



Total No. of Printed Pages - 7

पत्र - I / PAPER - I
FRO3-CG
रासायनिक अभियंत्रण
CHEMICAL ENGINEERING

पूर्णांक : 200
Full Marks : 200

समय : 3 घण्टे
Time : 3 Hours

निर्देश :

प्रश्न-पत्र दो खण्डों में विभक्त है। परीक्षार्थी को खण्ड-अ से चार अनिवार्य और खण्ड-ब से चार विषयनिष्ठ वैकल्पिक प्रश्नों का उत्तर देना है। खण्ड-अ के अनिवार्य प्रश्न में 4 विषयनिष्ठ प्रश्न हैं जिसमें प्रत्येक विषयनिष्ठ प्रश्न के 10 अंक हैं। इसके अतिरिक्त खण्ड-ब के 7 विषयनिष्ठ वैकल्पिक प्रश्नों में से किन्हीं 4 विषयनिष्ठ प्रश्न का उत्तर दें जिनमें प्रत्येक प्रश्न के 40 अंक हैं। वैकल्पिक प्रश्नों का उत्तर वर्णनात्मक रूप से लिखें।

Instructions :

The question paper is divided into **two sections**. The candidates will be required to answer **Four** compulsory Subjective questions from **Section - A** and **four** optional **subjective** questions from **Section - B**. There shall be compulsory **Four Subjective** type questions, each of **10 marks**. In addition, there shall be 7 optional subjective questions in **Section - B**, of which candidates will be required to answer only **4 subjective** questions, each of **40 marks**. The optional questions shall be answered in the descriptive form.

खण्ड - अ / Section - A

1. एक नया हीट एक्सचेंजर 6 महीने के उपयोग के बाद की तुलना में 8% अधिक ऊष्मा स्थानांतरित करता है। मान लीजिये कि यह समान तापमनों के बीच काम करता है? और इसके समग्र ऊष्मा स्थानांतरण गुणांक को बदलने के नहीं होती हैं। इलेक्ट्रिक फाउलिंग फेक्टर को उसके कुल हीट ट्रांसफर कोफिशियंट के रूप में पता करीये। [10]

When a new heat exchanger transfers 8% more heat than it does after being in service for six months. Assuming that it operates between the same temperature differences and that there is insufficient scale building to change the effective area. Find the effective fouling factor in terms of its overall heat transfer coefficient.



2. उत्प्रेरक कणों के वायु-आदीकृत में बेड-दाब की गणना पानी के सेमी (मैनोमीटर) में करें। बेड की गहराई 50cm और पोरोसिटी 0.6 दी हुई है। कणों का घनत्व 2000 kg/m^3 दिया हुआ है। [10]
Calculate the bed pressure drop in an air fluidized bed of catalyst particles (density = 2000 kg/m^3) of 50cm bed depth and bed porosity of 0.6 expressed in cm of water (manometer)?
3. समय कॉन्स्टेंट एक प्रथम कोटी रियक्शन 5 min हैं। यदि फेज लेग 60° हैं जबकि फ्रीक्वेंसी 0.2 rad/min दी हुई है। डेड टाइम (मिनट में) निकालिये। [10]
The time constant of a unity gain, first order plus time delay process is 5 min. If the phase lag at a frequency of 0.2 rad/min is 60° , then find the dead time (in minute).
4. एक पाइप में, जिसका व्यास $d(\text{m})$ और लम्बाई $L(\text{cm})$ हैं। जब व्यास को आधा और लम्बाई को दोगुना किया जाये तो प्रेशर ड्रॉप क्या है। [10]
A fluid is flowing with mass flow rate (kg/s) of inside a pipe having diameter $d(\text{m})$ and length $L(\text{cm})$. How the pressure drop will change when diameter is reduced by two times and length is increased by two times.

