

## স্নাতক পাঠ্যক্রম (B.D.P.)

শিক্ষাবর্ষান্ত পরীক্ষা ( Term End Examination ) :

ডিসেম্বর, ২০১৪ ও জুন, ২০১৫

## পদার্থবিদ্যা ( Physics )

## ঐচ্ছিক পাঠ্যক্রম ( 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। উপাত্তে 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 :  $10 \times 2 = 20$ 

ক) কোনো তড়িৎক্ষেত্রের প্রাবল্য এবং ঐ ক্ষেত্রের কোনো  
বিন্দুতে তড়িৎ বিভব কাকে বলে, গাণিতিক উপায়ে নির্ণয়  
করুন। তড়িৎবিভব ও তড়িৎপ্রাবল্যের মধ্যে সম্পর্ক  
দেখান। দেখান যে একটি বদ্ধ পথে তড়িৎক্ষেত্রের প্রাবল্য  
 $\vec{E}$ -এর লাইন সমাকলের মান শূন্য।  $3 + 8 + 3$

B.Sc.-605-G

[ P.T.O.

খ) একটি তড়িৎক্ষেত্রে কোন তলছেদকারী তড়িৎ ফ্লাক্স কি ?  
তড়িৎক্ষেত্রে প্রযোজ্য গাউসের সূত্রটি বিবৃত করুন এবং  
ঘন কোণের তত্ত্ব ব্যবহার করে এটি প্রতিষ্ঠা করুন। কোন  
একটি তলের তড়িৎক্ষেত্রের রূপ  $\vec{E} = 200 \hat{i}$ । এই  
তলে  $\vec{A}$  একটি ক্ষেত্র নেওয়া হল। এখন  $\vec{A}$   
ক্ষেত্রছেদকারী ফ্লাক্সের মান নির্ণয় করুন, যখন (i)  $\vec{A}$   
ক্ষেত্রটি XY তলে অবস্থিত এবং (ii)  $\vec{A}$  ক্ষেত্রটি YZ তলে  
অবস্থিত।  $2 + 6 + 2$

গ) তড়িৎবিভব সংক্রান্ত লাপ্লাসের সমীকরণটি লিখুন এবং  
ব্যাখ্যা করুন। বেলনীয় নির্দেশাঙ্কে লাপ্লাসের সমীকরণটি  
লিখুন এবং পদগুলি ব্যাখ্যা করুন। এই সমীকরণের  
সমাধান করে বিভব V-এর রূপটি নির্ণয় করুন।  $2 + 2 + 6$

ঘ) অন্তরক পদার্থের মেরুকরণ কী বুঝিয়ে বলুন। অন্তরকের  
ক্ষেত্রে গাউসের উপপাদ্যটি প্রয়োগ করে দেখান যে  
এক্ষেত্রে উপপাদ্যটি  $\oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = q_f$  অথবা  
 $\nabla \cdot \vec{D} = \rho_f$ , রূপে লেখা যায় যেখানে  $q_f$  = আবদ্ধ  
সমাকলন তলের অন্তর্গত মুক্ত আধান এবং  $\rho_f$  = মুক্ত  
আধানের ঘনত্ব। তড়িতীয় প্রবণতা ( susceptibility )  
কাকে বলে?  $2 + 6 + 2$

