স্নাতক পাঠক্রম (B.D.P.)

শিক্ষাবর্ষান্ত পরীক্ষা (Term End Examination) :

ডিসেম্বর, ২০১৫ ও জুন, ২০১৬

পদার্থবিদ্যা (Physics)

ঐচ্ছিক পাঠক্রম (Elective)

সপ্তম পত্র (7th Paper : Electrostatics)

সময় ঃ দুই ঘন্টা — পূর্ণমান ঃ ৫০

Time : 2 Hours — Full Marks : 50

মানের গুরুত্ব ঃ ৭০%

Weightage of Marks : 70%

পরিমিত ও যথাযথ উত্তরের জন্য বিশেষ মূল্য দেওয়া হবে। অশুদ্ধ বানান, অপরিচ্ছন্নতা এবং অপরিষ্কার হস্তাক্ষরের ক্ষেত্রে নম্বর কেটে নেওয়া হবে। উপান্তে প্রশ্নের মূল্যমান সূচিত আছে।

Special credit will be given for accuracy and relevance in the answer. Marks will be deducted for incorrect spelling, untidy work and illegible handwriting. The weightage for each question has been indicated in the margin.

১। যে-কোনো **দুটি** প্রশ্নের উত্তর দিন ঃ ১০ × ২ = ২০

ক) গাউসের উপপাদ্যটি ভেক্টর রূপে লিখুন । এটির সাহায্যে পোয়াসঁ সমীকরণটি স্থাপিত করুন । পোয়াসঁ সমীকরণ থেকে লাপ্লাস সমীকরণ কিভাবে পাওয়া যায় ? ধরা যাক দুটি অসীম ভুসংযুক্ত ধাতব পাত $x - z$ তলের সমান্তরালে $y = 0$ এবং $y = \pi$ অবস্থানে আছে ।

$x = 0$ তলে অন্য একটি অসীম দৈর্ঘ্যের পাত V_0 বিভবে আছে । তিনটি পাত দ্বারা আবদ্ধ অঞ্চলে বিভবের মান নির্ণয় করুন । ৩ + ২ + ৫

খ) পরিবাহী ও অন্তরক পদার্থের প্রভেদ লিখুন । পোলার ও অপোলার অন্তরক কাকে বলে ? অন্তরক পদার্থের মেরুভবন কি বুঝিয়ে বলুন এবং এই রাশিটির একক লিখুন । তড়িৎক্ষেত্রের মধ্যে রাখা আছে এমন একটি অন্তরকের মধ্যে খুবই ক্ষুদ্র আকারের চাকতি আকৃতির গহ্বরের মধ্যে তড়িৎ প্রাবল্যের মান নির্ণয় করুন । ধরে নিন চাকতি আকৃতির গহ্বরের সমতল প্রান্ত দুটি তড়িৎক্ষেত্রের অভিলম্বে আছে । ৬ + ৪

গ) একটি তড়িৎ দ্বিমেরুর দ্বিমেরু ভ্রামক কাকে বলে ? একটি সুষম তড়িৎক্ষেত্রে যদি তড়িৎ দ্বিমেরু রাখা হয় তবে তার উপর একটি টর্ক কেন উৎপন্ন হবে তা বুঝিয়ে বলুন এবং টর্কের মান কত হবে তা লিখুন । একটি তড়িৎ দ্বিমেরু যদি একটি সুষম তড়িৎক্ষেত্রে রাখা হয়, তাহলে প্রমাণ করুন যে যখন এটি তড়িৎক্ষেত্রের সাপেক্ষে θ কোণে অবস্থান করে তখন এটির স্থিতিশক্তি $U(\theta) = -\vec{p}.\vec{E}$, যেখানে $\vec{p}$ দ্বিমেরুটির দ্বিমেরু ভ্রামক ও $\vec{E}$ এই ক্ষেত্রের প্রাবল্য । U -এর মান কখন সর্বাপেক্ষা বেশী বা কম হবে ? ১ + ৩ + ৬

ঘ) স্থির তড়িতের জন্য কুলম্বের সূত্রটি বিবৃত করুন এবং এটিকে ভেক্টর সমীকরণ হিসাবে প্রকাশ করুন । কোন মাধ্যমের বিদ্যুৎশীলতা ও পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবক বলতে কি বোঝায় ? R ব্যাসার্ধের একটি পরিবাহী রিংকে সুষমভাবে Q আধান দেওয়া হল । রিং-এর অক্ষ বরাবর কেন্দ্র থেকে d দূরত্বের বিন্দুতে তড়িৎ বিভব ও প্রাবল্য নির্ণয় করুন । ৩ + ২ + ৫

২। যে-কোনো **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দিন ঃ ৬ × ৩ = ১৮

