



Range Forest Officer (Main / Written) Examination, 2021
रेंज वन अधिकारी (मुख्य / लिखित) परीक्षा, 2021

CHEMICAL ENGINEERING
केमिकल इंजीनियरिंग

Time Allowed: Three Hours
निर्धारित समय: तीन घंटे

Maximum Marks: 200
अधिकतम अंक: 200

QUESTION PAPER SPECIFIC INSTRUCTIONS

प्रश्न पत्र विशिष्ट निर्देश

Please read each of the following instructions carefully before attempting questions.

उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें।

1. There are 08 (eight) questions in all, out of which FIVE are to be attempted.
कुल 08 (आठ) प्रश्न हैं, जिनमें से पांच प्रश्नों के उत्तर देने हैं।
2. Question Nos.1 and 5 are compulsory. Out of the remaining SIX questions, THREE are to be attempted selecting at least ONE question from each of the two Sections I and II.
प्रश्न संख्या 1 और 5 अनिवार्य हैं। शेष छह प्रश्नों में से, अनुभागों I और II में प्रत्येक भाग से कम से कम एक प्रश्न सहित किन्हीं तीन प्रश्नों के उत्तर देने हैं।
3. All questions carry equal marks. The number of marks carried by a question / part is indicated against it.
सभी प्रश्नों के अंक समान हैं। प्रत्येक प्रश्न / भाग के अंक इसके विरुद्ध इंगित किये गए हैं।
4. Answers must be written in legible handwriting. Each part of the question must be answered in sequence and in the same continuation.
उत्तर सुपाठ्य / स्पष्ट लिखावट में लिखें। प्रश्न के प्रत्येक भाग का उत्तर उसी क्रम में दिया जाना चाहिए।
5. Assume suitable data, if necessary, and indicate the same clearly. Unless otherwise mentioned, symbols and notations carry their usual standard meanings.
यदि आवश्यक हो तो उपयुक्त डेटा मान लें और उसे स्पष्ट रूप से इंगित करें। जब तक अन्यथा उल्लेख न किया गया हो, प्रतीक और संकेतन अपने सामान्य मानक अर्थ रखते हैं।
6. Neat sketches may be drawn, wherever required.
जहां आवश्यक हो, आरेख दर्शाइये।
7. Attempts of questions shall be counted in sequential order. Unless struck off, attempt of a question shall be counted even if attempted partly. Any page or portion of the page left blank in the Answer Booklet must be clearly struck off.
प्रश्नों के उत्तरों की गणना क्रमानुसार की जाएगी। यदि काटा नहीं गया है, तो प्रश्न के उत्तर की गणना की जाएगी चाहे वह उत्तर अंशतः दिया गया हो। उत्तर पुस्तिका में खाली छोड़ा हुआ पृष्ठ या उसके अंश को स्पष्ट रूप से काटा जाना चाहिए।
7. Re-evaluation / Re-checking of answer book of candidate is not allowed.
उम्मीदवार की उत्तर पुस्तिका की पुनर्मूल्यांकन / पुनः जाँच की अनुमति नहीं है।

Data: ($R = 0.0821 \text{ liter}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K} = 8.3145 \text{ J}/\text{mol}\cdot\text{K} = 8.2057 \text{ m}^3\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$)

SECTION-I

अनुभाग-I

1. (a) Heat flux at the surface of an electric heater is $5000 \text{ W}/\text{m}^2$. The heater temperature is 140°C when it is cooled by surrounding air at 60°C . What is the average heat-transfer coefficient? What will be heater temperature if the power is reduced to $2000 \text{ W}/\text{m}^2$. (10)
- (b) The gas having 0.02 moles/mole dry gas of impurities is to be cleaned to remove 95% of the impurities by using a pure solvent. Determine minimum solvent required per mole of dry gas. The equilibrium data are as following:- (10)

X	0.0111	0.0406	0.0811	0.1236	0.1905	0.2500
Y	0.0012	0.0043	0.0083	0.0122	0.0179	0.0225

- (c) What are differential and cumulative screen analyses? How does the particle-size distribution of fines behave? (10)
- (d) Discuss frequency response of a PID controller with help of Bode diagram. (10)

- (a) एक इलेक्ट्रिक हीटर की सतह पर ऊष्मा का फ्लक्स $5000 \text{ W}/\text{m}^2$ है। जब 60°C पर बाहर की हवा से ठण्डा किया जा रहा है तो हीटर का तापमान 140°C है। औसत ऊष्मांतरण गुणांक क्या होगा? हीटर का तापमान क्या होगा यदि शक्ति घटा कर $2000 \text{ W}/\text{m}^2$ कर दी जाय। (10)
- (b) एक गैस जिसमें अपमिश्रण की मात्रा 0.02 मोल प्रति मोल शुष्क गैस है, से 95 % अपमिश्रण की मात्रा, एक शुद्ध विलायक के प्रयोग से, दूर करके शुद्ध करना है। प्रति मोल आवश्यक न्यूनतम विलायक की मात्रा ज्ञात करिये। साम्यावस्था डाटा इस प्रकार है। (10)

