यांत्रिक इंजीनियरी (प्रश्न-पत्र–II)

निर्धारित समय : तीन घण्टे

अधिकतम अंक : 250

प्रश्न-पत्र सम्बन्धी विशेष अनुदेश

(कृपया प्रश्नों के उत्तर देने से पूर्व निम्नलिखित प्रत्येक अनुदेश को ध्यानपूर्वक पढ़िए)

इसमें **आठ** प्रश्न हैं जो दो खण्डों में विभाजित हैं तथा **हिन्दी** और **अंग्रेजी** दोनों में छपे हुए 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 (क्यू० सी० ए०) 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।

MECHANICAL ENGINEERING (PAPER–II)

Time Allowed : Three Hours

Maximum Marks : 250

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)* 500 K पर लोहे के 50 kg के एक खंड को खुले वातावरण में रखा जाता है, जिसका तापमान 285 K है। लौह खंड अंततः वायुमंडल के साथ ऊष्मीय साम्यावस्था तक पहुँच जाता है। लोहे के लिए 0·45 kJ/kg-K की औसत विशिष्ट ऊष्मा मानकर *(i)* लोहे के खंड और वायुमंडल के एन्ट्रॉपी परिवर्तन तथा *(ii)* अप्रतिक्रम्यता का निर्धारण कीजिए।

A 50 kg block of iron at 500 K is placed into open atmosphere which is at a temperature of 285 K. The iron block eventually reaches thermal equilibrium with the atmosphere. Assuming an average specific heat of 0·45 kJ/kg-K for iron, determine the *(i)* entropy change for the iron block and the atmosphere, and *(ii)* irreversibility. 10

(b) दर्शाइए कि एक आदर्श गैस में सामान्य प्रघात के लिए $M_x^* M_y^* = 1$.

Show that for normal shock in a perfect gas, $M_x^* M_y^* = 1$. 10

(c) अक्षीय प्रवाह सम्पीडक में, 50% प्रतिक्रिया हेतु, फलक अभिकल्प को कभी-कभी सममित फलक कहा जाता है। उचित समीकरणों और औचित्य के साथ समझाइए कि इसे ऐसा क्यों कहा जाता है।

In the axial flow compressor, for 50% reaction, the blading design is sometimes called symmetrical blading. Explain, with proper equations and justification, why it is called so. 10

(d) 2700 °C पर एक औद्योगिक भट्ठी (कृष्णिका) विकिरण उत्सर्जित करती है। निम्नलिखित की गणना कीजिए :

(i) $\lambda = 1 \cdot 2\ \mu m$ पर स्पेक्ट्रमी उत्सर्जन शक्ति

(ii) तरंगदैर्घ्य, जिस पर उत्सर्जन शक्ति अधिकतम होती है

(iii) अधिकतम स्पेक्ट्रमी उत्सर्जन शक्ति

(iv) कुल उत्सर्जन शक्ति

नीचे दिए गए प्लैन्क वितरण नियम समीकरण का उपयोग कीजिए :

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2 / \lambda T) - 1]}$$

जहाँ, $C_1 = 3 \cdot 742 \times 10^8$ W-μm^4/m^2, $C_2 = 1 \cdot 438 \times 10^4$ μm-K

$\sigma = 5 \cdot 67 \times 10^{-8}$ W/m^2-K^4 लीजिए।

An industrial furnace (blackbody) is emitting radiation at 2700 °C. Calculate the following :

(i) Spectral emissive power at $\lambda = 1 \cdot 2\ \mu m$

(ii) Wavelength at which the emissive power is maximum

(iii) Maximum spectral emissive power

(iv) Total emissive power

Use Planck's distribution law equation given below :

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2 / \lambda T) - 1]}$$

where $C_1 = 3 \cdot 742 \times 10^8$ W-μm^4/m^2, $C_2 = 1 \cdot 438 \times 10^4$ μm-K.

Take $\sigma = 5 \cdot 67 \times 10^{-8}$ W/m^2-K^4. 10

(e) (i) ऊष्मा विनिमयित्र विश्लेषण के मामले में एल० एम० टी० डी० विधि के लिए मूल अभिधारणाएँ लिखिए।

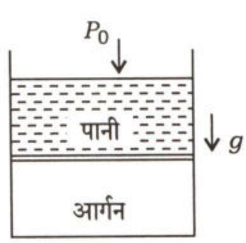
(ii) लिखिए कि मूल ऊष्मा विनिमयित्र विश्लेषण में किस स्थिति में एल० एम० टी० डी० विधि और किस स्थिति में एन० टी० यू० विधि लागू होगी।

(i) Write down the basic assumptions for LMTD method in case of heat exchanger analysis. 5

(ii) Write down in which case LMTD method and in which case NTU method will be applicable in basic heat exchanger analysis. 5

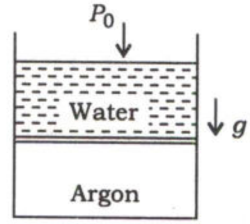
2. (a) $0 \cdot 6$ m^2 के अनुप्रस्थ-काट क्षेत्रफल वाले एक 15 m ऊँचे सिलिन्डर में 20 kg द्रव्यमान के पतले ऊष्मारोधित पिस्टन के शीर्ष पर 25 °C पर 3 m^3 तरल पानी निहित है। पिस्टन के नीचे, 15 °C पर 3 m^3 आयतन के साथ आर्गन गैस है, जैसा कि चित्र में दर्शाया गया है। आर्गन को ऊष्मा की आपूर्ति इस प्रकार की जाती है कि पिस्टन ऊपर उठता है और पानी को ऊपरी किनारे से बाहर धकेलता है। ज्ञात कीजिए *(i)* पिस्टन के ऊपर से पूरा पानी निकालने के लिए किया गया कार्य (kJ) और *(ii)* प्रक्रम के दौरान आर्गन को ऊष्मा अन्तरण (kJ). *(iii)* आर्गन के लिए प्रक्रम का P-v आरेख खींचिए।