ক) দ্বিমাত্রিক গোলীয় নির্দেশাঙ্কে লাপ্লাস সমীকরণটি লিখুন এবং এটিকে দুটি নির্দেশাঙ্কে দুটি ভিন্ন ভিন্ন সমীকরণে বিভক্ত করুন । এই ক্ষেত্রে স্থির তড়িৎ বিভব V-এর সাধারণ সমাধানটি লিখুন । ২ + ৩ + ১

খ) স্থির তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে তড়িৎবিভব কাকে বলে বুঝিয়ে লিখুন । সমতল পোলার নির্দেশাংক তন্ত্রের (plane polar coordinate system) কোন (r, θ) বিন্দুতে তড়িৎবিভবের মান $V(r, \theta) = r^2 \cos\theta$ । দেখান যে এই বিন্দুতে তড়িৎপ্রাবল্যের মান হবে

$$\vec{E} = -2r\cos\theta\,\hat{r} + r\sin\theta\,\hat{\theta}.$$ ২ + ৪

গ) একটি অন্তরক পদার্থের ফলকের একপ্রান্ত সমতল এবং অন্য প্রান্ত অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত । সমতল প্রান্তের সমীপে বায়ু মাধ্যমে একটি বিন্দু আধান রাখা আছে । অন্তরকের মধ্যে এবং বায়ুতে তড়িৎক্ষেত্র নির্ণয় করুন । ৬

ঘ) কোন পরিবাহীর ধারকত্ব বলতে কি বোঝায় ব্যাখ্যা করুন । এটির SI একক কি ? কোন আহিত ধারকের মধ্যে সঞ্চিত স্থির তাড়িতিক স্থিতিশক্তির রাশিমালাটি নির্ণয় করুন । ২ + ১ + ৩

ঙ) একটি R ব্যাসার্ধের সুষমভাবে আহিত গোলকের ভিতর Q আধান আছে । গোলকটির কেন্দ্র থেকে r দূরত্বে অবস্থিত একটি বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় করুন যখন (i) বিন্দুটি গোলকের বাইরে এবং (ii) বিন্দুটি গোলকের ভিতরে আছে। ৬

চ) a বাহুবিশিষ্ট একটি ঘনকের আটটি কোণে আটটি সমান আধান q রাখা আছে । ঘনকটির কেন্দ্রে তড়িৎ ক্ষেত্র প্রাবল্য ও তড়িৎ বিভব নির্ণয় করুন । ৬

৩। যে-কোনো **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দিন ঃ ৩ × ৪ = ১২

ক) সমবিভব তল কাকে বলে ? তড়িৎ বলরেখা কেন সর্বদা সমবিভব তলের উপর লম্বভাবে আপতিত হয় তা বুঝিয়ে বলুন । ৩

খ) একটি সমবাহু ত্রিভুজের প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য a । এর তিনটি কোণে যদি তিনটি সমান আধান q রাখা থাকে তবে সমন্বয়টির সঞ্চিত স্থিতিশক্তি নির্ণয় করুন । ৩

গ) একটি পরিবাহীকে তড়িতাহিত করলে তার পৃষ্ঠতলে চাপ উদ্ভূত হয় কেন তা ব্যাখ্যা করুন । ৩

ঘ) একটি ভেক্টর $\vec{E}$ যদি

$$\vec{E} = (x^2 + y^2)\,\hat{i} + (y^2 + z^2)\,\hat{j} + (z^2 + x^2)\,\hat{k}.$$

রাশিমালাটি দিয়ে প্রকাশিত হয়, তবে এই $\vec{E}$ ভেক্টরটি কি কোনো স্থিরতড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্যের প্রতিরূপ হতে পারে ? কারণসহ ব্যাখ্যা করুন । ৩

ঙ) একটি বায়ুপূর্ণ দীর্ঘ বেলনাকৃতি ধারকের ভিতরের ও বাইরের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে a এবং b । এই ধারকটির একক দৈর্ঘ্য পিছু ধারকত্ব নির্ণয় করুন । ৩

চ) একটি অসীম আহিত পাতের তলমাত্রিক আধান ঘনত্ব $\sigma = 2 \cdot 0 \times 10^{-6}\ \mathrm{Cm}^{-2}$ । পরস্পরের মধ্যে 5 volt বিভব পার্থক্যযুক্ত সমবিভব তলগুলির মধ্যের দূরত্ব কত ?

