

U.G. 6th Semester Examination 2022

PHYSICS (General)

Paper Code : DSE 4 - A, B, C & D

Full Marks : 32

Time : Two Hours

*The figures in the margin indicate full marks.
Candidates are required to give their answers
in their own words as far as practicable.*

DSE 4 - A

(Advanced Mathematical Methods - II)

1. Answer any *six* questions from the following : 2×6=12

- (a) What is a metric tensor ?
- (b) Prove that the negative gradient of a scalar field is a first rank tensor.
- (c) What is Abelian group ?
- (d) Show that the identity of a subgroup is same as that of the group.
- (e) What is Lie group ? Give one application of it.
- (f) What do you know about SO(3) group ?
- (g) Show that the unit element (the identity element) in a group is unique.
- (h) Given $ds^2 = 5(dx^1)^2 + 3(dx^2)^2 + 4(dx^3)^2 - 6dx^1 dx^2 + 4dx^2 dx^3$.

Find the value of $[g]_p$.

(i) Evaluate $\delta_j^p A_j^q$.

2. Answer any *four* questions from the following : 5×4=20

- (a) Show that any tensor can be written as the sum of symmetric and anti-symmetric tensors. Show that the process of contraction of an N^{th} -order tensor produces another tensor of order $N-2$. 2+3

[P.T.O.]

- (b) Show that the kinetic energy of a rotating system is given by $T = \frac{1}{2} I_{jk} \omega_j \omega_k$. Define vector in the light of tensor. 4+1
- (c) Calculate the elements g_{ij} of the metric tensor for cylindrical coordinates. Hence find the square of the infinitesimal arc length $(ds)^2$ for this coordinate system. 4+1
- (d) Write down the expression for Christoffel symbols. Calculate the Christoffel symbols for spherical coordinates. 3+2
- (e) Define the order of an element of a group. Prove that the order of an element of a group is the same as that of its inverse. 2+3
- (f) Show the set of complex numbers 1, i , -1 and $-i$ forms a group of order four under multiplication. 5
- (g) Classify the real connected Abelian Lie group. 5

বঙ্গানুবাদ

১. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি থেকে যে কোনও ছয়টি প্রশ্নের উত্তর দাও : ২×৬=১২

- (ক) মেট্রিক টেনসর কী ?
- (খ) প্রমাণ করো যে একটি স্কেলার ক্ষেত্রের বাণাস্যক গ্রেডিয়েন্ট একটি প্রথম ক্রমের টেনসর।
- (গ) আবেলিয়ান গ্রুপ কী ?
- (ঘ) দেখাও যে একটি সাব-গ্রুপের অভেদ, গ্রুপটির অভেদের মত।
- (ঙ) লি গ্রুপ কী ? ইহার একটি প্রয়োগ উল্লেখ করো।
- (চ) $SO(3)$ গ্রুপ বলতে কী বোঝো ?
- (ছ) দেখাও যে একটি গ্রুপ-এর 'unit element' (identity element) হল অনন্য।
- (জ) $ds^2 = 5(dx^1)^2 + 3(dx^2)^2 + 4(dx^3)^2 - 6dx^1 dx^2 + 4dx^2 dx^3$ হলে $[g]_B$ এর মান নির্ণয় করো।
- (ঝ) δ_{ij}^k এর মান নির্ণয় করো।

২. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি থেকে যে কোনও চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও : ৪×৪=১৬

- (ক) দেখাও যে কোনো টেনসরকে প্রতিসম এবং অপ্রতিসম টেনসরের যোগফল হিসাবে লেখা যেতে পারে।
দেখাও যে একটি N -ক্রম টেনসরের সংকোচনের প্রক্রিয়া $N-2$ ক্রমের আরেকটি টেনসর তৈরি করে।

২+৩

[P.T.O.]

