भारतीय राष्ट्रीय भौतिकी ओलंपियाड (INPhO)–2026

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र
टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान
वि . न. पूरव मार्ग, मानखुर्द, मुंबई, 400 088

प्रश्न पत्र

दिनांक : 01 February 2026
समय : 09:00–12:00 (3 hours) पूर्णांक : 75

अनुक्रमांक : ☐☐☐☐ – ☐☐☐☐ – ☐☐☐☐

अनुदेश

1. इस पुस्तिका में 8 पृष्ठ हैं और कुल 6 प्रश्न हैं। जहाँ भी पूछा जाए, ऊपर अपना अनुक्रमांक लिखें।
2. उत्तर लिखने के लिए पुस्तिका अलग से दी गई है। उत्तर लिखने के निर्देश उत्तर पुस्तिका पर दिए गए हैं।
3. नॉन–प्रोग्रामेबल साइंटिफिक कैलकुलेटर की अनुमति है। मोबाइल फोन का उपयोग कैलकुलेटर के रूप में नहीं किया जा सकता है।
4. विश्लेषण के लिए यथासंभव अधिक से अधिक आंकड़ों के बिंदुओं को एकत्र करें।
5. परीक्षा की समाप्ति पर उत्तर पुस्तिका को जमा कीजिये। प्रश्नपत्र आप रख सकते हैं।
6. अनुक्रमांक लिखने के अतिरिक्त प्रश्न पत्र पर कुछ भी , जैसे कच्चा काम या चीथा–पोथी (scribbling) करने की अनुमति नहीं है।

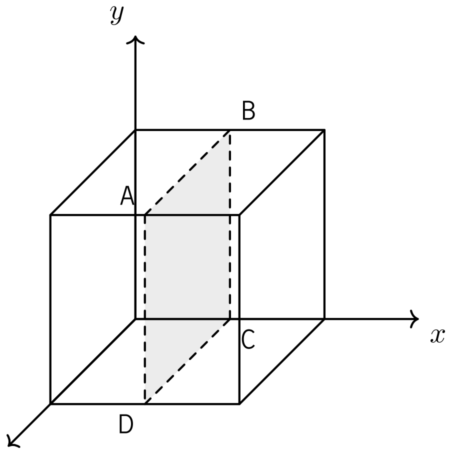
स्थिरांकों की सारणी

निर्वात में प्रकाश का वेग	c	3.00×10^8 m·s^{-1}
इलेक्ट्रानिक आवेश का परिमाण	e	1.60×10^{-19} C
$1/4\pi\epsilon_0$ का मान		9.00×10^9 N·m^2·C^{-2}
आवगाद्रो संख्या	N_A	6.022 $\times 10^{23}$ mol^{-1}
गुरुत्वीय त्वरण	g	9.81 m·s^{-2}
सार्वत्रिक गॅस नियतांक	R	8.31 J· K^{-1}·mol^{-1}
	R	0.0821 l·atm·mol^{-1}·K^{-1}
बोल्ट्ज़मान नियतांक	k_B	1.3806×10^{-23} J·K^{-1}
पारगम्यता नियतांक	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ H·m^{-1}

प्रश्न संख्या	1	2	3	4	5	कुल
पूर्णांक	8	14	16	22	15	75

HBCSE

1. [12 अंक] चलो, चूक ढूंढते हैं।



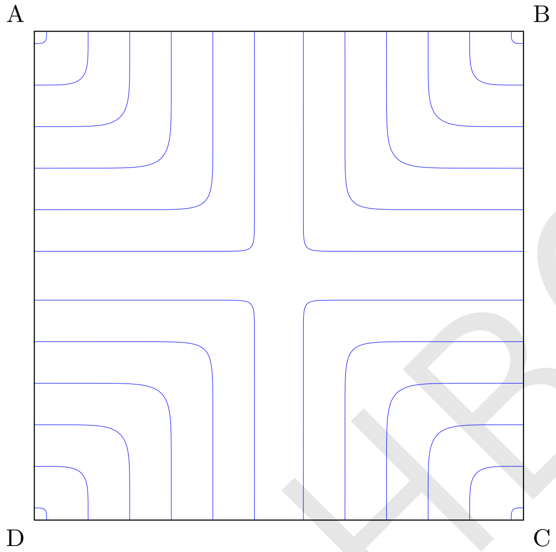
एक समान पृष्ठीय आवेश घनत्व वाले, आवेशित, पतले घनाकार कोश पर विचार करते हैं। तल ABCD पर भी विचार करें, जो घनाकार खोल को लंबवत और सममित रूप से विभाजित करता है (चित्र देखें)। छह छात्रों ने स्वतंत्र रूप से समतल ABCD पर विद्युत क्षेत्र ज्ञात किया और छह अलग–अलग उत्तर प्रस्तुत किए, जो नीचे दिए गए चित्रों (a) से (f) में दिखाए गए हैं। प्रत्येक चित्र ABCD समतल में विद्युत क्षेत्र रेखाओं को लगभग दर्शाता है (बल रेखाओं के शीर्ष तीर नहीं दिखाए गए हैं)। छहों उत्तरों पर विचार करें, और प्रत्येक के लिए, बताएं –

