www.prepp.in

No. of Printed Pages : 7

KAN-52

Prepp
Your Personal Exams Guide

2006

यांत्रिकी अभियान्त्रिकी

प्रश्नपत्र-II

MECHANICAL ENGINEERING

Paper-II

निर्धारित समय : तीन घण्टे] *[पूर्णांक : 200*

Time allowed : Three Hours] *[Maximum Marks : 200*

निर्देश : (i) कुल **पाँच** प्रश्नों के उत्तर दीजिए । प्रश्न संख्या **1** एवं **5** अनिवार्य हैं । इनके अतिरिक्त **तीन** प्रश्नों के और उत्तर दीजिये, जिनमें से प्रत्येक खण्ड से कम से कम **एक** प्रश्न अनिवार्य है ।

(ii) **सभी** प्रश्नों के अंक समान हैं ।

(iii) स्टीम टेबल, रेफ्रीजरेशन टेबल एवं साइक्रोमीट्रिक चार्ट के प्रयोग की अनुमति है ।

(iv) यदि आवश्यक हो तो उचित डाटा का प्रयोग करें तथा इसके बारे में स्पष्ट उल्लेख करें ।

Note : (i) Answer **five** questions in all. Question Nos. **1** and **5** are compulsory. Attempt any **three** more questions of which at least **one** must be from each Section.

(ii) **All** questions carry equal marks.

(iii) Use of steam tables, refrigeration tables and psychrometric chart is permitted.

(iv) Assume suitable data if necessary and indicate them clearly.

खण्ड – अ

SECTION – A

1. (अ) उपलब्ध ऊर्जा में उस समय घटौती का परिकलन कीजिये जब 97 °C पर 25 kg जल को 47 °C पर 35 kg जल के साथ मिलाया जाय, दाब स्थिर है और आस-पास का ताप 25 °C है । जल की विशिष्ट ऊष्मा $C_p = 4.2$ kJ/kg-K है । **13**

(ब) लम्बाई l, छोटे सिरे पर त्रिज्या r_1 और बड़े सिरे पर त्रिज्या r_2 के एक रुंडित शंक्वाकार सिलिन्डर के अक्ष के साथ-साथ ऊष्मा का अंतरण होता है । सिलिन्डर की परिधि पूरी तरह ऊष्मारोधित है । सिलिंडर के अक्ष के साथ-साथ ऊष्मा अंतरण का परिकलन करने के लिये एक व्यंजक का विकास कीजिये । मानिये कि ताप के साथ चालकता में कोई परिवर्तन नहीं है । **14**

(स) निम्नलिखित प्रक्रमों को साइक्रोमीट्रिक चार्ट पर दर्शाइये : **13**

(i) तापन और आर्द्रीकरण

(ii) शीतलन और निरार्द्रीकरण

(iii) शीतलन और आर्द्रीकरण

(iv) तापन और निरार्द्रीकरण

(v) रुद्धोष्म संतृप्ति

www.prepp.in

(a) Calculate the decrease in available energy when 25 kg of water at 97 °C is mixed with 35 kg of water at 47 °C, the pressure being constant and temperature of surroundings is 25 °C. Specific heat of water is $C_p = 4.2$ kJ/kg-K.

(b) Heat is transferred along the axis of truncated conical cylinder of length l, radius r_1 at the shorter end and radius r_2 at the bigger end. The circumference of the cylinder is completely insulated. Develop an expression to calculate heat transfer along the axis of the cylinder. Assume no variation of conductivity with temperature.