वायुमंडलीय दाब (P_0) को 101 kPa, आर्गन के लिए C_v और R क्रमशः 0·312 kJ/kg-K और 0·2081 kJ/kg-K मान लीजिए। 25 °C पर पानी का विशिष्ट आयतन 0·001003 m^3/kg है। पिस्टन की मोटाई की उपेक्षा कीजिए :



A 15 m high cylinder with a cross-sectional area of $0 \cdot 6$ m^2 contains 3 m^3 of liquid water at 25 °C on the top of a thin insulated piston of mass 20 kg. Below the piston, argon gas is at 15 °C with a volume of 3 m^3, as shown in the figure. Heat is supplied to argon such that the piston rises and pushes the water out over the top edge. Find the *(i)* work done (kJ) to remove the whole water from the top of the piston and *(ii)* heat transferred (kJ) to argon during the process. *(iii)* Plot the process on P-v diagram for argon.

Assume atmospheric pressure (P_0) as 101 kPa, C_v and R for argon as 0·312 kJ/kg-K and 0·2081 kJ/kg-K respectively. The specific volume of water at 25 °C is 0·001003 m^3/kg. Neglect piston thickness :



20

(b) 100 kPa और 290 K पर वायु संपीडन के दो चरणों और प्रसरण के दो चरणों के साथ एक गैस टरबाइन चक्र में प्रवेश करती है। यह निकाय आदर्श पुनर्योजक, पुनस्तापक तथा अन्तराशीतक का उपयोग करता है। प्रत्येक चरण में दाब अनुपात 4 है। दहन कक्ष और पुनस्तापक प्रत्येक में 300 kJ/kg ऊष्मा डाली जाती है। पुनर्योजक वायु का तापमान 20 °C से बढ़ा देता है। *T-s* आरेख खींचिए और ज्ञात कीजिए *(i)* कुल परित्यक्त ऊष्मा (kJ/kg), *(ii)* शुद्ध उत्पादित कार्य (kJ/kg) तथा *(iii)* निकाय की तापीय दक्षता। सभी संपीडकों और टरबाइनों के लिए समएन्ट्रॉपी प्रचालन मान लीजिए।

वायु के लिए C_p = 1·005 kJ/kg-K तथा $\gamma = 1 \cdot 4$ लीजिए।

Air at 100 kPa and 290 K enters a gas turbine cycle with two stages of compression and two stages of expansion. This system uses ideal regenerator, reheater and intercooler. The pressure ratio across each stage is 4. 300 kJ/kg of heat is added in combustion chamber and reheater each. The regenerator increases the air temperature by 20 °C. Draw *T-s* plot and determine the *(i)* total heat rejected (kJ/kg), *(ii)* net work output (kJ/kg) and *(iii)* thermal efficiency of the system. Assume isentropic operation for all compressors and turbines.

Take C_p of air = 1·005 kJ/kg-K and $\gamma = 1 \cdot 4$. 20

(c) एक अभिसारी-अपसारी तुंड का कंठ क्षेत्र 250 mm^2 तथा निकास क्षेत्र 500 mm^2 है। वायु 350 K के स्थिर तापमान तथा 1 MPa के स्थिर दाब के साथ तुंड में प्रवेश करती है। तुंड के माध्यम से वायु की अधिकतम प्रवाह दर तथा स्थैतिक दाब, स्थैतिक तापमान, मैक संख्या और वेग, तुंड के निकास पर, ज्ञात कीजिए।

$\gamma = 1 \cdot 4$, $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K दिया गया है।

प्रश्न के हल हेतु गैस तालिका का उपयोग कीजिए।

A convergent-divergent nozzle has a throat area of 250 mm^2 and an exit area of 500 mm^2. Air enters the nozzle with a stagnation temperature of 350 K and stagnation pressure of 1 MPa. Determine the maximum flow rate of air through the nozzle and the static pressure, static temperature, Mach number and velocity at the exit from the nozzle.

Given $\gamma = 1 \cdot 4$, $R = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K.

Use Gas Table to solve the problem. 10

गैस तालिका (Gas Table)

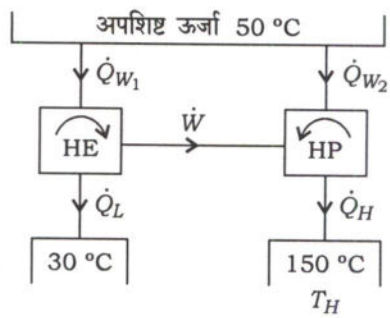
Table : समऐन्ट्रॉपी प्रवाह (Isentropic Flow)

