CS (Main) Exam,2021

वियोज्य DETACHABLE

यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र II)

MECHANICAL ENGINEERING (Paper II)

निर्धारित समय : तीन घण्टे
Time Allowed : Three Hours

अधिकतम अंक : 250
Maximum Marks : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

उत्तर देने के पूर्व निम्नलिखित निर्देशों को कृपया सावधानीपूर्वक पढ़ें ।

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** एवं **अंग्रेजी** दोनों में छपे हैं ।

उम्मीदवार को कुल **पाँच** प्रश्नों के उत्तर देने हैं ।

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

प्रत्येक प्रश्न/भाग के लिए नियत अंक उसके सामने दिए गए हैं ।

प्रश्नों के उत्तर उसी प्राधिकृत माध्यम में लिखे जाने चाहिए, जिसका उल्लेख आपके प्रवेश-पत्र में किया गया है, और इस माध्यम का स्पष्ट उल्लेख प्रश्न-सह-उत्तर (क्यू.सी.ए.) पुस्तिका के मुखपृष्ठ पर निर्दिष्ट स्थान पर किया जाना चाहिए । प्राधिकृत माध्यम के अतिरिक्त अन्य किसी माध्यम में लिखे गए उत्तर पर कोई अंक नहीं मिलेंगे ।

प्रश्नोत्तर लिखते समय यदि कोई पूर्वधारणा की जाए, उसको स्पष्टतया निर्दिष्ट किया जाना चाहिए ।

जहाँ आवश्यक हो, आरेख/चित्र उत्तर के लिए दिए गए स्थान में ही दर्शाइए ।

प्रतीकों और संकेतनों के प्रचलित अर्थ हैं, जब तक अन्यथा न कहा गया हो ।

प्रश्नों के उत्तरों की गणना क्रमानुसार की जाएगी । आंशिक रूप से दिए गए प्रश्नों के उत्तर को भी मान्यता दी जाएगी यदि उसे काटा न गया हो । प्रश्न-सह-उत्तर पुस्तिका में खाली छोड़े गए कोई पृष्ठ अथवा पृष्ठ के भाग को पूर्णतः काट दीजिए ।

QUESTION PAPER SPECIFIC INSTRUCTIONS

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

There are **EIGHT** questions divided in **TWO SECTIONS** and printed both in **HINDI** and in **ENGLISH**.

Candidate has to attempt **FIVE** questions in all.

Question Nos. **1** and **5** are compulsory and out of the remaining, **THREE** are to be attempted choosing at least **ONE** question from each Section.

The number of marks carried by a question/part is indicated against it.

Answers must be written in the medium authorized in the Admission Certificate which must be stated clearly on the cover of this Question-cum-Answer (QCA) Booklet in the space provided. No marks will be given for answers written in a medium other than the authorized one.

Wherever any assumptions are made for answering a question, they must be clearly indicated.

Diagrams/figures, wherever required, shall be drawn in the space provided for answering the question itself.

Unless otherwise mentioned, symbols and notations carry their usual standard meanings.

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 Question-cum-Answer Booklet must be clearly struck off.

खण्ड 'A' SECTION 'A'

1.(a) पंखा (फैन), आध्माता (ब्लोअर) और संपीड़क के बीच प्रकार्यात्मक अंतरों को संक्षेप में समझाइए।

Discuss briefly the functional differences between a fan, a blower and a compressor. 10

1.(b) सिद्ध कीजिए कि अवध्वानिक प्रवाह में प्रघात घटित नहीं हो सकता है।

Prove that shock cannot occur in subsonic flow. 10

1.(c) मोटाई $L = 0{\cdot}4$ m, ऊष्मा चालकता $k = 2{\cdot}3$ W/m°C और पृष्ठीय क्षेत्रफल $A = 20\ m^2$ वाली एक बड़ी समतल दीवार पर विचार करें। दीवार के बायीं ओर का तापमान $T_1 = 80°C$ पर स्थिर बनाए रखा जाता है, जबकि दाहिनी ओर $T_a = 15°C$ तापमान पर परिवेश की हवा में संवहन द्वारा ऊष्मा-अंतरण गुणांक $h = 24\ W/m^2\,°C$ के साथ ऊष्मा का ह्रास होता है। स्थिर ऊष्मा चालकता और दीवार में कोई भी ऊष्मा उत्पादन न होने को मानते हुए :

(i) दीवार में तापमान परिवर्तन के लिए एक संबंध प्राप्त करें।

(ii) दीवार के माध्यम से ऊष्मा हस्तांतरण की दर का मूल्यांकन करें।

Consider a large plane wall of thickness $L = 0{\cdot}4$ m, thermal conductivity $k = 2{\cdot}3$ W/m°C and surface area $A = 20\ m^2$. The left side of the wall is maintained at a constant temperature of $T_1 = 80°C$ while the right side loses heat by convection to the surrounding air at $T_a = 15°C$ with a heat transfer coefficient of $h = 24\ W/m^2\,°C$. Assuming constant thermal conductivity and no heat generation in the wall,

(i) obtain a relation for the variation of temperature in the wall.

(ii) evaluate the rate of heat transfer through the wall. 10

1.(d) वायुमंडलीय दबाव पर लंबे ऊर्ध्वाधर सिलिंडर से हवा में प्राकृतिक संवहन के लिए ऊष्मा हस्तांतरण गुणांक का समीकरण

$$\bar{h}_c = \frac{536{\cdot}5(T_s - T_\infty)^{0{\cdot}33}}{T}$$

द्वारा प्रस्तावित है। जहाँ T = फिल्म तापमान = $\frac{(T_s + T_\infty)}{2}$ और T, 0 से 200°C की सीमा में है। विमारहित रूप में संगत समीकरण $\frac{\bar{h}_c\ L}{K} = C(Gr\ Pr)^m$ है।

दोनों समीकरणों की तुलना करके, दूसरे समीकरण में C और m के उपमानों को निर्धारित करें जो पहले समीकरण के एक सा परिणाम देगा। 100°C और एक वायुमंडलीय दबाव पर शुष्क हवा के निम्न गुणों का उपयोग करें :

$K = 0{\cdot}0307$ W/(mk), $g = 9{\cdot}8$ m/sec^2

$\mu = 21{\cdot}673 \times 10^{-6}$ NS/m^2

$C_p = 1022$ J/(kg K)

एक वायुमंडलीय यथार्थ दाब = 101,000 N/m^2

वायु के लिए गैस नियतांक R = 287 J/kg K

संकेताक्षरों का सामान्य अर्थ है ।

The following equation has been proposed for the heat transfer coefficient in natural convection from long vertical cylinders to air at atmospheric pressure :

$$\bar{h}_c = \frac{536{\cdot}5(T_s - T_\infty)^{0{\cdot}33}}{T}$$

where T = the film temperature = $\frac{(T_s + T_\infty)}{2}$ and T is in the range 0 to 200°C.

