

**U.G. 4th Semester Examination - 2022**

**PHYSICS**

**[HONOURS]**

**Generic Elective Course (GE)**

**Course Code : PHY-H-GE-T-2(A-C)**

Full Marks : 40

Time : 2½ Hours

*The figures in the right-hand margin indicate marks.*

*Candidates are required to give their answers in their own words as far as practicable.*

**Answer all the questions from selected Option.**

**OPTION–A**

**PHY-H-GE-T-2A**

**(Thermal Physics and Statistical Mechanics)**

**GROUP–A**

1. Answer any **five** questions:  $2 \times 5 = 10$
- a) What do you mean by equations of state? How do they help build the knowledge of a system's thermodynamic properties?
- b) Prove the relation  $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$ , where symbols have their usual meaning.

- c) State and explain briefly the basic concept of the 'third law of thermodynamics'.
- d) The existence of the internal energy can be inferred from the first law of thermodynamics. – Discuss.
- e) Define compressibility and Expansion Co-efficient.
- f) An inventor claims to have developed an engine working between 600K and 300K capable of having an efficiency of 52%. Comment on his claim.
- g) State the principle of increase of entropy.
- h) Calculate the mean free path of Argon at STP. Atomic weight of Ar = 39.94, Average thermal velocity  $\bar{c} = 3.8 \times 10^2$  m/s, viscosity  $\eta = 2.1 \times 10^{-5}$  Pa sec.
- i) Show that the Rayleigh-Jeans law is a particular case of Planck's law of black body radiation.
- j) The Fermi energy for sodium at  $T = 0$  K is 3.1 eV. Calculate its value for aluminium. Given that the free electron density in aluminium is about 8 times that in sodium.

**GROUP-B**

2. Answer any **two** questions: 5×2=10
- a) Write down the Planck's quantum postulates. What is the wavelength of the maximum intensity of the radiation radiated from a source at temperature 3000°C? 2+3
- b)  $M$  gm of water at temperature  $T_1$  is isobarically and adiabatically mixed with an equal mass of water at  $T_2$ . Show that the entropy-change of the universe is
- $$2Mc_p \ln \frac{(T_1 + T_2)/2}{\sqrt{T_1 T_2}}$$
- and is positive. ( $c_p$  is specific heat at constant pressure). 5
- c) Prove that the first law of thermodynamics is a mere statement of conservation of energy. Show from the first law of thermodynamics that the temperature remains constant during an adiabatic and free expansion of a perfect gas. 2+3
- d) What is Fermi energy level? Calculate the Fermi energy in eV for a monovalent solid of density 0.97 g/cc and atomic weight 23 at  $T = 0\text{K}$ . 1+4

**GROUP-C**

- Answer any **two** questions: 10×2=20
3. a) The equation of state of a van der Waals gas is given as  $\left(P + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$  where  $a$ ,  $b$  and  $R$  are constants. Calculate the quantities:  $(\partial P/\partial v)_T$  and  $(\partial P/\partial T)_v$ .
- b) Show that the work done by an ideal gas during the quasi-static, isothermal expansion from an initial pressure  $P_i$  to a final pressure  $P_f$  is given by  $W = nRT \ln(P_f/P_i)$ . Calculate the work done when the pressure of 1 mol of an ideal gas is decreased quasi-statically from 20 to 1 atm, the temperature remaining constant at 20°C ( $R = 8.31 \text{ J/mol.deg}$ ).
- c) Considering the entropy of a pure substance as a function of  $T$  and  $V$ , derive the first  $TdS$  equation. (2+2)+(2+1)+3
4. a) Write down the Bose-Einstein distribution law explaining each term. Show that for a photon gas, the density of states is proportional to  $E^2$ , where  $E$  corresponds to energy.
- b) Calculate the Fermi energy in eV for a monovalent solid of density 0.97 g/cc and atomic weight 23 at  $T = 0\text{K}$ . (1+4)+5

5. a) Starting from Maxwell's velocity distribution law, show that the number of molecules  $dN_\epsilon$  with translational kinetic energy between  $\epsilon$  and  $\epsilon + d\epsilon$  is given by

$$dN_\epsilon = \frac{2N}{(kT)^{3/2}} \left( \frac{\epsilon}{\pi} \right)^{1/2} e^{-\epsilon/kT} d\epsilon$$