- (খ) দেখাও যে একটি ঘূর্ণায়মান তন্তুর গতিশক্তি $T = \frac{1}{2} I_{cm} \omega^2$ দ্বারা প্রকাশ করা যায়। টেনসরের আলোকে ভেক্টর সংজ্ঞায়িত করে। ৪+১
- (গ) চৌম্বকীয় স্থানাঙ্কের জন্য মেট্রিক টেনসরের উপাদানগুলি g_{ij} নির্ণয় করো। এবং এই স্থানাঙ্ক ব্যবস্থার জন্য অতি ক্ষুদ্র বৃত্তচাপের দৈর্ঘ্যের বর্ধ $(ds)^2$ নির্ণয় করো। ৫
- (ঘ) ক্রিস্টফেল চিহ্নগুলির রাশিমালা লেখো। গোলীয় স্থানাঙ্কের জন্য ক্রিস্টফেল চিহ্নগুলি নির্ণয় করো। ৩+২
- (ঙ) গ্রুপের একটি উপাদানের ক্রম সংজ্ঞায়িত করো। প্রমাণ করো যে কোনো একটি গ্রুপের উপাদানের ক্রম তার ইনভার্সের (বিপরীত) অনুরূপ। ২+৩
- (চ) দেখাও যে জটিল সংখ্যার সেট $1, i, -1$ এবং $-i$ গুণের অধীনে চার ক্রমের একটি গ্রুপ গঠন করে। ৫
- (ছ) Real Connected Abelian Lie গ্রুপটি শ্রেণীবদ্ধ করো। ৩+২

(Classical Dynamics)

1. Answer any *six* questions of the following : 2×6=12

- (a) What is a cyclic coordinate ?
- (b) Write down the Lagrange's equation of motion explaining all the terms.
- (c) Write down the Lagrangian for a charge particle moving in an electromagnetic field.
- (d) Lagrangian for a system is $L = \frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2 + r^2 \sin^2 \theta \dot{\phi}^2) - V(r)$. Find out the cyclic coordinate.
- (e) What is meant by the stable and unstable equilibrium ? Give example of each.
- (f) What are the characteristics of a central force ?
- (g) Write down the postulates of Einstein's special theory of relativity.
- (h) What are the four components of the velocity four-vector ?
- (i) What is inertial and non-inertial reference frames ? Give example of each.

2. Answer any *four* questions : 5×4=20

- (a) Write down the Lagrangian for a simple harmonic oscillator. From that, derive its equation of motion. 4+1
- (b) Write down the Lagrangian for a particle moving in a central force field. From that, find out the cyclic coordinate and the conserved quantity. 1+2+2
- (c) The Hamiltonian of a system is given by $H = \frac{p^2}{2m}e^{-\eta} + \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 e^{\eta}$. Find out its equation of motion. 5
- (d) Write down the Lorentz transformation relations. Under what condition do they transform to Galilean transformation relation ? 3+2
- (e) Consider two inertial reference frames S and S'. The length of an object with respect to the frame S' is 10 cm. The frame S' is moving with a speed $v = 0.8 c$ (where $c =$ speed of light) What will be the length of that object with respect to the frame S ? Explain time-dilation. 2+3
- (f) Write down Poiseuille's equation for the flow of liquid through a capillary tube. What is Reynolds number ? Write down its significance. 2+1+2

[P.T.O.]

- (g) Distinguish between Newtonian and non-Newtonian fluid. Write down the Poiseuille's formula. 3+2

