C. S. (MAIN) EXAM, 2009

No 000248

C-DTN-J-NFB

MECHANICAL ENGINEERING

Paper II

Time Allowed : Three Hours | Maximum Marks : 300

INSTRUCTIONS

Each question is printed both in Hindi and in English.

Answers must be written in the medium specified in the Admission Certificate issued to you, which must be stated clearly on the cover of the answer-book in the space provided for the purpose. No marks will be given for the answers written in a medium other than that specified in the Admission Certificate.

Candidates should attempt Questions no. **1** *and* **5** *which are compulsory, and any* **three** *of the remaining questions selecting at least* **one** *question from each Section.*

The number of marks carried by each question is indicated at the end of the question.

If any data is considered insufficient, assume suitable value. Psychrometric chart is attached with this question paper.

Wherever coordinate diagrams/graphs are to be drawn, these are to be plotted only on the answer book and **not** *on separate graph sheets.*

ध्यान दें : अनुदेशों का हिन्दी रूपान्तर इस प्रश्न-पत्र के पिछले पृष्ठ पर छपा है ।

SECTION A

1. Answer any ***three*** of the following :

(a) Define 'Availability' with regard to a system. What is the other term by which this property is also referred to ? Also derive an expression for "A" (the availability) for a reversible cycle in which heat 'Q' is withdrawn. The cycle works between temperatures T and T_0. *20*

(b) Describe briefly one-dimensional isentropic flow. Represent isentropic compression (diffusors) and expansion (nozzles) processes in a Temperature (T) – Entropy (S) coordinate diagram with nomenclature. *20*

(c) Draw the Meridional view of a single stage axial flow fan and a multistage axial flow compressor. Describe an axial flow fan with its flow configuration. *20*

(d) The thermal conductivity of a hollow sphere of inside radius (R_i) and outside radius (R_o) is given by

$$K = K_i + (K_o - K_i)\left(\frac{T - T_i}{T_o - T_i}\right)$$

where,

T_i = Inner surface temperature

T_o = Outside surface temperature.

खण्ड क

1. निम्नलिखित में से किन्हीं ***तीन*** के उत्तर दीजिए :

(क) किसी तंत्र के संदर्भ में 'प्राप्यता' की परिभाषा दीजिए । दूसरा कौनसा पद है जिसके द्वारा भी इस गुण को इंगित करते हैं ? एक उत्क्रमणीय चक्र के लिए, जिसमें ऊष्मा 'Q' निकाली जाती है, प्राप्यता "A" के लिए एक व्यंजक भी व्युत्पन्न कीजिए । चक्र तापक्रमों T और T_0 के बीच कार्य करता है । *20*

(ख) एक-विमीय समएन्ट्रॉपीय प्रवाह का संक्षेप में वर्णन कीजिए । समएन्ट्रॉपीय संपीडन (डिफ्यूज़र) और प्रसरण (नॉज़ल) प्रक्रियाओं को तापक्रम (T) – एन्ट्रॉपी (S) निर्देशांक आरेख पर नाम-तंत्र सहित दिखाइए । *20*

(ग) एक एकल-स्टेज अक्षीय प्रवाह पंखे और एक बहु-स्टेज अक्षीय प्रवाह संपीडक के मेरीडायोनल दृश्य खींचिए । एक अक्षीय प्रवाह पंखे का उसके प्रवाह आकृति सहित वर्णन कीजिए । *20*

(घ) एक खोखले गोले के लिए, जिसका अन्दर का अर्धव्यास (R_i) और बाहर का अर्धव्यास (R_o) है, की तापीय चालकता

$$K = K_i + (K_o - K_i)\left(\frac{T - T_i}{T_o - T_i}\right)$$

द्वारा दी जाती है

जहाँ,

T_i = अन्दर की सतह पर तापक्रम

T_o = बाहर की सतह पर तापक्रम हैं ।

Prove that

(i) The heat flow rate is given by

$$Q = 4\pi R_i R_o \left(\frac{K_i + K_o}{2}\right)\left(\frac{T_i - T_o}{R_o - R_i}\right).$$