The corresponding equation in dimensionless form is $\frac{\bar{h}_c\ L}{K} = C(Gr\ Pr)^m$.

Compare the two equations to determine the values of C and m such that the second equation will give the same results as the first. Use properties of dry air at 100°C and one atmosphere :

$K = 0{\cdot}0307$ W/(mk), $g = 9{\cdot}8$ m/sec^2

$\mu = 21{\cdot}673 \times 10^{-6}$ NS/m^2

$C_p = 1022$ J/(kg K)

The absolute pressure of one atmosphere = 101,000 N/m^2

The gas constant R (for air) = 287 J/kg K

Symbols have their usual meaning. 10

1.(e) ऐसा माना जाता है कि डीजल इंजन में दहन आंतरिक निश्चाल्य स्थिति पर शुरू होता है तथा दहन में दबाव स्थिर रहता है । वायु ईंधन अनुपात 27 : 1, ईंधन का ऊष्मीय मान 43000 kJ/kg, दहन के उत्पादों की विशिष्ट ऊष्मा (अचर आयतन पर) $C_v = (0{\cdot}71 + 20 \times 10^{-5}\,T)$ kJ/(kg K) एवं उत्पादों के लिए $R = 0{\cdot}287$ kJ/(kg K) दिया गया है ।यदि संपीड़न अनुपात 15 : 1 है, और संपीड़न के अंत में तापमान 870 K है, तो ज्ञात करें कि कितने प्रतिशत चरण (स्ट्रोक) पर दहन पूरा होता है ।

Combustion in a diesel engine is assumed to begin at inner dead centre and to be at constant pressure. The air-fuel ratio is 27 : 1, the calorific value of the fuel is 43000 kJ/kg, and the specific heat (at constant volume) of the products of combustion is given by :

$C_v = (0{\cdot}71 + 20 \times 10^{-5}\,T)$ kJ/(kg K)

R for products = $0{\cdot}287$ kJ/(kg K)

If the compression ratio is 15 : 1, and the temperature at the end of compression is 870 K, determine the percentage of stroke at which combustion is completed. 10

2.(a)(i) 100 kPa, 40°C से 1000 kPa तक एक प्रतिक्रम्य अपरिवर्ती प्रवाह पॉलीट्रापिक प्रक्रम में 3 kg वायु संपीडित होती है । इस प्रक्रिया के दौरान संपीड़न नियम $PV^{1 \cdot 25} = C$ का पालन होता है । शाफ्ट-कार्य, हस्तांतरित ऊष्मा तथा एन्ट्रापी में परिवर्तन निर्धारित करें । हवा के लिए $C_v = 0 \cdot 717$ kJ/kg K और $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg K मान लें ।

3 kg of air is compressed in a reversible steady flow polytropic process from 100 kPa, 40°C to 1000 kPa. During this process the law of compression followed is $PV^{1 \cdot 25} = C$. Determine the shaft work, heat transferred and the change in entropy. Assume for air $C_v = 0 \cdot 717$ kJ/kg K and $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg K.

(ii) pdv कार्य और $-vdp$ कार्य के बीच अंतर करें ।

Distinguish between pdv work and $-vdp$ work. 20

2.(b) निम्नलिखित वेग वितरण के लिए अभिहित सीमांत परत मोटाई δ के संदर्भ में स्तरीय सीमान्त परत की विस्थापन मोटाई और संवेग मोटाई की गणना करें :

$$\frac{u}{U_0} = \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{y}{\delta}\right)$$

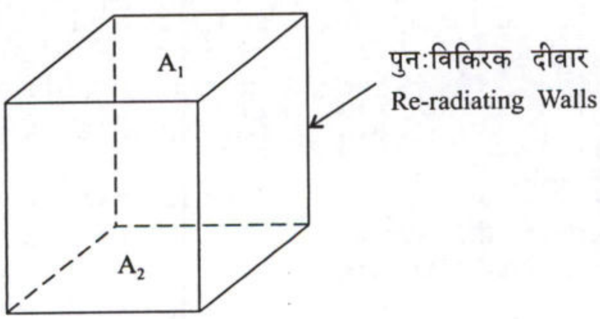
Calculate the displacement thickness and momentum thickness of a laminar boundary layer, in terms of the nominal boundary layer thickness δ, for the following velocity distribution :

$$\frac{u}{U_0} = \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{y}{\delta}\right)$$ 20

2.(c) एक आदर्श गैस टरबाइन इंजन दबाव अनुपात 18 : 1 और अधिकतम तापमान 700°C पर कार्यात्मक-तरल वायु से संचालित है । हवा 100 kPa और 20°C पर संपीड़क में प्रवेश करती है । ऊष्मीय दक्षता, ऊष्मा योग और रेचन हवा का तापमान निर्धारित करें । हवा के लिए $C_p = 1 \cdot 0035$ kJ/kg K और $\gamma = 1 \cdot 4$ लें ।

An ideal gas turbine engine operates with air as the working fluid at a pressure ratio 18 : 1 and a maximum temperature of 700°C. The air enters the compressor at 100 kPa and 20°C. Determine the thermal efficiency, the heat addition and the temperature of exhaust air. For air take $C_p = 1 \cdot 0035$ kJ/kg K and $\gamma = 1 \cdot 4$. 10

3.(a)(i) दर्शाइये कि स्थिर तापमान पर पुनःविकिरक दीवारों से जुड़ी दो श्याम, बराबर क्षेत्रफल की समानांतर प्लेटों के लिए प्रभावी चालकत्व $(A_1 \overline{F}_{12})$ । $A_1 \overline{F}_{1-2} = A_1\left(\frac{1 + F_{1-2}}{2}\right)$ होता है ।



Show that the effective conductance, $(A_1 \overline{F}_{12})$ for two black, parallel plates of equal area connected by re-radiating walls at constant temperature is $A_1 \overline{F}_{1-2} = A_1 \left(\frac{1 + F_{1-2}}{2} \right)$.

(ii) 555 K और 278 K के तापमान पर दो अनंत समतलों के बीच खाली स्थान में रखे गए दो विकिरण कवचों के अपरिवर्ती अवस्था तापमानों का निर्धारण करें। सभी सतहों की उत्सर्जकता 0·8 है।

[δ = स्टीफन बोल्ट्जमान स्थिरांक $= 5{\cdot}670 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2\,\text{K}^4$]

Determine the steady-state temperatures of two radiation shields placed in the evacuated space between two infinite planes at temperatures of 555 K and 278 K. The emissivity of all surfaces is 0·8.