৩

ছ) দুটি আধান $4q$ ও q পরস্পরের থেকে d দূরত্বে বায়ু মাধ্যমে অবস্থিত । এই দুই আধানের সংযোগকারী সরলরেখার উপর একটি তৃতীয় আধান Q সাম্যাবস্থায় আছে । Q-এর অবস্থান নির্ণয় করুন । ৩

জ) একটি সমান্তরাল পাত ধারকের দুটি পাতের মাঝে একটি পরাবৈদ্যুতিক পাত প্রবেশ করালে তড়িৎক্ষেত্র, বিভব এবং ধারকত্বের কি রকম পরিবর্তন ঘটবে ? ১ + ১ + ১

(English Version)

1. Answer any *two* questions : 10 × 2 = 20

a) Write Gauss's law in vector form and deduce Poisson's equation from it. How do we get Laplace's equation from Poisson's equation ? Consider two infinitely long, grounded metallic plates kept parallel to the $x - z$ plane at $y = 0$ and $y = \pi$. Another infinitely long plate is kept along the $x = 0$ plane and is maintained at a potential of V_0. Find the potential at any point in the region bounded by the three plates.

3 + 2 + 5

b) Write the difference between a conductor and a dielectric material. What are polar and non-polar dielectric ? Explain what is polarization of a dielectric and write its unit. Find the electric intensity inside a very small disc-shaped cavity in a dielectric material placed in an electric field. Assume that the plane faces of the disc are perpendicular to the field. 6 + 4

c) What is dipole moment of an electric dipole ? Explain why a torque will act on the dipole when placed in a uniform electric field and find its value. Prove that the potential energy of an electric dipole when placed in an external uniform electric field is given by $U(\theta) = -\vec{p} \cdot \vec{E}$, where $\vec{p}$ is the electric dipole moment of the dipole, θ the angle it makes with the field and $\vec{E}$ the intensity of the applied field. When will the value of U be maximum or minimum ?

1 + 3 + 6

d) State Coulomb's law in electrostatics and express it as a vector equation. Explain what is permittivity of a medium and state its dielectric constant. A conducting ring of radius R is given charge Q uniformly distributed over its length. Find the intensity and potential of the electric field at a point on the axis of the ring at a distance d from the centre. 3 + 2 + 5

2. Answer any *three* questions : $6 \times 3 = 18$

a) Write Laplace's equation in two dimensional spherical polar coordinates and divide it into two separate equations in terms of the two variables. Write the general solution for the electrostatic potential V in this case. 2 + 3 + 1

b) Explain what is electrostatic potential at any point in an electrostatic field. Potential at any point (r, θ) expressed in plane polar coordinate system is given as $V(r, \theta) = r^2 \cos\theta$. Show that the electric intensity at this point will be

$$\vec{E} = -2r\cos\theta\,\hat{r} + r\sin\theta\,\hat{\theta}.$$ 2 + 4

c) A dielectric medium has one surface plane while the other extends to infinity. A point charge is kept in air at a point close to the plane surface of the dielectric. Find the electric field in air and in the dielectric. 6

d) Explain what is meant by the capacitance of a conductor. What is its SI unit ? Deduce an expression for the electrostatic potential energy stored in a charged capacitor.

2 + 1 + 3

e) A uniformly charged sphere of radius R contains charge Q. Find the electric intensity at a point situated at a distance r from the centre of the sphere, when (i) the point is outside the sphere and (ii) the point is inside the sphere. 6

f) Eight identical charges q are placed at the eight vertices of a cube of side a. Find the electric field intensity and potential at the centre of the cube. 6

3. Answer any *four* questions : $3 \times 4 = 12$

a) What is an equipotential surface ? Explain why electric lines of force always intersect an equipotential surface at right angles. 3

b) An equilateral triangle has each arm of length a. If three identical charges q are placed at the three vertices of the triangle, find the stored potential energy of the system. 3

c) Explain why pressure is developed on the surface of a charged conductor. 3

d) If a vector $\vec{E}$ is expressed by the equation

$$\vec{E} = (x^2 + y^2)\hat{i} + (y^2 + z^2)\hat{j} + (z^2 + x^2)\hat{k},$$

then can this vector $\vec{E}$ represent the electric intensity of any electrostatic field ? Explain with reason. 3

e) A long, air-filled cylindrical capacitor has inner and outer radii a and b respectively. Find its capacitance per unit length. 3

f) An infinitely long conducting sheet has surface charge density $\sigma = 2 \cdot 0 \times 10^{-6}\ \text{Cm}^{-2}$. Find the distance of separation between equipotential surfaces which have a potential difference of 5 volt between them. 3

g) Two charges $4q$ and q are kept separated by a distance d in air. If a third charge Q is in equilibrium when placed at a point on the line joining the first two charges then find the position of the third charge Q. 3

h) How do the electric field, potential and capacitance change when a dielectric is placed between the plates of a parallel plate capacitor ? 1 + 1 + 1