Downloaded From :http://cbseportal.com/

भारतीय राष्ट्रीय भौतिकी ओलंपियाड - 2020

दिनांक : 02 फ़रवरी 2020 रोल नंबर : _____

समय : 09:00-12:00 पूर्णांक : 80

अतिरिक्त पन्नों की संख्या : _____ केंद्र_____(उदाहरण- कोच्चि)

इस पंक्ति के नीचे न लिखें।

==========

अनुदेश

1. इस पुस्तिका में इस पन्ने को छोड़कर 23 पृष्ठ हैं तथा कुल 5 प्रश्न हैं।
2. यह पुस्तिका दो भागों में विभक्त है - **संक्षिप्त उत्तरों के साथ प्रश्नों के लिए पृष्ठ** तथा **विस्तृत उत्तरों के पृष्ठ।** जहाँ कहा गया है वहां पृष्ठ पर सबसे ऊपर अनुक्रमांक (Roll Number) अवश्य लिखें।
3. प्रश्नों के साथ संक्षिप्त उत्तरों के पृष्ठ में प्रत्येक प्रश्न खंड (उप-प्रश्न) के नीचे दिए गए बॉक्सों में उस उप-प्रश्न का अंतिम उत्तर स्पष्टता पूर्वक लिखिए।
4. आपको प्रत्येक प्रश्न के यथोचित, स्पष्ट व सुसंगत हल को दिए गए **विस्तृत उत्तरों** के पन्नों में लिखना है। प्रत्येक पृष्ठ पर संबंधित प्रश्न (प्रश्नों) क्रमांक अंकित करें।
5. संक्षिप्त उत्तरों के पृष्ठों तथा विस्तृत उत्तरों के पृष्ठों में आपके लिखे गए उत्तरों के आधार पर आपको अंक प्रदान किये जाएंगे। सरल लघु उत्तरों व ग्राफ को सीधे संक्षिप्त उत्तरों के पृष्ठ पर अंकित कर सकते हैं। लम्बी गणनाओं वाले उत्तरों के विस्तृत हलों के अभाव में अंक काटे जा सकते है। ऐसे रफ़ कार्यों जिसे आप मूल्यांकन के विचारार्थ प्रस्तुत नहीं करना चाहते हैं उसे काट दें।
6. उत्तरों की गणना करने व लिखने के लिए उत्तर पुस्तिका के पृष्ठों में पर्याप्त जगह दी गयी है। फिर भी यदि आपको लिखने के लिए और अतिरिक्त प्रश्नों की आवश्यकता है, तो आप निरीक्षक से अतिरिक्त खाली पन्नों के लिए अनुरोध कर सकते हैं। इन खाली पन्नों पर अपना रोल नंबर लिखें तथा अपनी मूल उत्तर पुस्तिका से संलग्न कर दें।
7. 'नॉन प्रोग्रामेबल साइंटिफिक कैलकुलेटर' के उपयोग की अनुमति है। मोबाइल फ़ोन का कैलकुलेटर के रूप में प्रयोग वर्जित है।
8. उत्तर लिखने के लिए काली या नीली स्याही का ही प्रयोग करें। चित्र, ग्राफ या स्केचों के लिए पेंसिल का प्रयोग किया जा सकता है।
9. **परीक्षा के अंत में इस पूरी उत्तर पुस्तिका को जमा करना है।**

स्थिरांकों की सारणी

निर्वात में प्रकाश का वेग	c	3×10^8 m/s
प्लांक नियतांक	h	6.63×10^{-34} J.s ; $\hbar = h/2\pi$
सार्वत्रिक गुरुत्वाकर्षण नियतांक	G	6.67×10^{-11} N.m^2.kg^{-2}
इलेक्ट्रानिक आवेश का परिमाण	e	1.60×10^{-19} C
प्रोटोन का स्थिर द्रव्यमान	m_p	1.66×10^{-27} kg
इलेक्ट्रान का स्थिर द्रव्यमान	m_e	9.11×10^{-31} kg
$1/4\pi\epsilon_0$ का मान		9×10^9 N.m^2.C^{-2}
आवगाद्रो संख्या	N_A	6.022×10^{23}/ mole
गुरुत्वीय त्वरण	g	9.81 m.s^{-1}
सार्वत्रिक गॅस नियतांक	R	8.31 J.K^{-1} mol^{-1}
		0.0821 l.atm · mol^{-1} · K^{-1}
पारगम्यता नियतांक	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ H m^{-1}