X	0.0111	0.0406	0.0811	0.1236	0.1905	0.2500
Y	0.0012	0.0043	0.0083	0.0122	0.0179	0.0225

- (c) डिफरेंशियल एवं क्यूमुलेटिव चलनी द्वारा विप्लेषण क्या होते हैं? बारीक कण का वितरण किस प्रकार का होता है। (10)
- (d) बोडे-आलेख की सहायता से पीआईडी नियंत्रक के आवृत्ति प्रतिक्रिया को समझाइये। (10)

2. (a) Describe various properties used for characterization of membranes. (10)
- (b) With neat diagrams, discuss two types of supports, one for vertical vessels and another for horizontal vessel. (10)
- (c) Discuss basics of ϵ -NTU method of design of a heat exchanger? (10)
- (d) Discuss characteristics of a pump. How are these useful while selecting an appropriate pump? (10)

(10)

- (a) झिल्लियों (मेम्ब्रेन) के वर्गीकरण के लिये प्रयुक्त विभिन्न गुणों का वर्णन कीजिये। (10)
- (b) स्वच्छ चित्र की सहायता से दो प्रकार के आधारों, एक उर्ध्वाधर व दूसरा क्षैतिज बाहिका के लिये, का वर्णन करिये। (10)
- (c) उष्मा विनिमयित्र के अभिकल्पन की ϵ -NTU विधि के आधारभूत सिद्धांतों की चर्चा करिये। (10)
- (d) पम्प की विशिष्टताओं का वर्णन कीजिये। एक उचित पम्प के चुनाव में ये किस प्रकार सहायक हैं? (10)

3. (a) It is desired to measure pressure in a tank, for data acquisition purpose. Describe a suitable device. (10)
- (b) Describe construction and operation of a crystallizer. How to control crystal size in it? (10)
- (c) Describe the construction of any extraction column with help of a sketch. (10)
- (d) Water is pumped to roof of a building at a height of 10 m. It is flowing in a pipe (length 10 m) with internal diameter = 55 mm with velocity 0.8 m/s. If $f=0.004$, estimate the power of the pump. The efficiency of pump is 30%. (10)
- (a) डाटा एकत्र करने की दृष्टि से, एक टंकी में दाब मापने की आवश्यकता है? किसी एक उचित उपकरण का वर्णन करिये। (10)
- (b) क्रिस्टलीकरण उपकरण की संरचना एवं कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिये। इसमें क्रिस्टल के आकार को किस प्रकार नियंत्रित करते हैं? (10)
- (c) एक स्वच्छ चित्र की सहायता से किसी एक निष्कर्षण उपकरण की संरचना एवं कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिये। (10)
- (d) जल का 10 मीटर ऊँचे एक भवन की छत पर पम्प किया जा रहा है। यह एक 55 मिलीमीटर आंतरिक व्यास वाले पाइप (लम्बाई 10 मीटर) में 0.8 मीटर प्रति सेकेण्ड की वेग से प्रवाहित हो रहा है। यदि $f=0.004$ हो तो पम्प की शक्ति की गणना करिये। पम्प की क्षमता 30 प्रतिशत है। (10)
4. (a) A gas diffuses across an air film of 0.001 m thickness. The partial pressure of the gas on one side of the film is 0.075 atm and zero on the other side. Estimate the rate of diffusion if the total pressure is 0.2 atm. The diffusivity of gas is 1.0×10^{-6} kg mol/m²s. (10)
- (b) With the help of stress-strain behaviour of a metal, explain ultimate strength and elastic behaviour. Can it be used to know about brittle nature of the material? (10)
- (c) What is reverse osmosis? Give few applications of reverse osmosis. What are its limitations? (10)
- (d) Draw block diagram for a feed-back control of second order system with PI controller. Transfer function of control element is $K_c/(\tau s+1)$. Give its closed loop transfer function. (10)