- कम से कम एक कारण जो यह स्पष्ट करता हो भौतिकी के तर्क के आधार पर वह सही क्यों नहीं है।

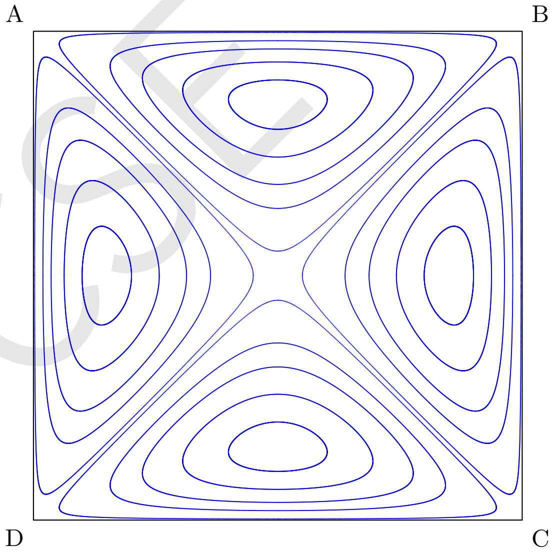
अथवा

- दो कारण जो यह स्पष्ट करें कि उत्तर सही क्यों हो सकता है।

ध्यान दें कि इस प्रश्न में आपको विद्युत क्षेत्र का सटीक चित्रण प्राप्त करने या विस्तृत व्युत्पत्ति प्रदान करने की आवश्यकता नहीं है। किसी भी आकृति में, आसन्न क्षेत्र रेखाएँ एक दूसरे को स्पर्श या प्रतिच्छेद नहीं करती हैं, यद्यपि चित्र (c) और चित्र (e) में ऐसा प्रतीत हो सकता है, जहाँ वे बहुत निकट हैं। चित्र (d) में, आरेख इंगित करता है कि कोई क्षेत्र मौजूद नहीं है। चित्र (f) में, $\otimes$ $-$x अक्ष के अनुदिश निर्देशित क्षेत्र को दर्शाता है, और $\odot$ + x अक्ष के अनुदिश निर्देशित क्षेत्र को दर्शाता है।

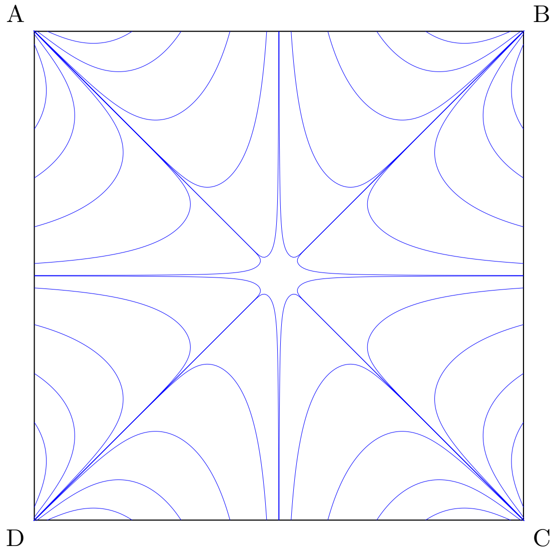


(a)

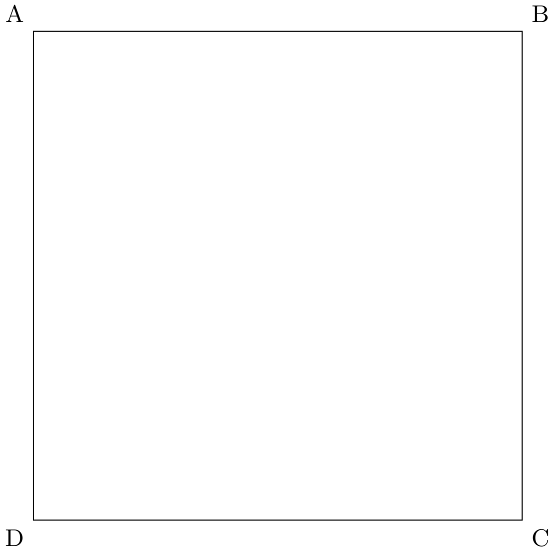


(b)