M	M^*	$\frac{A}{A^*}$	$\frac{p}{p_0}$	$\frac{\rho}{\rho_0}$	$\frac{T}{T_0}$
0	0	∞	1·00000	1·00000	1·00000
0·10	0·10943	5·8218	0·99303	0·99502	0·99800
0·20	0·21822	2·9635	0·97250	0·98027	0·99206
0·30	0·32572	2·0351	0·93947	0·95638	0·98232
0·40	0·43133	1·5901	0·89562	0·92428	0·96899
0·50	0·53452	1·3398	0·84302	0·88517	0·95238
0·60	0·63480	1·1882	0·78400	0·84045	0·93284
0·70	0·73179	1·09437	0·72092	0·79158	0·91075
0·80	0·82514	1·03823	0·65602	0·74000	0·88652
0·90	0·91460	1·00886	0·59126	0·68704	0·86058
1·00	1·00000	1·00000	0·52828	0·63394	0·83333
1·10	1·08124	1·00793	0·46835	0·58169	0·80515
1·20	1·1583	1·03044	0·41238	0·53114	0·77640
1·30	1·2311	1·06631	0·36092	0·48291	0·74738
1·40	1·2999	1·1149	0·31424	0·43742	0·71839
1·50	1·3646	1·1762	0·27240	0·39498	0·68965
1·60	1·4254	1·2502	0·23527	0·35573	0·66138
1·70	1·4825	1·3376	0·20259	0·31969	0·63372
1·80	1·5360	1·4390	0·17404	0·28682	0·60680
1·90	1·5861	1·5552	0·14924	0·25699	0·58072
2·00	1·6330	1·6875	0·12780	0·23005	0·55556
2·10	1·6769	1·8369	0·10935	0·20580	0·53135
2·20	1·7179	2·0050	0·09352	0·18405	0·50813
2·30	1·7563	2·1931	0·07997	0·16458	0·48591
2·40	1·7922	2·4031	0·06840	0·14720	0·46468
2·50	1·8258	2·6367	0·05853	0·13169	0·44444
2·60	1·8572	2·8960	0·05012	0·11787	0·42517
2·70	1·8865	3·1830	0·04295	0·10557	0·40684
2·80	1·9140	3·5001	0·03685	0·09462	0·38941
2·90	1·9398	3·8498	0·03165	0·08489	0·37286
3·00	1·9640	4·2346	0·02722	0·07623	0·35714
3·50	2·0642	6·7896	0·01311	0·04523	0·28986
4·00	2·1381	10·719	0·00658	0·02766	0·23810
4·50	2·1936	16·562	0·00346	0·01745	0·19802
5·00	2·2361	25·000	$189(10)^{-5}$	0·01134	0·16667
6·00	2·2953	53·180	$633(10)^{-6}$	0·00519	0·12195
7·00	2·3333	104·143	$242(10)^{-6}$	0·00261	0·09259
9·00	2·3772	327·189	$474(10)^{-7}$	0·000815	0·05814
10·00	2·3904	535·938	$236(10)^{-7}$	0·000495	0·04762
∞	2·4495	∞	0	0	0

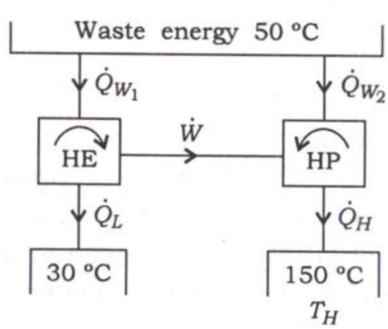
3\. (a) 1 cm मोटाई की एक जंगरोधी इस्पात पट्टिका (ऊष्मा चालकता = 22 W/m-K) में 600 MW/m^3 की एकसमान दर से ऊष्मा उत्पन्न होती है। पट्टिका के बायीं ओर का तापमान 200 °C पर स्थिर बनाए रखा जाता है और दाहिनी ओर को 100 °C पर स्थिर बनाए रखा जाता है। *(i)* पट्टिका में तापमान वितरण, *(ii)* अधिकतम तापमान का स्थान और मान क्या होगा तथा *(iii)* पट्टिका के दोनों ओर से ऊष्मा फ्लक्स और उसकी दिशा क्या होगी? एक-आयामी, स्थायी-दशा ऊष्मा चालन मान लीजिए।

Heat is generated in a stainless steel plate (thermal conductivity = 22 W/m-K) of thickness 1 cm, at a uniform rate of 600 MW/m^3. The left side of the plate is maintained at 200 °C and the right side is maintained at 100 °C. What will be the *(i)* temperature distribution across the plate, *(ii)* location and value of maximum temperature and *(iii)* heat flux from both sides of the plate and its direction? Assume one-dimensional, steady-state heat conduction. 20

(b) ऊष्मा पम्प चलाने वाले ऊष्मा इंजन का एक संयोजन (चित्र देखिए) 50 °C पर अपशिष्ट ऊर्जा को एक स्रोत, $\dot{Q}_{W_1}$, के रूप में, 30 °C पर ऊष्मा परित्याग करने वाले ऊष्मा इंजन में ले जाता है। शेष, $\dot{Q}_{W_2}$, ऊष्मा पम्प में चली जाती है जो 150 °C पर $\dot{Q}_H$ प्रदान करता है। यदि कुल अपशिष्ट ऊर्जा 5 MW है, तो उच्च तापमान पर वितरित ऊर्जा की दर ज्ञात कीजिए। ऊष्मा इंजन और ऊष्मा पम्प को प्रतिक्रम्य मान लीजिए :



A combination of a heat engine driving a heat pump (see the figure) takes waste energy at 50 °C as a source, $\dot{Q}_{W_1}$, to the heat engine rejecting heat at 30 °C. The remainder, $\dot{Q}_{W_2}$, goes into the heat pump that delivers $\dot{Q}_H$ at 150 °C. If the total waste energy is 5 MW, find the rate of energy delivered at the higher temperature. Assume heat engine and heat pump as reversible :



20

(c) एक अपकेन्द्री संपीडक 6000 r.p.m. पर चलते समय 1·25 kg/s वायु प्रदान करता है। अन्तर्गम तथा निर्गम पर व्यास क्रमशः 0·5 m और 1 m हैं। शक्ति निविष्ट गुणक 1·04 है, जबकि सर्पण गुणक इकाई है। संपीडक द्वारा खपत की गई शक्ति 50 kW है। उपयोग किए गए प्रणोदक का प्रकार बताइए, चाहे वह अग्र, त्रिज्य या पश्च वक्र है। वेग त्रिभुज बनाइए। मान लीजिए कि अन्तर्गम पर कोई पूर्व-आवर्त नहीं है।