(c) Show the following processes on the psychrometric chart :

(i) Heating and humidification

(ii) Cooling and dehumidification

(iii) Cooling and humidification

(iv) Heating and dehumidification

(v) Adiabatic saturation

2. (अ) आरम्भ में 750 kPa और 260 °C पर वायु एक संहति 0.026 m^3 स्थान घेरती है । स्थिर दाब पर उस वायु को आवर्धित करके 0.07 m^3 पर लाया जाता है । इसके बाद $n = 1.52$ सहित एक पॉलिट्रापिक प्रक्रम किया जाता है और उसके भी बाद एक समतापी प्रक्रम । इस प्रकार चक्र पूरा कर दिया जाता है । यह मानते हुए कि सभी प्रक्रम उत्क्रम्य हैं –

(i) दर्शाइये सभी प्रक्रमों को p-v तथा T-s समतलों पर ।

(ii) परिकलन कीजिए चक्र में प्राप्त और त्यक्त ऊष्मा

(iii) परिकलन कीजिए चक्र की दक्षता । **20**

(ब) प्राप्यता की परिभाषा कीजिए । संवृत तंत्र की प्राप्यता के संदर्भ में उपयोगी कार्य और किये गये अधिकतम उपयोगी कार्य के बीच अंतर को स्पष्ट कीजिए । एक दीवार में से ऊष्मा 3×10^5 kJ/h की दर से प्रवाहित होती है । दीवार में दो मुखों के ताप 327 °C तथा 207 °C हैं । यदि परिवेश 250 °C पर हो तो प्राप्य ऊर्जा की हानि कितनी है ? **20**

(a) A mass of air initially at 750 kPa and 260 °C occupies 0.026 m^3. The air is expanded at constant pressure to 0.07 m^3. A polytropic process with $n = 1.52$ is then carried out followed by an isothermal process and the cycle is thus completed. Assuming all the processes to be reversible,

(i) Show all the processes on p-v and T-s planes.

(ii) Compute the heat received and rejected in the cycle.

(iii) Calculate the efficiency of the cycle.

(b) Define availability. Explain the difference between useful work and the maximum useful work done in the context of availability of a closed system. Heat flows through a wall at the rate of 3×10^5 kJ/h. The temperatures of the two faces of the wall are 327 °C and 207 °C. If the surroundings are at 250 °C, what is the loss in available energy ?

www.prepp.in

3. (अ) एक वातानुकूलन तंत्र में बाहर की ताजी हवा के 30 m^3/min. को 43 °C के शुष्क बल्ब ताप और 30% आपेक्षिक आर्द्रता पर अन्दर डाला जाता है । 25 °C शुष्क बल्ब ताप और 50% आपेक्षिक आर्द्रता पर बनाए रखी गई शेष वायु को कमरे से पुनर्संचरित किया जाता है । शीतन कुण्डली का उपमार्ग गुणक (बाईपास फैक्टर) 0.15 है और उपस्कर का ओसांक 11.8 °C है । RSH = 100 kW और RLH = 15 kW. निर्धारण कीजिए (i) बाह्य और कक्ष दशा के लिये आर्द्रता अनुपात, (ii) OASH और OALH, (iii) ERSH और ERLH, (iv) प्रदाय वायु ताप, (v) ERSH का इस्तेमाल करते हुए प्रदाय वायु आयतन प्रवाह दर तथा (vi) अंतर्गम से शीतन कुण्डली पर ताप मानते हुए कि बाहरी वायु और पुनर्संचरित वायु का घनत्व बराबर है ।

दत्त कि 25 °C और 43 °C पर जल के संतृप्ति दाब क्रमशः 3.1693 kPa और 8.6495 kPa है । साइक्रोमीटरी चार्ट पर प्रक्रम को योजनाबद्ध दर्शाइए । मानक वायुमण्डलीय दाब = 1.01325 बार । **20**

(ब) $CHCIF_2$ का इस्तेमाल करने वाले, 10 TR शीतन क्षमता के शीतन तंत्र में वाष्पित्र और द्रवणित्र ताप क्रमशः – 10 °C और 45 °C हैं ।

