CSM—54/22

PHYSICS

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ

PAPER—I

Candidate must not write on this margin.

Time : 3 Hours

ସମୟ : ୩ ଘଣ୍ଟା

Full Marks : 250

ପୂର୍ଣ୍ଣ ସଂଖ୍ୟା : ୨୫୦

The figures in the right-hand margin indicate marks.

ପ୍ରଶ୍ନପତ୍ରର ଡ଼ାହାଣ ପଟେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରଶ୍ନର ମାର୍କ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

Candidates should attempt ***any*** **10** ***(ten)*** *questions of* **GROUP—A** *with word limit of 250 words and should attempt* ***any*** **5** ***(five)*** *questions from* **GROUP—B** *with word limit of 300 words.*

ପରୀକ୍ଷାର୍ଥୀମାନେ **GROUP—A** ରୁ ଯେକୌଣସି **୧୦**ଟି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ୨୫୦ ଶବ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ଏବଂ **GROUP—B** ରୁ ଯେକୌଣସି **୫**ଟି ପ୍ରଶ୍ନର ଉତ୍ତର ୩୦୦ ଶବ୍ଦ ମଧ୍ୟରେ ସୀମିତ ରଖିବେ ।

GROUP—A

1. *(a)* Explain the characteristics of Coriolis force. What role does it play in atmospheric air flow pattern? 8

Coriolis force ର ଗୁଣ ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ବାୟୁ ପ୍ରବାହ ଢାଞ୍ଚାରେ ଏହା କେଉଁ ଭୂମିକା ନିର୍ବାହ କରେ?

(b) Describe the motion of Foucault pendulum. 7

Foucault pendulum ର ଗତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

2. *(a)* If you walk directly towards a plane mirror at a speed v, at what speed does your image approach you? 3

ଯଦିତୁମେ v ସ୍ପିଡ୍‌ରେ ସିଧାସଳଖ ସମତଳ ଦର୍ପଣ ଆଡକୁ ଚାଲ, ତେବେ ତୁମ ପ୍ରତିଛବି କେଉଁ ବେଗରେ ତୁମ ନିକଟକୁ ଆସେ?

(b) Suppose you cut away lower two-thirds of a lens. Is an image still formed? Why or why not? 4

ମନେକର, ତୁମେ ଗୋଟିଏ lens ର ଦୁଇତୃତୀୟାଂଶ କାଟି ଦେଲା ତଥାପି ଏକ ପ୍ରତିଛବି ଗଠିତ ହୋଇଛି କି? କାହିଁକି କିମ୍ବା କାହିଁକି ନୁହେଁ?

(c) Explain the lasing principle and working of a three-level LASER. 8

Lasing principle ଏବଂ ଏକ ତିନିସ୍ତରୀୟ LASER ର କାର୍ଯ୍ୟ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

Candidate must not write on this margin.

3. (a) "There is no fundamental distinction between interference and diffraction." Explain. Can sound waves undergo diffraction around an edge? 6+2=8

Interference ଏବଂ diffraction ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ମୌଳିକ ପାର୍ଥକ୍ୟ ନାହିଁ । ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର । କୌଣସି ଧ୍ୱନି ତରଙ୍ଗ ଏକ ଧାରରେ ବିଭାଜନ ହୋଇପାରିବ?

(b) What are constraints? How many types of constraint are there? Give one example for each. 7

ପ୍ରତିବନ୍ଧକଗୁଡ଼ିକ କ'ଣ? କେତେ ପ୍ରକାରର? ପ୍ରତେକ ପାଇଁ ଗୋଟିଏ ଲେଖାଏଁ ଉଦାହରଣ ଦିଅ ।

4. (a) Explain Rutherford scattering. Suppose you repeat the same experiment using a thin sheet of solid hydrogen in place of gold foil. What would you observe? 5+3=8

Rutherford scattering ବିଷୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର । ଧରାଯାଉ ତୁମେ gold foil ସ୍ଥାନରେ solid hydrogen ପତଳା ସିଟ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ପୁନରାବୃତ୍ତି କରିଲ । ତୁମେ କ'ଣ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରିବ?