- (a) एक गैस वायु की 0.001 मीटर मोटी फिल्म में डिफ्यूज हो रही है। गैस का आंशिक दाब एक ओर 0.075 atm और दूसरी शून्य ओर है। विसरण की दर की गणना करिये यदि कुल दाब 0.2 atm हो। गैस की डिफ्यूजिविटी $1.0 \times 10^{-6} \text{ kg mol/m}^2\text{s}$ है। (10)
- (b) धातु के स्ट्रेस- स्ट्रेन व्यवहार की सहायता से अल्टीमेट शक्ति एवं इलास्टिक व्यवहार समझाइये। क्या इससे पदार्थ के भंगुर होने के स्वभाव का पता चलता है? (10)
- (c) विपरीत परासरण क्या होता है? विपरीत परासरण के कुछ उदाहरण दीजिये। इसकी क्या सीमायें हैं? (10)
- (d) द्वितीय श्रेणी की प्रक्रिया के PI नियन्त्रणक द्वारा फीडबैक नियन्त्रण के लिये ब्लाक-चित्र बनाइये। कंट्रोल एलिमेंट का ट्रान्सफर फंक्शन $K_p/(s+1)$ है। इसका क्लोज्ड लूप ट्रान्सफर फंक्शन बताइये। (10)

SECTION-II

अनुभाग-II

5. (a) Discuss importance of biomass gasification. What are main constituents of gas produced by anaerobic fermentation of agricultural waste? (10)
- (b) What is effectiveness factor for a catalytic reaction? How does it vary with Thiele modulus for an isothermal reaction? (10)
- (c) A natural gas has the following composition: (10)
 CH_4 (80%); C_2H_6 (12%); C_2H_8 (1%)
 How many m^3 will be occupied by 80.0 kg of the gas at 9°C and 600 kPa?
- (d) Discuss the behaviour of pure gases with the help of PV diagram. (10)
- (a) बायोमास गैसीकरण के महत्व की चर्चा करिये। कृषि सम्बन्धी अपशिष्ट के अवायवीय किण्वन से उत्पन्न गैस के मुख्य अवयव क्या है? (10)
- (b) उत्पन्न अभिक्रिया का प्रभावशीलता फ़ैक्टर क्या होता है? यह समतापी अभिक्रिया में थिले माडुलस के साथ किस प्रकार परिवर्तित होता है? (10)
- (c) एक नेचुरल गैस के मुख्य अवयव निम्न हैं। (10)
 CH_4 (80%); C_2H_6 (12%); C_2H_8 (1%)
 9°C और 600 kPa पर 80.0 किग्रा गैस कितने घनमीटर जगह घेरेगी?
- (d) दाब-आयतन (PV) चित्र की सहायता से शुद्ध गैसों के व्यवहार की चर्चा करिये। (10)
6. (a) Calculate adiabatic flame temperature for complete combustion of methane. (10)
 Air is in 50 % excess of required amount. Standard Heat of combustion of methane at 298 K:-
 1559.9 kJ/gmol . Molar heat capacity ($\text{J}/(\text{gmol}\cdot\text{K})$) of methane, oxygen, nitrogen and water vapour are given below.
 CH_4 : $34.31+5.4869 \times 10^{-2}T+0.3661 \times 10^{-5}T^2-1.1 \times 10^{-9}T^3$
 N_2 : $29.0+0.2199 \times 10^{-2}T-0.5723 \times 10^{-5}T^2-2.87 \times 10^{-9}T^3$

$$\begin{aligned} \text{O}_2: & 29.10+1.158\times 10^{-2}T+0.607\times 10^{-5}T^2+1.31\times 10^{-9}T^3 \\ \text{CO}_2: & 36.11+4.233\times 10^{-2}T+2.887\times 10^{-5}T^2-7.464\times 10^{-9}T^3 \\ \text{H}_2\text{O(g)}: & 33.46+0.688\times 10^{-2}T+0.760\times 10^{-5}T^2-3.59\times 10^{-9}T^3 \end{aligned}$$

- (b) Give Maxwell's equations? (10)
- (c) Which factors should be considered to prepare plant layout, at the stage of plant design? (10)
- (d) With help of a neat sketch, describe the working of cyclone separator. (10)
- (a) मीथेन के सम्पूर्ण दहन के लिये एडियाबेटिक ज्वाला ताप की गणना करिये। (10)

वायु की मात्रा आवश्यक मात्रा से 50 प्रतिशत अधिक है। 298 K ताप पर दहन की मानक ऊष्मा - 1559.9 kJ/gmol है। आक्सीजन, नाइट्रोजन व जल वाष्प की मोलर ऊष्मा धारिता (J/(gmol.K) नीचे दी गई है।

$$\begin{aligned} \text{CH}_4: & 34.31+5.4869\times 10^{-2}T+0.3661\times 10^{-5}T^2-1.1\times 10^{-9}T^3 \\ \text{N}_2: & 29.0+0.2199\times 10^{-2}T-0.5723\times 10^{-5}T^2-2.87\times 10^{-9}T^3 \\ \text{O}_2: & 29.10+1.158\times 10^{-2}T+0.607\times 10^{-5}T^2+1.31\times 10^{-9}T^3 \\ \text{CO}_2: & 36.11+4.233\times 10^{-2}T+2.887\times 10^{-5}T^2-7.464\times 10^{-9}T^3 \\ \text{H}_2\text{O(g)}: & 33.46+0.688\times 10^{-2}T+0.760\times 10^{-5}T^2-3.59\times 10^{-9}T^3 \end{aligned}$$