A centrifugal compressor delivers 1·25 kg/s of air while running at 6000 r.p.m. The diameters at the inlet and outlet are 0·5 m and 1 m respectively. The power input factor is 1·04, while the slip factor is unity. The power consumed by the compressor is 50 kW. State the type of impeller used, whether forward, radial or backward curved. Draw velocity triangles. Assume no prewhirl at the inlet. 10

4. (a) एक तुंड के माध्यम से होने वाले एक आदर्श, समऐन्ट्रॉपी गैस प्रवाह पर विचार करते हुए दर्शाइए कि मैक संख्या (M) = 1 पर प्ररोधन होगा।

Considering an ideal, isentropic gas flow through a nozzle, show that choking will occur at Mach number (M) = 1. 20

(b) 30 °C पर पानी 1 m/s के वेग से 1·5 cm व्यास वाली एक क्षैतिज नलिका में प्रवेश करता है। नलिका की दीवार को 90 °C के स्थिर तापमान पर बनाए रखा जाता है। यदि निकास पानी का तापमान 65 °C है, तो नलिका की लम्बाई की गणना कीजिए। कोई यह मान सकता है कि प्रवाह विक्षुब्ध है, पूरी तरह से विकसित है और नलिका का आंतरिक पृष्ठ चिकना है।

पानी के गुणधर्म दिए गए हैं :

ऊष्मा चालकता $(k) = 0 \cdot 656$ W/m-K

घनत्व $(\rho) = 984 \cdot 4$ kg/m^3

शुद्धगतिक श्यानता $(\nu) = 0 \cdot 497 \times 10^{-6}$ m^2/s

विशिष्ट ऊष्मा $(C_p) = 4178$ J/kg-K

प्रांड्ल संख्या $(\mathrm{Pr}) = 3 \cdot 12$

घर्षण गुणक $(F) = 0 \cdot 079$ (रेनॉल्ड्स संख्या)$^{-0 \cdot 25}$

रेनॉल्ड्स संख्या $\equiv \mathrm{Re}_D$

औसत नुसेल्ट संख्या $(\mathrm{Nu}_D) = \dfrac{(\frac{F}{2})(\mathrm{Re}_D - 1000)\,\mathrm{Pr}}{1 + 12 \cdot 7 (\frac{F}{2})^{1/2} (\mathrm{Pr}^{2/3} - 1)}$

इसके अलावा, नलिका के मध्य में पानी के तापमान और नलिका में दाब-पात की गणना कीजिए।

Water at 30 °C enters a 1·5 cm diameter horizontal tube with a velocity of 1 m/s. The tube wall is maintained at a constant temperature of 90 °C. Calculate the length of the tube if the exit water temperature is 65 °C. One may assume that the flow is turbulent, fully developed and the internal surface of the tube is smooth.

The properties of water are given :

Thermal conductivity $(k) = 0 \cdot 656$ W/m-K

Density $(\rho) = 984 \cdot 4$ kg/m^3

Kinematic viscosity $(\nu) = 0 \cdot 497 \times 10^{-6}$ m^2/s

Specific heat $(C_p) = 4178$ J/kg-K

Prandtl number (Pr) $= 3 \cdot 12$

Friction factor $(F) = 0 \cdot 079$ (Reynolds number)$^{-0 \cdot 25}$

Reynolds number $\equiv \text{Re}_D$

Average Nusselt number $(\text{Nu}_D) = \dfrac{(\frac{F}{2})(\text{Re}_D - 1000)\,\text{Pr}}{1 + 12 \cdot 7 (\frac{F}{2})^{1/2} (\text{Pr}^{2/3} - 1)}$

Also, calculate the water temperature at the middle of the tube and pressure drop across the tube. 20

(c) एक खाली की गई 150 L की टंकी कमरे के तापमान 25 °C और 8 MPa दाब पर बहने वाली वायु (स्थिर विशिष्ट ऊष्मा) की एक लाइन से जुड़ी है। वाल्व खोला जाता है, जिससे वायु को टंकी में तब तक प्रवाहित होने दिया जाता है, जब तक कि अंदर का दाब 6 MPa न हो जाए। इस क्षण पर वाल्व बंद किया जाता है। यह भरने की प्रक्रिया तेजी से होती है और मूलतः रुद्धोष्म है। फिर टंकी को भंडारण में रखा जाता है, जहाँ वह अंततः कमरे के तापमान पर वापस आ जाती है। टंकी के अंदर अंतिम दाब क्या है?

An evacuated 150 L tank is connected to a line flowing air (constant specific heat) at room temperature 25 °C and 8 MPa pressure. The valve is opened, allowing air to flow into the tank until the pressure inside is 6 MPa. At this point, the valve is closed. The filling process occurs rapidly and is essentially adiabatic. The tank is then placed in storage, where it eventually returns to room temperature. What is the final pressure inside the tank? 10

खण्ड—B / SECTION—B

5. *(a)* एक तालिका के रूप में दर्शाइए कि निम्नलिखित चरों में वृद्धि, संपीडन प्रज्वलन (सी० आइ०) इंजन के प्रज्वलन विलम्ब काल को कैसे प्रभावित (वृद्धि या कमी) करती है :

(i) स्वतः प्रज्वलन तापमान

(ii) सीटेन संख्या

(iii) संपीडन अनुपात

(iv) अन्तर्ग्राही दाब

(v) अन्तर्ग्राही तापमान

(vi) वायु-ईंधन अनुपात

(vii) रेचन गैस पुनःसंचारण

Show in the form of a table, how the increase in the following variables affects (increase or decrease) the ignition delay period of a compression ignition (CI) engine :

(i) Self-ignition temperature

(ii) Cetane number

(iii) Compression ratio

(iv) Intake pressure

(v) Intake temperature

(vi) Air-fuel ratio

(vii) Exhaust gas recirculation 10

(b) वाष्प शक्ति चक्र हेतु एक आदर्श कार्यकारी तरल की वांछनीय विशेषताएँ क्या हैं?