(ii) Also determine the heat loss from a spherical shell whose $D_i = 2\cdot5$ m and covered with 30 cm of insulation. The thermal conductivity of insulation is 0·3 W/mK and 0·2 W/mK at inner and outer surface temperatures of 150° C and – 15° C respectively. *20*

2. (a) Derive equations for the change in internal energy and entropy of a gas which obeys the van der Waals equation of state. *15*

(b) Define the Joule – Thomson coefficient and prove that for an ideal gas, the value of Joule – Thomson coefficient tends to zero. *10*

(c) 2 kg of air is first compressed from state 1 at 13·75 N/cm^2 and 5° C to state 2 at 48 N/cm^2 and 283° C. It is then throttled to state 3 until its pressure is again 13·75 N/cm^2. Finally it is cooled at constant pressure to state 4 until its volume becomes 50% of that before the cooling process. Determine the net change in entropy. *20*

($R = 0\cdot291$ N.m/g.K; $C_p = 1\cdot004$ kJ/kg.K)

(d) Write a short note on Redlich – Kwong equation of state. *15*

सिद्ध कीजिए कि

(i) ऊष्मा प्रवाह की दर

$$Q = 4\pi R_i R_o \left(\frac{K_i + K_o}{2}\right)\left(\frac{T_i - T_o}{R_o - R_i}\right)$$

द्वारा दी जाती है ।

(ii) एक गोलाकार कोश से, जिसका अन्दर का व्यास $D_i = 2{\cdot}5$ m और जिसे 30 cm अवरोधक द्वारा ढँका गया है, ऊष्मा हानि भी निकालिए । अवरोधक की ऊष्मा चालकता 0·3 W/mK और 0·2 W/mK क्रमशः अन्दर और बाहरी सतहों पर, जिनका तापमान 150° C और – 15° C है । 20

2. (क) एक गैस, जो दशा के लिए वान्डर वाल्स समीकरण को मानती है, के लिए आन्तरिक ऊर्जा में और एन्ट्रॉपी में परिवर्तन के लिए समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । 15

(ख) जूल – थामसन गुणांक की परिभाषा दीजिए और सिद्ध कीजिए कि एक आदर्श गैस के लिए जूल – थामसन गुणांक का मान शून्य की ओर अग्रसित है । 10

(ग) 2 kg वायु को पहले दशा 1, 13·75 N/cm^2 और 5° C से दशा 2, 48 N/cm^2 और 283° C तक संपीडित किया जाता है । तब इसे दशा 3 तक थ्रॉटल किया जाता है जब तक कि दाब पुनः 13·75 N/cm^2 हो जाता है । अन्त में इसे स्थिर दाब पर दशा 4 तक ऐसे ठण्डा किया जाता है कि आयतन, ठण्डा करने की प्रक्रिया के पहले वाले आयतन का 50% रह जाता है । एन्ट्रॉपी में नेट परिवर्तन निकालिए । 20

($R = 0{\cdot}291$ N.m/g.K; $C_p = 1{\cdot}004$ kJ/kg.K)

(घ) दशा के रेडलिच – क्वोंग समीकरण पर एक संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए । 15

3. (a) Derive an expression for the Mach number after a normal shock wave occurring in a nozzle. Show the trend of this Mach number, (in the form of an x-y plot) with respect to the Mach number value before the shock. *15*

(b) Air enters a diffuser with a velocity of 250 m/s and a temperature of 30° C. It leaves with a velocity of 90 m/s. Neglecting friction and heat transfer determine

(i) exit temperature

(ii) exit pressure if the inlet pressure is 125 kPa and

(iii) area ratio between the exit and entrance.

Will your answers change if there is friction present ? Explain how. *30*

(c) For a circular tube, explain with the help of neat sketches

(i) Hydrodynamic entry region and hydrodynamically developed flows.

