भारतीय खगोलीय ओलंपियाड अर्हता परीक्षा (INAO) - 2025

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केंद्र (HBCSE-TIFR)
तथा
भारतीय विज्ञान शिक्षा एवं अनुसंधान संस्थान मोहाली (IISER-Mohali)
द्वारा संयुक्त रूप से आयोजित

प्रश्नपत्रिका

अनुक्रमांक: ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ ☐☐☐☐ **दिनांक:** 1 फरवरी 2025

समय: 3 घण्टे **पूर्णांक :** 100

सूचनाएं:

- अपना **अनुक्रमांक** इस पृष्ठ के ऊपरी हिस्से में दिये हुए बक्सों मे लिखें ।
- इस प्रश्नपत्रिका में कुल **12 प्रश्न** हैं । हर प्रश्न / उप-प्रश्न के अधिकतम प्राप्तांक उसके सामने लिखे गये है ।
- सभी प्रश्नों के लिए, अंतिम उत्तर के अलावा समाधान तक पहुँचने में प्रयुक्त प्रक्रिया का विश्लेषण भी अत्यंत महत्वपूर्ण है । जरूरत होने पर आप उचित अभिधारणाओं / अनुमानों का प्रयोग कर सकते हैं । कृपया अपनी पद्धति स्पष्ट रूप से लिखें, स्पष्ट रूप से सभी तर्क बताएं ।
- गैर-प्रोग्रामयोग्य वैज्ञानिक कैलकुलेटर के प्रयोग की अनुमति है ।
- **उत्तरपत्रिका पर्यवेक्षक को लौटायी जानी चाहिए।** आप प्रश्नपित्रका को वापस अपने साथ ले जा सकते हैं ।

उपयोगी राशियाँ

राशि	संकेत चिह्न	परिमाण
सूर्य का द्रव्यमान	$M_\odot$	1.989×10^{30} kg
पृथ्वी का द्रव्यमान	$M_\oplus$	5.972×10^{24} kg
चंद्र का द्रव्यमान	M_c	7.347×10^{22} kg
सूर्य की त्रिज्या	$R_\odot$	6.955×10^{8} m
पृथ्वी की त्रिज्या	$R_\oplus$	6.371×10^{6} m
चंद्र की त्रिज्या	R_c	1.737×10^{6} m
प्रकाश की गति	c	2.998×10^{8} m/s
खगोलीय यूनिट	$a_\oplus \equiv$ 1 A.U.	1.496×10^{11} m
शुक्र की सूर्य से दूरी	0.72 A.U.	1.077×10^{11} m
सौर दीप्ति (पृथ्वी पर)	S	1366 W/m^2
गुरूत्वीय स्थिरांक	G	6.674×10^{-11} N m^2/kg^2
प्लांक स्थिरांक	h	6.626×10^{-34} J/Hz

IISER Mohali,
Knowledge City, Sector 81,
S.A.S Nagar, Punjab - 140306, India

प्रश्न 1

एक दूरदर्शी/दूरबीन के अभिदृश्यक (उत्तल लेंस) का व्यास 5 सेमी और उसकी फोकल दूरी 30 सेमी है, जबकि इसके नेत्रिका (एक उत्तल लेंस) की फोकल दूरी 3 सेमी है। पूर्ण फोकस वाली व्यवस्था में इस दूरबीन की सहायता से नेत्रिका से 60 सेमी की दूरी पर सूर्य की छवि प्रक्षेपित की जा रही है । सूर्य का व्यास धरती से देखे जाने पर आकाश में $30'$ का कोण बनाता है।

(a) अभिदृश्यक लेंस और उसके नेत्रिका के बीच की दूरी कितनी है? [2]

(b) सारे प्रकाश घटकों, छवि और उनके बीच की दूरी को दर्शाने वाली, इस प्रबंध का एक किरण आरेख खींचें। [3]

(c) इस परिस्थिति में बनने वाली छवि का आकार क्या होगा? [3]

(d) इस प्रक्रिया से विभेदित किए जा सकने वाले लघुतम सौर धब्बों का आकार कितना है ? [2]

प्रश्न 2

सौर मंडल से बाहर एक एकाकी तारा सामान्यतः सूर्य के सापेक्ष एकसमान चाल में भ्रमण करता पाया जाता है। परंतु यदि कोई ग्रह उस तारे की परिक्रमा कर रहा हो, तो तारे की चाल में उपयुक्त बदलाव देखा जाता है । तारे की इस चाल को उसके स्पेक्ट्रम में आये सूक्ष्म डॉप्लर बदलाव के ज़रिए आँका जा सकता है। हालाँकि इस प्रक्रिया से सिर्फ़ तारे की गति का सूर्य के दिशा में प्रक्षेपित रेखीय वेग वाला भाग ही मापा जा सकता है। तारे की चाल में आये इस बदलाव के साथ ग्रह के परिक्रमा काल की जानकारी के संयुक्त प्रयोग से उसके ग्रह का द्रव्यमान और आकार दोनों अनुमानित किए जा सकते हैं ।