- b) Let  $f(t)$  be the probability of a molecule having free time  $t$  and be given by  $e^{-\alpha t}$ , where  $\alpha$  is a constant. Calculate the mean time interval between successive collisions.
- c) If pressure remains constant, calculate the temperature for which the *r.m.s.* velocity of a gas will be half its value at  $0^\circ\text{C}$ . 4+3+3
6. a) What is *Joule-Thomson* coefficient?
- b) What is inversion curve? Mention the region of cooling and the region of heating corresponding to this curve.
- c) Show that the initial and final temperatures are the same under all conditions for an ideal gas in *Joule-Thomson* expansion.
- d) Write down the differences between cooling produced by J-T process and adiabatic expansion. 2+(1+2)+3+2

**OPTION-B**  
**PHY-H-GE-T-2B**  
**(Waves and Optics)**  
**GROUP-A**

1. Answer any **five** questions: 2×5=10

যে-কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- a) What is Reynold's number?  
রেনল্ড সংখ্যা কী?
- b) Why light is called electromagnetic wave?  
আলোককে কেন তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ বলা হয়?
- c) A progressive harmonic wave is represented by  $y(x,t)=5 \sin(0.5x-10t)$  where,  $x$  is in meter and  $t$  is in sec. Calculate the wave velocity.  
একটি চল-তরঙ্গ  $y(x,t)=5 \sin(0.5x-10t)$  সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত হয় যেখানে  $x$  মিটার এককে এবং  $t$  সেকেন্ড এককে নির্দেশিত হয়। তরঙ্গের গতিবেগ নির্ণয় করো।
- d) What is beats?  
স্বরকম্প কী?
- e) Define the terms, bel, decibel and phon.  
বেল, ডেসিবেল এবং ফনের সংজ্ঞা দাও।
- f) What are localised and non-localised fringes?  
স্থানীকৃত ঝালর ও অ-স্থানীকৃত ঝালর কি?

- g) What is grating element?  
গ্রেটিং এলিমেন্ট কী?
- h) Distinguish between surface tension and capillarity.  
পৃষ্ঠটান এবং কৈশিকতার মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ করো।

### GROUP-B

2. Answer any **two** questions :  $5 \times 2 = 10$

যে-কোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- a) What is a zone plate? The diameter of the central zone of a zone plate is 2.3 mm. If a point source of light (wavelength = 5893 Å) is placed at a distance of 6 meters from it, calculate the position of the first image.  
 $2+3$   
মন্ডল ফলক কী? একটি মন্ডল ফলকের কেন্দ্রীয় অঞ্চলের ব্যাস হল 2.3 mm যদি 6 meter দূরত্বে একটি বিন্দু আলোক উৎস (তরঙ্গদৈর্ঘ্য = 5893 Å) রাখা হয়, তবে প্রথম প্রতিবিন্দের অবস্থান নির্ণয় করো।
- b) Deduce a relation between surface tension and surface energy. How does viscosity vary with temperature and pressure?  $3+2$   
পৃষ্ঠটান ও পৃষ্ঠের স্থিতিশক্তির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করো। তাপমাত্রা এবং চাপের সাথে সান্দ্রতা কীভাবে পরিবর্তন হয়?
- c) Explain the effect of introducing a thin

transparent plate of glass in the path of one of the interfering light beams. A transparent plate of thickness  $10^{-3}$  cm is placed in the path of one of the interfering beams of a biprism experiment using light of wavelength 5000 Å. If the central fringe shifts by a distance equal to the width of 10 fringes, calculate the refractive index of the material.