मानिये मानक वाष्प संपीडन चक्र, अंतर्गम से संपीडित्र तक संतृप्त वाष्प और अंतर्गम से विस्तार बल्ब तक संतृप्त द्रव । मानिए कि वाष्प को वि-अतितापन प्रक्रम में आदर्श गैस मान लिया जाये जिसकी औसत विशिष्ट ऊष्मा 0.9335 kJ/kg-K हो । चक्र को T-s और p-h आरेखों पर दर्शाइए । ज्ञात कीजिए (i) संपीडित्र बहिर्गम ताप और ऐंथैल्पी, (ii) प्रशीतक द्रव्य की द्रव्यमान प्रवाह दर, (iii) कार्य आवश्यकता, (iv) द्रवणित्र ऊष्मा त्याग, (v) COP और (vi) 100% आयतनी दक्षता मानते हुए m^3/s में संपीडित्र का प्रसर्पित आयतन । **20**

(a) In an air-conditioning system 30 m^3/min. of fresh outdoor air is introduced at 43 °C dry-bulb temperature and 30% relative humidity. The remaining air is re-circulated from the room maintained at 25 °C dry-bulb temperature and 50% RH. The by-pass factor of the cooling coil is 0.15 and apparatus dew point is 11.8 °C. RSH = 100 kW and RLH = 15 kW. Determine (i) humidity ratios for outdoor and room condition, (ii) OASH and OALH, (iii) ERSH and ERLH, (iv) supply air temperature (v) supply air volume flow rate using ERSH and (vi) temperature at inlet to cooling coil by assuming the density of outdoor air and recirculated air to be the same.

Given that saturation pressures of water at 25 °C and 43 °C are 3.1693 kPa and 8.6495 kPa respectively. Show the process on psychometric chart schematically. Standard atmospheric pressure = 1.01325 bar.

(b) In a refrigeration system of 10 TR cooling capacity using $CHCIF_2$, the evaporator and condenser temperatures are – 10 °C and 45 °C respectively.

Consider standard vapour compression cycle with inlet to compressor as saturated vapour and inlet to expansion valve as saturated liquid. Assume that vapour may be treated as perfect gas in desuperheating process with average specific heat of 0.9335 kJ/kg-K. Show the cycle on T-s and p-h diagrams. Find (i) compressor outlet temperature and enthalpy, (ii) mass flow rate of refrigerant, (iii) work requirement, (iv) condenser heat rejection, (v) COP and (vi) Swept volume of compressor in m^3/s assuming 100% volumetric efficiency.

www.prepp.in

4. (अ) 60 °C पर शुष्क संतृप्त भाप के 20000 kg/hr से निपटने के लिये 2.5 m लम्बाई के एकल पास भाप द्रवणित्र के लिए आवश्यक नलियों की संख्या का परिकलन कीजिये । शीतन जल नलियों में 20 °C पर प्रवेश करता है और 30 °C पर बाहर निकलता है । नलियाँ 25 mm बाहरी व्यास और 22.5 mm आंतरिक व्यास की हैं । नली पदार्थ की ऊष्मीय चालकता 100 W/m-K है । जल का वेग 1.5 m/s है । मानिये कि भाप पार्श्व फिल्म गुणांक 4500 W/m^2-K है । जल के लिए इस्तेमाल कीजिए :

$N_u = 0.023\ Re^{0.8}\ Pr^{0.4}$

25 °C पर जल के गुणधर्म हैं :