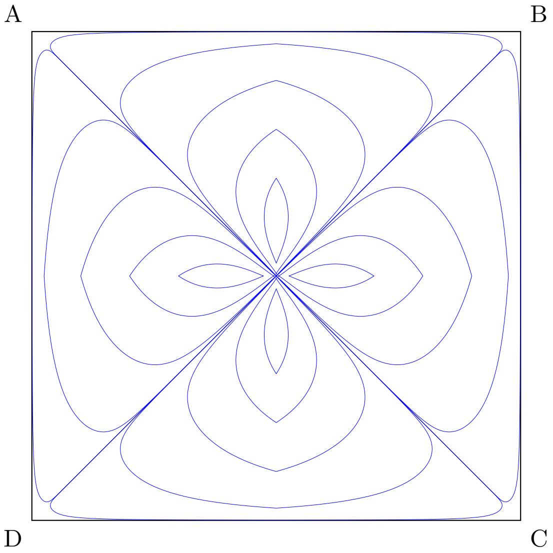
HBCSE



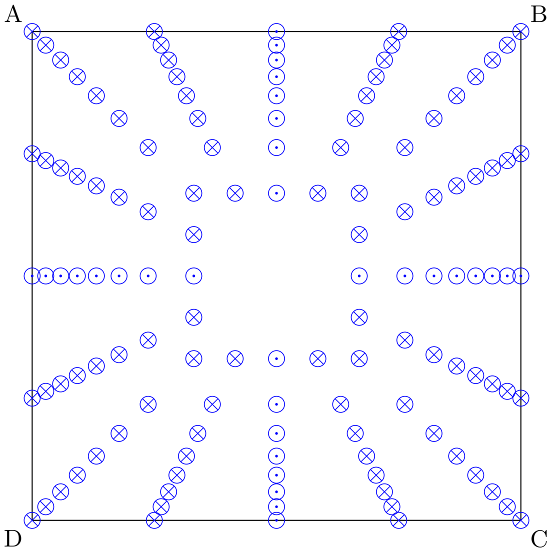
(c)



(d)



(e)

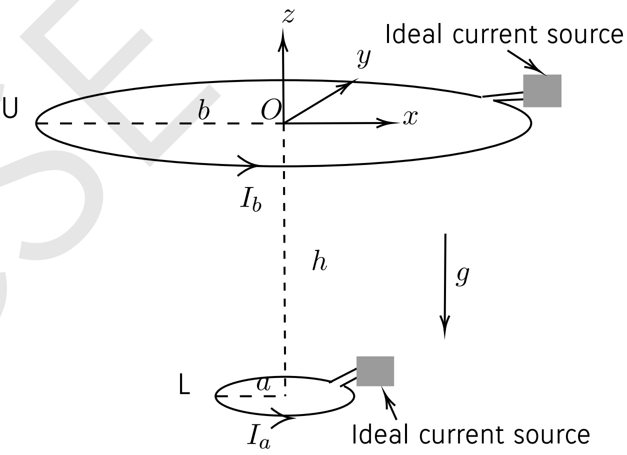


(f)

---

2. [12 अंक] ये विद्युत धारा का मामला है!!

दो समाक्षीय चालक वृत्ताकार वलयों पर विचार करें: एक निचला वलय L जिसकी त्रिज्या a है और एक ऊपरी वलय U जिसकी त्रिज्या b है (चित्र देखें)। वलयों के तल समानांतर हैं और उनके बीच की दूरी h है। वलय U को $x-y$ तल में स्थिर रखा गया है, जबकि वलय L उर्ध्व दिशा में गति करने के लिए स्वतंत्र है। प्रत्येक वलय एक आदर्श धारा– स्रोत से जुड़ा है जो वलय L में स्थिर धारा I_a और वलय U में I_b बनाए रखता है। मान लीजिए $a \ll b$, ताकि वलय U द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र को वलय L के संपूर्ण परिच्छेद पर एकसमान माना जा सके। मान लीजिए गुरुत्वाकर्षण के कारण त्वरण का मान g है। प्रारंभ में संयोजन गुरुत्वाकर्षण के अधीन स्थिर संतुलन की अवस्था में है।



HBCSE

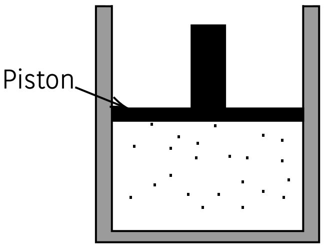
इसके बाद, एक बाह्य कारक द्वारा वलय L को वलय U की ओर dh दूरी तक बहुत धीमी गति से विस्थापित किया जाता है, जबकि दोनों वलयों में धाराओं को आदर्श विद्युत आपूर्तियों द्वारा स्थिर रखा जाता है। इस प्रक्रिया के दौरान, मान लीजिए कि वलय L की गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन dU_g और चुंबकीय क्षेत्र में संचित ऊर्जा में परिवर्तन dU_m है। इसी प्रक्रिया के लिए, मान लीजिए कि निचले और ऊपरी वलयों से जुड़ी विद्युत आपूर्तियों द्वारा किया गया अतिरिक्त कार्य क्रमशः dW_{L} और dW_{U} है।

dU_g, dU_m, dW_{U}, और dW_{L} में से प्रत्येक को I_a, I_b, ज्यामितीय मापदंडों (a, b, h, dh), और किसी भी अन्य अशून्य (non −zero) प्रासंगिक स्थिरांक के संदर्भ में व्यक्त कीजिये।