(ii) Thermal entry region and thermally developed flows. *15*

3. (क) एक तुंड में एक अभिलम्ब प्रघात तरंग के बाद मैक संख्या के लिए एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । एक x-y प्लॉट के आकार में इस मैक संख्या का बदलाव, प्रघात से पहले वाले मैक संख्या मान के सापेक्ष दिखाइए । *15*

(ख) 250 m/s वेग से और 30° C तापमान पर वायु एक विसारक में प्रवेश करती है । 90 m/s वेग से यह बाहर निकलती है । घर्षण और ऊष्मा अन्तरण को नगण्य मानते हुए, निकालिए

(i) निर्गत तापमान

(ii) निर्गत दाब यदि प्रवेश पर दाब 125 kPa है और

(iii) निकास और प्रवेश के बीच का क्षेत्रफल अनुपात ।

यदि घर्षण होता तो क्या आपके उत्तर बदल जाएँगे ? समझाइए कैसे । *30*

(ग) एक वृत्ताकार नली के लिए साफ चित्रों की सहायता से समझाइए ।

(i) द्रवगतिक प्रवेश क्षेत्र और द्रवगतिकतः विकसित प्रवाह

(ii) तापीय प्रवेश क्षेत्र और ताप विकसित प्रवाह *15*

4. (a) An oil is cooled to 100° C in a parallel flow heat exchanger by transferring its heat to cooling water, that leaves the exchanger at 30° C. However, it is now required that the oil must be cooled down to 75° C by increasing the length of heat exchanger, while oil and water flow rates, their inlet temperatures and other dimensions of the exchanger keeping constant. The inlet temperatures of water and oil are 15° C and 150° C respectively.

If the original cooler was 1 metre long, determine

(i) outlet temperature of water in the new cooler and

(ii) length of the new cooler. *30*

(b) A hot plate of 15 cm^2 area maintained at a temperature of 200° C is exposed to still air at 30° C temperature. When the smaller side of the plate is held vertical, convective heat transfer rate is 14% higher than when the bigger side of the plate is held vertical. Determine the dimensions of the plate. Neglect internal temperature gradient of the plate thickness. Also determine the heat transfer rates in both the cases. *30*

Use the following relation :

$$Nu = 0{\cdot}59\ (Gr \, . \, Pr)^{0{\cdot}25}$$

Take the following properties of air :

Temperature (°C)	ρ (kg/m^3)	C_p (kJ/kg-K)	μ (N-s/m^2)	K (W/m-K)
30	1·165	1·005	$18{\cdot}6 \times 10^{-6}$	0·0267
115	0·910	1·009	$22{\cdot}65 \times 10^{-6}$	0·0331
200	0·746	1·026	26×10^{-6}	0·0393

4. (क) एक समानान्तर प्रवाह ऊष्मा विनिमयित्र में एक तेल को 100° C तक ठण्डा किया जाता है । तेल की ऊष्मा को ठण्डा करने वाले पानी को अन्तरण किया जाता है जो विनिमयित्र से 30° C पर निकलता है । अब तेल को 75° C तक ठण्डा करने की आवश्यकता है और ऐसा ऊष्मा विनिमयित्र की लम्बाई को बढ़ाकर किया जाता है जबकि तेल और पानी के प्रवाह दर, उनके आगत तापमान और विनिमयित्र के दूसरे डाइमेन्शन्स को वही रखा जाता है । पानी और तेल के आगत तापमान क्रमशः 15° C और 150° C हैं ।

यदि पहले कूलर की लम्बाई 1 मीटर थी, तो निकालिए

(i) नये कूलर में पानी का निर्गत तापमान और

(ii) नये कूलर की लम्बाई । 30

(ख) 15 cm^2 क्षेत्रफल वाली एक तप्त प्लेट को, जो 200° C पर रखी गई है, 30° C तापमान वाली गतिहीन वायु के सम्पर्क में लाया जाता है । जब प्लेट की छोटी वाली साइड को ऊर्ध्वाधर रखा जाता है, तो संवहनी ऊष्मा अन्तरण दर, जब बड़ी वाली साइड को ऊर्ध्वाधर रखा जाता हो, की अपेक्षा 14% अधिक है । प्लेट के डाइमेन्शन्स निकालिए । प्लेट मोटाई के आन्तरिक ताप प्रवणता को नगण्य मानिए । दोनों दशाओं में ऊष्मा अन्तरण दर भी निकालिए । 30