[σ = Stefan-Boltzmann constant $= 5{\cdot}670 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2\,\text{K}^4$] 20

3.(b) मान लें नलिका प्रवाह के लिए अशांत क्रोड़ (कोर) में वेग वितरण का प्रतिनिधित्व $\frac{u}{u_c} = \left(1 - \frac{r}{r_o}\right)^{\frac{1}{7}}$ द्वारा किया जा सकता है, जहाँ u_c नलिका के केंद्र पर वेग है और r_o नलिका की त्रिज्या है। स्तरीय उप-परत की मोटाई के लिए ब्लेसियस के घर्षण गुणक संबंध का प्रयोग करते हुये एक समीकरण व्युत्पन्न करें। इस समस्या के लिए प्रक्षुब्ध वेग वितरण का उपयोग करके औसत वेग की गणना की जा सकती है। उप-परत में रैखिक परिच्छेदिका (प्रोफाइल) मान लें।

Assume that the velocity distribution in the turbulent core for tube flow may be represented by $\frac{u}{u_c} = \left(1 - \frac{r}{r_o}\right)^{\frac{1}{7}}$ where u_c is the velocity at the centre of the tube and r_o is the tube radius. Using the Blasius relation for friction factor, derive an equation for the thickness of the laminar sublayer. For this problem the average flow velocity may be calculated using the turbulent velocity distribution. Assume linear profile in sublayer. 20

3.(c) एक गैस टर्बाइन का पुनस्तापन उसके प्रचालनीय निष्पादन को कैसे प्रभावित करता है, इसकी व्याख्या करें।

Explain how the process of reheating in a gas turbine affects its operational performance. 10

4.(a) दो दीवारों A और B को क्रमशः T_A और T_B तापमानों पर बनाए रखा जाता है। l लम्बाई वाली धातु की छड़ का एक सिरा दीवार A में अंतःस्थापित है, जब कि दूसरा सिरा दीवार B में अंतःस्थापित है। छड़ T_∞ तापमान पर पर्यावरण में संवहन द्वारा ऊष्मा का ह्रास करता है। निम्नलिखित को निर्धारित करने के लिए एक व्यंजक की व्युत्पत्ति करें :

(i) छड़ में तापमान वितरण

(ii) छड़ द्वारा समग्र ऊष्मा ह्रास

(iii) दीवार A से स्थानांतरित ऊष्मा

Two walls A and B are maintained at temperatures T_A and T_B, respectively. One end of a metal rod of length l is embedded in the wall A, while the other end is fixed to wall B, the rod loses heat by convection to the environment at T_∞. Derive an expression to determine

(i) the temperature distribution in the rod

(ii) the total heat lost by the rod

(iii) the heat transferred from the wall A 20

4.(b) वायु $p_1 = 90$ kPa, $V_1 = 520$ m/s और $T_1 = 558°C$ के एक नियत क्षेत्रफल वाली वाहिनी में प्रवेश करती है । तब इसे नगण्य घर्षण के साथ ठंडा किया जाता है, जब तक कि यह $p_2 = 160$ kPa पर निर्गत न हो जाए । आकलन करें :

(i) V_2

(ii) T_2

(iii) शीतलन की समग्र पूर्ण-ऊष्मा (एन्थैल्पी) kJ/kg में । संलग्न तालिका का उपयोग करें ।

Air enters a constant-area duct at $p_1 = 90$ kPa, $V_1 = 520$ m/s and $T_1 = 558°C$. It is then cooled with negligible friction until it exists at $p_2 = 160$ kPa. Estimate :

(i) V_2

(ii) T_2 and

(iii) the total enthalpy of cooling in kJ/kg. Use attached chart. 20

ऊष्मा हस्तांतरण $k = 1{\cdot}4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k = 1{\cdot}4$

Ma	T_0/T_0^*	p/p^*	T/T^*	$\rho^*/\rho = V/V^*$	p_0/p_0^*
0.0	0.0	2.4000	0.0	0.0	1.2679
0.02	0.0019	2.3987	0.0023	0.0010	1.2675
0.04	0.0076	2.3946	0.0092	0.0038	1.2665
0.06	0.0171	2.3800	0.0205	0.0086	1.2647
0.08	0.0302	2.3787	0.0362	0.0152	1.2623
0.1	0.0468	2.3669	0.0560	0.0237	1.2591
0.12	0.0666	2.3526	0.0797	0.0339	1.2554
0.14	0.0895	2.3359	0.1069	0.0458	1.2510
0.16	0.1151	2.3170	0.1374	0.0593	1.2461
0.18	0.1432	2.2959	0.1708	0.0744	1.2406
0.2	0.1736	2.2727	0.2066	0.0909	1.2346
0.22	0.2057	2.2477	0.2445	0.1088	1.2281
0.24	0.2395	2.2209	0.2841	0.1279	1.2213
0.26	0.2745	2.1925	0.3250	0.1482	1.2140
0.28	0.3104	2.1626	0.3667	0.1696	1.2064
0.3	0.3469	2.1314	0.4089	0.1918	1.1985
0.32	0.3837	2.0991	0.4512	0.2149	1.1904
0.34	0.4206	2.0657	0.4933	0.2388	1.1822
0.36	0.4572	2.0314	0.5348	0.2633	1.1737
0.38	0.4935	1.9964	0.5755	0.2883	1.1652
0.4	0.5290	1.9608	0.6151	0.3137	1.1566
0.42	0.5638	1.9247	0.6535	0.3395	1.1480
0.44	0.5975	1.8882	0.6903	0.3656	1.1394
0.46	0.6301	1.8515	0.7254	0.3918	1.1308
0.48	0.6614	1.8147	0.7587	0.4181	1.1224
0.5	0.6914	1.7778	0.7901	0.4444	1.1141
0.52	0.7199	1.7409	0.8196	0.4708	1.1059
0.54	0.7470	1.7043	0.8469	0.4970	1.0979
0.56	0.7725	1.6678	0.8723	0.5230	1.0901
0.58	0.7965	1.6316	0.8955	0.5489	1.0826
0.6	0.8189	1.5957	0.9167	0.5745	1.0753

(जारी) ऊष्मा हस्तांतरण $k = 1{\cdot}4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