खण्ड - ब / Section - B

1. a) एक शेल-एंड-ट्यूब हीट एक्सचेंजर की इस प्रकार डिजाइन करना है कि वह $10,000 \text{ kg/hr}$ पानी को 16°C से 84°C तक गर्म कर सके, जिसमें उच्च ऊष्मा क्षमता वाला नया हॉट इंजन ऑयल शेल के माध्यम से प्रवाहित होता है। तेल एक ही शेल पास बनाता है, 160°C पर प्रवेश करता है और 94°C पर निकलता है। पानी 11 पीतल की ट्यूबों से होकर प्रवाहित होता है, जिनका अंदरूनी व्यास 22.9 mm और बाहरी व्यास 25.4 mm हैं। प्रत्येक ट्यूब शेल के भीतर चार पास बनाती है। इस हीट एक्सचेंजर का समग्र ऊष्मा स्थानांतरण गुणांक $350 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ है। गणना कीजिए [20]
- i) हीट लोड (MW में)
ii) काउंटर - करंट प्रवाह के लिए लॉग-मीन तापमान अंतर
iii) इस हीट एक्सचेंजर के लिए आवश्यक क्षेत्रफल तथा ट्यूबों की लंबाई
- F-correction गुणांक = 0.965
- पानी के लिए : $\rho_w = 987 \text{ kg/m}^3$; $C_{p,w} = 4176 \text{ J/kg. } ^\circ\text{C}$
तेल के लिए : $\rho_{oil} = 822 \text{ kg/m}^3$; $C_{p,oil} = 4280 \text{ J/kg. } ^\circ\text{C}$



A shell-and-tube heat exchanger is to be designed for heating 10,000 kg/hr of water from 16 °C to 84 °C by a new high heat capacity hot engine oil flowing through the shell. The oil makes a single shell pass, entering at 160 °C and leaving at 94 °C. The water flows through 11 brass tubes of 22.9 mm inside diameter and 25.4 mm outside diameter with each tube making four passes through the shell. The overall heat transfer coefficient is 350 W/m², °C. Calculate:

- i) the heat load (in MW),
- ii) the counter current flow log mean temperature difference,
- iii) the area and the length of the tubes required for this heat exchanger

Take, F-correction factor = 0.965

For water : $\rho_w = 987 \text{ kg/m}^3$; $C_{pw} = 4176 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

For oil : $\rho_{oil} = 822 \text{ kg/m}^3$; $C_{p, oil} = 4280 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$

- b) ओवन की दीवार तीन परतों वाली ईंटों से बनी है। अंदर की तरफ 8 इंच की फायर ब्रिक ($K = 0.68 \text{ Btu}/(\text{hr.ft.}^2 \text{ } ^\circ\text{F}/\text{f(t)})$), हैं, जिसके चारों ओर 4 इंच की इन्सुलेटिंग ब्रिक ($K = 0.15 \text{ Btu}/(\text{hr.ft.}^2 \text{ } ^\circ\text{F}/\text{f(t)})$), की परत है, और सबसे बाहर 6 इंच की बिल्डिंग ब्रिक की परत है [$K = 0.40 \text{ Btu}/(\text{hr.ft.}^2 \text{ } ^\circ\text{F}/\text{f(t)})$]. ओवन 1600 °F के तापमान पर कार्य करता है। यह अनुमान लगाया जाता है कि दीवार के बाहरी हिस्से को 125 °F पर वायु के संचलन द्वारा बनाए रखा जा सकता है। प्रति वर्ग फुट सतह क्षेत्र से कितनी ऊष्मा का हास होगा, और विभिन्न परतों के जंक्शन पर तापमान क्या होंगे? [20]

The wall of an oven consists of three layers of brick. The inside is built from 8 in of firebrick ($K = 0.68 \text{ Btu}/(\text{hr.ft.}^2 \text{ } ^\circ\text{F}/\text{f(t)})$), surrounded by 4 in. of insulating brick ($K = 0.15 \text{ Btu}/(\text{hr.ft.}^2 \text{ } ^\circ\text{F}/\text{f(t)})$), and an outside layer of 6 in. of building brick [$K = 0.40 \text{ Btu}/(\text{hr.ft.}^2 \text{ } ^\circ\text{F}/\text{f(t)})$]. The oven operates at 1600 °F. It is anticipated that the outer side of the wall can be maintained at 125 °F by the circulation of air. How much heat will be lost per square foot of surface area and what are the temperature at the interfaces of the layers?

2. a) द्रव-द्रव निष्कर्षण के लिए प्रयुक्त होने वाले विलायक में आवश्यक गुणों पर विस्तार से चर्चा करें।

[20]

Discuss the essential properties that a solvent should possess for liquid-liquid extraction.



