

2023

PHYSICS — GENERAL

Paper : DSE-A-1 and DSE-A-2

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

Paper : DSE-A-1

(Analog Electronics)

Full Marks : 50

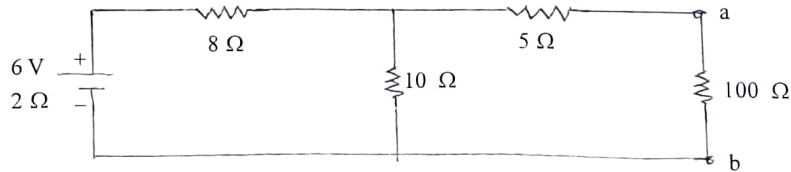
প্রাপ্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

১ নং প্রশ্ন ও অন্য যে-কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। যে-কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

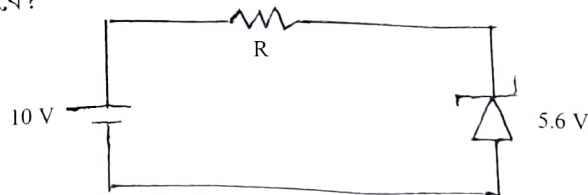
২×৫

- (ক) একটি সাধারণ দুই প্রান্ত বিশিষ্ট পরিবাহী জালের ক্ষেত্রে নটনের উপপাদ্যটি বিবৃত করো।
- (খ) কোনো ট্রানজিস্টরের β এবং ভূমি প্রবাহের (I_B) মান যথাক্রমে 100 এবং $20 \mu A$ । ওর নিঃসারক প্রবাহের (I_E) মান নির্ণয় করো।
- (গ) OPAMP-এর ভারচুয়াল গ্রাউন্ড কী?
- (ঘ) ধনাত্মক ফীডব্যাক বলতে কী বোঝো?
- (ঙ) একটি ফিল্ড-এফেক্ট ট্রানজিস্টার এবং একটি বাইপোলার জংশন ট্রানজিস্টারের মধ্যে পার্থক্য কী?
- (চ) FET-এর 'পিঞ্চ-অফ' ভোল্টেজ বলতে কী বোঝো?
- (ছ) লোড নিয়ন্ত্রণ বলতে কী বোঝো?

২। (ক) থেভেনিনের উপপাদ্য প্রয়োগ করে নিম্নের বর্তনীতে 100Ω রোধে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় করো।

- (খ) একটি সরল দুই প্রান্ত বিশিষ্ট পরিবাহী জালের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ ক্ষমতা স্থানান্তরের উপপাদ্যটি বিবৃত করো এবং ব্যাখ্যা করো।
- (গ) নিম্নের বর্তনীতে জেনার ব্রেকডাউন ভোল্টেজ 5.6 V এবং সর্বাধিক প্রবাহমাত্রা 44 mA। সর্বনিম্ন রোধ R-এর মান কত হলে জেনারটি সুরক্ষিত থাকবে?

৪+৩+৩



Please Turn Over

- ৩। (ক) একটি ট্রানজিস্টরের α এবং β -এর সংজ্ঞা দাও। এদের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করো।
 (খ) ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে লোড রেখা কী?
 (গ) একটি ট্রানজিস্টরের প্রবাহমাত্রা বিবর্ধন কারক $\alpha = 0.95$ । বর্তনীটি নিঃসারক ভূসংলগ্ন। যদি ভূমি প্রবাহমাত্রার পরিবর্তন 0.2 mA হয়, তবে সংগ্রাহক প্রবাহমাত্রার পরিবর্তন নির্ণয় করো।
 (৩+২)+২+৩
- ৪। (ক) একটি n -চ্যানেল FET-এর কার্যনীতি ব্যাখ্যা করো।
 (খ) 'পিঞ্চ-অফ'-এর আগে ও পরে JFET-এর ডিগ্লিশন অঞ্চলের চিত্র অঙ্কন করো।
 (গ) JFET ও MOSFET-এর বৈশিষ্ট্যগুলি তুলনা করো।
 ৪+৩+৩
- ৫। (ক) OPAMP-এর CMRR বলতে কী বোঝো?
 (খ) বর্তনী চিত্রের সাহায্যে, OPAMP ব্যবহার করে ইনভার্টিং বিবর্ধকের আউটপুট বিভবের রাশিমালা নির্ণয় করো।
 (গ) দেখাও যে OPAMP-কে কীভাবে একটি বিয়োগকারক হিসাবে ব্যবহার করা যায়।
 ২+(১+৩)+৪
- ৬। (ক) স্পন্দকের মূলনীতি সংক্ষেপে আলোচনা করো।
 (খ) রৈখিক অপেক্ষক পাওয়ার জন্য অপারেশনাল বিবর্ধকে ঋণাত্মক পুনর্নিবেশ প্রযুক্ত করা হয় কেন?
 (গ) একটি ফোটো-ডায়োডের কার্যনীতি বর্ণনা করো।
 ৩+৩+৪
- ৭। (ক) ধারক ফিল্টার ব্যবহার করে, চিত্রসহ একটি অর্ধতরঙ্গ একমুখীকারকের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করো।
 (খ) একটি জেনার ডায়োড কীভাবে লোডের দু-প্রান্তের মধ্যে ভোল্টেজকে স্থির রাখে, তা ব্যাখ্যা করো।
 ৫+৫