$2+3$

ব্যতিচারী তরঙ্গ-যুগলের মধ্যে যে-কোনো একটির পথে একটি সরু স্বচ্ছ পাত প্রবেশ করানোর প্রভাব আলোচনা করো। 5000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোবিশিষ্ট একটি বাই-প্রিজম পরীক্ষায় ব্যতিচারী তরঙ্গযুগলের মধ্যে একটির পথে  $10^{-3}$  বেধের একটি সরু স্বচ্ছ পাত প্রবেশ করানো হল। এর ফলে যদি কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল পটি ১০টি বালরের সমান দূরত্বে সরে যায় তবে ওই পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় করো।

- d) If the displacement of a particle at any instant is given by  $x = a \cos(\omega t) + b \sin(\omega t)$ , show that the particle performs simple harmonic motion. If  $a = 3\text{m}$ ,  $b = 4\text{m}$  and  $\omega = 2\text{ rad/sec}$ , find the time period, amplitude and initial phase of the particle.  $2+3$

যদি কোনও মুহুর্তে একটি কণার সরণ  $x = a \cos(\omega t) + b \sin(\omega t)$  হয়, তবে দেখাও যে কণাটি সরল দোলগতি সম্পাদন করে। যদি  $a = 3\text{m}$ ,  $b = 4\text{m}$  এবং  $\omega = 2\text{ rad/sec}$  হয়, ওই কণার দোলনকাল, বিস্তার এবং প্রাথমিক দশা নির্ণয় করো।

## GROUP-C

Answer any **two** questions:

10×2=20

যে-কোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

3. a) A stretched string of length  $l$  and fixed both ends is vibrating with one antinode at the middle. Prove that the frequency of vibration

$$\text{of is } n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}.$$

একটি দুই প্রান্ত আটকানো এবং  $l$  দৈর্ঘ্যের টান করা তারের কম্পনের সময় তারের মধ্যখানে একটিমাত্র সুস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হয়। প্রমাণ করো যে দোলনের কম্পাঙ্ক হল

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}.$$

- b) What are standing waves?

স্থানু-তরঙ্গ কী?

- c) Write the differential equation of a damped harmonic motion and explain each terms. Solve the equation for damped oscillatory motion and plot the displacement against time. 2+3+(2+2+1)

একটি অবমন্দিত কম্পনের অবকল সমীকরণটি লেখ এবং প্রতিটি পদ ব্যাখ্যা করো। অবমন্দিত সরল দোলগতির জন্য এই সমীকরণ সমাধান করো এবং সময়ের সঙ্গে সরণের লেখ অঙ্কন করো।

4. a) In a Lloyd's single mirror apparatus, the slit is at a distance of 2 mm from the plane of the mirror. The screen is kept at a distance of 1.5 meter from the source. Calculate the fringe width. [Wave length of light used : 5890 Å].

লয়েডের একক দর্পণ ইন্টারফেরোমিটার ছিদ্রটি দর্পণতল থেকে 2 মিমি দূরত্বে অবস্থিত। আলোক উৎস থেকে 1.5 meter দূরত্বে একটি পর্দা রাখা আছে। ঝালরের বেধ নির্ণয় করো। [ব্যবহৃত আলোকের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের : 5890 Å]।

- b) Briefly describe the Lloyd's single mirror interferometer.

সংক্ষেপে লয়েডের একক দর্পণ ইন্টারফেরোমিটার বর্ণনা করো।

- c) Explain why colourful fringes are formed in thin transparent films.

পাতলা স্বচ্ছ ফিল্মে কেন রঙিন ঝালর তৈরী হয় তা ব্যাখ্যা করো।

3+5+2

5. a) Explain why water rises in a capillary tube. কেন একটি কৈশিক নলে জল উপরে ওঠে তা ব্যাখ্যা করো।

- b) A sphere of water of radius 1 mm is sprayed into  $10^6$  drops of same size. Find the energy expended in doing so.

1 মিমি ব্যাসার্ধের একটি জলকণাকে  $10^6$  টি সমান আকারের জলকণায় ভেঙ্গে ফেলা হয়। এতে কত শক্তি ব্যয় হয়?

- c) What is meant by streamline motion and turbulent motion of a fluid?

একটি তরলের শান্ত প্রবাহ এবং অশান্ত প্রবাহ বলতে কী বোঝায়?