$\rho = 996.95\ kg/m^3$

$C_p = 4178\ J/kg\text{-}K.$

$k = 60.78 \times 10^{-2}\ W/m\text{–}K$

$\nu = 0.9055 \times 10^{-6}\ m^2/s$

$Pr = 6.22$

$h_{fg} = 2358.5\ kJ/kg$ (60 °C पर) **20**

(ब) एक छोटा अर्धगोलाकार ओवन दो विद्युत्‌रोधी पदार्थों का बना हुआ है । अन्दरुनी परत अग्निसह ईंट की 125 mm मोटी है और बाहरी परत 85% मैग्नेशिया की, 40 mm मोटी है । ओवन का आंतरिक पृष्ठ 800 °C पर है और बाहरी पृष्ठ के लिये ऊष्मा अंतरण गुणांक 10 $W/m^2\text{–}K$ है । कक्ष ताप 20 °C है । यदि आंतरिक त्रिज्या 0.6 m हो, तो अर्धगोले में से ऊष्मा हानि का परिकलन कीजिए । अग्निसह ईंट और 85% मैग्नेशिया की ऊष्मीय चालकतायें क्रमश: 0.31 और 0.05 W/m–k हैं । साथ ही, विद्युतरोधी पदार्थों और बाहरी पृष्ठ के बीच संपर्क स्थान पर ताप का परिकलन कीजिये । **20**

(a) Calculate the number of tubes required for a single pass steam condenser of 2.5 m length to handle 20000 kg/hr of dry saturated steam at 60 °C. The cooling water enters the tubes at 20 °C and leaves at 30 °C. The tubes are of 25 mm outside diameter and 22.5 mm inside diameter. The thermal conductivity of tube material is 100 W/m-K. The water velocity is 1.5 m/s. Assume that the steam side film coefficient is 4500 W/m^2-K. For water use

$N_u = 0.023\ Re^{0.8}\ Pr^{0.4}$

The properties of water at 25 °C are :

$\rho = 996.95\ kg/m^3$

$C_p = 4178\ J/kg\text{-}K.$

$k = 60.78 \times 10^{-2}\ W/m\text{–}K$

$\nu = 0.9055 \times 10^{-6}\ m^2/s$

$Pr = 6.22$

$h_{fg} = 2358.5\ kJ/kg$ (at 60 °C)

(b) A small hemispherical oven is built of two insulating materials. The inner layer is of fire brick, 125 mm thick and outer layer of 85% magnesia, 40 mm thick. The inner surface of the oven is at 800 °C and the heat transfer coefficient for the outer surface is 10 $W/m^2\text{–}K$. The room temperature is 20 °C. Calculate the heat loss through hemisphere if the inside radius is 0.6 m. The thermal conductivities of fire brick and 85% magnesia are 0.31 and 0.05 W/m–k respectively. Also, calculate the temperature at contact between insulating materials and at the outer surface.

www.prepp.in

खण्ड - ब

SECTION – B

Prepp
Your Personal Exams Guide

5. (अ) दाब क्रैंक कोण आरेख की सहायता से आई.सी. इंजन में दहन की विभिन्न अवस्थाओं का वर्णन कीजिए । निम्नलिखित प्रचालनिक चरों के दहन की प्रथम अवस्था पर प्रभाव की चर्चा कीजिए :

(i) प्रज्वालन अग्रता

(ii) संपीडन अनुपात

(iii) रफ्तार

13

(ब) एक टरबाइन की विशिष्ट गति से आप क्या समझते हैं ? व्याख्या कीजिए । इसके महत्त्व पर प्रकाश डालिए ।

एक अपकेन्द्री संपीडक 24,000 परिक्रमण प्रति मिनिट पर चलता हुआ और 2.0 kg प्रति सेकण्ड वायु निस्सारित करता हुआ 1.5 दाब अनुपात उत्पन्न करता है । प्रवेश अवस्थाएँ $P_1 = 1.0$ बार, $T_1 = 290$ K है । विशिष्ट गति निकालिए/लीजिए ।

14

$\gamma = 1.4$, R = 287 J/kg-K, $C_P = 1.005$ kJ/kg-K.

(स) 200 mW क्षमता के एक ऊष्मीय विद्युत संयंत्र का अधिकतम भार 160 mW का है और उसका वार्षिक भार गुणक 0.65 है । कोयला खपत उत्पादित ऊर्जा के प्रति kWh पर 1 kg है और कोयले की प्रति टन लागत रु. 1,800 है । अन्य वार्षिक चालू खर्चे रु. 200×10^6 हैं ।

परिकलन कीजिए : (i) यदि ऊर्जा रु. 4.5 प्रति kWh की दर से बेची जाती है तो अर्जित वार्षिक राजस्व और (ii) संयंत्र का क्षमता गुणक ।

13

(a) Describe various stages of combustion in I.C. engine by illustrating on pressure-crank angle diagram. Discuss the effect of following operating variables on the first stage of combustion :

(i) ignition advance

(ii) compression ratio

(iii) speed

(b) Explain what do you understand by specific speed of a turbine. Highlight its importance.