B.Sc.-605-G

২। যে-কোনো তিনটি প্রশ্নের উত্তর দিন :  $৬ \times ৩ = ১৮$

- ক) তড়িৎ দ্বিমেরু কাকে বলে ? একটি দ্বিমেরুর তড়িৎক্ষেত্রের প্রভাবে, দ্বিমেরুর নিকটে এবং মধ্য বিন্দু থেকে  $r$  দূরত্বে কোন বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের প্রাবল্য নির্ণয় করুন।  $১ + ৫$
- খ) একটি  $R$  ব্যাসার্ধের সুষমভাবে আহিত চাকতির তলমাত্রিক আধান ঘনত্ব  $\sigma$ । চাকতির অক্ষের উপর কেন্দ্র থেকে  $r$  দূরত্বে অবস্থিত একটি বিন্দুতে তড়িৎবিভব এবং প্রাবল্য নির্ণয় করুন।  $৬$
- গ) স্থির তড়িৎক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্রটি বিবৃত করুন এবং এটিকে ভেক্টর সমীকরণ রূপে প্রকাশ করুন। কোন সরলরেখার উপর একটি  $q_1 = 10 \mu\text{C}$  আধান অপর একটি  $q_2 = -40 \mu\text{C}$  আধান থেকে  $20 \text{ cm}$  দূরত্বে রাখা আছে। এই সরলরেখাটির উপর কোন্ বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রাবল্যের মান শূন্য হবে ?  $৩ + ৩$
- ঘ) একটি মেরুভূত অন্তরকের দ্বারা উৎপন্ন তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে যে বিভব সৃষ্টি হবে তার মান নির্ণয় করুন। এই সমীকরণ থেকে অন্তরকের তল ঘনত্ব  $\sigma_b$  এবং আয়তন ঘনত্ব  $\rho_b$ -র মান কি পাওয়া যায় ?  $৪ + ২$

ঙ) একটি  $a$  ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট ভূসংলগ্ন পরিবাহী গোলকের বাইরে একটি বিন্দু আধান  $q$  রাখা হলে গোলকটির বাইরের কোন বিন্দুতে বিভব নির্ণয় করুন। গোলকটির ভিতরে বিভব কত হবে ?  $৫ + ১$

চ) একটি বায়ুপূর্ণ সমান্তরাল পাত ধারকের বিভব  $100 \text{ V}$  করার জন্য  $300 \mu\text{C}$  আধান প্রয়োজন হয়। ধারকটির ধারকত্ব নির্ণয় করুন। এখন পাতদুটির মধ্যবর্তী স্থানটি একটি পরাতড়িৎ ধ্রুবক  $K$  যুক্ত অন্তরক পদার্থ দ্বারা পূর্ণ করা হলে যদি নতুন ধারকটির বিভব  $100 \text{ V}$  করতে আরও  $450 \mu\text{C}$  বেশী আধান প্রয়োজন হয়, তবে  $K$ -র মান কত হবে ?  $২ + ৪$

৩। যে-কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দিন :  $৩ \times ৪ = ১২$

- ক) প্রমাণ করুন যে দুটি অন্তরকের সীমান্ত তলে যদি কোন মুক্ত আধান না থাকে তবে তড়িৎ প্রাবল্যের স্পর্শক উপাংশ এবং তড়িৎ বিচ্যুতির অভিলম্ব উপাংশ সন্তত থাকে।  $৩$
- খ) পোঁয়াসো সমীকরণ কী ? লাপ্লাসের সমীকরণের সঙ্গে এটির সম্বন্ধ আলোচনা করুন।  $৩$
- গ)  $ABCD$  একটি বর্গক্ষেত্র যার প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য  $a$ । বর্গক্ষেত্রটির প্রতিটি কৌণিক বিন্দুতে যদি  $Q$  মানের আধান রাখা হয়, তবে এই বর্গক্ষেত্রের কেন্দ্রে তড়িৎপ্রাবল্য ও তড়িৎবিভব নির্ণয় করুন।  $৩$

- ঘ) তড়িৎ দ্বিমেরুর ভ্রামক কাকে বলে ? সুসম তড়িৎ ক্ষেত্রে রাখা তড়িৎ দ্বিমেরুর উপর ত্রিযাশীল টর্কের মান কত ? ৩
- ঙ) একটি পরিবাহীকে তড়িতাহিত করলে তার পৃষ্ঠতলে চাপ উদ্ভূত হয় কেন ব্যাখ্যা করুন । ৩
- চ) কোন পরিবাহী গোলকের ধারকত্বের রাশিমালা নির্ণয় করুন । একটি পরিবাহী গোলকের ব্যাসার্ধ 10 cm হলে তাতে 2  $\mu\text{C}$  আধান যুক্ত করলে, বিভব কত হবে ? ১ + ২
- ছ) কোন তড়িৎক্ষেত্রে বিভবের মান  $V = -xyz$  । এই তড়িৎক্ষেত্রের প্রাবল্য নির্ণয় করুন ও দেখান যে এটি সংরক্ষী । ১ + ২
- জ)  $a$  বাহুবিশিষ্ট একটি ঘনকের কেন্দ্রে  $q$  আধান রাখা আছে । ঘনকটির প্রতিটি তলের তড়িৎ ফ্লাক্স নির্ণয় করুন । ৩

