**4 SEM FYUGP PHYC4B**

**2025**

( June )

PHYSICS

( Core )

Paper : PHYC4B

**( Thermal Physics )**

*Full Marks* : 60

*Time* : 2 hours

*The figures in the margin indicate full marks for the questions*

**1.** শুদ্ধ বিকল্পটো বাছি উলিওৱা : 1×6=6

Choose the correct option :

(a) এটা আদৰ্শ গেছৰ আভ্যন্তৰীণ শক্তি হ'ল

The internal energy of an ideal gas is

(i) কেৱল গতি শক্তি

only kinetic energy

(ii) কেৱল স্থিতি শক্তি

only potential energy

(iii) গতি শক্তি আৰু স্থিতি শক্তিৰ যোগফল

the sum of kinetic and potential energies

(iv) সদায় শূন্য

always zero

(b) এন্ট্ৰপি সদায় একে থাকিব

Entropy remains constant in

(i) তাপৰোধী প্ৰক্ৰিয়াত

adiabatic process

(ii) সমোষ্ণী প্ৰক্ৰিয়াত

isothermal process

(iii) সমআয়তনিক প্ৰক্ৰিয়াত

isochoric process

(iv) ওপৰৰ এটাও নহয়

None of the above

(c) তাপৰোধী-সমআয়তনিক প্ৰক্ৰিয়াত তাপগতিক সাম্যাৱস্থাত মানি চলিবলগীয়া চৰ্তটো হ'ল (চিহ্নবোৰে সচৰাচৰ অৰ্থ বহন কৰে)

The condition for thermodynamic equilibrium in adiabatic-isochoric process is (the symbols have their usual meanings)

(i) $dS = 0,\ dp = 0,\ dH = 0$

(ii) $dS = 0,\ dV = 0,\ dU = 0$

(iii) $dT = 0,\ dV = 0,\ dF = 0$

(iv) $dT = 0,\ dp = 0,\ dG = 0$





(d) $M$ আণৱিক ভৰৰ পদাৰ্থৰ বাবে তাপ পৰিবহণ গুণাংক ($K$) আৰু সান্দ্ৰতা গুণাংক ($\eta$)ৰ মাজৰ সম্পৰ্কটো হ'ল

The relation between coefficient of thermal conductivity ($K$) and coefficient of viscosity ($\eta$) for $M$ molecular weight of a substance is

(i) $\frac{K}{\eta} = \frac{C_V}{M}$

(ii) $\frac{\eta}{K} = C_V M$

(iii) $\eta K = MC_V$

(iv) ওপৰৰ এটাও নহয়

None of the above

(e) যদি চাপ দুগুণ কৰা হয়, গড় মুক্ত পথৰ মান

If pressure is doubled, the value of mean free path will

(i) দুগুণ হ'ব

be doubled

(ii) আধা হ'ব

be halved

(iii) চাৰিগুণ হ'ব

be quadrupled

(iv) একেই থাকিব

remain same

*(f)* ভান দেৰ ৱালচৰ ধ্ৰুৱক $a$ আৰু $b$ ৰ একক হ'ল

The unit of van der Waals' constants $a$ and $b$ are

*(i)* atm $m^{-6}$ $mol^{-1}$, $m^3$ $mol^{-2}$

*(ii)* atm $m^6$ $mol^{-2}$, K $mol^{-1}$

*(iii)* atm $m^6$ $mol^{-2}$, $m^3$ $mol^{-1}$

*(iv)* atm $m^{-3}$ $mol^{-1}$, K $mol^{-2}$

**2.** *(a)* উপযুক্ত উদাহৰণসহ তাপগতিৰ আকাৰগত আৰু অৱস্থাগত চলকৰ মাজৰ পাৰ্থক্য লিখা। 2

Distinguish between extensive and intensive thermodynamic variables with proper examples.

*(b)* তাপগতিবিজ্ঞানৰ প্ৰথম সূত্ৰৰ সহায়ত আদৰ্শ গেছৰ কাৰণে $C_P$ আৰু $C_V$ ৰ মাজৰ সম্পৰ্ক নিৰ্ণয় কৰা, য'ত চিহ্নবোৰে সচৰাচৰ অৰ্থ বহন কৰে। 5

Using the first law of thermodynamics, obtain a relation between $C_P$ and $C_V$ for an ideal gas, where the symbols have their usual meanings.