A centrifugal compressor develops a pressure ratio of 1.5 while running at 24,000 RPM and discharging 2.0 Kg/s of air. The entry conditions are : $P_1 = 1.0$ bar and $T_1 = 290$ K. Determine the specific speed. Take

$\gamma = 1.4$, R = 287 J/kg-K, $C_P = 1.005$ kJ/kg-K.

(c) A thermal power plant of 200 mW capacity has the maximum load of 160 mW and its annual load factor is 0.65. The coal consumption is 1 kg per kWh of energy generated and the cost of the coal is Rs. 1,800 per ton. Other annual running expenses are Rs. 200×10^6.

Calculate : (i) The annual revenue earned if the energy is sold at Rs. 4.5 per kWh and (ii) the capacity factor of the plant.

www.prepp.in

6. (अ) 120 mm के छिद्र के और परीक्षण अधीन 180 mm के स्ट्रोक के एक छ: सिलिण्डर, चार स्ट्रोक पेट्रोल इंजन को द्रव्यमान से $C = 82\%$ और $H_2 = 18\%$ के संघटन के पेट्रोल की आपूर्ति की जाती है । और्सेट गैस विश्लेषण ने दर्शाया आयतन के मुताबिक $CO_2 = 12\%$, $O_2 = 4\%$ और $N_2 = 84\%$ निर्धारण कीजिए (i) वायु-ईंधन अनुपात और (ii) अतिरिक्त वायु की प्रतिशतता ।

साथ ही अन्तर्ग्रहण दशाओं पर आधारित इंजन की आयतनी दक्षता का परिकलन कीजिए, जब 1600 आर. पी.एम. पर पेट्रोल की द्रव्यमान प्रवाह दर 32 kg/min हो । अंतर्ग्रहण दशाएँ 1 बार और 17 °C हैं । मानिए एक ही ताप और दाब पर पेट्रोल वाष्प का घनत्व वायु के घनत्व का 3.5 गुना है । वायु में द्रव्यमान के अनुसार 23% ऑक्सीजन है । **20**

(ब) एक सरल कार्बुरेटर की वेंचुरी का 20 mm का थ्रोट व्यास और 1.12 mm का ईंधन छिद्र व्यास है । प्लव कक्ष में पेट्रोल पृष्ठ का स्तर थ्रोट वेंचुरी से 6.0 mm नीचे है । वेंचुरी और ईंधन छिद्र के लिए निस्सरण गुणांक क्रमश: 0.85 और 0.78 हैं । पेट्रोल का आपेक्षिक घनत्व 0.75 है । परिकलन कीजिये (i) 0.08 बार के दाब पात के लिये वायु ईंधन अनुपात, (ii) kg/hr में पेट्रोल खपत और (iii) क्रांतिक वायु वेग । अंतर्ग्रहण दशाएँ 1.0 बार तथा 17 °C हैं । वायु के लिए Cp = 1.005 तथा $C_v = 0.718$ kJ/kg-K हैं । **20**

(a) A six cylinder four-stroke petrol engine with a bore of 120 mm and stroke of 180 mm under test, is supplied petrol of composition : C = 82% and H_2 = 18% by mass. The orsat gas analysis indicated that CO_2 = 12%, O_2 = 4% and N_2 = 84% by volume. Determine (i) the air-fuel ratio and (ii) the percentage of excess air.