## ( English Version )

1. Answer any *two* questions :  $10 \times 2 = 20$
- a) Determine mathematically the electric intensity in an electric field and the potential at a point in the field. Find the relation between electric intensity and electric potential. Show that the line integral of the electric intensity  $\vec{E}$  around a closed path is zero. 3 + 4 + 3
- b) What is flux of an electric field through any area in the field ? State Gauss' Law in an electric field and establish it using the concept of solid angle. The electric field through a plane is given by  $\vec{E} = 200 \hat{i}$ . If  $\vec{A}$  is an area on this plane, then find the flux through the area  $\vec{A}$ , where  $\vec{A}$  lies on (i) the X-Y plane and (ii) the Y-Z plane respectively. 2 + 6 + 2

- c) State and explain Laplace's equation for electric potential. Write Laplace's equation in cylindrical coordinates and explain the terms in the equation. Solve this equation to obtain an expression for the potential  $V$ .

2 + 2 + 6

- d) Explain the term 'polarization of an insulator'. Apply Gauss' law to an insulator and show that in this case it can be written as  $\oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = q_f$  or as

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_f, \text{ where } q_f \text{ is the free charge}$$

present in the closed area in the integral and  $\rho_f$  is the free charge density. What is

meant by electric susceptibility ? 2 + 6 + 2

2. Answer any *three* questions : 6 × 3 = 18

- a) What is an electric dipole ? Find the electric field intensity at a point near an electric dipole and at a distance  $r$  from its centre.

1 + 5

- b) A uniformly charged circular disc has radius  $R$  and surface charge density  $\sigma$ . Find the potential and electric field at a point on the axis of the disc at a distance  $r$  from the centre.

6

- c) State Coulomb's law in electrostatics and express it in vector form. A point charge  $q_1 = 10 \mu\text{C}$  and another point charge  $q_2 = -40 \mu\text{C}$  are kept on a straight line at a distance of 20 cm from each other. At which point on this straight line will the electric field intensity be zero ? 3 + 3

- d) Find the expression for the potential at a point in the electric field produced by a polarized dielectric material. What are the expressions obtained for the surface charge density  $\sigma_b$  and volume charge density  $\rho_b$  of the dielectric ? 4 + 2

- e) If a point charge  $q$  is kept outside an earthed conducting sphere of radius  $a$ , find an expression for the potential at any point outside the sphere. What will be the potential inside the sphere ? 5 + 1
- f) An air-filled parallel-plate capacitor requires  $300 \mu\text{C}$  of charge to raise its potential to  $100 \text{ V}$ . Find the capacitance of the capacitor. When the space between the plates is filled by a dielectric medium of dielectric constant  $K$ , then an extra  $450 \mu\text{C}$  of charge is needed to produce the same potential of  $100 \text{ V}$  in the new capacitor. Find the value of  $K$ . 2 + 4
3. Answer any *four* questions :  $3 \times 4 = 12$
- a) In the absence of any free charge at the interface between two dielectric media, prove that the tangential component of electric field and the normal component of electric displacement will be continuous across the interface. 3

- b) What is Poisson's equation ? Discuss the relation between Poisson's equation and Laplace's equation. 3
- c)  $ABCD$  is a square whose each arm has length  $a$ . Four charges  $Q$  are kept at the four vertices of the square. Find the electric field and electric potential at the centre of the square. 3
- d) What is meant by the dipole moment of an electric dipole ? What will be the torque acting on a dipole when placed in a uniform electric field ? 1 + 2
- e) Explain why pressure is developed on the surface of a charged conductor. 3
- f) Give an expression for the capacitance of a spherical conductor. What will be the rise in potential of a conducting sphere of radius  $10 \text{ cm}$  when a charge of  $2 \mu\text{C}$  is supplied to it ? 1 + 2

- g) In an electric field the potential is given by  $V = -xyz$ . Find an expression for the electric field in this region and show that it is conservative in nature. 1 + 2
- h) A charge  $q$  is placed at the centre of a cube having side  $a$ . Calculate the flux through each surface. 3
-