---

3. ज़ोर का झटका धीरे से लगा

एक ऊर्ध्वाधर ऊष्मारोधी सिलेंडर में एक घर्षणरहित, चलायमान, ऊष्मा–चालक तथा अति सूक्ष्म द्रव्यमान का पिस्टन लगा हुआ है। इसमें वायु भरी हुई है, जिसका दाब $p_0 = 1$ atm, आयतन $V_i = 3.0$ L, और तापमान $T_0 = 300$ K है। मान लीजिए कि गैस आदर्श है और उसकी विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात $\gamma = 1.4$ है।
निकाय , प्रारंभ में अपने परिवेश के साथ तापीय तथा यांत्रिक संतुलन में है, जहाँ परिवेश का तापमान T_0 और दाब p_0 है।
इसके बाद पिस्टन को इस प्रकार चलाया जाता है कि गैस को संपीडित करके उसका अंतिम आयतन $V_f = 2.0$ L कर दिया जाता है।



यह संपीड़न निम्न तीन प्रक्रमों से किया जा सकता है:

(a) [3 अंक] पिस्टन को धीरे–धीरे चलाया जाता है, जिससे संपीड़न की प्रक्रिया अर्ध–स्थैतिक बनी रहती है और गैस पूरे समय अपने परिवेश के साथ ऊष्मीय संतुलन में रहती है (अर्थात यह एक समतापी प्रक्रिया है)।

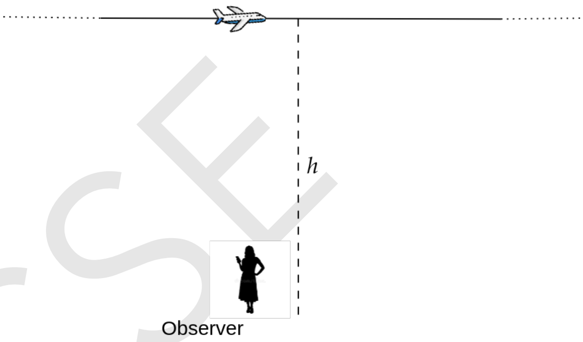
इस प्रक्रिया के दौरान आदान–प्रदान की गई कुल ऊष्मा Q_a की गणना कीजिए।

(b) [3 अंक] पिस्टन को तेज़ी से लेकिन सुचारु रूप से चलाया जाता है, जिससे संपीड़न के दौरान परिवेश के साथ ऊष्मा का आदान–प्रदान नगण्य रहता है (अर्थात प्रक्रिया रुदोष्म और उत्क्रमणीय है)।
संपीड़न के बाद गैस को आयतन में कोई परिवर्तन किए बिना परिवेश के साथ ऊष्मा का आदान–प्रदान करने दिया जाता है, और वह पुनः संतुलन तापमान T_0 पर लौट आती है।
इस पूरी प्रक्रिया के दौरान आदान–प्रदान की गई कुल ऊष्मा Q_b की गणना कीजिए।

