

Reg. No. : .....

Code No. : 20563 B Sub. Code : SMPH 62

B.Sc. (CBCS) DEGREE EXAMINATION, APRIL 2021.

Sixth Semester

Physics — Core

QUANTUM MECHANICS

(For those who joined in July 2017 onwards)

Time : Three hours

Maximum : 75 marks

PART A — (10 × 1 = 10 marks)

Answer ALL questions.

Choose the correct answer.

1. நீண்ட அலைநீளம் கொண்ட கதிர்வீச்சுகளில், இராலே-சீன் விதி குறிப்பிடும் ஓரலகு கொள்ளளவில் இடம்பெறும் ஆற்றல்  $U_\lambda d\lambda$

(அ)  $\frac{8\pi kT}{\lambda^4} d\lambda$  (ஆ)  $\frac{8\pi kT}{\lambda^5} d\lambda$

(இ)  $\frac{\lambda^4}{8\pi kT} d\lambda$  (ஈ)  $\frac{\lambda^5}{8\pi kT} d\lambda$

In longer wavelength region, Rayleigh-Jean's law describes the energy per unit volume  $U_\lambda d\lambda$  is

- (a)  $\frac{8\pi kT}{\lambda^4} d\lambda$  (b)  $\frac{8\pi kT}{\lambda^5} d\lambda$   
(c)  $\frac{\lambda^4}{8\pi kT} d\lambda$  (d)  $\frac{\lambda^5}{8\pi kT} d\lambda$

2. தரைமட்ட ஆற்றல் அளவு

- (அ) 13.6 MeV (ஆ) 16.3 eV  
(இ) -13.6 eV (ஈ) -13.6 MeV

Ground state energy value is

- (a) 13.6 MeV (b) 16.3 eV  
(c) -13.6 eV (d) -13.6 MeV

3. ஓர் அலையின் முன்னேறு மாறிலி  $\vec{k}$

- (அ)  $\frac{\vec{p}}{h}$  (ஆ)  $\frac{\vec{p}}{\hbar}$   
(இ)  $\frac{h}{\vec{p}}$  (ஈ)  $\frac{\hbar}{\vec{p}}$

Propagation constant of a wave  $\vec{k}$  is

- (a)  $\frac{\vec{p}}{h}$  (b)  $\frac{\vec{p}}{\hbar}$   
(c)  $\frac{h}{\vec{p}}$  (d)  $\frac{\hbar}{\vec{p}}$

4. ஓர் அலையின் ஃபூரியர் மாற்றம் தருகின்ற அலைவீச்சு

(அ)  $\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t) e^{(kx - \omega t)} dt$

(ஆ)  $\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t) e^{(kx + \omega t)} dx$

(இ)  $\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t) e^{i(kx + \omega t)} dt$

(ஈ)  $\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t) e^{-i(kx - \omega t)} dx$

Fourier transform of a wave function gives the amplitude as

(a)  $\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t) e^{(kx - \omega t)} dt$

(b)  $\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t) e^{(kx + \omega t)} dx$

(c)  $\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t) e^{i(kx + \omega t)} dt$

(d)  $\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x, t) e^{-i(kx - \omega t)} dx$

5. துல்லிய குறைபாடுகளுக்கு இடையேயான தொடர்பு

(அ)  $\Delta p \cdot \Delta t \leq \hbar$  (ஆ)  $\Delta p \cdot \Delta t \geq \hbar$

(இ)  $\Delta L \cdot \Delta \phi \geq \hbar$  (ஈ)  $\Delta L \cdot \Delta \phi \leq \hbar$

The uncertainty relation is

(a)  $\Delta p \cdot \Delta t \leq \hbar$  (b)  $\Delta p \cdot \Delta t \geq \hbar$

(c)  $\Delta L \cdot \Delta \phi \geq \hbar$  (d)  $\Delta L \cdot \Delta \phi \leq \hbar$

6. மிக கனரக உருக்களுக்கு பொருத்தமான சமன்பாடு

(அ)  $\frac{\hbar}{m} = 0$  (ஆ)  $\frac{m}{\hbar} = 0$

(இ)  $\frac{\hbar}{m} = \infty$  (ஈ)  $\frac{\hbar}{m} = 1$

The suitable equation for very heavy bodies is

(a)  $\frac{\hbar}{m} = 0$  (b)  $\frac{m}{\hbar} = 0$

(c)  $\frac{\hbar}{m} = \infty$  (d)  $\frac{\hbar}{m} = 1$

7. சீராக்கப்பட்ட அலைச்சுர்பிற்கான கட்டுப்பாடு

(அ)  $\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \psi(x) dx = 0$

(ஆ)  $\int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \psi(x) dx = 1$

(இ)  $\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \psi(x) dx = 1$

(ஈ)  $\int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \psi(x) dx = \infty$