निम्नलिखित सम्बन्ध प्रयोग कीजिए :

$$Nu = 0{\cdot}59\,(Gr\,.\,Pr)^{0{\cdot}25}$$

वायु के निम्नलिखित गुण लीजिए :

ताप (°C)	ρ (kg/m^3)	C_p (kJ/kg-K)	μ ($N\text{-}s/m^2$)	K (W/m-K)
30	1·165	1·005	$18{\cdot}6 \times 10^{-6}$	0·0267
115	0·910	1·009	$22{\cdot}65 \times 10^{-6}$	0·0331
200	0·746	1·026	26×10^{-6}	0·0393

SECTION B

5. Answer any ***three*** of the following :

(a) Draw a schematic of a pass-out turbine and explain its working. Represent the relevant process on Enthalpy – Entropy coordinates. *20*

(b) How is the heat balance of a CI engine often diagrammatically represented by means of the following ?

(i) Pie chart

(ii) Bar chart

(iii) Sankey diagram

(iv) Graph with x-axis as power output in percentage and y-axis as total heat input in percentage. *20*

(c) In what way is Velox boiler different from La Mont boiler ? Describe the working of the Velox boiler with a schematic. *20*

(d) What are the components to be considered for estimating (i) cooling load, (ii) heating load for an air-conditioning system ?
How do you calculate heat gain through ducts for an air-conditioning system ? *20*

खण्ड ख

5. निम्नलिखित में से किन्हीं ***तीन*** के उत्तर दीजिए :

(क) एक पारणक (पास-आउट) टरबाइन का चित्र बनाइए और इसकी कार्यप्रणाली समझाइए । सम्बन्धित प्रक्रिया को एन्थैल्पी – एन्ट्रॉपी आरेख पर दर्शाइए । *20*

(ख) सी.आई. इन्जन की हीट बैलेन्स प्रायः निम्नलिखित द्वारा कैसे चित्रों द्वारा दिखाई जाती है ?

(i) पाई चार्ट

(ii) बार चार्ट

(iii) सैनकी आरेख

(iv) ग्राफ जिस पर x-अक्ष पर प्रतिशत पावर आउटपुट और y-अक्ष पर प्रतिशत कुल ऊष्मा इनपुट हो । *20*

(ग) वेलॉक्स बॉयलर, ला मॉन्ट बॉयलर से किस प्रकार भिन्न है ? एक चित्र की सहायता से वेलॉक्स बॉयलर की कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए । *20*

(घ) एक वातानुकूलन तंत्र के लिए (i) शीतन भार (कूलिंग लोड), (ii) तापन भार (हीटिंग लोड) निकालने के लिए कौन-कौन से घटकों पर विचार करना चाहिए ?
एक वातानुकूलन तंत्र के लिए वाहिनियों द्वारा ऊष्मा प्राप्ति (हीट गेन) आप कैसे परिकलित करते हैं ? *20*

6. (a) (i) Briefly explain 'Evaporative Cooling System' which is generally used for big-capacity stationary IC engines, with a schematic diagram.

(ii) List four advantages and disadvantages each of a water-cooled system in a CI engine. *20*

(b) Draw a schematic of a Benson boiler and explain its working principle, pointing out its speciality. *20*

(c) Explain supersaturated flow in steam nozzles with the help of skeleton Mollier diagram inserting nomenclatures like dry saturated line, Wilson line and supersaturated zone. List also the five effects of supersaturation in the steam nozzles. *20*

7. (a) With the help of schematic and T – s diagrams explain a reheating Rankine cycle. State its advantages over ordinary Rankine cycle and define the reheat factor. *20*

(b) Draw a schematic diagram of bubbling bed fluidized boiler and explain its working. *15*

(c) The following observations refer to a surface condenser :