- d) Water flows in a horizontal tube of length 13.6cm and diameter 2mm. The pressure difference between the two ends is balanced by the pressure of 10 cm of Hg column. Find the volume of water coming out of the tube in 1 minute. [Density of Hg :  $13.6 \times 10^3 \text{ kg-m}^{-3}$ , coefficient of viscosity of water : 0.1 S.I unit] 2+3+2+3

একটি 13.6 সেমি দৈর্ঘ্য এবং 2 মিমি ব্যাস বিশিষ্ট অনুভূমিক নলের মধ্য দিয়ে জল প্রবাহিত হচ্ছে। দুটি প্রান্তের মধ্যে চাপের পার্থক্যটি 10 সেন্টিমিটার পারদস্তম্ভের চাপের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। এক মিনিটে কত আয়তন জল নির্গত হবে নির্ণয় করো [পারদের ঘনত্ব :  $13.6 \times 10^3 \text{ kg-m}^{-3}$ , জলের সান্দ্রতা গুণাঙ্ক : 0.1 S.I unit]

6. a) Refractive index of glass is 1.5. Calculate the Brewster's angle and angle of refraction for it.

কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 এর জন্য ব্রুস্টারের কোণ এবং প্রতিসরণ কোণ নির্ণয় করো।

- b) Describe a method of producing polarised light.

সমাবর্তিত আলো উৎপাদন করার একটি পদ্ধতি বর্ণনা করো।

- c) What is meant by circularly polarised and elliptically polarised light? 2+5+3

বৃত্ত সমাবর্তিত এবং উপবৃত্ত সমাবর্তিত আলো বলতে কি বোঝায়?

**OPTION - C**  
**PHY-H-GE-T-2C**  
**(Nuclear and Particle Physics)**

**GROUP-A**

1. Answer any **five** questions: 2×5=10

যে-কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

a) Which nuclei is expected to be more stable  
:  ${}^7_3\text{Li}$  or  ${}^8_3\text{Li}$  ?

কোন নিউক্লিয়াসটি বেশি স্থিতিশীল হবে :  ${}^7_3\text{Li}$  or  ${}^8_3\text{Li}$  ?

b) What is a particle accelerator? Name at least  
four types of particle accelerators.

কণা এক্সিলারেটর কী? কমপক্ষে চার ধরনের কণা  
এক্সিলারেটরের নাম উল্লেখ করো।

c) Define mass defect and packing fraction.

ভর ত্রুটি ও প্যাকিং ভগ্নাংশের সংজ্ঞা দাও।

d) What do you mean by Compton wavelength?

কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলতে কী বোঝায়?

e) State Geiger Nuttall law relating to the ranges  
of  $\alpha$  particles.

$\alpha$  কণার ব্যাপ্তি সংক্রান্ত গাইগার নাটালের সূত্রটি লেখ।

f) What is meant by parity of nuclei?

নিউক্লিয়াস প্যারিটি বলতে কী বোঝায়?

g) What is artificial radioactivity?

কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়তা কী?

h) Write down the quark content of proton and  
neutron.

প্রোটন এবং নিউট্রনের কোয়ার্ক গঠন লেখ।

**GROUP-B**

2. Answer any **two** questions : 5×2=10

যে-কোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

a) Explain the existence of cut-off frequency  
in photo electric effect. A metal requires a  
photon of wavelength 250 nm to just eject  
an electron with zero kinetic energy. If a  
photon of wavelength 200 nm strikes the  
metal, what will be the velocity of the ejected  
electron? 2+3

ফটো ইলেক্ট্রিক ক্রিয়ায় কাট-অফ ফ্রিকোয়েন্সির অস্তিত্ব ব্যাখ্যা  
কর। কোনও ধাতু থেকে শূন্য গতিবেগে একটি ইলেক্ট্রন  
250 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একটি ফোটন প্রয়োজন। যদি  
200 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটন ওই ধাতুতে আপতিত হয়,  
তবে নির্গত ইলেক্ট্রনের গতিবেগ কত হবে?

b) What is meant by range and straggling of  $\alpha$   
particle? Describe how  $\gamma$  rays are originated  
and how they interact with matter. 2+(1+2)

$\alpha$  কণার রেঞ্জ এবং স্ট্র্যাগলিং বলতে কী বোঝায়? কীভাবে  
 $\gamma$  রশ্মির উৎস হয় এবং কীভাবে তারা পদার্থের সাথে ক্রিয়া-  
প্রতিক্রিয়া করে তা বর্ণনা করো।

c) Describe the principle of operation of a cyclotron accelerator. Explain what is meant by resonance condition in a cyclotron. 4+1  
সাইক্লোট্রন এক্সিলারেটরের পরিচালনার নীতি বর্ণনা কর।  
সাইক্লোট্রনে অনুরণন পরিস্থিতি বলতে কী বোঝায়?