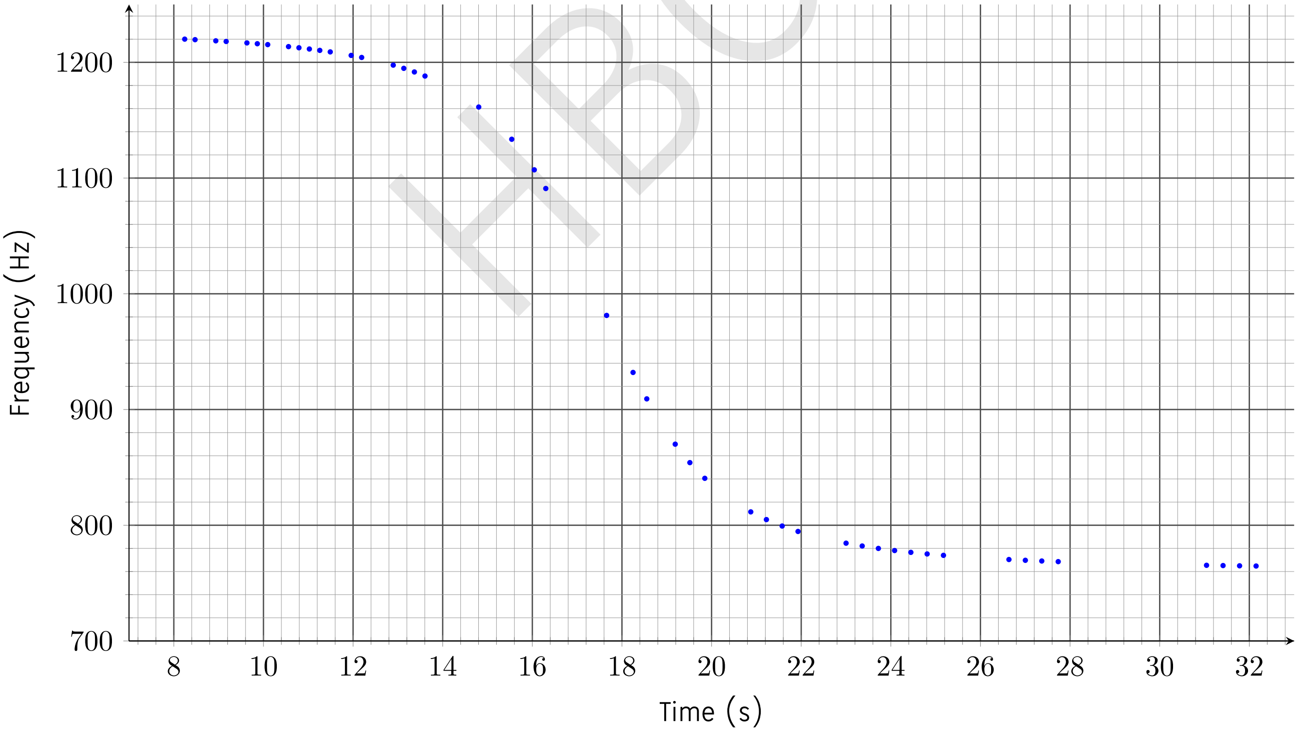
(c) [5 अंक] पिस्टन को अचानक चलाया जाता है, जिससे एक तीव्र, अनुत्क्रमणीय रुदोष्म संपीडन उत्पन्न होता है। संपीडन के बाद गैस का तापमान T_c हो जाता है।
अब गैस को आयतन में किसी और परिवर्तन के बिना परिवेश के साथ ऊष्मा का आदान–प्रदान करने के लिए छोड़ दिया जाता है, और अंततः वह अपने संतुलन तापमान T_0 पर वापस लौट आती है।
तापमान T_c तथा इस पूरी प्रक्रिया के दौरान आदान–प्रदान की गई कुल ऊष्मा Q_c की गणना कीजिए।

4. जब ग्राफ बोलता है

एक विमान क्षैतिज पथ पर उड़ता है और स्थिर आवृत्ति f_0 की ध्वनि उत्सर्जित करता है। उड़ान पथ के ठीक नीचे भूमि पर स्थित एक स्थिर प्रेक्षक, जिसके पास एक संसूचक (Detector) है, जो विमान के ऊपर से गुजरते समय ध्वनि की आवृत्ति को रिकॉर्ड करता है, जिसे नीचे दर्शाए गए ग्राफ़ में प्रदर्शित किया गया है। माध्यम में ध्वनि का वेग $c_s = 340$ m s^{-1} है।