Mass flow rate of condensate = 20 kg/min

Mass flow rate of cooling water = 800 kg/min

Mean temperature of condensation = 35° C

6. (क) (i) बड़े धारिता वाले स्थिर आई.सी. इन्जनों में सामान्यतः प्रयुक्त 'वाष्पनिक शीतलन तंत्र' (इवेपोरेटिव कूलिंग तंत्र) को संक्षेप में योजनाबद्ध चित्र सहित समझाइए ।

(ii) एक सी.आई. इन्जन में जल-शीतित (वाटर-कूल्ड) तंत्र के चार लाभ और चार हानियाँ लिखिए । *20*

(ख) बेन्सन बॉयलर का एक चित्र बनाइए और इसकी विशेषता बताते हुए इसके कार्य सिद्धान्त को समझाइए । *20*

(ग) भाप तुंडों में अतिसंतृप्त प्रवाह स्केलेटन मोलियर आरेख की सहायता से समझाइए । इस आरेख में विभिन्न शब्दावली जैसे शुष्क संतृप्त रेखा, विल्सन रेखा और अतिसंतृप्त क्षेत्र दिखाइए । भाप तुंडों में अतिसंतृप्ति के पाँच प्रभाव भी लिखिए । *20*

7. (क) योजनाबद्ध चित्र एवं T – s आरेखों की सहायता से एक पुनस्तापन (रीहीटिंग) रैंकिन चक्र को समझाइए । साधारण रैंकिन चक्र पर इसके लाभ बताइए और पुनस्ताप गुणक की परिभाषा दीजिए । *20*

(ख) बबलिंग बेड तरलीकृत बॉयलर का एक योजनाबद्ध चित्र बनाइए और इसकी कार्यप्रणाली समझाइए । *15*

(ग) निम्नलिखित प्रेक्षण एक सतह संघनित्र से सम्बन्धित हैं :

संघनित (कन्डेन्सेट) की द्रव्यमान प्रवाह दर = 20 kg/min

शीतन जल की द्रव्यमान प्रवाह दर = 800 kg/min

संघनन (कन्डेन्सेशन) का औसत तापक्रम = 35° C

Condenser vacuum = 0·95 kg/cm^2

Barometer reading = 1·03 kg/cm^2

Inlet cooling water temperature = 20° C

Outlet cooling water temperature = 30° C

Temperature of the hot well = 29° C

Calculate :

(i) Weight of air per unit volume of condenser.

(ii) Entering condition of steam to the condenser.

(iii) Vacuum efficiency of the condenser. *25*

Properties of saturated steam :

T (°C)	P (MPa)	Sp. Vol. (m^3/kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy (kJ/kg.K)	
		v_f	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
35	0·0056	0·001	25·245	146·56	2565·4	0·5049	8·3543

(Use R = 0·287 kJ/kg.K)

8. (a) The outdoor summer condition for a Bank for one hundred persons is T_{db} = 310 K, and T_{wb} = 300 K. The required inside conditions are T_{db} = 295 K and ϕ = 60%. The room sensible heat is 4,00,000 kJ/hr. The room latent heat is 2,00,000 kJ/hr. Ventilation requirement per person is 0·0047 m^3/hr. The By-pass factor is 0·15.

संघनित्र निर्वात = 0·95 kg/cm^2

बैरोमीटर रीडिंग = 1·03 kg/cm^2

शीतन जल का आगत तापमान = 20° C

शीतन जल का निर्गत तापमान = 30° C

उष्ण कुण्ड (हॉट वेल) का तापमान = 29° C

परिकलन कीजिए :

(i) वायु का भार प्रति यूनिट संघनित्र आयतन ।

(ii) संघनित्र में प्रवेश करने वाली भाप की दशा ।

(iii) संघनित्र की निर्वात दक्षता । *25*

संतृप्त भाप के गुण :

T (°C)	P (MPa)	विशिष्ट आयतन (m^3/kg)		एन्थैल्पी (kJ/kg)		एन्ट्रॉपी (kJ/kg.K)	
		v_f	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
35	0·0056	0·001	25·245	146·56	2565·4	0·5049	8·3543

(R = 0·287 kJ/kg.K प्रयोग कीजिए)