d) How quenching achieved in a GM-counter? Alpha particles of 9 MeV pass through an ionisation chamber and lose their energy completely. The capacity of the system is 10 pF. Calculate the height of the output pulse. Given that 35 eV of required to produce an ion pair. 2+3

জি এম-কাউন্টারে কীভাবে কোয়েঞ্চিং সাধন করা হয়? 9 MeV এর আলফা কণাগুলি একটি আয়নীকরণ চেম্বারের মধ্যে দিয়ে যায় এবং তাদের শক্তি পুরোপুরি হারায়। সিস্টেমের ধারকত্ব 10 pF হলে আউটপুট পালস-হাইট গণনা করো। একটি আয়ন পেয়ার উৎপাদন করতে 35 eV শক্তি প্রয়োজন হয়।

e) What are the quantities that are conserved in a nuclear reaction? Compute the Q value of the (p, α) reaction  ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_2\text{He} + {}^2_2\text{He}$  [Mass of  ${}^7_3\text{Li}$ ,  ${}^1_1\text{H}$  and  ${}^2_2\text{He}$  are 7.01823, 1.00814 and 4.00387 amu respectively] 2+3

নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় কোন্ কোন্ রাশিগুলি সংরক্ষিত হয়?  ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_2\text{He} + {}^2_2\text{He}$  এই (p, α) বিক্রিয়াটির Q মান গণনা করো। [ ${}^7_3\text{Li}$ ,  ${}^1_1\text{H}$  ও  ${}^2_2\text{He}$  এর ভর যথাক্রমে 7.01823, 1.00814 এবং 4.00387 amu]

### GROUP-C

Answer any **two** question : 10×2=20

যে-কোনো দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

3. a) What is meant by Q-value of a nuclear reaction? Classify nuclear reactions based on their Q-value.

নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় Q-মান বলতে কী বোঝায়? Q-মানের উপর ভিত্তি করে নিউক্লিয় বিক্রিয়ার শ্রেণীবিভাগ করো।

b) Define cross-section of a nuclear reaction. What is its unit?

নিউক্লিয় বিক্রিয়ার ক্রস-সেকশনের সংজ্ঞা দাও। এর একক কী?

c) What are the advantages and limitations of a semiconductor counter (detector)?

(2+2)+(2+1)+3

অর্ধপরিবাহী কাউন্টার (ডিটেক্টর) এর সুবিধা এবং সীমাবদ্ধতাগুলি কী কী?



4. a) Explain the salient features of nuclear shell model. Discuss the limitations of this model.  
নিউক্লিয় শেল মডেলের প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলি ব্যাখ্যা করো।  
এই মডেলের সীমাবদ্ধতা আলোচনা করো।
- b) Write a short note on Cerenkov radiation.  
চেরেঙ্কভ রেডিয়েশনের উপর একটি সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ।
- c) Why pair production cannot occur in absolute vacuum? (3+2)+3+2  
পরম শূন্যতায় পেয়ার উৎপাদন ঘটতে পারে না কেন?
5. a) Explain with the energy level diagram the fine structure of  $\alpha$  spectrum.  
শক্তিস্তর চিত্রের সাহায্যে  $\alpha$  স্পেকট্রামের ফাইন স্ট্রাকচার ব্যাখ্যা করো।
- b) Describe the theory of  $\alpha$  decay.  
 $\alpha$  বিকিরণের তত্ত্ব লেখ।
- c) What is the unit of radioactivity?  
তেজস্ক্রিয়তার একক কী?
- d)  $\alpha$  particles of kinetic energy 5.3 MeV are subjected to  $\alpha$  magnetic field of 1 Tesla. Calculate the radius of curvature of their tracks. 3+4+1+2  
5.3 MeV গতিশক্তির  $\alpha$  কণার স্রোতকে 1 টেসলা চৌম্বক ক্ষেত্রে প্রবেশ করালে কণাগুলির গতিপথের বক্রতা ব্যাসার্ধ কত হবে গণনা করো।