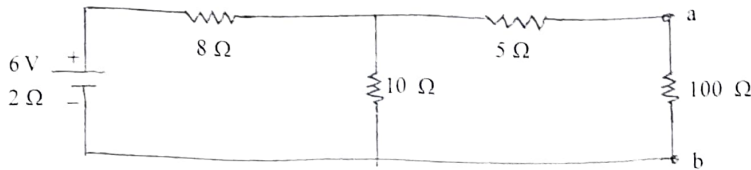
[English Version]

The figures in the margin indicate full marks.

Answer **question no. 1** and **any four** questions from the rest.

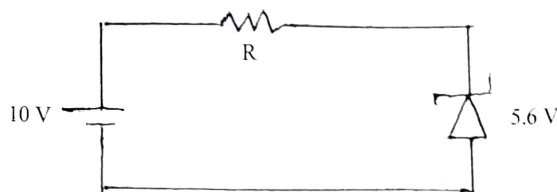
1. Answer **any five** questions : 2×5
- (a) State Norton's theorem for a simple two terminal network.
 (b) Find the value of emitter current (I_E) in a transistor for which $\beta = 100$ and base current (I_B) = $20 \mu\text{A}$.
 (c) What is virtual ground of an OPAMP?
 (d) What do you mean by positive feedback?
 (e) What are the differences between a field-effect transistor and a bipolar junction transistor?
 (f) What is meant by 'pinch-off' voltage in a FET?
 (g) What is meant by load regulation?

2. (a) Use Thevenin's theorem to calculate the current through the $100\ \Omega$ resistance in the following circuit.



- (b) State and explain maximum power transfer theorem for a simple two terminal linear network.
 (c) In the following circuit the breakdown voltage of Zener diode is 5.6 V and a maximum allowable current is 44 mA . What should be the minimum value of R in order to protect the Zener?

4+3+3



3. (a) Define α and β of a transistor. Find the relation between them.
 (b) What is load line for a transistor?
 (c) A transistor has a current gain factor $\alpha = 0.95$. It is connected with emitter grounded. Calculate the change in collector current when the base current is changed by 0.2 mA . (3+2)+2+3
4. (a) Explain the working principle of an n -channel FET.
 (b) Sketch the depletion region of a JFET before and after pinch-off.
 (c) Compare the basic characteristics of JFET and MOSFET. 4+3+3
5. (a) What is the CMRR of an OPAMP?
 (b) Find the expression for the output voltage of the inverting amplifier using OPAMP with neat circuit diagram.
 (c) Show how an OPAMP can be used as a subtractor. 2+(1+3)+4
6. (a) Discuss, in brief, the basic principle of an oscillator.
 (b) Why does an OPAMP need negative feedback for linear operation?
 (c) Write down the working principle of a photodiode. 3+3+4
7. (a) Explain with diagram, the working principle of a half-wave rectifier with capacitor filter.
 (b) Explain how a Zener diode maintains constant voltage across the load. 5+5

Paper : DSE-A-2

(Modern Physics)

Full Marks : 65

প্রান্তলিখিত সংখ্যাগুলি পূর্ণমান নির্দেশক।

১নং ও ২নং প্রশ্ন, এবং অন্য যে-কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