8. (क) 100 व्यक्तियों के लिए एक बैंक के लिए गरमी के दिनों में बाहर की दशा T_{db} = 310 K और T_{wb} = 300 K है । अन्दर की आवश्यक दशाएँ T_{db} = 295 K और ϕ = 60% हैं । कमरे की संवेद्य ऊष्मा 4,00,000 kJ/hr है । कमरे की गुप्त ऊष्मा 2,00,000 kJ/hr है । प्रति व्यक्ति आवश्यक संवातन 0·0047 m^3/hr है । उपमार्ग गुणक (बाई-पास फैक्टर) 0·15 है ।

Evaluate :

(i) Grand total heat

(ii) Effective sensible heat factor (ESHF)

(iii) Apparatus dew point

(iv) Volume flow rate of dehumidified air *40*

(b) 20 m^3 of air per minute at 30° C DBT and 60% RH is sensibly cooled to 22° C DBT. Take saturation pressure of water vapour at 30° C and 22° C temperatures to be 0·425 bar and 0·0265 bar respectively.

Find heat removed from air. *20*

Take atmospheric air pressure p_b = 1 bar.

निकालिए :

(i) समग्र पूर्ण ऊष्मा

(ii) प्रभावी संवेद्य ऊष्मा गुणक (ई.एस.एच.एफ.)

(iii) उपकरण ओसांक (अपैरेटस ड्यू पॉइन्ट)

(iv) अनार्द्रीकृत (डीह्यूमिडीफाइड) वायु की आयतन प्रवाह दर *40*

(ख) 30° C DBT और 60% आर.एच. पर 20 m^3 वायु प्रति मिनट, 22° C DBT तक संवेद्यतः ठण्डी की जाती है । 30° C और 22° C पर जल वाष्प का संतृप्ति दाब क्रमशः 0·425 बार और 0·0265 बार लीजिए ।
वायु से हटाई गई ऊष्मा ज्ञात कीजिए । *20*

वायुमण्डलीय वायु दाब $p_b = 1$ बार लीजिए ।

C-DTN-J-NFB

यांत्रिक इन्जीनियरी

प्रश्न-पत्र II

समय : तीन घण्टे

पूर्णांक : 300

अनुदेश

प्रत्येक प्रश्न हिन्दी और अंग्रेजी दोनों में छपा है ।

प्रश्नों के उत्तर उसी माध्यम में लिखे जाने चाहिए जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख उत्तर-पुस्तक के मुख पृष्ठ पर अंकित निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए । प्रवेश-पत्र पर उल्लिखित माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे ।