HBCSE

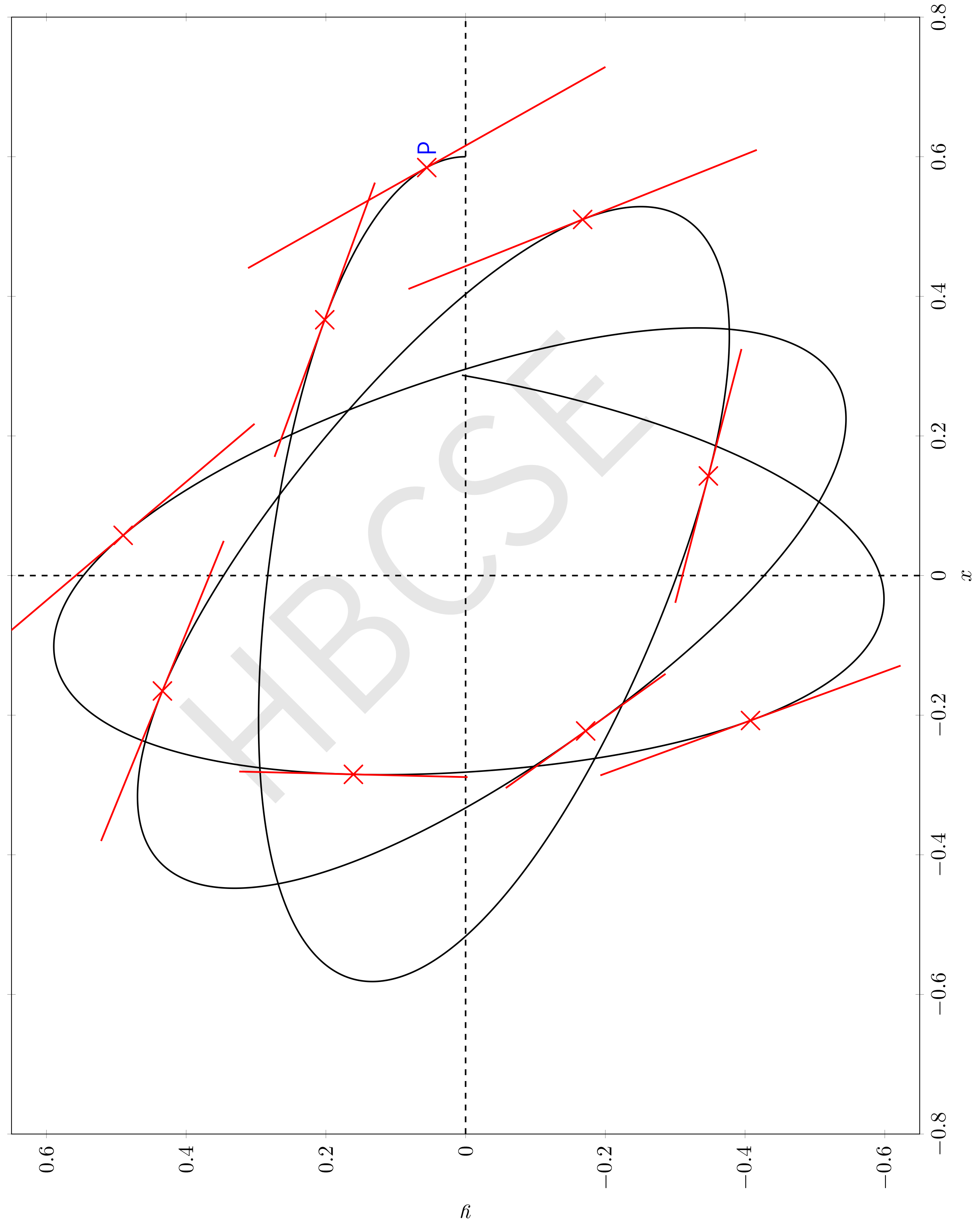


(a) [5 अंक] आपका कार्य ग्राफ़ से विमान की चाल v का निर्धारण करना है। v को ग्राफ़ से मापी जा सकने वाली राशियों के रूप में व्यक्त कीजिए, तथा इन राशियों को सारांश उत्तर पुस्तिका में पुनः प्रदर्शित किए गए ग्राफ़ पर स्पष्ट रूप से परिभाषित/चिह्नित कीजिए। v का मान ज्ञात कीजिए।

(b) [5 अंक] विमान के उड़ान पथ की ऊँचाई h ज्ञात कीजिए।

5. केप्लर की डायरी से

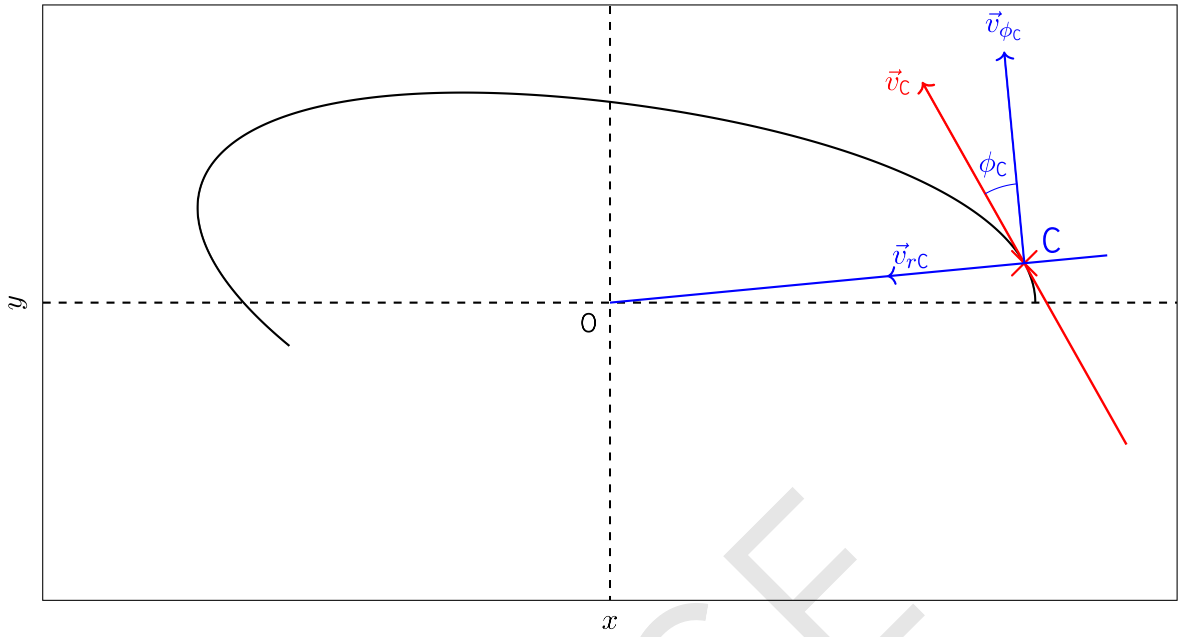
केप्लर के अभिलेख में मिली एक संक्षिप्त टिप्पणी एक विचित्र केन्द्रीय–बल पर आधारित प्रश्न का वर्णन करती है। इस टिप्पणी में कहा गया है कि रेखीय विभव का रूप $U(r) = kr^n$, है, जहाँ $k > 0$ एक सदिश नियतांक है, n एक धनात्मक पूर्णांक है, तथा r किसी स्थिर मूल बिंदु से दूरी को दर्शाता है। केप्लर ने कण की सटीक गति–पथ (trajectory) को भी दर्ज किया था, जिसके लिए उसने उसकी गति के तल में स्थित x–y निर्देशांक सूचीबद्ध किए (नीचे दिए गए चित्र को देखें)। उनके आरेख में कुछ चयनित बिंदुओं पर खींचे गए छोटे स्पर्शरेखीय खंड भी शामिल हैं, जिन्हें × से चिह्नित किया गया है।