১। যে-কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

২×৫

- (ক) হাইজেনবার্গ-এর অনিশ্চয়তা তত্ত্বটি বিবৃত করো।
- (খ) একটি ইলেকট্রন 100 V বিভব-পার্থক্যের ভিতর দিয়ে যাত্রা করছে। ইলেকট্রনের ডি-ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।
- (গ) কৃষ্ণবস্তু বিকিরণ সংক্রান্ত প্লাঙ্কের সূত্রটি বিবৃত করো।
- (ঘ) কোন্ গতিবেগে ইলেকট্রন প্রবাহ হলে এর ভর স্থিরভরের দ্বিগুণ হবে? (দেওয়া আছে যে শূন্য মাধ্যমে আলোর গতিবেগ $C = 3 \times 10^8$ m/sec.)
- (ঙ) নর্মালাইজ করো : $\psi(x) = Ae^{-\alpha^2 x^2}$, $-\alpha < x < \alpha$, যেখানে A এবং α দুটি ধ্রুবক।
- (চ) অপটিক্যাল পাম্পিং বলতে কী বোঝো? লেসার উৎপাদনে এটি গুরুত্বপূর্ণ কেন?
- (ছ) স্বল্প-সুস্থিত অবস্থা কী?

২। যে-কোনো তিনটি প্রশ্নের উত্তর দাও :

- (ক) দশা বেগ ও গুচ্ছ বেগ-এর সংজ্ঞা লেখো। এদের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করো। ২+৩
- (খ) কোয়ান্টাম বলবিদ্যায় প্রোবাবিলিটি কারেন্ট ঘনত্বের রাশিমালা নির্ণয় করো। ৫
- (গ) হিলিয়াম-নিয়ন লেসারের কার্যপ্রণালী শক্তিস্তরের ছবিসহ ব্যাখ্যা করো। ৫
- (ঘ) $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$ সম্পর্কটি প্রতিষ্ঠা করো। দেওয়া আছে কণাটির স্থিতিভর m_0 , ভরবেগ p এবং শক্তি E । ৫
- (ঙ) আইনস্টাইনের আলোকতড়িৎ সমীকরণটি লেখো এবং আলোকতড়িৎ ত্রিয়ার বৈশিষ্ট্যগুলি ব্যাখ্যা করো। ২+৩

৩। (ক) দেখাও যে মুক্ত ইলেকট্রন দ্বারা বিক্ষিপ্ত হওয়ার কারণে কোনো ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিবর্তনের মান $\Delta\lambda = \lambda_c(1 - \cos \theta)$ ।
যেখানে λ_c = ক্রম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও θ = বিক্ষেপণ কোণ।

(খ) ডেভিসন-গার্মার পরীক্ষাটি বর্ণনা করো। এর তাৎপর্য কী?

৬+৪

৪। (ক) শ্রোডিঙ্গারের (Schrödinger's) সময়-নিরপেক্ষ তরঙ্গ সমীকরণটি নির্ণয় করো।

(খ) 'L' দৈর্ঘ্যের একটি একমাত্রিক দৃঢ় বাক্সের মধ্যে সীমাবদ্ধ একটি বস্তুকণার জন্য ওপরের সমীকরণটি সমাধান করো এবং এর শক্তি আইগেন মান নির্ণয় করো।

৪+(৪+২)

