $qE \times 2a \sin\theta$

$$\tau = pE \sin\theta \Rightarrow \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$

Max at $\theta = 90°$ ($\tau = pE$); zero at $\theta = 0°$. / $\theta = 90°$ पर अधिकतम, $\theta = 0°$ पर शून्य।

**Q13. Numerical: Two charges +2 μC and +8 μC are 0.3 m apart in air. Find the force.**

*आंकिक: वायु में 0.3 m दूर रखे +2 μC व +8 μC आवेशों के बीच बल ज्ञात कीजिए।* [3]

$F = 9\times10^{9} \times (2\times10^{-6})(8\times10^{-6}) / (0.3)^2$

$= 9\times10^{9} \times 16\times10^{-12} / 0.09 = 0.144 / 0.09$

$F = 1.6$ N (repulsive / प्रतिकर्षी)

**Q14. Numerical: A point charge 2 μC is at the centre of a cube of side 9 cm. Find flux through the cube and through one face.**

*आंकिक: 9 cm भुजा वाले घन के केंद्र पर 2 μC आवेश है। घन से तथा एक फलक से फ्लक्स ज्ञात कीजिए।* [3]

$\Phi = q/\varepsilon_0 = 2\times10^{-6} / 8.85\times10^{-12} = 2.26 \times 10^{5}$ N m² C⁻¹

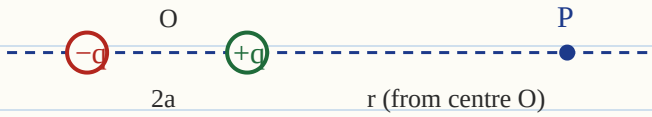
One face / एक फलक: $\Phi/6 = 3.77 \times 10^{4}$ N m² C⁻¹

Side length is not needed: flux depends only on enclosed charge. / भुजा की आवश्यकता नहीं; फ्लक्स केवल अंदर के आवेश पर निर्भर।

## D. Long / दीर्घ उत्तरीय (4 marks)

**Q15. Derive electric field at a point on the axial line of an electric dipole.**

*विद्युत द्विध्रुव की अक्षीय रेखा पर स्थित बिंदु पर विद्युत क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त कीजिए।* [4]




Distance of P from $-q$ = $(r + a)$, from $+q$ = $(r - a)$. / P की $-q$ से दूरी $(r+a)$, $+q$ से $(r-a)$।

$E_+ = kq/(r-a)^2$ (away from +q)  $E_- = kq/(r+a)^2$ (towards −q)

Net / परिणामी: $E = kq\,[1/(r-a)^2 - 1/(r+a)^2] = kq \cdot 4ar / (r^2 - a^2)^2$

$E = (1/4\pi\varepsilon_0) \cdot 2pr / (r^2 - a^2)^2$  $(p = 2aq)$

For $r \gg a$ / यदि $r \gg a$: $E_{axial} = (1/4\pi\varepsilon_0) \cdot 2p / r^3$, direction along $\vec{p}$ / $\vec{p}$ की दिशा में।

**Q16. Derive electric field at a point on the equatorial line of a dipole.**

*द्विध्रुव की निरक्षीय (विषुवतीय) रेखा पर विद्युत क्षेत्र का व्यंजक प्राप्त कीजिए।* [4]

Distance of P from each charge = $\sqrt{(r^2 + a^2)}$. Magnitudes equal: $E_+ = E_- = kq/(r^2 + a^2)$.

प्रत्येक आवेश से P की दूरी $\sqrt{(r^2+a^2)}$, दोनों क्षेत्रों का परिमाण समान।

Components ⊥ to axis cancel; components parallel to axis add. / अक्ष के लंबवत घटक निरस्त, समांतर घटक जुड़ते हैं।

$E = 2E_+ \cos\theta, \quad \cos\theta = a/\sqrt{(r^2 + a^2)}$

$E = (1/4\pi\varepsilon_0) \cdot 2qa / (r^2 + a^2)^{(3/2)} = (1/4\pi\varepsilon_0) \cdot p / (r^2 + a^2)^{(3/2)}$

For $r \gg a$: $\boxed{E_{eq} = (1/4\pi\varepsilon_0) \cdot p / r^3}$, direction opposite to $\vec{p}$ / $\vec{p}$ के विपरीत।

**Note: E_axial = 2 × E_equatorial / अक्षीय क्षेत्र = 2 × निरक्षीय क्षेत्र**

**Q17. Using Gauss's law, find the electric field due to an infinitely long straight charged wire.**

*गाउस के नियम से अनंत लंबाई के आवेशित सीधे तार के कारण विद्युत क्षेत्र ज्ञात कीजिए।* [4]

Let $\lambda$ = linear charge density. Take a cylindrical Gaussian surface of radius r, length l. / $\lambda$ = रेखीय आवेश घनत्व; r त्रिज्या, l लंबाई का बेलनाकार गाउसीय पृष्ठ लें।

Flux through flat ends = 0 ($E \perp dA$). Curved surface: $\Phi = E \times 2\pi rl$. / सिरों से फ्लक्स शून्य; वक्र पृष्ठ से $E \cdot 2\pi rl$.

Charge enclosed = $\lambda l$. By Gauss: $E \cdot 2\pi rl = \lambda l/\varepsilon_0$ / गाउस नियम से:

$\boxed{E = \lambda / (2\pi\varepsilon_0 r)} \quad \Rightarrow E \propto 1/r$

**Q18. Using Gauss's law, find the field due to an infinite plane sheet of charge.**

*गाउस के नियम से अनंत समतल आवेशित चादर के कारण विद्युत क्षेत्र ज्ञात कीजिए।* [4]

Let $\sigma$ = surface charge density. Take a cylinder of cross-section A crossing the sheet. / $\sigma$ = पृष्ठ आवेश घनत्व; A अनुप्रस्थ काट का बेलन लें जो चादर को काटे।

Curved surface flux = 0. Two flat ends: $\Phi = EA + EA = 2EA$. / वक्र पृष्ठ से शून्य, दोनों सिरों से 2EA.

Charge enclosed = $\sigma A \Rightarrow 2EA = \sigma A/\varepsilon_0$

$\boxed{E = \sigma / 2\varepsilon_0}$ independent of distance / दूरी पर निर्भर नहीं।

**Q19. Find the field due to a uniformly charged thin spherical shell (outside and inside).**

*एकसमान आवेशित पतले गोलीय कोश के कारण बाहर तथा अंदर विद्युत क्षेत्र ज्ञात कीजिए।* [4]

**Outside (r > R) / बाहर:** Gaussian sphere of radius r: $E \cdot 4\pi r^2 = q/\varepsilon_0 \Rightarrow$

$E = q / (4\pi\varepsilon_0 r^2)$ (acts like point charge at centre / केंद्र पर बिंदु आवेश जैसा)

**Inside (r < R) / अंदर:** Enclosed charge = 0 $\Rightarrow$ $E = 0$

★ *Exam tip / परीक्षा सुझाव: Q12, Q15, Q16, Q17, Q18 are the most repeated derivations. Draw a neat labelled diagram with every derivation. / हर व्युत्पत्ति के साथ नामांकित चित्र अवश्य बनाएँ।*