मान लीजिए कि m_p द्रव्यमान वाला कोई ग्रह, m_s द्रव्यमान वाले एक तारे की वृत्तीय कक्षा में परिक्रमा कर रहा है। तारे एवं ग्रह के बीच की दूरी r है एवं ग्रह का परिक्रमा वेग v_p है ।

(a) यदि $m_p << m_s$ हो तो m_p को अन्य राशियों (यथा - ग्रह का परिक्रमाकाल P, तारे की रेखीय गति में आने वाला आवर्ती बदलाव : v_s और द्रव्यमान m_s) की सहायता से व्यक्त करें । [3]

(b) ग्रह का परिक्रमा काल P तारे के स्पेक्ट्रम में दिखने वाले आवर्ती बदलाव के निरीक्षण से, एवं तारे का द्रव्यमान m_s उसके आण्विक स्पेक्ट्रम के अवलोकन से, अनुमानित किए जा सकते हैं । एक विशेष परिस्थिति में ग्रह अपनी परिक्रमा के दौरान तारे के सामने से गुजरता है जिससे कि हमारे लिए तारे के आंशिक ग्रहण की स्थिति बनती है । ग्रह के परिक्रमा तल का अभिलंब-सदिश तारे को हमसे जोड़ने वाली रेखा से 90 डिग्री के कोण पर है। इस स्थिति में तारे के प्रकाश वक्र में आने वाला बदलाव प्रदत्त चित्र 1 में दर्शाया गया है। यदि $P = 6.1$ दिवस, $m_s = 0.0898 M_\odot$ और $v_s = 1.353$ मी/से हो तो प्रदत्त प्रकाश वक्र की सहायता से ग्रह के कक्षा की त्रिज्या ज्ञात करें । अपने विश्लेषण और तर्कों को स्पष्टता से लिखें। [5]

(c) एल्बिडो गुणांक किसी ग्रह की किरणों को परावर्तित करने की क्षमता बतलाता है। उदाहरण के लिए पृथ्वी का एल्बिडो गुणांक 0.31 है। मान लें कि उपर्युक्त ग्रह का एल्बिडो गुणांक पृथ्वी के समान ही है और इसके वृत्तीय कक्षा की त्रिज्या 0.02925 A.U. है। इसके तारे की त्रिज्या $0.1192 R_\odot$ और तापमान 2566 K है। इस ग्रह के सतह का औसत तापमान ज्ञात करें और पता करें कि इस ग्रह पर पानी द्रव अवस्था में मिल पाएगा या नहीं (जो कि किसी ग्रह पर जीवन के निर्वहन की क्षमता के निर्धारण का एक प्रमुख मापदंड है)। [5]

(d) यदि 3g cm^{-3} से अधिक औसत घनत्व वाले ग्रहों को पथरीला और इससे कम घनत्व वाले ग्रहों को गैसीय माना जा सकता हो, तो पता करें कि यह ग्रह पथरीला है या गैसीय । [2]