অথবা / Or

তাপৰোধী প্ৰক্ৰিয়াত সম্পাদন কৰা কাৰ্যৰ প্ৰকাশৰাশি উলিওৱা। তাপৰোধী প্ৰসাৰণত উষ্ণতা হ্ৰাস হোৱাৰ কাৰণ বৰ্ণনা কৰা। 3+2=5

Obtain an expression for work done in adiabatic process. Explain the reason for fall in temperature during adiabatic expansion.





**3.** *(a)* ৰেফ্ৰিজাৰেটৰৰ সম্পাদন গুণাংকৰ সংজ্ঞা দিয়া। ইয়াৰ মান একতকৈ বেছি হ'ব পাৰেনে? 1+1=2

Define coefficient of performance of a refrigerator. Can it be greater than unity?

*(b)* এটা কাৰ্ণট ইঞ্জিনৰ দক্ষতা 30%. যদি তাপৰ কূপৰ উষ্ণতা 27 °C হয়, উৎসৰ উষ্ণতা কিমান বঢ়ালে দক্ষতা 50% হ'ব? 3

A Carnot engine has an efficiency of 30%. By how much the temperature of the source be increased to raise the efficiency to 50% if the sink is at 27 °C?

*(c)* কাৰ্ণটৰ সূত্ৰটো লিখা আৰু প্ৰমাণ কৰা। 5

State and prove Carnot's theorem.

অথবা / Or

তাপগতিত উষ্ণতাৰ জোখ সম্পৰ্কে আলোচনা কৰা।

Discuss the thermodynamic scale of temperature.

**4.** *(a)* তাপগতিবিজ্ঞানৰ তৃতীয় সূত্ৰটো উল্লেখ কৰা। ই সকলো উষ্ণতাতে প্ৰযোজ্যনে? 1+1=2

State the third law of thermodynamics. Is it applicable in all temperatures?

*(b)* "ব্ৰহ্মাণ্ডৰ এন্ট্ৰপি সদায় বৰ্ধনমুখী।" কথাষাৰৰ যুক্তিযুক্ততা ব্যাখ্যা কৰা। 4

"The entropy of the universe is always increasing." Justify the statement.

**5.** (a) দ্বিতীয় ক্ৰমৰ দশা পৰিৱৰ্তনৰ বাবে এহৰেনফেস্টৰ সমীকৰণকেইটা লিখা। 2

Write Ehrenfest's equations for second-order phase transitions.

(b) তাপৰোধী বিচুম্বকীয়কৰণৰ নীতি ব্যাখ্যা কৰা। 4

Explain the principle of adiabatic demagnetization.

অথবা / Or

প্ৰথম ক্ৰমৰ দশা পৰিৱৰ্তন আলোচনা কৰি তাৰ পৰা তৰল-বাষ্পৰ সাম্যাৱস্থাৰ বাবে ক্লছিয়াচ-ক্লেপীৰন সমীকৰণটো নিৰ্ণয় কৰা।

Discuss first order phase transition and hence obtain the Clausius-Clapeyron equation for liquid-vapor equilibrium.

**6.** (a) তলৰ যি কোনো এটা মেক্সৱেলৰ তাপগতি বিষয়ক সমীকৰণ নিৰ্ণয় কৰা : 3

Derive any one of the following Maxwell's thermodynamic relations :

(i) $\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$

(ii) $\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$

(b) প্ৰথম আৰু দ্বিতীয় $TdS$ সমীকৰণকেইটা প্ৰতিষ্ঠা কৰা। 2+2=4

Establish the first and second $TdS$ equations.





**7.** (a) কিমান উষ্ণতাত হাইড্ৰ'জেন অণুৰ গড় বৰ্গ দ্ৰুতি 63 °C ত থকা অক্সিজেন অণুৰ গড় বৰ্গ দ্ৰুতিৰ দুগুণ হ'ব? 3

Find the temperature where the r.m.s speed of hydrogen molecules is twice that of oxygen molecules at 63 °C.

(b) প্ৰমাণ কৰা যে বৰ্ণালীগত ৰেখা এডালৰ অৰ্ধ-প্ৰস্থ নিৰ্গতকাৰী পদাৰ্থবিধৰ আণৱিক ওজনৰ ব্যস্তানুপাতিক। 4

Prove that the half-width of a spectral line is inversely proportional to the square root of the molecular weight of the substance emitting it.

**8.** ব্ৰাউনীয়ান গতিৰ তাৎপৰ্য ব্যাখ্যা কৰা। 2

Explain the significance of Brownian motion.