- b) बेंजीन और टोल्यून का एक मिश्रण, जिसमें 40 मोल % बेंजीन है, को 200 kmol/h की दर से एक ट्रे टॉवर में सतत रूप से पृथक किया जाना है। शीर्ष उत्पाद में 95 मोल % बेंजीन होना चाहिए तथा निचले उत्पादन में बेंजीन की मात्रा 4 मोल % से अधिक नहीं होना चाहिए। रिफ्लक्स एक संतृप्त द्रव है और रिफ्लक्स अनुपात 2.0 बनाए रखा जाता है। फीड भी एक संतृप्त द्रव है। निम्नलिखित का निर्धारण करें।

[20]

- डिस्टिलेट प्रवाह - दर
- बॉटम्स प्रवाह - दर
- रिफ्लक्स प्रवाह - दर
- प्रथम ट्रे से निर्गत वाष्प प्रवाह - दर
- स्ट्रिपिंग सेक्शन में द्रव प्रवाह - दर
- बॉयल - अप अनुपात

A mixture of benzene and toluene containing 40 mole % benzene is to be separated continuously in a tray tower at a rate of 200 kmol/h. The top product should have 95 mole % of benzene and the bottom must not contain more than 4 mole % of it. The reflux is a saturated liquid and a reflux ratio of 2.0 is maintained. The feed is a saturated liquid. Find the following:

- distillate flow rate,
- bottom flow rate,
- reflux flow rate
- vapour flow rate leaving the first tray,
- liquid flow rate in the stripping section.
- boil-up ratio.

3. a) एक द्रवित-स्तर-(व्यास 0.5 m, ऊँचाई 0.5 m) जिसमें गोलाकार कण (व्यास = 2000 माइक्रोमीटर, विशिष्ट गुरुत्व = 2.5) प्रयुक्त होते हैं और माध्यम के रूप में जल उपयोग किया जाता है। इस बेड की रिक्तता 0.4 है। इस प्रणाली के लिए एरगन समीकरण इस प्रकार है

[20]

$$\frac{\Delta P}{L} = 4 \times 10^5 V_{mf} + 10^7 V_{mf}^2; V_{mf} \text{ in m/s.}$$

- न्यूनतम द्रवीकरण अवस्था पर $\frac{\Delta P}{L}$ का मान क्या होगा? ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)
- न्यूनतम द्रवीकरण वेग क्या है? (मिलीमीटर प्रति सेकंड)



A fluidized bed (0.5 m dia, 0.5 m high) of spherical particles (diameter = 2000 μm , specific gravity 2.5) uses water as the medium. The porosity of the bed is 0.4. The Ergun equation for the system is

$$\frac{\Delta P}{L} = 4 \times 10^5 V_{mf} + 10^7 V_{mf}^2; V_{mf} \text{ in m/s.}$$

- i) What is $\frac{\Delta P}{L}$ at minimum fluidization condition? ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$).
- ii) What is minimum fluidization velocity (mm/s)?
- b) एक सतत ग्राइंडर, जी बॉण्ड क्रशिंग लॉ का पालन करता है। किसी ठोस पदार्थ को 1000 किलोग्राम घंटा की दर से 10 मिमी प्रारम्भिक व्यास से 1 मिमी अंतिम व्यास तक पीसता है। यदि अब बाजार में 0.5 मिमी आकार के कणों की मांग है। तो समान शक्ति इनपुट पर ग्राइंडर का आउटपुट दर (किलोग्राम/घंटा) किस मान तक कम हो जाएगी ? [20]

A continuous grinder obeying the bond crushing law grinds a solid at the rate of 1000 kg/hr from the initial diameter of 10 mm to the final diameter of 1 mm. If the market now demands particles of size 0.5 mm, the output rate of the grinder (in kg/hr) for the same power input would be reduced to what value.

4. a) एक रेखाचित्र की सहायता से इलेक्ट्रो-डायलिसिस के कार्य-सिद्धांत को समझाइए। [15]
Explain, with the aid of a sketch, the working of an electro-dialysis.
- b) उचित उदाहरण सहित, अतिसुपर क्रिटिकल द्रव निष्कर्षण की प्रक्रिया का वर्णन कीजिए। [15]
With suitable example, describe the process of super critical fluid extraction.
- c) निम्नलिखित शब्दों की परिभाषा लिखिए : [10]
 - i) मेम्ब्रेन (झिल्ली)
 - ii) परगमित द्रव
 - iii) अवरोधित द्रव
 - iv) सधन मेम्ब्रेन

Define the following terms:

- i) Membrane
- ii) Permeate
- iii) Retentate
- iv) Dense membranes



5. a) प्रोपोर्शनल कंट्रोलर (अनुपातिक नियंत्रक) जिसके गेन ' K_c ' के साथ एक क्लोज्ड-लूप प्रणाली का कैरेक्टरिस्टिक समीकरण इस प्रकार है [10]

$$12s^3 + 19s^2 + 85 + 1 + K_c = 0$$

अस्थिरता की शुरुआत पर ' K_c ' का मान क्या होगा?