The condition for normalized wave function is

(a)  $\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \psi(x) dx = 0$

(b)  $\int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \psi(x) dx = 1$

(c)  $\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \psi(x) dx = 1$

(d)  $\int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \psi(x) dx = \infty$

8.  $|\psi(x, t)|$ ன் பரிமாண வாய்பாடு

(அ)  $[L]^{-1/2}$  (ஆ)  $[L]^{1/2}$

(இ)  $[L]^{-2}$  (ஈ)  $[L]^2$

The dimension of  $|\psi(x, t)|$  is

(a)  $[L]^{-1/2}$  (b)  $[L]^{1/2}$

(c)  $[L]^{-2}$  (d)  $[L]^2$

9. கோண அதிர்வெண்  $\omega$  ன் மதிப்பு

(அ)  $\sqrt{\frac{m}{k}}$  (ஆ)  $\sqrt{\frac{\lambda}{k}}$

(இ)  $\sqrt{\frac{k}{m}}$  (ஈ)  $\sqrt{\frac{k}{\lambda}}$

Angular frequency  $\omega$  is

(a)  $\sqrt{\frac{m}{k}}$  (b)  $\sqrt{\frac{\lambda}{k}}$

(c)  $\sqrt{\frac{k}{m}}$  (d)  $\sqrt{\frac{k}{\lambda}}$

10. ஒரு நிலையாற்றல் தடுப்பரணில், எப்பொழுது நிலையாற்றல் சுழியமாக இருக்கும்?

- (அ)  $L < x < 0$  (ஆ)  $x = 0$   
(இ)  $x < L$  (ஈ)  $L > x > 0$

When does the Potential energy be zero in a potential barrier?

- (a)  $L < x < 0$  (b)  $x = 0$   
(c)  $x < L$  (d)  $L > x > 0$

PART B — ( $5 \times 5 = 25$  marks)

Answer ALL questions, choosing either (a) or (b).

Each answer should not exceed 250 words.

11. (அ) பிளாங்கின் குவாண்டம் கருதுகோளை சுருக்கமாக எழுதுக.

Brief the Planck's quantum hypothesis.

Or

(ஆ) காம்ப்டன் விளைவு பற்றி சிறுகுறிப்பு எழுதுக.

Write a short note on Compton Effect.

12. (அ) அலைத் திசைவேகம் என்ற கருத்திலிருந்து கட்ட

மாநிலி  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  எனும் சமன்பாட்டினை பெறுக.

Obtain the equation, phase constant  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

from the concept of wave velocity.

Or

(ஆ) ஒளியின் திசைவேகத்துடன் ஒத்த திசைவேகத்தில் பயனிக்கும்  $m$  நிறை கொண்ட துகளொன்றின் தி

ப்ராக்லி அலைநீளம்  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0k\left(1 + \frac{k}{2m_0c^2}\right)}}$

என்பதை நிரூபிக்க.

Prove that the deBroglie's wavelength of a particle of mass  $m$ , moving with the velocity comparable to the velocity of light, as

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0k\left(1 + \frac{k}{2m_0c^2}\right)}}.$$



13. (அ) ஃபோர் சுற்று வட்டப்பாதையில், எதிர்மிந்துகளின் தரைமட்ட ஆற்றல் மதிப்பினை கணக்கிடுக.

Calculate the value of ground state energy of an electron in Bohr orbit.

Or

- (ஆ) எதிர் மின் துகளொன்றின் வேகம் 0.01% துல்லியத்துடன் 300 m/s என்று அளவிடப்பட்டால், அதனுடைய இருப்பிடத்தை எவ்வளவு துல்லியத்துடன் அளவிடமுடியும்?

If the speed of an electron is measured as 300 m/s accurate to 0.01%, with what accuracy can you measure the position of the electron?

14. (அ) ஒற்றை பரிமாணத்தில், காலம் சார்ந்த இச்ரோடிஞ்சரின் அலைச் சமன்பாட்டினை வருவி.

Derive the one dimensional time independent Schrödinger wave equation.