(Cont.) Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k = 1{\cdot}4$

Ma	T_0/T_0^*	p/p^*	T/T^*	$\rho^*/\rho = V/V^*$	p_0/p_0^*
0.62	0.8398	1.5603	0.9358	0.5998	1.0682
0.64	0.8592	1.5253	0.9530	0.6248	1.0615
0.66	0.8771	1.4908	0.9682	0.6494	1.0550
0.68	0.8935	1.4569	0.9814	0.6737	1.0489
0.7	0.9085	1.4235	0.9929	0.6975	1.0431
0.72	0.9221	1.3907	1.0026	0.7209	1.0376
0.74	0.9344	1.3585	1.0106	0.7439	1.0325
0.76	0.9455	1.3270	1.0171	0.7665	1.0278
0.78	0.9553	1.2961	1.0220	0.7885	1.0234
0.8	0.9639	1.2658	1.0255	0.8101	1.0193
0.82	0.9715	1.2362	1.0276	0.8313	1.0157
0.84	0.9781	1.2073	1.0285	0.8519	1.0124
0.86	0.9836	1.1791	1.0283	0.8721	1.0095
0.88	0.9883	1.1515	1.0269	0.8918	1.0070
0.9	0.9921	1.1246	1.0245	0.9110	1.0049
0.92	0.9951	1.0984	1.0212	0.9297	1.0031
0.94	0.9973	1.0728	1.0170	0.9480	1.0017
0.96	0.9988	1.0479	1.0121	0.9658	1.0008
0.98	0.9997	1.0236	1.0064	0.9831	1.0002
1.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.02	0.9997	0.9770	0.9930	1.0164	1.0002
1.04	0.9989	0.9546	0.9855	1.0325	1.0008
1.06	0.9977	0.9327	0.9776	1.0480	1.0017
1.08	0.9960	0.9115	0.9691	1.0632	1.0031
1.1	0.9939	0.8909	0.9603	1.0780	1.0049
1.12	0.9915	0.8708	0.9512	1.0923	1.0070
1.14	0.9887	0.8512	0.9417	1.1063	1.0095
1.16	0.9856	0.8322	0.9320	1.1198	1.0124
1.18	0.9823	0.8137	0.9220	1.1330	1.0157
1.2	0.9787	0.7958	0.9118	1.1459	1.0194
1.22	0.9749	0.7783	0.9015	1.1584	1.0235
1.24	0.9709	0.7613	0.8911	1.1705	1.0279
1.26	0.9668	0.7447	0.8805	1.1823	1.0328
1.28	0.9624	0.7287	0.8699	1.1938	1.0380
1.3	0.9580	0.7130	0.8592	1.2050	1.0437
1.32	0.9534	0.6978	0.8484	1.2159	1.0497
1.34	0.9487	0.6830	0.8377	1.2264	1.0561
1.36	0.9440	0.6686	0.8269	1.2367	1.0629
1.38	0.9391	0.6546	0.8161	1.2467	1.0701
1.4	0.9343	0.6410	0.8054	1.2564	1.0777
1.42	0.9293	0.6278	0.7947	1.2659	1.0856
1.44	0.9243	0.6149	0.7840	1.2751	1.0940
1.46	0.9193	0.6024	0.7735	1.2840	1.1028
1.48	0.9143	0.5902	0.7629	1.2927	1.1120
1.5	0.9093	0.5783	0.7525	1.3012	1.1215
1.52	0.9042	0.5668	0.7422	1.3095	1.1315
1.54	0.8992	0.5555	0.7319	1.3175	1.1419
1.56	0.8942	0.5446	0.7217	1.3253	1.1527
1.58	0.8892	0.5339	0.7117	1.3329	1.1640
1.6	0.8842	0.5236	0.7017	1.3403	1.1756
1.62	0.8792	0.5135	0.6919	1.3475	1.1877
1.64	0.8743	0.5036	0.6822	1.3546	1.2002
1.66	0.8694	0.4940	0.6726	1.3614	1.2131
1.68	0.8645	0.4847	0.6631	1.3681	1.2264

(जारी) ऊष्मा हस्तांतरण $k = 1{\cdot}4$ के साथ घर्षणहीन वाहिनी प्रवाह

(Cont.) Frictionless Duct Flow with Heat Transfer for $k = 1{\cdot}4$

Ma	T_0/T_0^*	p/p^*	T/T^*	$\rho^*/\rho = V/V^*$	p_0/p_0^*
1.7	0.8597	0.4756	0.6538	1.3746	1.2402
1.72	0.8549	0.4668	0.6445	1.3809	1.2545
1.74	0.8502	0.4581	0.6355	1.3870	1.2692
1.76	0.8455	0.4497	0.6265	1.3931	1.2843
1.78	0.8409	0.4415	0.6176	1.3989	1.2999
1.8	0.8363	0.4335	0.6089	1.4046	1.3159
1.82	0.8317	0.4257	0.6004	1.4102	1.3324
1.84	0.8273	0.4181	0.5919	1.4156	1.3494
1.86	0.8228	0.4107	0.5836	1.4209	1.3669
1.88	0.8185	0.4035	0.5754	1.4261	1.3849
1.9	0.8141	0.3964	0.5673	1.4311	1.4033
1.92	0.8099	0.3895	0.5594	1.4360	1.4222
1.94	0.8057	0.3828	0.5516	1.4408	1.4417
1.96	0.8015	0.3763	0.5439	1.4455	1.4616
1.98	0.7974	0.3699	0.5364	1.4501	1.4821
2.0	0.7934	0.3636	0.5289	1.4545	1.5031
2.02	0.7894	0.3575	0.5216	1.4589	1.5246
2.04	0.7855	0.3516	0.5144	1.4632	1.5467
2.06	0.7816	0.3458	0.5074	1.4673	1.5693
2.08	0.7778	0.3401	0.5004	1.4714	1.5924
2.1	0.7741	0.3345	0.4936	1.4753	1.6162
2.12	0.7704	0.3291	0.4868	1.4792	1.6404
2.14	0.7667	0.3238	0.4802	1.4830	1.6653
2.16	0.7631	0.3186	0.4737	1.4867	1.6908
2.18	0.7596	0.3136	0.4673	1.4903	1.7168
2.2	0.7561	0.3086	0.4611	1.4938	1.7434
2.22	0.7527	0.3038	0.4549	1.4973	1.7707
2.24	0.7493	0.2991	0.4488	1.5007	1.7986
2.26	0.7460	0.2945	0.4428	1.5040	1.8271
2.28	0.7428	0.2899	0.4370	1.5072	1.8562
2.3	0.7395	0.2855	0.4312	1.5104	1.8860
2.32	0.7364	0.2812	0.4256	1.5134	1.9165
2.34	0.7333	0.2769	0.4200	1.5165	1.9476
2.36	0.7302	0.2728	0.4145	1.5194	1.9794
2.38	0.7272	0.2688	0.4091	1.5223	2.0119
2.4	0.7242	0.2648	0.4038	1.5252	2.0451
2.42	0.7213	0.2609	0.3986	1.5279	2.0789
2.44	0.7184	0.2571	0.3935	1.5306	2.1136
2.46	0.7156	0.2534	0.3885	1.5333	2.1489
2.48	0.7128	0.2497	0.3836	1.5359	2.1850
2.5	0.7101	0.2462	0.3787	1.5385	2.2218
2.52	0.7074	0.2427	0.3739	1.5410	2.2594
2.54	0.7047	0.2392	0.3692	1.5434	2.2978
2.56	0.7021	0.2359	0.3646	1.5458	2.3370
2.58	0.6995	0.2326	0.3601	1.5482	2.3770
2.6	0.6970	0.2294	0.3556	1.5505	2.4177
2.62	0.6945	0.2262	0.3512	1.5527	2.4593
2.64	0.6921	0.2231	0.3469	1.5549	2.5018
2.66	0.6896	0.2201	0.3427	1.5571	2.5451
2.68	0.6873	0.2171	0.3385	1.5592	2.5892
2.7	0.6849	0.2142	0.3344	1.5613	2.6343
2.72	0.6826	0.2113	0.3304	1.5634	2.6802
2.74	0.6804	0.2085	0.3264	1.5654	2.7270
2.76	0.6781	0.2058	0.3225	1.5673	2.7748