What are the desirable characteristics of an ideal working fluid for vapour power cycle? 10

(c) भाप-टरबाइन का पुनस्ताप गुणक क्या है? पुनस्ताप गुणक हमेशा एक से बड़ा होता है, यह दर्शाने हेतु एक व्यंजक की व्युत्पत्ति कीजिए।

What is reheat factor of a steam turbine? Derive an expression to show that the reheat factor is always greater than unity. 10

(d) वाष्प संपीडन तथा वाष्प अवशोषण प्रशीतन प्रणालियों की तुलना कीजिए।

Compare vapour compression and vapour absorption refrigeration systems. 10

(e) साइक्रोमीट्रिक चार्ट का उपयोग किए बिना गणना कीजिए *(i)* आपेक्षिक आर्द्रता, *(ii)* आर्द्रता अनुपात, *(iii)* ओसांक तापमान तथा *(iv)* आर्द्र वायु की एन्थैल्पी, जब डी० बी० टी० 35 °C और डब्ल्यू० बी० टी० 23 °C है। बैरोमीटर 755 mm Hg बता रहा है।

संशोधित एपीजॉन समीकरण का प्रयोग कीजिए (bar में दाब का मान लीजिए) :

$$p_v = p'_v - \frac{1 \cdot 8\, p(t - t')}{2700}$$

जहाँ, p_v = डी० पी० टी० के अनुरूप जलवाष्प का आंशिक दाब

p'_v = डब्ल्यू० बी० टी० के अनुरूप जलवाष्प का आंशिक दाब

t = डी० बी० टी०

t' = डब्ल्यू० बी० टी०

p = बैरोमीटरी दाब

नीचे दिए गए जलवाष्प के गुणों का उपयोग कीजिए :

t (°C)	वाष्प-दाब (bar)
10	0·012272
12	0·014017
14	0·015977
16	0·018173
18	0·020630
20	0·023373
22	0·026431
24	0·029832
32	0·047552
34	0·053201
36	0·059423

Without using psychrometric chart, calculate *(i)* relative humidity, *(ii)* humidity ratio, *(iii)* dew point temperature and *(iv)* enthalpy of moist air, when DBT is 35 °C and WBT is 23 °C. The barometer reads 755 mm of Hg.

Use modified Apjohn equation (take values of pressure in bar)

$$p_v = p_v' - \frac{1 \cdot 8 p(t - t')}{2700}$$

where, p_v = = partial pressure of water vapour (w.v.) corresponding to DPT

p_v' = partial pressure of w.v. corresponding to WBT

t = DBT

t' = WBT

p = barometric pressure

Use the properties of water vapour given below :

t (°C)	*Vapour pressure* (bar)
10	0·012272
12	0·014017
14	0·015977
16	0·018173
18	0·020630
20	0·023373
22	0·026431
24	0·029832
32	0·047552
34	0·053201
36	0·059423

10

6. (a) एक छः-सिलिन्डर, चार-स्ट्रोक सी० आइ० इंजन की निर्गम शक्ति एक द्रवचालित डायनमोमीटर द्वारा अवशोषित कर ली जाती है, जिसके लिए $P = \frac{WN}{20000}$ नियम है, जहाँ P, kW में शक्ति है, W न्यूटन में आरोध (ब्रेक) भार है तथा N, r.p.m. में इंजन की गति है। इंजन पर एक परीक्षण के दौरान निम्नलिखित अवलोकन किए गए :

बोर = 100 mm; स्ट्रोक = 110 mm; आरोध (ब्रेक) भार = 540 N; इंजन गति = 2500 r.p.m.; ईंधन का C/H अनुपात (द्रव्यमान द्वारा) = 83/17; परिवेश दाब = 1·0 bar; परिवेश तापमान = 27 °C; 100 cc ईंधन खपत के लिए लिया गया समय = 18 s; ईंधन घनत्व = 780 kg/m^3; ईंधन का ऊष्मीय मान = 45 MJ/kg; इंजन द्वारा उपभोग की गई वायुमंडलीय वायु की द्रव्यमान प्रवाह दर = 5·301126 kg/min.

ब्रेक माध्य प्रभावी दाब, ब्रेक विशिष्ट ईंधन खपत, ब्रेक तापीय दक्षता, आयतनिक दक्षता तथा अतिरिक्त वायु के प्रतिशत की गणना कीजिए।

$R_{\text{वायु}} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K दिया गया है।

The power output of a six-cylinder, four-stroke CI engine is absorbed by a hydraulic dynamometer for which the law is $P = \frac{WN}{20000}$, where P is the power in kW, W is the brake load in newton and N is the engine speed in r.p.m. The following observations are made during a test on the engine :

Bore = 100 mm; Stroke = 110 mm; Brake load = 540 N; Engine speed = 2500 r.p.m.; C/H ratio of the fuel (by mass) = 83/17; Ambient pressure = 1·0 bar; Ambient temperature = 27 °C; Time taken for 100 cc of fuel consumption = 18 s; Fuel density = 780 kg/m^3; Calorific value of the fuel = 45 MJ/kg; Mass flow rate of atmospheric air consumed by the engine = 5·301126 kg/min.