निर्देशांक x और y स्वैच्छिक इकाइयों में दिए गए हैं। केप्लर की टिप्पणियों से यह संकेत मिलता है कि बिंदु P पर कण की गतिज ऊर्जा कुल यांत्रिक ऊर्जा की ठीक एक–चौथाई है। उन्होंने आगे यह भी लिखा कि घातांक n का निर्धारण ग्राफ़ के

आधार पर गणनाएँ करके तथा एक रैखिक (linear) प्लॉट निर्मित करके किया जा सकता है। दुर्भाग्यवश, इस विधि की व्याख्या करने वाला पांडुलिपि का शेष भाग नष्ट हो गया है।

केप्लर ने क्या किया होगा, इसे समझने के लिए हम नीचे कुछ चर परिभाषित करते हैं। नीचे दिया गया चित्र एक केन्द्रीय बल के अधीन गतिमान कण की गति–पथ (trajectory) को दर्शाता है।



HBCSE

गति–पथ पर स्थित एक स्थिर बिंदु C पर विचार कीजिए (जिसे × द्वारा दर्शाया गया है), जो मूल बिंदु O से दूरी r_C पर स्थित है। बिंदु C पर कण का वेग v_C है, तथा उसके वेग के रेखीय और स्पर्शरेखीय अवयव क्रमशः v_{rC} और $v_{\phi C}$ हैं, जहाँ $\vec{v}_{\phi C}$, $\vec{v}_{rC}$ के लम्बवत है।

वेग $\vec{v}_C$ और उसके स्पर्शरेखीय अवयव $\vec{v}_{\phi_C}$ के बीच का कोण ϕ_C द्वारा निरूपित किया जाता है।

गति–पथ के किसी भी स्वैच्छिक बिंदु पर कण मूल बिंदु से दूरी r पर स्थित होता है, उसका वेग v होता है, और वेग सदिश $\vec{v}$ तथा उसके स्पर्शरेखीय अवयव $\vec{v}_\phi$ के बीच का संबंधित कोण ϕ होता है।

(a) [5 अंक] किसी भी स्वैच्छिक बिंदु पर वेग v को बिंदु C पर वेग v_C के रूप में $v = \alpha v_C$ लिखा जा सकता है। α को r_C, r, ϕ_C तथा ϕ के रूप में व्यक्त कीजिए।

(b) [13 अंक] उत्तर पत्रिका में केप्लर के आरेख के दो संस्करण दिए गए हैं: एक में स्पर्शरेखाएँ (tangents) खींची गई हैं और एक में नहीं। आवश्यकतानुसार आप इनमें से किसी एक या दोनों चित्रों का उपयोग कर सकते हैं।

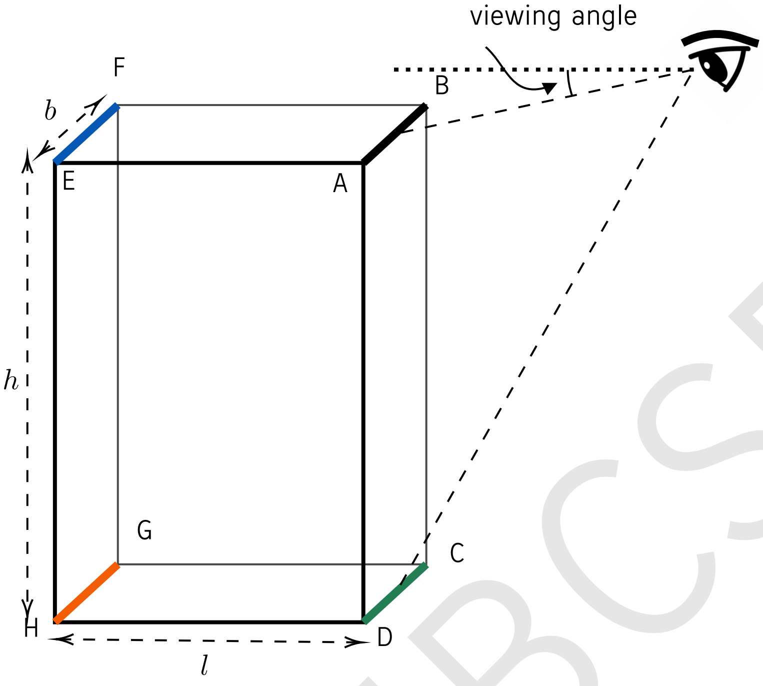
इन चित्रों का उपयोग करके n का मान ज्ञात करने की एक विधि विकसित कीजिए। सभी आवश्यक विश्लेषण उत्तर पत्रक में दिए गए चित्रों का प्रयोग करके कीजिए।