4.(c) संपीड़न प्रज्वलन इंजनों की तुलना में स्फुलिंग प्रज्वलन इंजनों को टर्बोचार्ज करना अधिक कठिन क्यों है ? किन परिस्थितियों में उच्चदाबी निवेशक (सुपरचार्जर) अधिक उपयुक्त हो सकता है ।

Why is it more difficult to turbocharge spark ignition engines than compression ignition engines ? Under what circumstances might supercharger be more appropriate ? 10

खण्ड 'B' SECTION 'B'

5.(a) EGR पद से आप क्या समझते हैं ? समझायें कि EGR, NO_x उत्सर्जन को कैसे कम करता है ।

What do you understand by the term EGR ? Explain how EGR reduces NO_x emission in CI engines. 10

5.(b) अज्ञात हाइड्रोकार्बन C_xH_y के ईंधन को जलाने वाले वाष्पित्र के लिए ऑरसैट उपकरण द्वारा मापी गई फ्लू गैस संरचना निम्नानुसार दी गई है :

CO_2 : 8·0%, CO : 0·9%, O_2 : 8·8% और N_2 : 82·3%

ज्ञात करें

(i) ईंधन की संरचना

(ii) मोल और द्रव्यमान के आधार पर वायु ईंधन का अनुपात

(iii) प्रयोग की गई अतिरिक्त हवा का प्रतिशत

The flue gas composition measured by Orsat apparatus for a boiler burning a fuel of unknown hydrocarbon C_xH_y is given as follows :

CO_2 : 8·0%, CO : 0·9%, O_2 : 8·8% and N_2 : 82·3%

Determine

(i) the composition of the fuel

(ii) the air fuel ratio on mole and mass basis

(iii) the percentage of excess air used 10

5.(c) धारा तुंड के संदर्भ में निम्नलिखित शब्दों का वर्णन करें :

(i) दक्षता (η_N)

(ii) वेग गुणांक (C_v)

Describe the following terms with reference to stream nozzle :

(i) Efficiency (η_N)

(ii) Velocity coefficient (C_v) 10

5.(d) प्रशीतन प्रणालियों में संपीड़क और केशिकानली के बीच संतुलन बिंदु की अवधारणा की व्याख्या करें ।

Explain the concept of balance point between the compressor and the capillary tube in refrigeration systems. 10

5.(e) वातानुकूलन वाहिनी अभिकल्प प्रक्रिया के लिए 'समान घर्षण विधि' को संक्षेप में समझाएं ।

Briefly explain the 'Equal Friction Method' of air-conditioning duct design procedure. 10

6.(a) (i) एक C.I. इंजन के दहन-कक्ष में मिश्रण दहन, S.I. इंजन से किस प्रकार भिन्न होता है ?

(ii) दहन प्रेरित भंवर से क्या तात्पर्य है ? रेखाचित्रों के साथ C.I. दहन कक्ष के दो महत्त्वपूर्ण अभिकल्पों को दिखाइए जिसमें भंवर की इस पद्धति का उपयोग होता है ।

(i) How does the mixture combustion in the combustion chamber of a C.I. engine differ from that of an S.I. engine ?

(ii) What is meant by combustion induced swirl ? Show with sketches two important designs of C.I. combustion chamber using this method of swirl. 20

6.(b) एक एकल तापक पुनर्योजी चक्र में भाप 30 bar, 400°C पर टरबाइन में प्रवेश करती है और रेचक दबाव 0·1 bar है । प्रभरण जल तापक एक प्रत्यक्ष संपर्क प्रकार का है जो 0·3 MPa पर संचालित होता है । पंप कार्य की उपेक्षा करते हुए चक्र की दक्षता ज्ञात करें ।
(30 bar, 400°C पर : $h = 3230{\cdot}9$ kJ/kg और $s = 6{\cdot}9212$ kJ/kg K है । भाप/पानी के गुणों के लिए पुस्तिका के अन्त में संलग्न भाप तालिका का भी प्रयोग करें)

In a single-heater regenerative cycle the steam enters the turbine at 30 bar, 400°C and the exhaust pressure is 0·1 bar. The feed water heater is a direct-contact type which operates at 0·3 MPa. Find the efficiency of the cycle neglecting pump work. (At 30 bar, 400°C : $h = 3230{\cdot}9$ kJ/kg and $s = 6{\cdot}9212$ kJ/kg K. Also use steam tables given towards the end of booklet for steam/water properties). 20

6.(c) एक नम हवा के नमूने का शुष्क बल्ब तापमान 30°C और विशिष्ट आर्द्रता 11·5 ग्राम जल वाष्प प्रति किलोग्राम शुष्क वायु है । यदि 30°C पर पानी का संतृप्त वाष्प दाब 4·24 kPa और कुल दाब 90 kPa है, तो वायु (हवा) के नमूने की सापेक्ष-आर्द्रता क्या है ।

A moist air sample has dry bulb temperature of 30°C and specific humidity of 11·5 gm of water vapour per kg dry air. If the saturation vapour pressure of water at 30°C is 4·24 kPa and the total pressure is 90 kPa then what is the relative humidity of the air sample ? 10

7.(a) (i) एक एकल पद आवेग भाप टर्बाइन के घूर्णक का व्यास 1·2 m है और वह 3000 rpm पर चलता है। तुंड कोण 18° है। फलक वेग अनुपात 0·42 है। निर्गम पर सापेक्ष वेग का प्रवेश पर सापेक्ष वेग से अनुपात 0·9 है। फलक का बहिर्गम कोण अंतर्गम कोण से 3° छोटा है। 10 kg/s की भाप प्रवाह दर के लिए अंतर्गम और बहिर्गम पर फलक कोणों का मान, बियरिंग पर अक्षीय प्रणोद और विकसित शक्ति का मान ज्ञात कीजिए।

(ii) *T-s* आरेख का उपयोग करते हुए वाष्प तुंड में अवलोकित अति-संतृप्त प्रवाह की घटना का वर्णन करें। यह तुंड में द्रव्यमान प्रवाह दर को कैसे प्रभावित करता है?