(b) During a spaceflight to a distant star, an astronaut and her twin brother on the earth send radio signals to each other at annual intervals. What is the frequency of the radio signal each twin receives from the other during the flight to the star if the astronaut is moving at $v = 0{\cdot}8\ c$?

What is the frequency during the return flight at the same speed? 7

ଏକ distant star କୁ ଏକ spaceflight ସମୟରେ ଜଣେ ମହାକାଶଚାରୀ ଏବଂ ପୃଥିବୀରେ ତାଙ୍କର ଜାଆଁଳା ଭାଇ ବାର୍ଷିକ ବ୍ୟବଧାନରେ ପରସ୍ପରକୁ ରେଡିଓ ସିଗନାଲ ପଠାନ୍ତି । ଯଦି ମହାକାଶଚାରୀ $v = 0{\cdot}8\ c$ ରେ ଗତିକରନ୍ତି ତେବେ star ପାଖକୁ ଉଡାଣ ସମୟରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଯାଆଁଳା ଅନ୍ୟଠାରୁ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା ରେଡିଓ ସଙ୍କେତର frequency କେତେ?

ସମାନ ବେଗରେ return flight ସମୟରେ frequency କ'ଣ?

Candidate must not write on this margin.

5. *(a)* An unstable particle of mass M decays into two particles with masses m_1 and m_2 respectively. Using conservation of energy-momentum principle, find the kinetic energy of m_2. 8

Mass M ର ଏକ ଅସ୍ଥିର କଣିକା ଯଥାକ୍ରମେ masses m_1 ଏବଂ m_2 ସହିତ ଦୁଇଟି କଣିକାରେ କ୍ଷୟ ହୁଏ । ଶକ୍ତି ଗତି ନୀତିର ସଂରକ୍ଷଣ ବ୍ୟବହାର କରି m_2 ର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ବାହାର କର ।

(b) Show that four-velocity vector is orthogonal to four-acceleration vector. 7

ଦର୍ଶାଅ ଯେ four-velocity vector four-acceleration vector ପ୍ରତି orthogonal ଅଟେ ।

6. Explain the method of images procedure. A point charge is placed in front of a grounded conducting sphere. Find the potential at any point $P(r, \theta)$ outside the sphere, using method of images. 5+10=15

ପ୍ରତିଛବି ପ୍ରଣାଳୀର ପଦ୍ଧତି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର । ଏକ grounded conducting sphere ସମ୍ମୁଖରେ ଏକ point charge ରଖାଯାଇଛି । ପ୍ରତିଛବିର ପଦ୍ଧତି ବ୍ୟବହାର କରି, କ୍ଷେତ୍ର ବାହାରେ ଯେ କୌଣସି $P(r, \theta)$ ରେ potential ର ସନ୍ଧାନ କର ।

7. *(a)* Describe the qualitative nature of solutions $x(t)$ of a damped oscillator $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$. 8

ଏକ damped oscillator $m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$ ର ସମାଧାନ $x(t)$ ର ଗୁଣାତ୍ମକ ପ୍ରକୃତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

(b) Explain how Maxwell fixed Ampere's law with the introduction of 'displacement current' term. 7

'Displacement current' term ର ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ ସହ Maxwell Ampere's law କୁ କିପରି ସ୍ଥିର କଲେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

8. *(a)* Explain the principle of transformer in detail. 8

Transformer ର principle କୁ ବିସ୍ତୃତ ଭାବେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

(b) Which of Maxwell's equations explain how a credit card reader works? What would happen if the card was not swiped, but just sat motionless in the reader's slot? 7

Maxwell ଙ୍କ ସମୀକରଣ ମଧ୍ୟରୁ କେଉଁଟି ଏକ credit card reader କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରେ? ଯଦି card swip ହୋଇ ନ ଥାଏ, କିନ୍ତୁ କେବଳ ପାଠକଙ୍କ slot ରେ ଗତିହୀନ ହୋଇ ବସିଥାନ୍ତା, ତେବେ କ'ଣ ହେବ?