Also calculate the volumetric efficiency of engine based on intake conditions when the mass flow rate of petrol is 32 kg/min. at 1600 RPM. Intake conditions are 1 bar and 17 °C. Consider the density of petrol vapour to be 3.5 times that of air at same temperature and pressure. Air contains 23% oxygen by mass.

(b) The venturi of a simple carburettor has a throat diameter of 20 mm and the fuel orifice has a diameter of 1.12 mm. The level of petrol surface in the float chamber is 6.0 mm below the throat venturi. Coefficient of discharge for venturi and fuel orifice are 0.85 and 0.78 respectively. Specific gravity of petrol is 0.75. Calculate (i) the fuel-air ratio for a pressure drop of 0.08 bar, (ii) petrol consumption in kg/hr and (iii) the critical air velocity. The intake conditions are 1.0 bar and 17 °C. For air $C_p = 1.005$ and $C_v = 0.718$ kJ/kg-K.

7. (अ) 300 K तापमान पर वायु 3.5 kg प्रति सेकण्ड की दर से एक दस चरण अक्षीय प्रवाह संपीडक में प्रवेश करती है । दाब अनुपात 6.0 है तथा समएन्ट्रॉपिक दक्षता 90% है । विधि रुद्धोष्म है तथा संपीडक के सममित चरण है । विभिन्न चरणों में अक्षीय वेग एकसमान 120 m/s है तथा माध्य ब्लेड चाल 200 m/s है । प्रत्येक चरण में तापमान परिवर्तन एकसमान मानिए ।

रोटर और स्टेटर ब्लेडों में प्रवेश तथा उनमें निकास पर वायु की दिशा निकालिये । वायु को दी गई शक्ति भी ज्ञात कीजिए ।

वायु के लिये, $C_p = 1.005$ kJ/kg-K और $\gamma = 1.4$ लीजिये । **20**

www.prepp.in

(ब) तीन विभिन्न प्रकार के ब्लेडों के लिए जो साधारणत: अपकेन्द्री संपीडक में प्रयुक्त किए जाते हैं, वक्र अनुपात (अथवा दाबोच्चता) और आयतन प्रवाह दर के बीच परिवर्तनों को दर्शाते हुए वक्रों के आरेख खींचिये और उनकी व्याख्या कीजिए । प्रत्येक वक्र पर क्रिया का स्थिर परास अंकित कीजिए । **20**

(a) Air at a temperature of 300 K enters a ten-stage axial flow compressor at the rate of 3.5 kg/s. The pressure ratio is 6.0 and the isentropic efficiency is 90%. The process is adiabatic and the compressor has symmetrical stages. The axial velocity is 120 m/s is uniform across the stages and the mean blade speed is 200 m/s. Assume that the temperature change is same in each stage. Determine the direction of the air at entry to and exit from the rotor and stator blades. Also find the power given to the air. For air, take $C_p = 1.005$ kJ/kg-K and $\gamma = 1.4$.

(b) Sketch and explain the curves showing the variation of pressure ratio (or head) versus volume flow rate for the three types of blades generally used in centrifugal compressor. Indicate on each curve the stable range of operation.

8. (अ) आधुनिक शक्ति संयंत्र बायलरों के डिजाइन में प्रवृत्तियों पर चर्चा कीजिए । स्थिर वैद्युत अवक्षेपित्र (ESP) के कार्य सिद्धांत की व्याख्या कीजिए । विभिन्न शक्ति संयंत्रों की स्थापना हेतु स्थान निर्धारण के लिये आवश्यक कारकों की व्याख्या कीजिए । **20**

(ब) निम्न अपरम्परागत शक्ति स्रोतों को समझाइए :

(i) सौर ऊर्जा (ऊष्मीय)

(ii) पवन ऊर्जा **20**

(a) Discuss the trends in the design of modern power plant boilers. Explain the working principle of Electrostatic Precipitator (ESP). Discuss the factors affecting the site selection of various power plants.

(b) Explain the following non-conventional sources of energy :

(i) Solar Energy (Thermal)

(ii) Wind Energy