বঙ্গানুবাদ

১. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি থেকে যে কোনও ছয়টি প্রশ্নের উত্তর দাও : ২×৬=১২
- (ক) চক্রীয় স্থানান্তর বলতে কি বোঝায় ?
- (খ) সমস্ত পদ ব্যাখ্যা করে ল্যাগ্রাঞ্জ-এর গতির সমীকরণ লেখো।
- (গ) তড়িৎচুম্বকীয় ক্ষেত্রে চলমান তড়িৎ কণার জন্য ল্যাগ্রাঞ্জিয়ান লেখো।
- (ঘ) একটি সিস্টেমের জন্য ল্যাগ্রাঞ্জিয়ানটি হলো $L = \frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2 + r^2 \sin^2 \theta \dot{\phi}^2) - V(r)$ চক্রীয় স্থানান্তরটি নির্ণয় করো।
- (ঙ) স্থিতিশীল ও অস্থিতিশীল সাম্যাবস্থা বলতে কি বোঝায় ? প্রত্যেকটির উদাহরণ দাও।
- (চ) কেন্দ্রীয় বলের বৈশিষ্ট্যগুলি কি কি ?
- (ছ) আইনস্টাইনের বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্যগুলি লেখো।
- (জ) একটি আপেক্ষিক কণার জন্য গতিবেগ 4-ভেক্টরের চারটি উপাদানগুলি কি কি লেখো।
- (ঝ) জড়ীয় নির্দেশতন্ত্র এবং অ-জড়ীয় নির্দেশতন্ত্র বলতে কী বোঝায় ? প্রত্যেকটির উদাহরণ দাও।
২. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি থেকে যে কোনও চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও : ৫×৪=২০
- (ক) একটি সরল লোলক-এর গতির জন্য ল্যাগ্রাঞ্জিয়ান লেখো। এটি থেকে, এর গতির সমীকরণ বের করো। ৪+১
- (খ) কেন্দ্রীয় বলক্ষেে চলমান একটি কণার জন্য ল্যাগ্রাঞ্জিয়ান লেখো। এটি থেকে, চক্রীয় স্থানান্তর এবং সংরক্ষিত রাশি নির্ণয় করো। ২+১+২
- (গ) একটি সিস্টেমের জন্য হ্যামিল্টনিয়ানটি হলো $H = \frac{p^2}{2m} e^{-\gamma t} + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 e^{\gamma t}$ । এই সিস্টেমের গতির সমীকরণ বের করো। ৫
- (ঘ) সোরেঞ্জ-এর রূপান্তর সম্পর্কগুলি লেখো। দেখাও, কোন অবস্থার অধীনে এগুলি গ্যালিলিয়ান রূপান্তর সম্পর্কগুলিতে পরিবর্তিত হয়। ৩+২
- (ঙ) ধরা যাক দুটি জড়ীয় নির্দেশতন্ত্র আছে S এবং S'। S' নির্দেশতন্ত্র-এর সাপেক্ষে একটি বস্তুর দৈর্ঘ্য 10 cm। S' নির্দেশতন্ত্রটির গতিবেগ $v = 0.8 c$ (যেখানে $c =$ আলোর গতিবেগ)। S নির্দেশতন্ত্র-এর সাপেক্ষে বস্তুর দৈর্ঘ্য কত হবে ? সময় বিবর্ধন ব্যাখ্যা করো। ২+৩

- (চ) একটি কৈশিক নলের মাধ্যমে তরল প্রবাহের জন্য পয়সেলি-এর সমীকরণটি লেখো। রেনল্ডস সংখ্যা কি μ এর তাৎপর্য লেখো। ২+১+২
- (ছ) নিউটনীয় এবং অনিউটনীয় তরলের মধ্যে পার্থক্য করো। পয়সেলির সূত্রটি লেখো। ৩+২
-

DSE 4 - C

(Astronomy and Astrophysics)

1. Answer any *six* questions :

2×6=12

- The apparent magnitude of the full moon is -12.73 and that of venus is -4.22 . Calculate their brightness ratio.
- What are the differences between absorption and emission spectra of stars ?
- What are solar flares ? What is the source of energy in solar flares ?
- Distinguish between an evolving and a steady-state universe.
- What is the resolving power of a 20 m telescope if observation are made at $\lambda=550 \text{ nm}$?
- State the importance of cosmic background radiation.
- Draw black body radiation curves for an object with mean temperatures T_1 , T_2 and T_3 respectively, such that $T_1 > T_2 > T_3$.
- State the virial theorem and discuss its importance.
- List three common features of terrestrial and jovian planets.

2. Answer any *four* questions :

5×4=20

- What are cosmic abundances ? The luminosity of a star is 10 times of the luminosity of the Sun. Calculate the differences in their absolute magnitudes. 2+3
- Discuss the nebular model for the formation of the solar system. 5
- What is meant by circumpolar star ? Explain when the sun would be circumpolar star for observers located at the South Pole. 2+3
- State Hubble's law. If the value of the Hubble constant is $70 \text{ km S}^{-1} \text{ M} \cdot \text{PC}^{-1}$, estimate the age of the universe. 2+3
- What are sunspots ? Why is the temperature of sunspots lower than their surrounding ? 2+3
- Suppose that a supernova explosion takes place at the distance of proxima centuri ($\sim 3 \text{ PC}$). If its luminosity equals the luminosity of our galaxy ($\sim 10^{11} L_{\odot}$). Show that it would appear as bright as sun. Take the absolute magnitude of sun as 5 and its apparent magnitude as -27 . 5
- Draw mass-radius graph for white dwarf stars and discuss the significance of Chandrasekhar mass limit. 3+2

[P.T.O.]