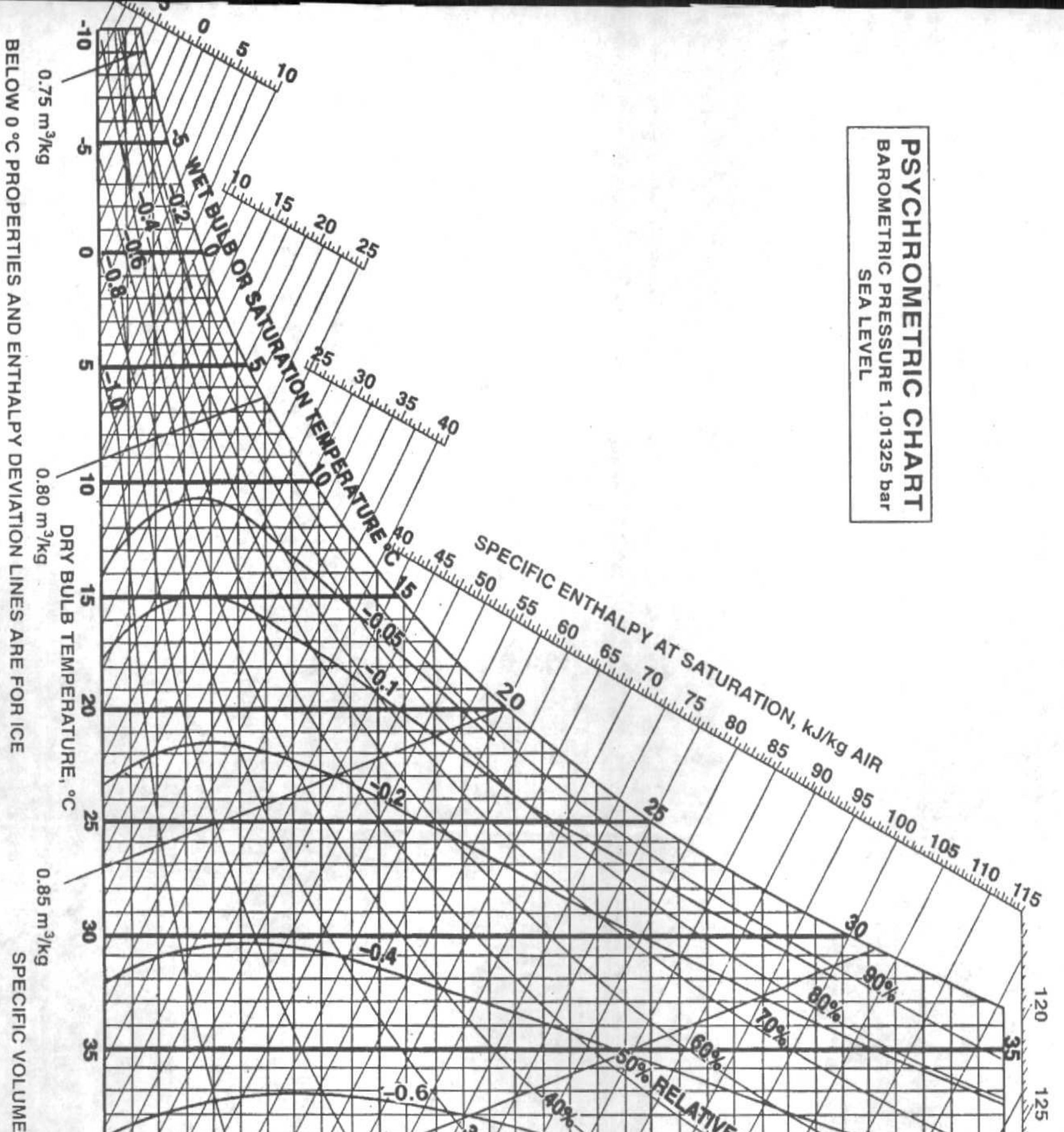
*प्रश्न संख्या **1** और **5** अनिवार्य हैं । बाकी प्रश्नों में से प्रत्येक खण्ड से कम-से-कम **एक** प्रश्न चुनकर किन्हीं **तीन** प्रश्नों के उत्तर दीजिए ।*

प्रत्येक प्रश्न के लिए नियत अंक प्रश्न के अन्त में दिये गए हैं ।

यदि कुछ आँकड़े अपर्याप्त प्रतीत हों, तो उचित मान स्वयं स्थापित कर लीजिए । आर्द्रतामितीय चार्ट (Psychrometric chart) इस प्रश्न पत्र के साथ संलग्न है ।

*जहाँ निर्देशांक आरेख/ग्राफ खींचे जाने हैं, ये केवल उत्तर-पुस्तिका पर आलेखित कीजिए, पृथक् ग्राफ पेपर पर **नहीं** ।*

Note : *English version of the Instructions is printed on the front cover of this question paper.*


PSYCHROMETRIC CHART
BAROMETRIC PRESSURE 1.01325 bar
SEA LEVEL
SPECIFIC ENTHALPY AT SATURATION, kJ/kg AIR
WET BULB OR SATURATION TEMPERATURE °C
RELATIVE HUMIDITY
ENTHALPY DEVIATION, kJ/kg DRY AIR
DRY BULB TEMPERATURE, °C
SPECIFIC VOLUME, m³/kg DRY AIR
BELOW 0 °C PROPERTIES AND ENTHALPY DEVIATION LINES ARE FOR ICE
MOISTURE CONTENT
kg/kg DRY AIR
SENSIBLE HEAT FACTOR
Ref. Point for S.H.F. is 25°C, 50% R.H.