- ৫। (ক) 'পপুলেশান ইনভারসন' বলতে কী বোঝে? লেসারের কার্যনীতিতে এর প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা করো।
 (খ) আইনস্টাইনের A ও B গুণাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করো।
 (গ) রুবি লেসারের কার্যনীতি ব্যাখ্যা করো। (১+২)+৪+৩
- ৬। (ক) একটি কণার স্বাভাবিক তরঙ্গ অপেক্ষকটি $\psi = Ae^{i(kx - \omega t)}$ । এর ভরবেগের প্রত্যাশা মান নির্ণয় করো। এখানে প্রতীকগুলি প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত।
 (খ) তরঙ্গ অপেক্ষকের অর্থোগোনালিটি ব্যাখ্যা করো।
 (গ) দেখাও যে একটি হার্মিশিয়ান সংকারকের আইগেন মানগুলি প্রকৃত (real)। ৫+২+৩
- ৭। (ক) দেখাও যে শূন্য মাধ্যমে আলোর গতিবেগের সঙ্গে যে-কোনো গতিবেগ যোগ করলে পুনরায় শূন্য মাধ্যমে আলোর গতিবেগই পাওয়া যায়।
 (খ) 0.6 C বেগে গতিশীল একটি নির্দেশতন্ত্রে একটি দণ্ড রাখা আছে। নির্দেশতন্ত্রটি দণ্ডের সমান্তরালে গতিশীল। দণ্ডটির দৈর্ঘ্য সংকোচনের শতকরা পরিবর্তনটি নির্ণয় করো।
 (গ) লরেঞ্জ রূপান্তর সমীকরণগুলি ব্যবহার করে দৈর্ঘ্য সংকোচন ও সময় প্রসারণের রাশিমালা নির্ণয় করো। ৩+৩+(২+২)
- ৮। (ক) কণা-তরঙ্গের দ্বৈত সত্তা ব্যাখ্যা করো। তরঙ্গ প্যাকেট কাকে বলে?
 (খ) একটি ইলেকট্রন 10 nm রৈখিক মাত্রার একটি অঞ্চলের মধ্যে সীমাবদ্ধ। এর ভরবেগ অনিশ্চয়তা কত?
 (গ) হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা সূত্র ব্যবহার করে দেখাও যে একটি পরমাণুর কেন্দ্রকের ভিতরে ইলেকট্রন উপস্থিত থাকতে পারে না। (২+১)+৩+৪

[English Version]

The figures in the margin indicate full marks.

Answer question no. 1 and 2, and any four questions from the rest.

1. Answer any five questions : 2×5
- (a) State Heisenberg uncertainty principle.
 (b) An electron falls through a potential difference of 100 V. Calculate the de Broglie wavelength of the electron.
 (c) State Planck's law of black-body radiation.
 (d) At what speed should an electron move to double its rest mass? (Given that velocity of light in free space $C = 3 \times 10^8$ m/sec.)

Please Turn Over

- (e) Normalise $\psi(x) = Ae^{-\alpha^2 x^2}$, $-\alpha < x < \alpha$, where A and α are constants.
- (f) What do you mean by optical pumping? Why is it important in LASER production?
- (g) What is metastable state?
2. Answer **any three** questions :
- (a) Define phase velocity and group velocity. Derive the relation between them. 2+3
- (b) Obtain an expression for probability current density in quantum mechanics. 5
- (c) Explain the working principle of He-Ne laser with energy level diagram. 5
- (d) Establish the relation $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$ for a particle of rest mass m_0 , momentum p and energy E . 5
- (e) Write down Einstein's photoelectric equation and explain the characteristics of photoelectric effect. 2+3
3. (a) Show that the amount of wavelength shift of a photon scattered by a free electron given by, $\Delta\lambda = \lambda_c(1 - \cos\theta)$, where λ_c is Compton wavelength and θ is the angle of scattering. 6+4
- (b) Describe Davisson-Germer experiment. What is its significance? 6+4
4. (a) Derive Schrödinger time independent wave equation.
- (b) Solve the above equation for a particle enclosed in a 1-D rigid box of side 'L' and obtain its energy eigenvalues. 4+(4+2)
5. (a) What do you mean by population inversion? Why is it necessary to obtain lasing action?
- (b) Derive the relation between Einstein's A and B coefficients.
- (c) Explain the working principle of Ruby Laser. (1+2)+4+3
6. (a) Find the expectation value of momentum of a particle whose associated normalized wave function is $\psi = Ae^{i(kx - \omega t)}$, where symbols have their usual meaning.
- (b) Explain orthogonality of wave function.
- (c) Prove that the eigenvalues of a Hermitian operator are real. 5+2+1
7. (a) Prove that if any velocity is added to velocity of light in free space the result is same as the velocity of light in free space.
- (b) Calculate the percentage of contraction in the length of a rod in a frame of reference moving with a velocity of 0.6 C in a direction parallel to its length.
- (c) Using Lorentz transformation equation, deduce the expression for length contraction and time dilation. 3+3+(2+2)

8. (a) Explain wave-particle duality. What is wave packet?
- (b) What is the uncertainty in the momentum of an electron, which is restricted to a region of linear dimension of 10 nm?
- (c) Using Heisenberg's uncertainty principle, show that an electron cannot reside inside the nucleus of an atom.
- (2+1)+3+4
-