Calculate the bmep, bsfc, brake thermal efficiency, volumetric efficiency and the percentage of excess air.
Given, $R_{air} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K. 20

(b) (i) प्रतिक्रिया टरबाइन के एक चरण के विशिष्ट वेग त्रिभुज बनाइए, जो स्पष्ट रूप से विभिन्न वेगों को दर्शाते हों।

(ii) पार्सन्स प्रतिक्रिया टरबाइन के ब्लेड-से-भाप गति अनुपात, ρ का इष्टतम मान $\rho = \cos\alpha$ से दिया जाता है, यह दर्शाने हेतु एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए, जहाँ α स्थिर ब्लेड का अन्तर्गम कोण है।

(iii) यह भी दर्शाइए कि पार्सन्स प्रतिक्रिया टरबाइन की अधिकतम दक्षता

$$\eta_{\text{अधिकतम}} = \frac{2\cos^2\alpha}{1+\cos^2\alpha}$$

द्वारा दी गई है।

(iv) $\rho_{\text{इष्टतम}}$ पर संचालित पार्सन्स प्रतिक्रिया टरबाइन के वेग त्रिभुज बनाइए।

(i) Draw typical velocity triangles of a stage of a reaction turbine, clearly showing the various velocities.

(ii) Derive an expression to show that the optimum value of ρ, the blade-to-steam speed ratio for a Parsons reaction turbine is given by $\rho = \cos\alpha$, where α is the inlet angle of the fixed blades.

(iii) Also, show that the maximum efficiency of the Parsons reaction turbine is given by

$$\eta_{\text{maximum}} = \frac{2\cos^2\alpha}{1+\cos^2\alpha}$$

(iv) Draw the velocity triangles of the Parsons reaction turbine operating at ρ_{optimum}. 20

(c) वातानुकूलन वाहिनी अभिकल्पना की विभिन्न विधियों की संक्षेप में व्याख्या कीजिए।

Explain briefly the various methods of air-conditioning duct design. 10

7. (a) एक अभिसारी-अपसारी तुंड 5 bar, 250 °C पर भाप प्राप्त करता है और उसे 1 bar पर समऐन्ट्रॉपी विधि से किसी क्षेत्र में प्रसारित करता है। अन्तर्गम वेग की उपेक्षा करते हुए निम्नलिखित मामलों के लिए 0·5 kg/s के द्रव्यमान प्रवाह के लिए आवश्यक निर्गम क्षेत्र की गणना कीजिए :

(i) जब प्रवाह संतुलन में हो

(ii) जब प्रवाह $pv^{1\cdot 3}$ = स्थिरांक से अतिसंतृप्त हो

दिया गया है, 5 bar, 250 °C पर

$$v = 0\cdot 4744 \text{ m}^3/\text{kg}, \; s = 7\cdot 2709 \text{ kJ/kg-K}, \; h = 2960\cdot 7 \text{ kJ/kg}$$

और 1 bar पर

$$v_f = 0\cdot 001044 \text{ m}^3/\text{kg}, \; v_g = 1\cdot 6729 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_f = 419\cdot 04 \text{ kJ/kg}, \; h_g = 2676\cdot 1 \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = 1\cdot 3069 \text{ kJ/kg-K}, \; s_g = 7\cdot 3549 \text{ kJ/kg-K}$$

A convergent-divergent nozzle receives steam at 5 bar, 250 °C and expands it isentropically into a space at 1 bar. Neglecting the inlet velocity, calculate the exit area required for a mass flow of 0·5 kg/s for the following cases :

(i) When the flow is in equilibrium

(ii) When the flow is supersaturated with $pv^{1\cdot 3}$ = constant

Given, at 5 bar, 250 °C

$$v = 0\cdot 4744 \text{ m}^3/\text{kg}, \; s = 7\cdot 2709 \text{ kJ/kg-K}, \; h = 2960\cdot 7 \text{ kJ/kg}$$

and at 1 bar

$$v_f = 0\cdot 001044 \text{ m}^3/\text{kg}, \; v_g = 1\cdot 6729 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_f = 419\cdot 04 \text{ kJ/kg}, \; h_g = 2676\cdot 1 \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = 1\cdot 3069 \text{ kJ/kg-K}, \; s_g = 7\cdot 3549 \text{ kJ/kg-K}$$

20

(b) एक 1 TR प्रशीतन संयंत्र R134a सरल संतृप्त वाष्प संपीडन प्रशीतन चक्र पर कार्य करता है। वाष्पित्र और संघनित्र के तापमान क्रमशः –10 °C और 44 °C हैं। ज्ञात कीजिए *(i)* प्रशीतक की द्रव्यमान प्रवाह दर, *(ii)* संपीडक शक्ति, *(iii)* आयतनिक शीतलन क्षमता तथा *(iv)* निष्पादन गुणांक (सी० ओ० पी०)। यह भी ज्ञात कीजिए *(v)* अतिताप शृंग के कारण संपीडक के विशिष्ट कार्य में वृद्धि तथा *(vi)* उपरोधन हानि, समान तापमान सीमाओं के बीच चलने वाले व्युत्क्रम कार्नो चक्र की तुलना में। संपीडन में प्रवेश को संतृप्त वाष्प के रूप में मानिए और व्युत्क्रम कार्नो चक्र में संघनित्र से संतृप्त तरल प्रशीतक बाहर आ रहा है। R134a के गुण तालिका में दिए गए हैं :

T (°C)	P (bar)	संतृप्त तरल का घनत्व (kg/m^3)	संतृप्त वाष्प का विशिष्ट आयतन (m^3/kg)	एन्थैल्पी (kJ/kg)		एन्ट्रॉपी (kJ/kg-K)	
				तरल h_f	वाष्प h_g	तरल s_f	वाष्प s_g
– 10	2·005	1326	0·09963	186·78	392·75	0·951	1·734
44	11·3	1129	0·01786	262·38	421·28	1·209	1·71