9. *(a)* Explain the terms *(i)* skin depth and *(ii)* Brewster's angle. 4+4=8

ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର *(i)* ଚର୍ମର ଗଭୀରତା *(ii)* Brewster ଙ୍କ କୋଣ ।

(b) A directional loudspeaker aims a sound wave of wavelength λ at a wall. At what distance from the wall could you stand and hear no sound at all? 7

ଏକ directional loudspeaker କାନ୍ଥରେ ତରଙ୍ଗ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ଶବ୍ଦ ତରଙ୍ଗକୁ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରେ । କାନ୍ଥର କେତେ ଦୂରତାରେ ତୁମେ ଠିଆ ହୋଇ ଆଦୌ ଶବ୍ଦ ଶୁଣିପାରିବ ନାହିଁ ।

10. *(a)* Starting from four Maxwell equations obtain the wave equation for vector potential $\vec{A}$. 8

Maxwell ଙ୍କ ଚାରୋଟି ସମୀକରଣରୁ ଆରମ୍ଭ କରି vector potential $\vec{A}$ ପାଇଁ wave equation ପ୍ରାପ୍ତ କର ।

(b) Describe the P-V diagram for Otto cycle and diesel cycle. 7

Otto cycle ଏବଂ diesel cycle ପାଇଁ P-V diagram ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

11. *(a)* Explain the characteristics of isobaric, isothermal and adiabatic processes through P-V diagram for constant amount of an ideal gas. 8

ଏକ ideal gas ର constant amount ପାଇଁ P-V ଚିତ୍ର ମାଧ୍ୟମରେ ଏକ isobaric, isothermal and adiabatic ପ୍ରକ୍ରିୟାର ଗୁଣ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

(b) Despite being the most common element in the Universe, there is hardly any hydrogen in the Earth's atmosphere. Why? 7

Universe ରେ ସବୁଠାରୁ ସାଧାରଣ ଉପାଦାନ ହୋଇଥିଲେ ମଧ୍ୟ ପୃଥିବୀର ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ କୌଣସି hydrogen ନାହିଁ । କାହିଁକି?

12. *(a)* What is Joule-Kelvin effect? Explain using a diagram. How does one liquefy gases? 8

Joule-Kelvin ପ୍ରଭାବ କ'ଣ? ଏକ ଚିତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର । ଗ୍ୟାସର ଗୋଟିଏ ତରଳ କିପରି?

(b) Consider an attractive central force of the form $F(r) = -\frac{k}{r^n}$. What is the condition on n that a stable circular orbit exists? 7

$F(r) = -\frac{k}{r^n}$ ଫର୍ମର ଏକ ଆକର୍ଷଣୀୟ କେନ୍ଦ୍ରିୟ ଶକ୍ତି ବିଷୟରେ ବିଚାର କର । n ରେ condition କ'ଣ ଯେ ଏକ ସ୍ଥିର ବୃତ୍ତାକାର କକ୍ଷପଥ ବିଦ୍ୟମାନ ।

Candidate must not write on this margin.

GROUP—B

Candidate must not write on this margin.

13. *(a)* Obtain the rocket equation in free space. 8

ରକେଟ ସମୀକରଣ ପାଇବା ହେଉଛି ଖାଲି ସ୍ଥାନ (free space) ।

(b) How does the equation change, if you consider vertical ascent under constant gravity? (No air resistance, Burn rate of fuel constant) 6

ତୁମେ ଯଦି ଭୂଲମ୍ବ ସ୍ଥିର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣକୁ ବିଚାର କର, ସମୀକରଣ କିପରି ବଦଳିବ । (ବାୟୁ ପ୍ରତିରୋଧ ନାହିଁ, ଇନ୍ଧନର ଜଳିବା ହାର ସ୍ଥିର)

(c) A rocket is in outer space, far from any planet, when the rocket engine is turned on. In the first second of firing, the rocket ejects $\frac{1}{120}$ of its mass with a relative speed of 2400 m/s. What is the rocket's initial acceleration? 6

ଯେତେବେଳେ ରକେଟ୍ ଇଞ୍ଜିନି ଟର୍ନ ଅନ ହୁଏ, କୌଣସି ଗ୍ରହଠାରୁ ବହୁ ଦୂରରେ ଏକ ରକେଟ ବାହ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ଥାଏ । Firing ର ପ୍ରଥମ ସେକେଣ୍ଡରେ ରକେଟ୍ ଏହାର mass ର $\frac{1}{120}$ କୁ ନିର୍ଗତ କରେ ଯାହାକି ଆପେକ୍ଷିକ ବେଗ ସହିତ 2400 m/s ରକେଟ୍‌ର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ତ୍ୱରଣ କ'ଣ?