अंत में, n का मान निर्धारित करने के लिए एक रैखिक ग्राफ़ प्लॉट करने हेतु उत्तर पत्रिका के अंत में दिए गए ग्राफ़ पेपर का उपयोग कीजिए, और आवश्यक किसी भी डेटा सारणी को विस्तृत उत्तर पत्रिका (detailed answersheet) में प्रस्तुत कीजिए।

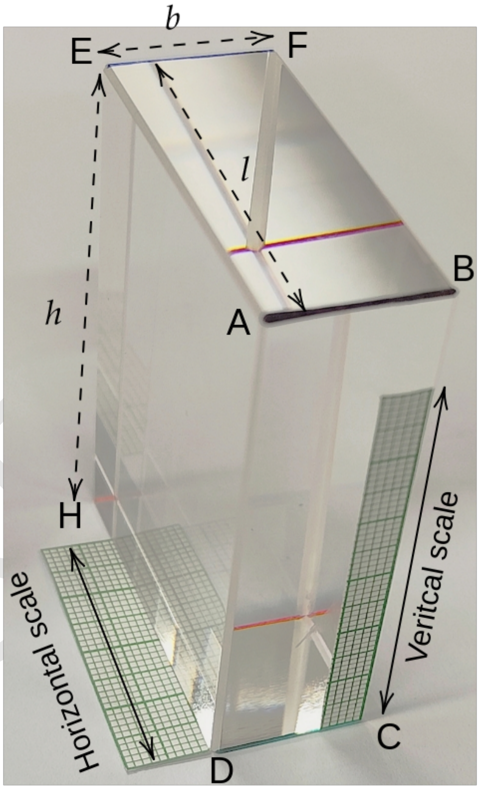
6. नज़र से बदला नजरिया

मान लीजिए कि एक कांच की पट्टिका (ABCDHGFE) है, जिसकी विमाएँ $(l \times b \times h)$ हैं। पट्टिका को उसके आधार (CDHG) पर रखा गया है और इसकी ऊर्ध्वाधर सतह (ABCD) प्रेक्षक की ओर कर के अलग–अलग देखने के कोणों से देखा जाता है, (चित्र (a) देखें)। कांच की पट्टिका के किनारों को चित्र (a) में दिखाए अनुसार रंग दिया गया है। आधार (CDHG) के निकट में ग्राफ पेपर का एक टुकड़ा रखा गया है। ग्राफ पेपर का एक और टुकड़ा पट्टिका की ऊर्ध्व सतह (ABCD) पर चिपकाया गया है (चित्र (b) देखें)। दोनों चिपकाए गए ग्राफ पृष्ठों की अल्पतमांक 1 मिमी है।

इस प्रक्रिया में, अलग–अलग दृष्टि के कोणों से (आँख की स्थिति नीचे की तरफ करके) ली गई कांच की पट्टी की तस्वीरों



(a)



(b)

की श्रृंखला (चित्र (i) से (vi) तक) से कांच की पट्टी का अपवर्तनांक μ_g प्राप्त करना है । दृष्टि का कोण चित्र (i) से (vi) तक उत्तरोत्तर घटता जाता है। वायु का अपवर्तनांक μ_a 1.00 मान लेते हैं । इस प्रक्रिया में, केवल ऊर्ध्वाधर सतह (ABCD) से दिखाई देने वाली लाल रेखा पर ध्यान केंद्रित करते हैं।

(a) [2 अंक] सारांश उत्तर पुस्तिका में दी गई तस्वीर में उन मापन योग्य राशिओं को चिह्नित करें और बताएं, जिनका उपयोग बाद के भागों में पट्टिका के अपवर्तनांक को मापने के लिए किया जा सकता है।

(b) [4 अंक] इन मापी गई राशियों और संदर्भित पट्टिका की विमाओं को दर्शाते हुए एक किरण आरेख बनाइए। आपके द्वारा उपयोग की जाने वाली मापी गई राशियों के पदों में कांच की पट्टिका के अपवर्तनांक μ_g के लिए एक व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए।

(c) [6 अंक] रेखीय ग्राफ बनाकर μ_g, के मान का परिकलन कीजिए। विस्तृत उत्तर पुस्तिका में अपने आंकड़ों की तालिका प्रस्तुत कीजिए।