वाष्प प्रशीतक की विशिष्ट ऊष्मा को 1·26 kJ/kg-K लीजिए।

A 1 TR refrigeration plant works on R134a simple saturated vapour compression refrigeration cycle. The evaporator and condenser temperatures are –10 °C and 44 °C respectively. Determine the *(i)* mass flow rate of the refrigerant, *(ii)* compressor power, *(iii)* volumetric cooling capacity and *(iv)* COP. Also, calculate the *(v)* increase in the specific compressor work due to superheat horn and *(vi)* throttling loss, in comparison to reversed Carnot cycle operating between the same temperature limits. Consider the entry to compressor as saturated vapour and saturated liquid refrigerant is leaving the condenser in the reversed Carnot cycle. The properties of R134a are given in the table :

T (°C)	P (bar)	*Density of saturated liquid* (kg/m^3)	*Specific volume of saturated vapour* (m^3/kg)	*Enthalpy* (kJ/kg)		*Entropy* (kJ/kg-K)	
				Liquid h_f	*Vapour* h_g	*Liquid* s_f	*Vapour* s_g
– 10	2·005	1326	0·09963	186·78	392·75	0·951	1·734
44	11·3	1129	0·01786	262·38	421·28	1·209	1·71

Take specific heat of vapour refrigerant as 1·26 kJ/kg-K. 20

(c) व्याख्या कीजिए कि स्नेहक तेल की निम्नलिखित विशेषताएँ अंतर्दहन (आइ० सी०) इंजन के प्रचालन को कैसे प्रभावित करती हैं :

(i) श्यानता

(ii) श्यानता सूचकांक

(iii) बहाव बिन्दु

(iv) स्फुरांक एवं अग्नि तापांक

Explain how the following characteristics of the lubricating oils affect the operation of an internal combustion (IC) engine :

(i) Viscosity

(ii) Viscosity index

(iii) Pour point

(iv) Flash point and fire point 10

8. *(a)* ऑटो चक्र पर कार्य करने वाले एक एस० आइ० इंजन में सिलिन्डर बोर 210 mm और स्ट्रोक लम्बाई 240 mm है। अवकाश आयतन 1550 cc है। संपीडन के आरम्भ में दाब और तापमान क्रमशः 1 bar और 17 °C हैं। चक्र का अधिकतम दाब 50 bar है। चक्र के मुख्य बिन्दुओं पर दाब और तापमान, वायु-मानक दक्षता, कृतकार्य तथा माध्य प्रभावी दाब निर्धारित कीजिए। चक्र को P-v और T-s आरेख पर दर्शाइए। यदि ईंधन का ऊष्मीय मान 40 MJ/kg है, तो kg/kWh में ईंधन की खपत का मूल्यांकन कीजिए।

वायु के C_p और C_v को क्रमशः 1·005 kJ/kg-K और 0·718 kJ/kg-K लीजिए।

An SI engine working on the Otto cycle has cylinder bore of 210 mm and stroke length of 240 mm. The clearance volume is 1550 cc. The pressure and temperature at the beginning of compression are 1 bar and 17 °C respectively. The maximum pressure of the cycle is 50 bar. Determine the pressure and temperature at the salient points in the cycle, the air-standard efficiency, the work done and the mean effective pressure. Show the cycle on P-v and T-s diagrams. Evaluate the fuel consumption in kg/kWh, if the calorific value of the fuel is 40 MJ/kg.