**9.** (a) উষ্ণতাৰ ওলোটন কি? ইয়াৰ প্ৰকাশৰাশি লিখা। 1+1=2

What is temperature inversion? Write its expression.

(b) হিলিয়ামৰ বাবে সংকট উষ্ণতা গণনা কৰা যদিহে ইয়াৰ সংকট চাপ 2·26 atm আৰু সংকট ঘনত্ব 69 kg m$^{-3}$ হয়। 2

Calculate the critical temperature of helium if the critical pressure is 2·26 atm and critical density is 69 kg m$^{-3}$.

(c) ভান দেৰ ৱালচৰ সমীকৰণৰ ভিত্তিত বয়ল উষ্ণতাৰ এক প্ৰকাশৰাশি উলিওৱা। 5

Derive an expression for Boyle temperature on the basis of van der Waals' equation.

*অথবা / Or*

$CO_2$ৰ বাবে এন্দ্ৰিউৰ পৰীক্ষাৰ লেখদাল আঁকি তাৰ গুৰুত্বপূৰ্ণ বৈশিষ্ট্যসমূহ ব্যাখ্যা কৰা।

Draw the curve for Andrew's experiment on $CO_2$ and explain its important features.

★★★

**4 SEM FYUGP PHYC4C**

**2 0 2 5**

( June )

# PHYSICS

( Core )

Paper : PHYC4C

**( Elements of Modern Physics )**

**( Theory )**

*Full Marks* : 60

*Time* : 2 hours

*The figures in the margin indicate full marks for the questions*

**1.** তলত দিয়াবোৰৰ পৰা শুদ্ধ উত্তৰটো বাছি উলিওৱা : 1×5=5

Choose the correct answer from the following :

(a) আলোক বিদ্যুৎ প্ৰভাৱ পৰীক্ষাত ফট'ইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি নিৰ্ভৰ কৰে

The maximum kinetic energy of the photoelectrons in a photoelectric effect experiment depends on

(i) আপতিত ৰশ্মিৰ তীব্ৰতাৰ ওপৰত

intensity of the incident light

*(ii)* আপতিত ৰশ্মিৰ কম্পনাংকৰ ওপৰত

frequency of the incident light

*(iii)* আপতিত ৰশ্মিৰ সমবৰ্তনৰ ওপৰত

polarization of the incident light

*(iv)* আপতন কোণৰ ওপৰত

angle of incidence

*(b)* কম্পটন বিক্ষেপণ প্ৰক্ৰিয়াত, $\lambda$ তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ ফ'টন এটা $m$ ভৰৰ (প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থাত স্থিৰ থকা) আধানযুক্ত কণিকাৰ দ্বাৰা $\theta$ কোণত বিক্ষেপিত হয়। যদি ফ'টনৰ অন্তিম তৰংগদৈৰ্ঘ্য $\lambda'$ হয়, তেন্তে পাৰ্থক্য $\lambda' - \lambda$

In a Compton scattering process, a photon of wavelength $\lambda$ is scattered off a charged particle of mass $m$ (initially at rest) by an angle $\theta$. If the final wavelength of the photon is $\lambda'$, then the difference $\lambda' - \lambda$

*(i)* $\theta$ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে, কিন্তু $\lambda$ৰ ওপৰত নহয়

depends on $\theta$, but not on $\lambda$

*(ii)* $\lambda$ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে, কিন্তু $m$ৰ ওপৰত নহয়

depends on $\lambda$, but not on $m$

*(iii)* $\lambda$ আৰু $\theta$ উভয়ৰে ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে

depends on both $\lambda$ and $\theta$

*(iv)* $\theta$ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে, কিন্তু $m$ৰ ওপৰত নহয়

depends on $\theta$, but not on $m$





*(c)* নিৰ্দিষ্ট আয়তনৰ এটা গহ্বৰৰ উষ্ণতা দুগুণ কৰা হ'ল। গহ্বৰৰ ভিতৰত, ক'লা বস্তু বিকিৰণৰ বাবে তলৰ কোনটো সত্য?

The temperature of a cavity of fixed volume is doubled. Which of the following is true for the blackbody radiation inside the cavity?