प्रश्न	पूर्णांक	प्राप्तांक
1	13	
2	12	
3	15	
4	20	
5	20	
कुल	80	

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र
टाटा मूलभूत शोध संस्थान
वि न पूरव मार्ग , मानखुर्द , मुंबई 400088

Downloaded From :http://cbseportal.com/ Courtesy : CBSE

Downloaded From : http://cbseportal.com/

1. अवस्था समीकरण $U(S,V,N) = aS^7/V^4N^2$, का पालन करने वाली गैस पर विचार करते हैं, जहाँ 'a ' एक विमीय नियतांक है। यहाँ U गैस की आतंरिक ऊर्जा को; S एन्ट्रापी को , V आयतन को तथा N निकाय में कणों की नियत संख्या को प्रदर्शित करता है।

(a) अब इस गैस को आयतन V के एक बर्तन में भरते हैं ; और निकाय की आतंरिक ऊर्जा U है. इस निकाय को एक विभाजक के द्वारा दो एक समान भागों में , जिसमे से प्रत्येक का आयतन $V/2$ है ; में विभक्त किया जाता है। प्रत्येक भाग के लिये अब आंतरिक उर्जा αU और विमीय नियतांक βa हो जाता है। α तथा β को प्राप्त कीजिये। [3]

$\alpha =$	$\beta =$

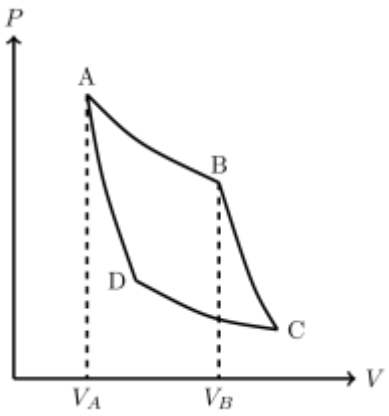
(b) यदि तापमान को आंतरिक उर्जा के अवकल (derivative) $T = \left(\frac{dU}{dS}\right)_{V,N}$, के रूप में व्यक्त किया जाता है , जहाँ subscripts में अंकित राशियों को नियत रखकर अवकलन किया गया है। इसी प्रकार से ,दाब P को आतंरिक ऊर्जा के अवकल के पदों में व्यक्त कीजिये। [2]

$P =$

(c) दिये गए निकाय के लिए $P, V,$ तथा T में संबंध दिखने वाला अवस्था समीकरण प्राप्त कीजिये। [1]

$P =$

(d) इसी गैस का एक ग्राम अणु (mole), तापमान T_1 तथा T_2 $(T_1 > T_2)$ के मध्य कार्नो चक्र (Carnot cycle) $ABCDA$ का पालन करता है। प्रक्रम AB (Q_{AB}) में ऊष्मा परिवर्तन और चक्र के प्रक्रमों AB और BC (W_{AB}, W_{BC}) के द्वारा कृत कार्य प्राप्त कीजिये। अपने उत्तर को केवल तापमान T_1, T_2, आयतन V_A , V_B , एवं अन्य नियतांकों के पदों में व्यक्त कीजिये। [7]



HBC20

Downloaded From : http://cbseportal.com/ Courtesy : CBSE

Downloaded From : http://cbseportal.com/

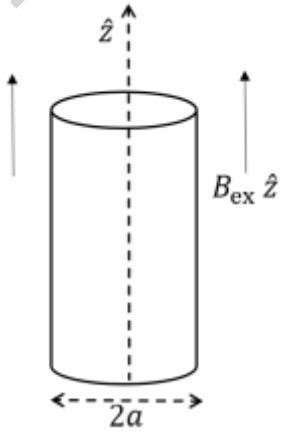
$Q_{AB} =$

$W_{AB} =$

$W_{BC} =$

विस्तृत उत्तर पृष्ठ संख्या _____ पर अंकित हैं।

2. एक एकसमान आवेशित, कुचालक , त्रिज्या a के बेलनाकर कोश को इस प्रकार रखा गया है की इसकी अक्ष z अक्ष के अनुदिश रहे। इस कोश का प्रति एकांक लंबाई जड़त्व आघूर्ण और प्रष्ठीय आवेश घनत्व क्रमशः I तथा σ हैं । इस गोलीय कोश को एकसमान वाह्य चुंबकीय क्षेत्र $B_{ext}\ \hat{z}$ में रखा गया है, जो प्रारम्भ में विश्राम में है। बाह्य चुंबकीय क्षेत्र $t = 0$ से प्रारम्भ होकर धीरे धीरे कम होकर शून्य हो जाता है।
बेलन का अंतिम कोणीय वेग ω क्या होगा। [12]