- (b) मैक्सवेल समीकरण लिखिये। (10)
- (c) प्लांट डिजाइन करते समय किसी प्लांट का लेआउट बनाने में किन कारको पर विचार किया जाता है? (10)
- (d) एक स्वच्छ चित्र की सहायता से साइक्लोन विभाजक (सेपरेटर) की कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिये। (10)

7. (a) What is Portland cement and how is it classified? Explain the manufacturing of Portland cement using a neat flow sheet. (10)

- (b) For a pulse input into the vessel the following output signal was obtained:

t, s	1	3	5	7	9	11	13	15
$C_A, \text{ mol/lit}$	0	10	12	15	15	10	2	0

Determine the average residence time. (10)

- (c) A plant involves Rs.20,00,000 and Rs.5,00,000 as fixed investment and working capital respectively. Annual expected income and expenditure are Rs.10,00,000 and Rs.5,00,000 respectively. A return of minimum of 20 % before income tax (33%) is required for a feasible investment.

Determine (i) annual percent return before and after income tax (ii) minimum profit required per year before income based on capital recovery with minimum profit. (10)

- (d) Which facilities should be available to fight fire hazards in a chemical process industry? (10)
- (a) पोर्टलैंड सीमेन्ट क्या होता है एवं इसे किस प्रकार वर्गीकृत किया जाता है? एक स्वच्छ चित्र की सहायता से इसके उत्पादन की विधि का वर्णन कीजिये। (10)
- (b) एक बाहिका से पल्स इनपुट के लिये निम्न सिग्नल प्राप्त हुये।

t , सेकेण्ड	1	3	5	7	9	11	13	15
C_A , मोल/लीटर	0	10	12	15	15	10	2	0

औसत रेजीडेन्स समय ज्ञात करिये। (10)

- (c) एक रासायनिक उद्योग में स्थिर निवेश और कार्यशील पूंजी क्रमशः रु 20,00,000 एवं रु 5,00,000 है। वार्षिक अपेक्षित आय एवं व्यय क्रमशः रु 10,00,000 एवं रु 5,00,000 है। व्यवहार्य निवेश के लिये आयकर (33 प्रतिशत) के पूर्व लाभ कम से कम 20 प्रतिशत होना चाहिये।

ज्ञात करिये (i) वार्षिक प्रतिशत लाभ आयकर के पूर्व एवं पश्चात (ii) निम्नतम लाभ पर पूंजी की वसूली के आधार पर, आयकर के पूर्व कम से कम अपेक्षित वार्षिक लाभ। (10)

- (d) अग्नि-विभीषिकाओं के शमन के लिये किन सुविधाओं का होना चाहिये? (10)

8. (a) What are recycle and purge? Why are these used in industry? Substantiate your point through example. (10)

(b) Draw a neat flow diagram for coal based ammonia production plant. Give operating conditions. Which grade of coal is preferred for this plant? (10)

(c) Describe vapour compression cycle. (10)

(d) A plug flow reactor (PFR) and a completely stirred tank reactor (CSTR), are arranged in a series. Reactant (inlet concentration, $C_{A0}=1$) enters in the PFR, the outlet of which enters the CSTR. The reactor system is used to carry out a process with rate equation, $-r_A=2.4 C_A$. Find the allowable residence time if the conversion is 96%. (10)

(a) रीसायकिल और पर्ज क्या होते हैं? उद्योग में इनका प्रयोग क्यों किया जाता है? अपने विचारों को उदाहरण द्वारा सिद्ध कीजिये। (10)

(b) कोयले पर आधारित अमोनिया के उत्पादन संयंत्र का एक स्वच्छ चित्र बनाइये। आपरेटिंग परिस्थितियों (कण्डीशन) बतायें। इस संयंत्र में किस प्रकार के कोयले का प्रयोग का चुनाव करेंगे? (10)

(c) वाष्प संपीड़न (कम्प्रेसन) साइकल का वर्णन करिये। (10)

(d) एक प्लग फ्लो अभिकर्मक (PFR) एवं एक पूर्ण मिक्सड अभिकर्मक (CSTR) श्रेणी में लगे हैं। अभिकारक (प्रारम्भिक सान्द्रता, $C_{A0}=1$) PFR में प्रवेश करता है जहाँ से निकल कर वह CSTR में प्रवेश

करता है। अभिकर्मक प्रणाली में होने वाली प्रक्रिया की दर का समीकरण $-r_A=2.4 C_A$ है। यदि कन्वर्जन 96 प्रतिशत हो तो स्वीकार्य रेजीडेन्स समय ज्ञात करिये। (10)