The characteristic equation of a closed-loop system using a proportional controller with gain ' K_c ' is:

$$12s^3 + 19s^2 + 85 + 1 + K_c = 0$$

At the onset of instability, what would be the value of ' K_c '?

- b) 0.25 m^3 आयतन तथा 1m ऊँचाई वाली एक टंकी में जल $0.05 \text{ m}^3/\text{मिनट}$ की दर से प्रविष्ट हो रहा है। निर्गम की प्रवाह दर निम्नलिखित संबंध द्वारा नियंत्रित होती है [30]

$$F_{\text{out}} = 0.1 h$$

जहाँ ' h ' टंकी में जल की ऊँचाई (मीटर में) है तथा F_{out} जल का निर्गम प्रवाह दर ($\text{m}^3/\text{मिनट}$ में) है। इनलेट प्रवाह दर अचानक अपने नाममात्र मान $0.05 \text{ m}^3/\text{मिनट}$ से बढ़कर $0.15 \text{ m}^3/\text{मिनट}$ हो जाती है और उसी पर बनी रहती है। यह निर्धारित करें कि टंकी किस समय (मिनट में) अतिप्रवाह होना प्रारंभ करेगी।

A tank of volume 0.25 m^3 and height 1m has water flowing in at $0.05 \text{ m}^3/\text{min}$. The outlet flow rate is governed by the relation

$$F_{\text{out}} = 0.1 h$$

Where, ' h ' is the height of the water in the tank in meter and F_{out} is the outlet flow rate in m^3/min . The inlet flow rate changes suddenly from its nominal value of $0.05 \text{ m}^3/\text{min}$ to $0.15 \text{ m}^3/\text{min}$ and remains there. Determine the time (in min) at which the tank will begin to overflow.

6. a) दबाव पात्रों में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के हेड (अर्धगोलाकार, दीर्घवृत्तीय तथा टोरिस्फेरिकल) के चयन की प्रभावित करने वाले कारकों पर चर्चा कीजिए। [15]

Discuss the factors influencing the choice of different types of heads (hemispherical, ellipsoidal and torispherical) used in pressure vessels.

- b) एक बेलनाकार पात्र को 14.3 बार के अधिकतम डिजाइन दाब के लिए डिजाइन किया जाना है। इस पात्र का नाममात्र व्यास 1.5 मीटर है और टैंजेंट-से-टैंजेंट लंबाई 2 मीटर है। कार्य तापमान पर सामग्री का अधिकतम अनुमेय डिजाइन तनाव $85\text{N}/\text{mm}^2$ है। क्षरण भत्ता 2 मिमी है। पात्र सामग्री का वेल्ड जॉइंट दक्षता गुणांक 0.8 है। इस पात्र के निर्माण के लिए प्रयुक्त होने वाली मानक प्लेट की मोटाई की गणना कीजिए। [15]

A cylindrical vessel is to be designed for maximum design pressure of 14.3 bar. The vessel has a nominal diameter of 1.5m and tangent to tangent length 2m . The maximum allowable design stress of the material is $85\text{N}/\text{mm}^2$ at working temperature corrosion allowance is 2mm . The weld joint efficiency of vessel material is 0.8 . Calculate the thickness of standard plate to fabricate this vessel.



c) किसी भी पदार्थ के निम्नलिखित यांत्रिक गुणों का वर्णन कीजिए। [10]

- i) कठोरता
- ii) दृढ़ता
- iii) थकान विफलता
- iv) रेंगन विकृति

Describe the following mechanical properties of any material.

- i) Stiffness
- ii) Toughness
- iii) Fatigue
- iv) Creep

7. a) बहु-प्रभाव वाष्पन यंत्र में उपयोग की जाने वाली विभिन्न फीडिंग विधियों को स्वच्छ एवं लेबलयुक्त रेखाचित्रों सहित समझाइए। प्रत्येक फीडिंग विधि के लाभ और हानियों पर चर्चा कीजिए। [20]

Explain the different feeding methods used in a multiple-effect evaporator with neat and labelled schematics. Discuss the advantages and disadvantages of each feeding method.

b) निम्नलिखित शब्दों को परिभाषित करें : [20]

- i) आर्द्र बल्ब तापमान
- ii) ओसांक तापमान
- iii) सापेक्ष आर्द्रता
- iv) प्रतिशत आर्द्रता
- v) आर्द्र ऊष्मा

Define the following terms:

- i) Wet-bulb temperature
- ii) Dew point
- iii) Relative humidity
- iv) Percentage humidity
- v) Humid heat

□□□□