*(i)* ইয়াৰ শক্তি 2 গুণ বৃদ্ধি পায়

Its energy increases 2 times

*(ii)* ইয়াৰ শক্তি 16 গুণ বৃদ্ধি পায়

Its energy increases 16 times

*(iii)* ইয়াৰ শক্তি 8 গুণ কমি যায়

Its energy decreases 8 times

*(iv)* ইয়াৰ শক্তি 16 গুণ কমি যায়

Its energy decreases 16 times

*(d)* শ্বেল মডেলৰ মতে, ${}^{9}_{4}\text{Be}$ নিউক্লিয়াছৰ স্পিন আৰু পেৰিটি হ'ব ক্ৰমে

The spin and parity of ${}^{9}_{4}\text{Be}$ nucleus, as predicted by the shell model, are respectively

*(i)* $\frac{3}{2}$ আৰু অযুগ্ম

$\frac{3}{2}$ and odd

*(ii)* $\frac{3}{2}$ আৰু যুগ্ম

$\frac{3}{2}$ and even

(iii) $\frac{1}{2}$ আৰু অযুগ্ম

$\frac{1}{2}$ and odd

(iv) $\frac{1}{2}$ আৰু যুগ্ম

$\frac{1}{2}$ and even

(e) হিলিয়াম-নিয়ন লেজাৰত, লেজাৰ সংক্ষেপন সংঘটিত হয়

In a He-Ne laser, the laser transition takes place in

(i) কেৱল হিলিয়ামত

He only

(ii) কেৱল নিয়নত

Ne only

(iii) প্ৰথমে নিয়নত, তাৰ পাছত হিলিয়ামত

Ne first, then in He

(iv) প্ৰথমে হিলিয়ামত, তাৰ পাছত নিয়নত

He first, then in Ne

**2.** তলত দিয়া প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ লিখা : 2×5=10

Answer the following questions :

(a) প্লাংকৰ কোৱাণ্টাম তত্ত্বৰ ধাৰণাসমূহ ব্যাখ্যা কৰা।

Describe Planck's quantum hypothesis.

(b) নিউক্লিয়াছৰ ভিতৰত ইলেক্ট্ৰনৰ অস্তিত্ব কিয় সম্ভৱ নহয়? অনিশ্চয়তা নীতি ব্যৱহাৰ কৰি ব্যাখ্যা কৰা।

Why is it not possible for an electron to exist inside the nucleus? Explain using uncertainty principle.





(c) পপুলেশ্বন ইনভাৰ্সন কি? মেটাষ্টেবল অৱস্থা নোহোৱাকৈ পপুলেশ্বন ইনভাৰ্সন সম্পন্ন কৰা সম্ভৱনে? মতামত আগবঢ়োৱা। 1+1=2

What is population inversion? Can population inversion be achieved without a metastable state? Share your opinion.

(d) পাউলিৰ নিউট্ৰিনো ধাৰণা কি? এই ধাৰণা অনুসৰি কোনটো কণিকা তাত্ত্বিকভাৱে পূৰ্বানুমান কৰা হৈছিল? 1+1=2

What is Pauli's neutrino hypothesis? Which particle was theoretically predicted by this hypothesis?

(e) নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াৰ $Q$-মান কি? কোনো বিক্ৰিয়া তাপবৰ্জী নে তাপগ্ৰাহী, তাক চিনাক্ত কৰিবলৈ ইয়াক কেনেকৈ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি? 1+1=2

What is the $Q$-value of a nuclear reaction? How can it be used to determine whether a reaction is exothermic or endothermic?

**3.** (a) তৰংগ ফলন কি? তৰংগ ফলনৰ বৰ্নৰ ব্যাখ্যা লিখা। প্ৰদত্ত দুটা ফলনৰ ভিতৰত কোনটোৱে $-\infty \le x \le \infty$ পৰিসৰৰ ভিতৰত এটা কণিকাৰ ভৌতিকভাৱে গ্ৰহণযোগ্য তৰংগ ফলনক প্ৰতিনিধিত্ব কৰে? 1+1+1=3

What is a wave function? Write Born's interpretation of wave function. Among the given two functions, which one represents a physically acceptable wave function of a particle in the range $-\infty \le x \le \infty$?

(i) $\psi(x) = Ae^{-x}$, $A > 0$

(ii) $\psi(x) = Ae^{-x^2}$, $A > 0$

(b) ছেমি-এম্পিৰিকেল ভৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি $^{235}_{92}U$ নিউক্লিয়াছৰ বন্ধন শক্তি গণনা কৰা। 3

দিয়া আছে, $a_v = 15 \cdot 5$ MeV, $a_s = 16 \cdot 8$ MeV, $a_c = 0 \cdot 7$ MeV, $a_a = 23 \cdot 0$ MeV আৰু

$$a_p = \begin{cases} +34 & \text{যুগ্ম-যুগ্ম নিউক্লিয়াছৰ কাৰণে} \\ 0 & \text{অযুগ্ম } A \text{ নিউক্লিয়াছৰ কাৰণে} \\ -34 & \text{অযুগ্ম-অযুগ্ম নিউক্লিয়াছৰ কাৰণে} \end{cases}$$

Using semi-empirical mass formula, calculate the binding energy of $^{235}_{92}U$ nucleus.