বঙ্গানুবাদ

১. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি থেকে যে কোনও ছয়টি প্রশ্নের উত্তর দাও :

২×৬=১২

- (ক) পৃথিবীর আপাতমাত্রা -12.73 এবং শুক্রের -4.22 । এদের উজ্জ্বলতা অনুপাত নির্ণয় করো।
- (খ) নক্ষত্রের শোষণ এবং নিসৃত বর্ণালীর মধ্যে পার্থক্য কী ?
- (গ) সৌর শিখা কি ? সৌর শিখার শক্তির উৎস কি ?
- (ঘ) একটি বিকশিত এবং একটি সূস্থিত মহাবিশ্বের মধ্যে পার্থক্য লেখো।
- (ঙ) যদি $\lambda = 550 \text{ nm}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সীমার মধ্যে পর্যবেক্ষণ করা হয়, 20 m টেলিস্কোপের রিসলিভিং পাওয়ার কত ?
- (চ) মহাজাগতিক পটভূমি বিকিরণের (background radiation) গুরুত্ব ব্যক্ত করো।
- (ছ) গড় তাপমাত্রা T_1 , T_2 এবং T_3 যুক্ত একটি বস্তুর black body radiation-এর লেখচিত্র অঙ্কন করে যেখানে $T_1 > T_2 > T_3$ ।
- (জ) ভিরিয়াল উপপাদ্য বর্ণনা করো এবং এর গুরুত্ব আলোচনা করো।
- (ঝ) টেরেসটিয়াল এবং জোভিয়ান গ্রহের তিনটি সাধারণ বৈশিষ্ট্য তালিকাভুক্ত করো।

২. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি থেকে যে কোনও চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

৫×৪=২০

- (ক) মহাজাগতিক প্রাচুর্য কি ? একটি নক্ষত্রের দীপ্তি সূর্যের উজ্জ্বলতার 10 গুণ। তাদের পরম মানের পার্থক্য নির্ণয় করো। ২+৩
- (খ) সৌরজগৎ গঠনের জন্য নীহারিকা মডেলটি আলোচনা করো। ৫
- (গ) বৃত্তাকার নক্ষত্র বলিতে কী বোঝো ? দক্ষিণ মেরুতে অবস্থিত পর্যবেক্ষকদের জন্য কখন সূর্য বৃত্তাকার নক্ষত্র হবে। ২+৩
- (ঘ) হাবল-এর সূত্রটি বিবৃত করো। যদি হাবল ধ্রুবকের মান $70 \text{ km S}^{-1} \text{ M PC}^{-1}$ হয়, মহাবিশ্বের বয়স নির্ণয় করো। ২+৩
- (ঙ) সূর্যের দাগ কী ? কেন সূর্যের দাগের তাপমাত্রা তাদের চারপাশের তুলনায় কম। ২+৩
- (চ) ধরা যাক প্রক্সিমা সেন্টিরি ($\sim 3 \text{ PC}$) দূরত্বে একটি সুপার নোভা বিস্ফোরণ ঘটে। এটির দীপ্তি উজ্জ্বলতা আমাদের গалактиর উজ্জ্বলতার সমান ($\sim 10^{11} L_{\odot}$)। দেখাও যে এটি সূর্যের মতো উজ্জ্বল দেখাবে। ধরা যাক, সূর্যের পরম মাত্রা 5 এবং আপাতমাত্রা -27 । ৫
- (ছ) শ্বেত বামন নক্ষত্রের জন্য ভর-ব্যাসার্ধ চিত্র আঁকো এবং চন্দ্রশেখর ভর সীমার তাৎপর্য আলোচনা করো। ৩+২

DSE 4 - D

(Nano Materials and Applications)

1. Answer any *six* questions of the following : 2×6=12

- (a) What is the difference between a quantum dot and quantum wire ?
- (b) Explain 1D, 2D and 3D nanostructures
- (c) Show that the surface to volume ratio of a nanoparticle is greater than that of the bulk particle of the same material.
- (d) What do you mean by XRD method.
- (e) What is CVD method ? Draw the schematic diagram of a graphene lattice structure.
- (f) How does the size change affect the optical properties of nanoparticles ?
- (g) What is the difference between the quasi-particles and real particles ?
- (h) Mention two applications of nanotechnology.
- (i) Why are the quantum dots identified as attractive candidates to be applied for LED devices ?