(i) A single stage impulse steam turbine rotor has a diameter of 1·2 m and runs at 3000 rpm. The nozzle angle is 18°. The blade speed ratio is 0·42. The relative velocity at the outlet to the relative velocity at inlet is 0·9. The outlet angle of the blade is 3° smaller than the inlet angle. For a steam flow rate of 10 kg/s find Blade angles at inlet and outlet, Axial thrust on the bearing and Power developed.

(ii) Describe the phenomenon of super saturated flow observed in steam nozzle using *T-s* diagram. How does it influence the mass flow rate through the nozzle? 20

7.(b) एक वातानुकूलित स्थान 27°C DBT और 50% (प्रतिशत) RH पर बनाए रखा जाता है। परिवेश की स्थिति 40°C DBT और 27°C WBT है। स्थान में 14 kW का संवेद्य ऊष्मा लाभ है। 7°C पर संतृप्त वायु की आपूर्ति इस स्थान में की जाती है। निम्नलिखित निर्धारित करें :

(i) स्थान में आपूर्ति की गई नम हवा का द्रव्यमान

(ii) स्थान में गुप्त ऊष्मा लाभ

(iii) धावक (वॉशर) का शीतलन भार, यदि स्थान में 30 प्रतिशत ताजी हवा की आपूर्ति की जाती है, शेष हवा का पुनःप्रचालन किया जाता है।

आर्द्र विशिष्ट ऊष्मा = 1·022 kJ/kg K मान लें। आर्द्रतामितीय लेखाचित्र संलग्न है।

An air-conditioned space is maintained at 27°C DBT and 50% relative humidity. The ambient conditions are 40°C DBT and 27°C WBT. The space has a sensible heat gain of 14 kW. Air is supplied to the space at 7°C saturated. Determine the following :

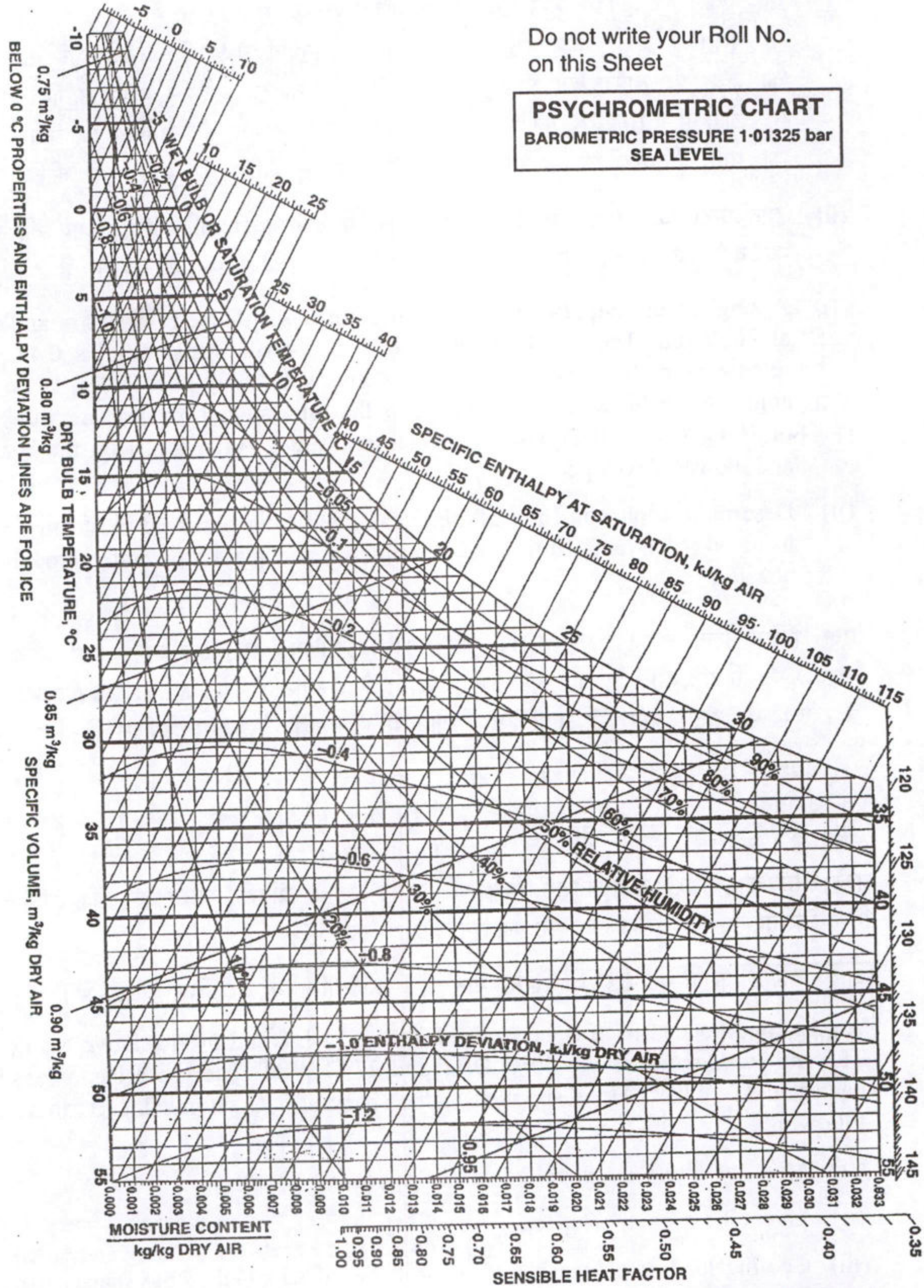
(i) Mass of moist air supplied to the space

(ii) Latent heat gain of space

(iii) Cooling load of air washer if 30% of the air supplied to the space is fresh, the remainder being recirculated.