Or

- (ஆ) ஒற்றை பரிமாண நிலையாற்றலின் முடிவிலா ஆழத்தினுள்,  $x = 0$ ,  $x = a$  எனும் இடைவெளியில் இயங்கும் துகளின் அலைச்சார்பு

$$\psi_n = A \sin \frac{n\pi x}{a}, \text{ அதன் சீராக்கப்பட்ட அலைச்}$$

சார்பினை தீர்மானிக்க.

A particle is moving inside an 1-D infinite potential well between  $x = 0$  and  $x = a$  with zero potential energy. Its wave function is  $\psi_n = A \sin \frac{n\pi x}{a}$ . Determine its normalized wave function.

15. (அ) ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான அலைச்சார்பிற்கான நிபந்தனையை காண்க.

Find the condition for mutually orthogonal wave function.

Or

- (ஆ)  $1000 \text{ \AA}$  பக்களவு கொண்ட ஒற்றை பரிமாண நிலையாற்றல் பெட்டகத்தினுள் இயங்கும்  $1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$  நிறை கொண்ட நடுநிலை துகளின் சிறும ஆற்றல் மதிப்பினைக் காண்க.

Find the lowest energy of a neutron of mass  $1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$  confined to move in 1-D potential box of length  $1000 \text{ \AA}$ .

PART C — (5 × 8 = 40 marks)

Answer ALL questions, choosing either (a) or (b).

Each answer should not exceed 600 words.

16. (அ) ஒளிமின் விளைவை பற்றிய அய்ன்சுடீனின் விளக்கத்தை விவரிக்க.

Explore the Einstein's explanation about Photoelectric effect.

Or

- (ஆ) வியனின் கதிரியக்க சமன்பாட்டினையும் இராலே-சீன் விதியையும் அதன் வரையறைகளுடன் விளக்குக.

Explain Wein's radiation formula and Rayleigh-Jean law with their limitations.

17. (அ) துகளொன்றின் இயக்கத்தினை அலைக்கட்டு மூலம் குறிப்பிடுக. மேலும்  $v_g = \frac{d\omega}{dk}$  மற்றும்  $v_p = \frac{\omega_o}{k_o}$  என்று நிரூபிக்க.

Represent the motion of a particle by wave packet. And also prove that  $v_g = \frac{d\omega}{dk}$  and

$$v_p = \frac{\omega_o}{k_o}.$$

Or

- (ஆ) அலைகளின் குழுத் திசைவேகம் என்ற கருத்தினைப் பற்றி தகுந்த படங்களுடன் கணித முறையில் பகுப்பாய்க. மேலும்  $v_g = \frac{d\omega}{dk}$  என்று நிரூபிக்க.

Analyze the concept of Group velocity with appropriate pictures and mathematical methods. And also prove that  $v_g = \frac{d\omega}{dk}$ .

18. (அ) நிரூபிக்க :  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ . மேலும் அது குறிப்பிடும் இயற்பொருள் விளக்கத்தை தருக.

Prove :  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ . And also give its physical significance.

Or

- (ஆ) பிளவில் எதிர் மின்துகள்களின் விளிம்பு விளைவு பற்றிய சிந்தனை அளவில் உள்ள பரிசோதனையை விவரிக்க.

Explain the diffraction of electrons at a slit thought experiment.

19. (அ) நிலையாற்றல், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் உந்தம் ஆகியவற்றின் எதிர்பார்க்கப்பட்ட மதிப்புகளை கணக்கிடுக.

Calculate the expectation values of Potential energy, Kinetic energy and Momentum.

Or

- (ஆ) உந்தம், இயக்க ஆற்றல் மற்றும் மொத்த ஆற்றல் ஆகியவற்றின் சுவாண்டம் செயலிகளை மதிப்பிடுக.

Evaluate the quantum operators for Momentum, Kinetic energy and Total energy.

20. (அ) ஒரு பெட்டகத்தினுள் துகளொன்றின் முப்பரிமாண இயக்கத்தை விவரிக்க. மேலும்

$$E_{cube} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2ma^2} (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2) \text{ என்பதை நிரூபிக்க.}$$

Explain a particle's three dimensional motion in a box and hence prove that

$$E_{cube} = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2ma^2} (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2).$$

Or

(ஆ) சுரங்க விளைவை விளக்குக. மேலும் எதிரொளிப்புக் குணகம் மற்றும் ஊடுருவுதல் குணகம் ஆகியவற்றை தீர்மானிக்க.

Describe the tunnel effect and hence determine the reflection coefficient and transmission coefficient.

---