$\omega =$

विस्तृत उत्तर पृष्ठ संख्या _____ पर अंकित हैं।

3. हाइड्रोजन परमाणु के बोर मॉडल पर विचार कीजिये। यहाँ इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान तथा आवेश को क्रमशः m_e तथा e तथा मानकर चलिये । परमाणु की मूल अवस्था में त्रिज्या (Bohr Radius) को a_0 मानिए।

Downloaded From : http://cbseportal.com/ Courtesy : CBSE

Downloaded From : http://cbseportal.com/

(a) a_0 तथा अन्य नियतांकों के पदों में , हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था में आयनन ऊर्जा I_H के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिये। [1]

$I_H =$

(b) एकल आवेशित हीलियम परमाणु He^+ पर विचार कीजिये। इस He^+के लिए मूल अवस्था में आयनन ऊर्जा I_{He^+} को I_Hके पदों में प्राप्त कीजिये। [2]

$I_{He^+} =$

(c) अब स्वेच्छ परमाणु क्रमांक z के दो इलेक्ट्रॉनों वाले एक निकाय पर विचार करते हैं। बोर के मॉडेल का प्रयोग करते हुए मूल अवस्था की त्रिज्या $(r(z))$ को a_0 तथा z के पदों में प्राप्त कीजिये। ऐसा मानिए की दोनों इलेक्ट्रॉन एक ही वृत्तीय कक्षा में अधिकतम संभव दूरी पर परिभ्रमण कर रहे हैं। [1]

$r(z) =$

(d) इस स्वेच्छ परमाणु क्रमांक z वाले दो इलेक्ट्रॉनों के इस निकाय के लिए प्रथम आयनन ऊर्जा I_z^{th} का व्यंजक z और I_H के पदों में निगमित कीजिये। [3]

$I_z =$

(e) नीचे दी गयी सारणी में दो इलेक्ट्रॉनों के इस निकाय के लिए z के साथ I_z^{th}के प्रयोगिक मान दिये गए हैं। (मान रिडबर्ग के पदों में हैं। जहां $1\ Ryd = 13.6\ eV$) [8]

	z	I_z^{th}
H^-	1	0.055
He	2	1.81
Li^+	3	5.5
Be^{++}	4	11.32
B^{3+}	5	19.07
C^{4+}	6	28.83
N^{5+}	7	40.60
O^{6+}	8	54.37
F^{7+}	9	70.15