14. *(a)* What necessitated the introduction of Lorentz transformations in STR? Explain Lorentz transformations. A muon is travelling through laboratory at three-fifths the speed of light. How long does it last? (Lifetime of muon is $2{\cdot}0 \times 10^{-6}$ sec) 3+4+3=10

STR ରେ Lorentz transformation ର ପରିଚିତି କ'ଣ ଆବଶ୍ୟକ କରେ? Lorentz transformation କୁ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର । ଆଲୋକର ବେଗରେ ତିନି ପଞ୍ଚମାଂଶରେ ଏକ muon laboratory ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯାତ୍ରା କରୁଛି । ଏହା କେତେ ଦିନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରହେ? (muon ର ଜୀବନ ସମୟ $2{\cdot}0 \times 10^{-6}$sec)

(b) Explain the technique of Holography in detail. 10

Holography ର କୌଶଳକୁ ବିସ୍ତୃତ ଭାବେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

15. *(a)* What is an optical fiber? Describe the propagation of electromagnetic pulse in a fiber. 10

ଏକ optical fiber କ'ଣ? ଏକ fiber ରେ electromagnetic pulse ର ବିସ୍ତାର ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

(b) Set up the differential equation, which describes how charge q varies with time t in a LCR circuit. Give qualitative analysis of the solutions $q(t)$. 10

Differential equation set up କର, ଯାହା LCR circuit ରେ ସମୟ (t) ସହିତ ଚାର୍ଜ (q) କିପରି ବଦଳିଥାଏ ତାହାକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରେ । $q(t)$ ସମାଧାନର ଗୁଣାତ୍ମକ ବିଶ୍ଳେଷଣ ପ୍ରଦାନ କର ।

16. *(a)* State four Maxwell equations and their physical significance. 10

ଚାରୋଟି Maxwell equation ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକର physical significance ଦର୍ଶାଅ ।

(b) Prove by direct calculation, that the equations of electrostatics $\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = 4\pi\rho$ and $\vec{\nabla}\times\vec{E} = 0$, follow from the electric field of a point charge. 10

ସିଧାସଳଖ ଗଣନ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରମାଣ କର ଯେ electrostatics $\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = 4\pi\rho$ ଏବଂ $\vec{\nabla}\times\vec{E} = 0$ ସମୀକରଣ, ଏକ point charge ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରରୁ ଅନୁସରଣ କରେ ।

17. *(a)* Explain in detail, why daytime clear sky appears blue. 10

କାହିଁକି ଦିନର ସ୍ୱଚ୍ଛ ଆକାଶ ନୀଳ ଦେଖାଯାଏ? ବିସ୍ତୃତ ଭାବେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କର ।

(b) Write a short note on Planck's radiation law. Does a black body at 2000 kelvin emit X-rays? Does it emit radio waves? 10

Planck ଙ୍କ radiation law ଉପରେ ଏକ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ନୋଟ ଲେଖ । 2000 kelvin ରେ ଏକ black body X-rays ନିର୍ଗତ କରେ କି? ଏହା ରେଡିଓ ତରଙ୍ଗ ନିର୍ଗତ କରେ କି?

18. *(a)* Distinguish among microcanonical, canonical and grand canonical ensembles. 10

Microcanonical, canonical ଏବଂ grand canonical ensembles ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

Candidate must not write on this margin.

(b) Suppose you toss 4 identical coins (with Head and Tail) on the floor. List possible macroscopic states and microscopic states. 10

ଫ୍ଲୋରରେ ତୁମେ ଚାରୋଟି identical coin (ମୁଣ୍ଡ ଏବଂ tail ସହିତ) ଟସ୍ କଲ । ସମ୍ଭାବ୍ୟ macroscopic states ଏବଂ microscopic states ର ତାଲିକା କର ।

Candidate must not write on this margin.

★★★