Take C_p and C_v of air as 1·005 kJ/kg-K and 0·718 kJ/kg-K respectively. 20

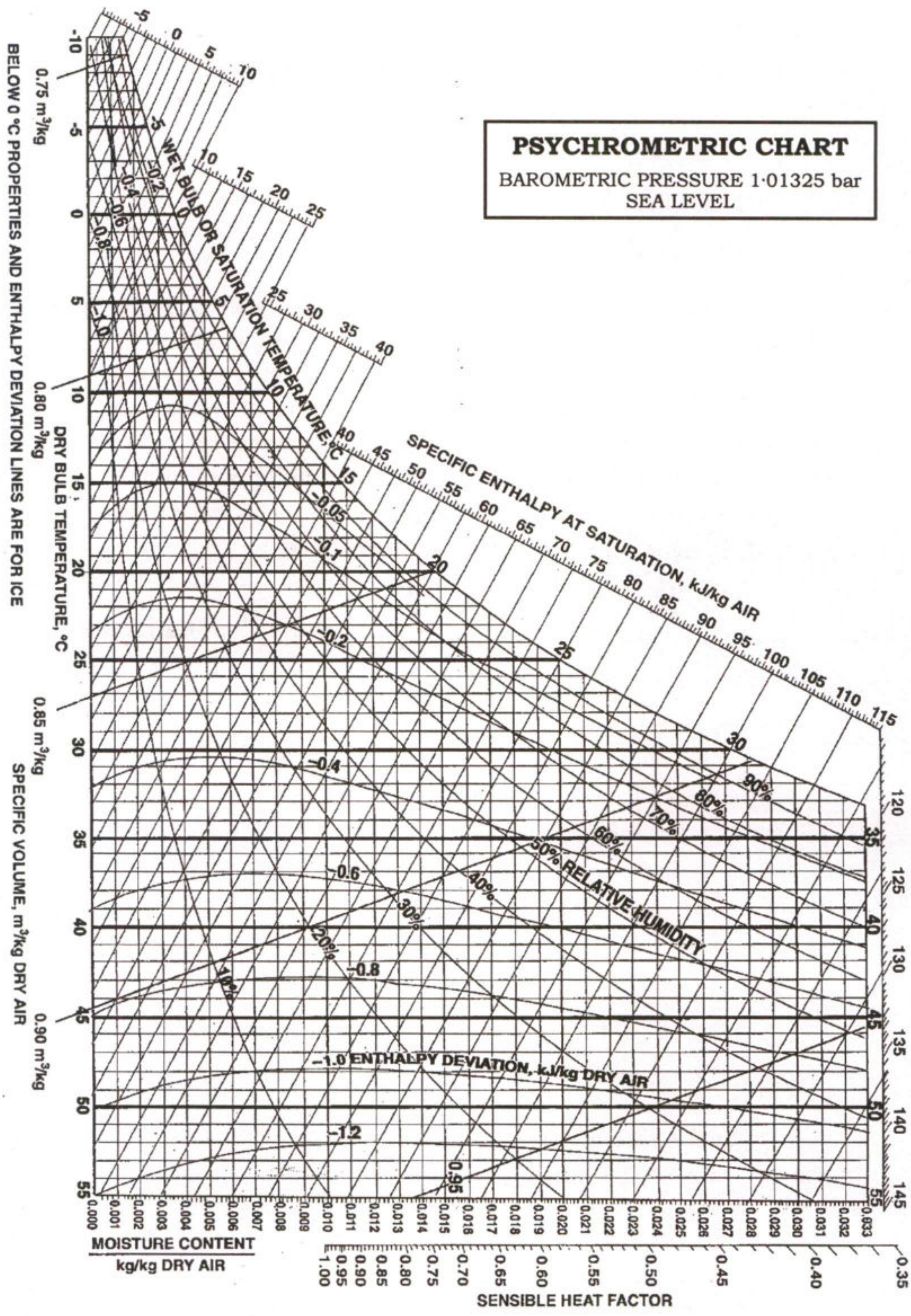
(b) 40 °C डी० बी० टी० और 50% आर० एच० पर 100 m^3/min की दर से प्रवाहित वायु को 26 °C डी० बी० टी० और 50% आर० एच० पर 20 m^3/min की दर से प्रवाहित वायु की दूसरी धारा के साथ मिलाया जाता है। मिश्रण शीतलन कुंडली पर से प्रवाहित होता है जिसका ए० डी० पी० तापमान 10 °C तथा उपमार्ग गुणक 0·2 है। कुंडली से निकलने वाली वायु का डी० बी० टी० और आर० एच० ज्ञात कीजिए। यदि यह वायु एक वातानुकूलित कक्ष में आपूर्ति की जाती है, जहाँ डी० बी० टी० 26 °C और आर० एच० 50% बनाए रखा जाता है, तो गणना कीजिए *(i)* कक्ष संवेद्य ऊष्मा गुणक तथा *(ii)* प्रशीतन टन में कुंडली शीतलन क्षमता।

तंत्र का एक योजनाबद्ध आरेख बनाइए और सभी प्रक्रियाओं को एक साइक्रोमीट्रिक चार्ट के ढाँचे पर दर्शाइए। साइक्रोमीट्रिक चार्ट दिया हुआ है।

Air flowing at the rate of 100 m^3/min at 40 °C DBT and 50% RH is mixed with another stream of air flowing at the rate of 20 m^3/min at 26 °C DBT and 50% RH. The mixture flows over a cooling coil whose ADP temperature is 10 °C and bypass factor is 0·2. Find the DBT and RH of air leaving the coil. If this air is supplied to an air-conditioned room, where DBT of 26 °C and RH of 50% are maintained, then calculate the *(i)* room sensible heat factor and *(ii)* coil cooling capacity in tons of refrigeration.

Draw a schematic diagram of the system and show all the processes on a skeleton psychrometric chart.

Psychrometric chart is given. 20



(c) एक प्रक्रम उद्योग भाप का उत्पादन करने हेतु एक मध्यम दाब वाले बॉयलर का उपयोग करता है। उपभोग किए गए ईंधन की द्रव्यमान प्रवाह दर 0·847 kg/s है और ईंधन का ऊष्मीय मान (CV) 44 MJ/kg है। कुशल दहन हेतु, प्रति kg ईंधन में 16 kg वायु की आवश्यकता होती है, जिसके लिए चिमनी के आधार पर जल स्तम्भ के 30 mm के प्रवात की आवश्यकता होती है। फ्लू गैस बॉयलर से 350 °C पर निकलती है। स्टैक में गैस का औसत तापमान 300 °C लिया जा सकता है। वातावरण 20 °C पर है।

यह मानते हुए कि स्टैक के निर्गम पर गैसों का वेग नगण्य है, स्टैक की ऊँचाई और उसके आधार का व्यास निर्धारित कीजिए।

इसके अलावा, गैसों की द्रव्यमान प्रवाह दर की भी गणना कीजिए।

$P_{\text{वायुमंडल}} = 101 \cdot 3$ kPa, $R_{\text{वायु}} = R_{\text{गैस}} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K, $g = 9 \cdot 81$ m/s^2, $\rho_{\text{जल}} = 1000$ kg/m^3 लीजिए।

A process industry employs a medium pressure boiler to produce steam. The mass flow rate of fuel consumed is 0·847 kg/s and c.v. of the fuel is 44 MJ/kg. For efficient combustion, 16 kg of air per kg of fuel is required, for which a draught of 30 mm of the water column is required at the base of the chimney. The flue gases leave the boiler at 350 °C. The average temperature of gases in the stack may be taken as 300 °C. The atmosphere is at 20 °C.

Assuming the velocity of gases at the stack exit to be negligible, determine the height of the stack and the diameter at its base.

Also, calculate the mass flow rate of the gases.

Take $P_{\text{atmosphere}} = 101 \cdot 3$ kPa, $R_{\text{air}} = R_{\text{gases}} = 0 \cdot 287$ kJ/kg-K, $g = 9 \cdot 81$ m/s^2, $\rho_{\text{water}} = 1000$ kg/m^3. 10

★★★