IBO20

Downloaded From : http://cbseportal.com/ Courtesy : CBSE

Downloaded From :http://cbseportal.com/

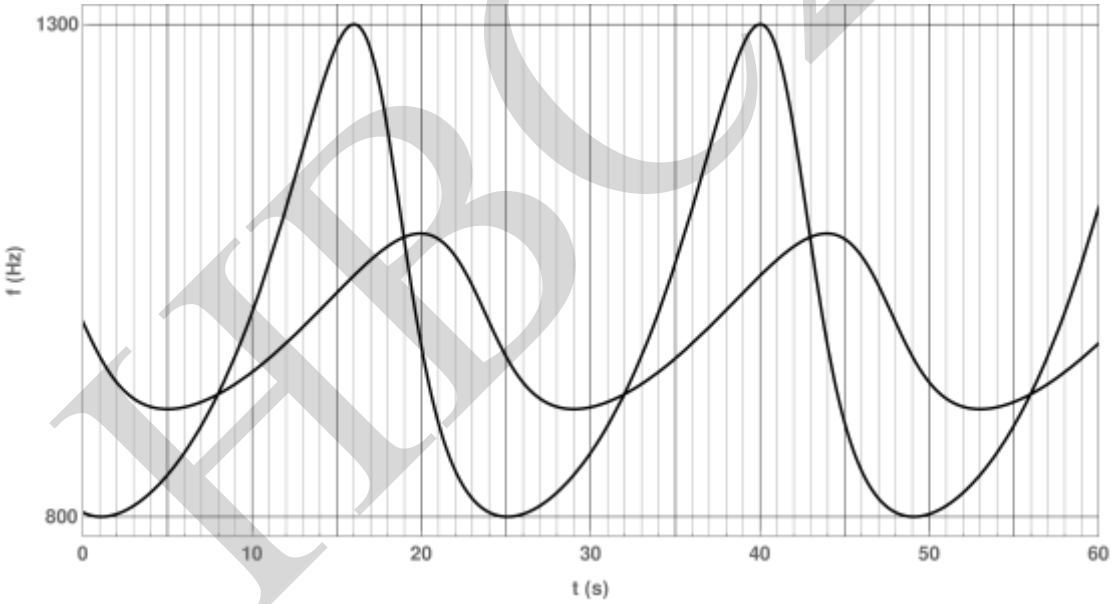
प्रयोगिक मान सैद्धांतिक मानों से मेल नहीं खाते हैं। इस मेल न खाने का कारण यह है कि भाग (d) के सैद्धांतिक निगमन में पाउली के अपवर्जन नियम को शामिल नहीं किया गया है। ऐसा सुझाव दिया जाता है कि भाग (d) में निगमित I_z^{th} के अंतिम व्यंजक में यदि z का मान कुछ निश्चित राशि से कम किया जाए; $(z^* = z - \alpha)$, तो $I_z^{th} \approx I_z^{exp}$ होता है । एक उचित आरेख बनाइये और उस ग्राफ से α प्राप्त कीजिये। यदि अप कोई गलती करें तो उसके निवारण के लिए इस पुस्तिका में दो अतिरिक्त ग्राफ पत्र दिये गए हैं।

$\alpha =$

विस्तृत उत्तर पृष्ठ संख्या _____ पर अंकित हैं।

---

4. एक ध्वनि स्त्रोत S, आवर्तकाल T के साथ एकसमान वृत्तीय गति कर रहा है। यह सतत रूप से आवृति f_o का उत्सर्जन कर रहा है। दो संसूचक, क्रमशः 1 तथा 2, स्त्रोत के वृत्तीय पथ के तल में ही कहीं रखे हैं। दोनों संसूचकों द्वारा ग्रहीत आवृति f, को समय T के फलन के रूप में निम्नांकित चित्रानुसार खींचा (Plot) गया है। (दोनों संसूचकों की घड़ियाँ समकालिक (synchronized) हैं)।



माध्यम में ध्वनि की चाल को 330 मी/से ले सकते हैं।

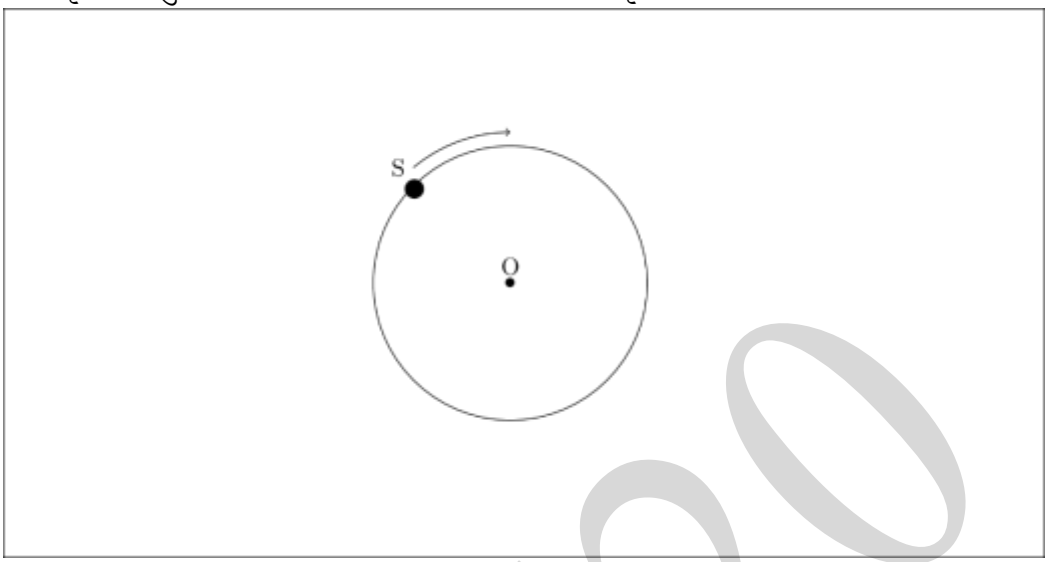
(a) स्त्रोत का अवर्तकाल T ज्ञात कीजिये। [2]