Assume humid specific heat = 1·022 kJ/kg K. Psychrometric chart is given. 20

Do not write your Roll No. on this Sheet



Ref. Point for SHF is 25 °C, 50% RH

7.(c) एक छः सिलेंडर चार स्ट्रोक डीजल इंजन 1500 rpm पर 250 kW की शक्ति विकसित करता है। ब्रेक विशिष्ट ईंधन की खपत 0·3 kg/kWh है। अंतःक्षेपण की शुरुआत में और अंतःक्षेपण के अंत में सिलेंडर में हवा का दाब क्रमशः 30 बार और 60 बार है। शुरुआत में और अंतःक्षेपण के अंत में ईंधन अंतःक्षेपण का दाब क्रमशः 220 बार और 550 बार है। अंतःक्षेपक के लिए विसर्जन गुणांक 0·65, ईंधन विशिष्ट घनत्व 0·85 और वायुमंडलीय दाब 1·013 बार मान लें। प्रभावी दाब अंतर को अंतःक्षेपण अवधि पर औसत दाब अंतर के रूप में लें।

प्रति अंतःक्षेपण के लिए, अपेक्षित तुंड का क्षेत्रफल निर्धारित करें, यदि अंतःक्षेपण 15° क्रैंक कोण से अधिक पर है। यदि तुंड में प्रयुक्त ऑरिफिसों की संख्या 4 है, तो ऑरिफिस का व्यास ज्ञात करें। (संपरिवर्तन 1 बार = 10^5 पॉस्कल)

A six-cylinder four-stroke diesel engine develops a power of 250 kW at 1500 rpm. The brake specific fuel consumption is 0·3 kg/kWh. The pressures of air in the cylinder at the beginning of injection and at the end of injection are 30 bar and 60 bar respectively. The fuel injection pressures at the beginning and end of injection are 220 bar and 550 bar respectively. Assume the coefficient of discharge for the injector to be 0·65, specific gravity of fuel to be 0·85 and the atmospheric pressure to be 1·013 bar. Also assume the effective pressure difference to be the average pressure difference over the injection period.

Determine the nozzle area required per injection if the injection takes place over 15° crank angle. If the number of orifices used in the nozzle are 4, find the diameter of the orifice. (Conversion 1 bar = 10^5 Pascal) 10

8.(a) एक अमोनिया वाष्प संपीड़न प्रणाली −6·7°C और 26·7°C की ताप सीमाओं के बीच काम करती है। संपीड़न के अंत में वाष्प शुष्क है और नीचे तापमान पर पुनः उपरोध किये जाने वाले तरल का कोई अवशीतन नहीं होता है। मशीन का सी.ओ.पी. ज्ञात करें। अमोनिया के निम्नलिखित गुणों का उपयोग करें :

तापमान °C Temperature °C	पूर्ण ऊष्मा (इन्थाल्पी) (kJ/kg) Enthalpy (kJ/kg)			उत्क्रम माप (एन्ट्रापी) kJ/kg K Entropy kJ/kg K	
	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_g
−6·7	−29·3	1293·8	1264·5	−0·113	4·752
26·7	125·6	1172·4	1297·9	0·427	4·334

An ammonia vapour compression refrigeration system works between temperature limits of −6·7°C and 26·7°C. The vapour is dry at the end of compression and there is no under cooling of the liquid which is further throttled to the lower temperature. Find the COP of the machine. Use the above properties of ammonia. 20

8.(b) एक सहजनन संयंत्र में भाप द्विपद टरबाइन के HP पद में 1 MPa, 200°C पर प्रवेश करती है और इसे 0·3 MPa पर छोड़ देती है। इस बिंदु पर, कुछ भाप को निःस्त्रवित करते हुये एक ऊष्मा विनिमायक से पारित किया जाता है जो इसे 0·3 MPa पर संतृप्त तरल के रूप में छोड़ देता है। शेष भाप टरबाइन के LP पद में 40 kPa तक फैलती है। टरबाइन को 1 MW की समस्त शक्ति उत्पादन की और ऊष्मा विनिमायक को 500 kW की तापन दर के उत्पादन करने की आवश्यकता होती है। सभी प्रक्रियाओं को आदर्श मानते हुये टरबाइन के HP पद में भाप की अपेक्षित द्रव्यमान प्रवाह दर की गणना करें।

(1 MPa, 200°C पर : $h = 2827{\cdot}9$ kJ/kg और $s = 6{\cdot}6939$ kJ/kg K)
पुस्तिका के अंत में संलग्न भाप-तालिका का भी प्रयोग करें।

In a cogeneration plant, steam enters the HP stage of a two-stage turbine at 1 MPa, 200°C and leaves it at 0·3 MPa. At this point some of the steam is bled off and passed through a heat exchanger which it leaves as saturated liquid at 0·3 MPa. The remaining steam expands in the LP stage of the turbine to 40 kPa. The turbine is required to produce a total power of 1 MW and the heat exchanger is required to provide a heating rate of 500 kW. Assuming all processes to be ideal, calculate the required mass flow rate of steam into the HP stage of the turbine.

(At 1 MPa, 200°C : $h = 2827{\cdot}9$ kJ/kg and $s = 6{\cdot}6939$ kJ/kg K)
Also use Steam Tables given at the end of the booklet. 20

8.(c) भाप-शक्ति संयंत्र में निम्नलिखित स्थलों पर होने वाली उपरोधी प्रक्रियाओं की तुलना करें और T-s आरेखों का उपयोग करते हुए प्रेक्षित निम्नलिखित परिघटनाओं में व्यतिरेक करें :

(i) अधिनियंत्रण के लिए टर्बाइन के अंतर्गम पर भाप उपरोधन।

(ii) संवृत प्रभरण तापक पाश निकास में द्रवितक उपरोधन।

Compare the throttling processes happening at the following two locations in the steam power plant and using T-s diagrams contrast the observed phenomena :

(i) throttling of steam at inlet to turbine for governing.