2. Answer any *four* questions : 5×4=20

- (a) Why band gap of nanomaterials increases with size reduction ? How does the density of states (DOS) change with the degree of confinement in low dimensional materials ? 2+3
- (b) Discuss the advantages and basic principles of nanosensors ? Discuss about the defects and impurities in nanostructures 3+2
- (c) What do you mean by the top-down and bottom-up approaches of nanomaterial synthesis ? Give examples of each case. Compare the two approaches. 2+1+2
- (d) Why optical microscope is not suitable for characterization of nanomaterials ? Mention the differences between resolution and magnification. 2+3
- (e) Describe the basic structure of quantum dot LED with suitable diagram. 5
- (f) Explain the Coulomb blockade effect. What conditions must be satisfied for this effect to be observed ? 3+2
- (g) Describe how energy bands are formed in a material ? How one can identify a conductor, a semiconductor and an insulator from the point of view of the band structure of the material ? 3+2

[P.T.O.]

১. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি থেকে যে কোনও ছয়টি প্রশ্নের উত্তর দাও : ২×৬=১২
- (ক) একটি কোয়ান্টাম তার এবং কোয়ান্টাম বিন্দুর মধ্যে পার্থক্য কি ?
- (খ) 1D, 2D এবং 3D ন্যানোকঠামো ব্যাখ্যা করো।
- (গ) দেখাও যে একটি ন্যানো কণার পৃষ্ঠতল ও আয়তনের অনুপাত একই উপাদানের জুপাকৃত কণার চেয়ে বেশি।
- (ঘ) XRD পদ্ধতি বলতে কী বোঝো ?
- (ঙ) CVD পদ্ধতি কী ? গ্রাফিন জালির কাঠামোর রেখাচিত্রটি অঙ্কন করো।
- (চ) আকার পরিবর্তন কীভাবে ন্যানো কণার আলোকীয় বৈশিষ্ট্যকে প্রভাবিত করে ?
- (ছ) অর্ধকণা এবং প্রকৃত কণার মধ্যে পার্থক্য কী ?
- (জ) ন্যানো প্রযুক্তির দুটি প্রয়োগ উল্লেখ করো।
- (ঝ) কোয়ান্টাম বিন্দুকে কেন LED যন্ত্রের জন্য আকর্ষণীয় প্রার্থী হিসাবে বিবেচনা করা হয় ?
২. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি থেকে যে কোনও চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও : ৫×৪=২০
- (ক) ন্যানোবস্তুর ব্যান্ড গ্যাপ কেন আকার হ্রাসের সাথে বৃদ্ধি পায়। অবস্থা ঘনত্ব (DOS) কীভাবে ক্ষুদ্র আয়তনবিশিষ্ট বস্তুর বন্ধনমাত্রার সাথে পরিবর্তিত হয় ? ২+৩
- (খ) ন্যানো সেন্সর এর সুবিধা ও মৌলিক নীতি আলোচনা করো ? ন্যানোকঠামোর ত্রুটি ও অশুদ্ধি সম্পর্কে আলোচনা করো। ৩+২
- (গ) ন্যানোবস্তুর সংশ্লেষণের টপ-ডাউন এবং বটম-আপ পদ্ধতির দ্বারা কী বোঝো ? প্রতিটি ক্ষেত্রে উদাহরণ দাও। দুটি পদ্ধতির তুলনা করো। ২+১+২
- (ঘ) আলোকীয় অণুবীক্ষণযন্ত্র কেন ন্যানোবস্তুর চরিত্রায়নের জন্য উপযুক্ত নয় ? বিশ্লেষণ এবং বিবর্ধনের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ করো। ২+৩
- (ঙ) কোয়ান্টাম বিন্দু এলইডি (LED)-এর মৌলিক কাঠামো উপযুক্ত চিত্র সহ বর্ণনা করো। ৫
- (চ) কুলম্ব অবরোধ প্রভাব ব্যাখ্যা করো। এই প্রভাব পরিলক্ষিত হওয়ার জন্য কোন শর্তগুলি অবশ্যই প্রতিপালিত হতে হবে ? ৩+২
- (ছ) একটি পদার্থের Energy Band (শক্তি পট্টি) কিভাবে গঠিত হয় তা বর্ণনা করো। পদার্থের Energy Band-এর কাঠামোর দিক থেকে কিভাবে আমরা একটি পরিবাহী, একটি অর্ধপরিবাহী এবং একটি অন্তরক সনাক্ত করতে পারি ? ৩+২