$T =$

Downloaded From :http://cbseportal.com/ Courtesy : CBSE

Downloaded From : http://cbseportal.com/

(b) नीचे दिखाये गए चित्र में स्त्रोत S का वृत्तीय पथ दिखाया गया है। यहाँ O पथ के केंद्र को दिखाता है। गुणात्मक रूप से दोनों संसूचकों की स्थिति को क्रमशः 1 तथा 2 से दर्शाइए। विस्तृत उत्तर पुस्तिका में अपने उत्तर के औचित्य को विस्तृत रूप में दीजिये। [6]



(c) स्त्रोत की आवृति f_0 प्राप्त कीजिये। [3]

$f_0 =$

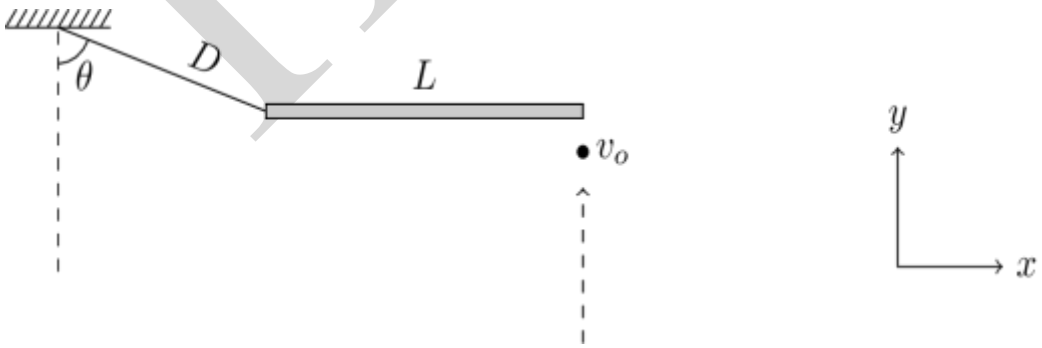
(d) दोनों संसूचकों के बीच की दूरी (D) की गणना कीजिये। [9]

$D =$

विस्तृत उत्तर पृष्ठ संख्या _____ पर अंकित हैं।

---

5. नीचे के चित्र में एक चिकनी मेज पर रखी हुई व्यवस्था को दिखाया गया है। [20]



इसमे D लंबाई की एक भारविहीन अवितान्य (inextensible) डोरी है जो एक सिरे पर बंधी है तथा इसका दूसरा सिरा L लंबाई की एक एकसार छड़ के एक सिरे से जुड़ा है। प्रारम्भ में निकाय इस प्रकार विश्राम में है कि छड़ तो x —अक्ष के अनुदिश संरेखित है और डोरी अपनी मूल लंबाई के साथ ऋणात्मक y — अक्ष के साथ θ कोण बना रही है $(\cos\theta = 1/3)$। अब किसी क्षण, छड़ के समान द्रव्यमान m

IBC20

Downloaded From : http://cbseportal.com/ Courtesy : CBSE

Downloaded From :http://cbseportal.com/

और नगण्य आकार की एक गोली (bullet) को क्षैतिज दिशा में धनात्मक y – अक्ष की दिशा में दागा जाता है। यह गोली छड़ के दायें सिरे को v_0 वेग से टकराती है और उसमे धंस जाती है, सम्पूर्ण क्रिया क्षणिक होती है। टक्कर के तुरंत बाद डोरी में तनाव (T) कितना होगा। यह मानकर चलिये कि डोरी टूटेगी नहीं।

$T =$

विस्तृत उत्तर पृष्ठ संख्या _____ पर अंकित हैं।

*****प्रश्न पत्र समाप्त*****

HBC20

Downloaded From :http://cbseportal.com/ Courtesy : CBSE