Given, $a_v = 15 \cdot 5$ MeV, $a_s = 16 \cdot 8$ MeV, $a_c = 0 \cdot 7$ MeV, $a_a = 23 \cdot 0$ MeV and

$$a_p = \begin{cases} +34 & \text{for even-even nuclei} \\ 0 & \text{for odd } A \text{ nuclei} \\ -34 & \text{for odd-odd nuclei} \end{cases}$$

(c) সুসংহত ৰশ্মি বুলিলে কি বুজোৱা হয়? স্থানীয় সংহতিৰ বিষয়ে ব্যাখ্যা কৰা। 1+2=3

What is meant by a coherent beam? Explain spatial coherence.

**4.** (a) গামা-ৰশ্মি মাইক্ৰ'স্কোপৰ চিন্তা পৰীক্ষাটো চিত্ৰসহ ব্যাখ্যা কৰা। 4

Explain the gamma-ray microscope thought experiment with diagram.





(b) নিউক্লিয়াৰ বলৰ মুখ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ আলোচনা কৰা। ই মহাকৰ্ষণ আৰু বিদ্যুৎচুম্বকীয় বলৰ পৰা কেনেকৈ পৃথক হয়? 3+1=4

Discuss the salient features of nuclear forces. How are they different from gravitational and electromagnetic forces?

(c) সূৰ্যৰ প্ৰধান শক্তিৰ উৎস, প্ৰ'টন-প্ৰ'টন চক্ৰটো ব্যাখ্যা কৰা। 4

Explain the proton-proton cycle, which is the main source of energy from sun.

নাইবা / Or

কাৰ্বন-নাইট্ৰ'জেন-অক্সিজেন (CNO) চক্ৰটো ব্যাখ্যা কৰা, যি সূৰ্যতকৈ অধিক ভৰযুক্ত তৰাসমূহৰ মুখ্য শক্তিৰ উৎস।

Explain the carbon-nitrogen-oxygen (CNO) cycle, the dominant energy source in stars more massive than the sun.

**5.** (a) প্ৰমাণ কৰা যে, প্লাংকৰ সূত্ৰটো ক্ষুদ্ৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্য সীমাত ৱিনৰ সূত্ৰলৈ আৰু দীঘল তৰংগদৈৰ্ঘ্য সীমাত ৰেলি-জিন্‌সৰ সূত্ৰলৈ পৰিৱৰ্তন হয়। 3+3=6

Show that Planck's law reduces to Wien's law in the short wavelength limit and Rayleigh-Jeans law in long wavelength limit.

(b) কম্পটন প্ৰভাৱ কি? কোনো মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ দ্বাৰা মূল দিশৰ সাপেক্ষে $\phi$ কোণত বিক্ষেপণ হোৱা ফ'টনৰ তৰংগদৈৰ্ঘ্যৰ পৰিৱৰ্তনৰ বাবে এটা সমীকৰণ উদ্ধৰণ কৰা। 1+5=6

What is Compton effect? Obtain an expression for the change in wavelength of a photon when it is scattered by a free electron through an angle $\phi$ with respect to the original direction.

(c) নিউক্লিয়াচৰ তৰল টোপাল আৰ্হিৰ মূল ধাৰণাসমূহ কি কি? তৰলৰ টোপাল আৰু নিউক্লিয়াছৰ মাজৰ বৈসাদৃশ্যসমূহ উল্লেখ কৰা। এই আৰ্হিৰ সীমাবদ্ধতা কি কি? 3+2+1=6

What are the basic assumptions of the liquid drop model of nucleus? What are the dissimilarities between a liquid drop and a nucleus? What are the discrepancies of this model?

**6.** যি কোনো দুটা বিষয়ত চমু টোকা লিখা : 3×2=6

Write short notes on (any *two*) :

(a) নিউক্লিয়াৰ ৰিয়েক্টৰ

Nuclear reactor

(b) অতিবেঙুনীয়া বিপৰ্যয়

Ultra-violet catastrophe

(c) বিটা বিঘটন

Beta decay

★★★