(ii) throttling of condensate in closed feed heater trap exit. 10

STEAM TABLE

Saturated Water Pressure Entry

Press. (kPa)	Temp. (°C)	Enthalpy, kJ/kg Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Entropy, kJ/kg-K Sat. Liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. Vapor s_g
0·6113	0·01	0·00	2501·3	2501·3	0	9·1562	9·1562
1·0	6·98	29·29	2484·89	2514·18	0·1059	8·8697	8·9756
1·5	13·03	54·70	2470·59	2525·30	0·1956	8·6322	8·8278
2·0	17·50	73·47	2460·02	2533·49	0·2607	8·4629	8·7236
2·5	21·08	88·47	2451·56	2540·03	0·3120	8·3311	8·6431
3·0	24·08	101·03	2444·47	2545·50	0·3545	8·2231	8·5775
4·0	28·96	121·44	2432·93	2554·37	0·4226	8·0520	8·4746
5·0	32·88	137·79	2423·66	2561·45	0·4763	7·9187	8·3950
7·5	40·29	168·77	2406·02	2574·79	0·5763	7·6751	8·2514
10	45·81	191·81	2392·82	2584·63	0·6492	7·5010	8·1501
15	53·97	225·91	2373·14	2599·06	0·7548	7·2536	8·0084
20	60·06	251·38	2358·33	2609·70	0·8319	7·0766	7·9085
25	64·97	271·90	2346·29	2618·19	0·8930	6·9383	7·8313
30	69·10	289·21	2336·07	2625·28	0·9439	6·8247	7·7686
40	75·87	317·55	2319·19	2636·74	1·0258	6·6441	7·6700
50	81·33	340·47	2305·40	2645·87	1·0910	6·5029	7·5939
75	91·77	384·36	2278·59	2662·96	1·2129	6·2434	7·4563
100	99·62	417·44	2258·02	2675·46	1·3025	6·0568	7·3593
125	105·99	444·30	2241·05	2685·35	1·3739	5·9104	7·2843
150	111·37	467·08	2226·46	2693·54	1·4335	5·7897	7·2232
175	116·06	486·97	2213·57	2700·53	1·4848	5·6868	7·1717
200	120·23	504·68	2201·96	2706·63	1·5300	5·5970	7·1271
225	124·00	520·69	2191·35	2712·04	1·5705	5·5173	7·0878
250	127·43	535·34	2181·55	2716·89	1·6072	5·4455	7·0526
275	130·60	548·87	2172·42	2721·29	1·6407	5·3801	7·0208
300	133·55	561·45	2163·85	2725·30	1·6717	5·3201	6·9918
325	136·30	573·23	2155·76	2728·99	1·7005	5·2646	6·9651
350	138·88	584·31	2148·10	2732·40	1·7274	5·2130	6·9404
375	141·32	594·79	2140·79	2735·58	1·7527	5·1647	6·9174
400	143·63	604·73	2133·81	2738·53	1·7766	5·1193	6·8958
450	147·93	623·24	2120·67	2743·91	1·8206	5·0359	6·8565
500	151·86	640·21	2108·47	2748·67	1·8606	4·9606	6·8212
550	155·48	655·91	2097·04	2752·94	1·8972	4·8920	6·7892
600	158·85	670·54	2086·26	2756·80	1·9311	4·8289	6·7600
650	162·01	684·26	2076·04	2760·30	1·9627	4·7704	6·7330
700	164·97	697·20	2066·30	2763·50	1·9922	4·7158	6·7080
750	167·77	709·45	2056·98	2766·43	2·0199	4·6647	6·6846
800	170·43	721·10	2048·04	2769·13	2·0461	4·6166	6·6627

Saturated Water Pressure Entry

Press.	Temp.	Specific Volume, m^3/kg			Internal Energy, kJ/kg		
Press. (kPa)	Temp. (°C)	Sat. Liquid v_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapor u_g
0·6113	0·01	0·001000	206·131	206·132	0	2375·3	2375·3
1	6·98	0·001000	129·20702	129·20802	29·29	2355·69	2384·98
1·5	13·03	0·001001	87·97913	87·98013	54·70	2338·63	2393·32
2	17·50	0·001001	67·00285	67·00385	73·47	2326·02	2399·48
2·5	21·08	0·001002	54·25285	54·25385	88·47	2315·93	2404·40
3	24·08	0·001003	45·66402	45·66502	101·03	2307·48	2408·51
4	28·96	0·001004	34·79915	34·80015	121·44	2293·73	2415·17
5	32·88	0·001005	28·19150	28·19251	137·79	2282·70	2420·49
7·5	40·29	0·001008	19·23674	19·23775	168·76	2261·74	2430·50
10	45·81	0·001010	14·67254	14·67355	191·79	2246·10	2437·89
15	53·97	0·001014	10·02117	10·02218	225·90	2222·83	2448·73
20	60·06	0·001017	7·64835	7·64937	251·35	2205·36	2456·71
25	64·97	0·001020	6·20322	6·20424	271·88	2191·21	2463·08
30	69·10	0·001022	5·22816	5·22918	289·18	2179·22	2468·40
40	75·87	0·001026	3·99243	3·99345	317·51	2159·49	2477·00
50	81·33	0·001030	3·23931	3·24034	340·42	2143·43	2483·85
75	91·77	0·001037	2·21607	2·21711	394·29	2112·39	2496·67
100	99·62	0·001043	1·69296	1·69400	417·33	2088·72	2506·06
125	105·99	0·001048	1·37385	1·37490	444·16	2069·32	2513·48
150	111·37	0·001053	1·15828	1·15933	466·92	2052·72	2519·64
175	116·06	0·001057	1·00257	1·00363	486·78	2038·12	2524·90
200	120·23	0·001061	0·88467	0·88573	504·47	2025·02	2529·49
225	124·00	0·001064	0·79219	0·79325	520·45	2013·10	2533·56
250	127·43	0·001067	0·71765	0·71871	535·08	2002·14	2537·21
275	130·60	0·001070	0·65624	0·65731	548·57	1991·95	2540·53
300	133·55	0·001073	0·60475	0·60582	561·13	1982·43	2543·55
325	136·30	0·001076	0·56093	0·56201	572·88	1973·46	2546·34
350	138·88	0·001079	0·52317	0·52425	583·93	1964·98	2548·92
375	141·32	0·001081	0·49029	0·49137	594·38	1956·93	2551·31
400	143·63	0·001084	0·46138	0·46246	604·29	1949·26	2553·55
450	147·93	0·001088	0·41289	0·41398	622·75	1934·87	2557·62
500	151·86	0·001093	0·37380	0·37489	639·66	1921·57	2561·23
550	155·48	0·001097	0·34159	0·34268	655·30	1909·17	2564·47
600	158·85	0·001101	0·31457	0·31567	669·88	1897·52	2567·40
650	162·01	0·001104	0·29158	0·29268	683·55	1886·51	2570·06
700	164·97	0·001108	0·27176	0·27286	696·43	1876·07	2572·49
750	167·77	0·001111	0·25449	0·25560	708·62	1866·11	2574·73
800	170·43	0·001115	0·23931	0·24043	720·20	1856·58	2576·79