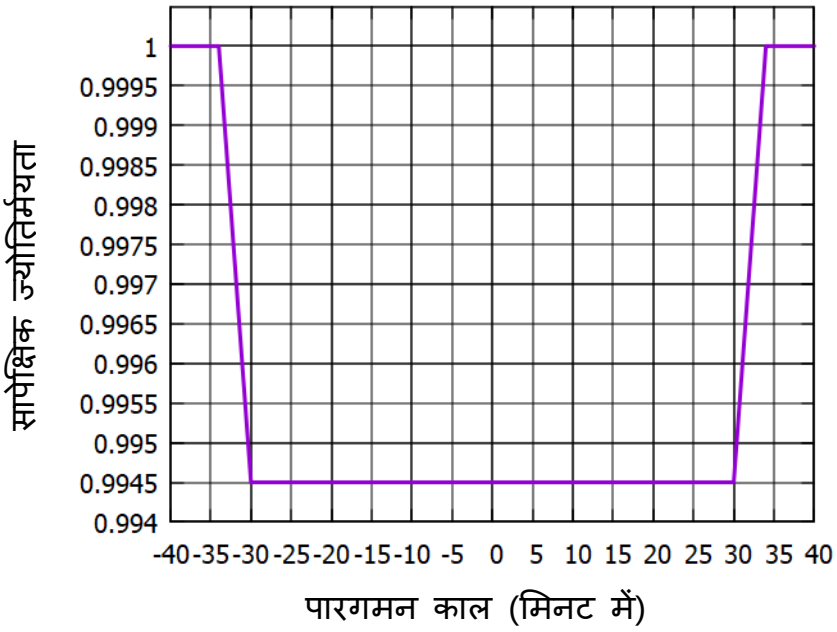


Figure 1: ग्रह का प्रकाश वक्र

प्रश्न 3

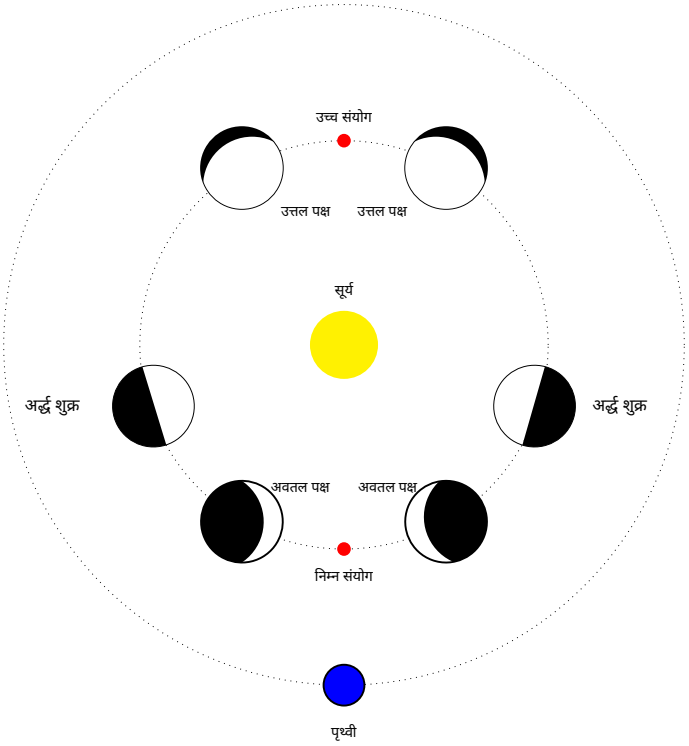
शुक्र ग्रह से आने वाली प्रकाश की ज्योति तीव्रता में इन प्रमुख कारणों से बदलाव आता रहता है (i) शुक्र की सूर्य से दूरी (ii) शुक्र की पृथ्वी पर स्थित किसी प्रेक्षक से दूरी (iii) शुक्र के सतह का सूर्य से प्रकाशित दृश्यमान हिस्सा, एवं (iv) शुक्र के सतह के परावर्तन की क्षमता और उसके अपनी धुरी पर घूर्णन की गति (प्रदत्त चित्र को देखें)।

(a) शुक्र के सतह से परावर्तित हो कर पृथ्वी तक पहुँच रही प्रकाश किरणों की प्रकाश दीप्ति का समीकरण लिखें। आप मान सकते हैं कि शुक्र का सूर्य के परितः परिक्रमा और पृथ्वी का सूर्य के परितः परिक्रमा का तल एक ही है और दोनों ग्रह क्रमशः r और Δ के त्रिज्याओं वाली वृत्तीय कक्षाओं में विचरण करते हैं। शुक्र ग्रह के त्रिज्या की माप a है और पृथ्वी से उसकी दूरी ρ है । पृथ्वी – शुक्र – सूर्य के बीच का कोण ψ है। [5]

(b) राशि ρ को राशियों r, Δ की सहायता से व्यक्त करें और उसकी वह शर्त लिखें जिस पर शुक्र की प्रकाश दीप्ति सर्वाधिक हो जाती हो। [5]

(c) सर्वाधिक ज्योति तीव्रता वाले स्थान पर शुक्र के होने पर आकाश में दिखने वाले इसके डिस्क के प्रकाशित भाग का कलन करें। इस स्थिति में शुक्र का दृश्य आकार उत्तल होगा या अवतल? [2]

(d) शुक्र से आ रही प्रकाश की दीप्ति इसके कलाओं के पूरे चक्र में अधिकतम से न्यूनतम परिमाणों तक केवल 3 के गुणन से ही बदलती है। दूरी और शुक्र के प्रदीप्त हिस्से में भारी बदलाव आने के बावजूद इसके प्रकाश दीप्ति के परिमाण में अधिक बदलाव न देखे जाने की व्याख्या करें। [3]



शुक्र की कलाएँ

(चित्र में प्रदर्शित आकार वास्तविक माप के अनुरूप नहीं हैं)

प्रश्न 4

हमारे सौर मंडल सदृश एक ग्रह प्रणाली में (चित्र 2 को देखें),

प्रश्न में समय की इकाइयाँ पृथ्वी के दिवस और वर्ष के पैमाने पर व्यक्त की गई हैं

- एक ग्रह P है जिसका उपग्रह M है । यह P–M समूह अपने तारे S की परिक्रमा करते हैं ।
- उपग्रह M की कक्षा P के परितः और समूह P–M की कक्षा तारे S के परित: – वृत्ताकार, समतलीय और एक ही परिक्रमा दिशा में हैं।
- P की त्रिज्या 6000 किमी मापी गई है।
- लेज़र विधि के द्वारा ग्रह P और उपग्रह M के बीच की दूरी 4×10^5 किमी तथा तारे S और P–M समूह के बीच की दूरी 150×10^6 किमी मापी गई है ।
- तारे S का कोणीय आकार P–M समूह के द्रव्यमान–केंद्रक से मापे जाने पर तथा उपग्रह M का कोणीय आकार P से मापे जाने पर क्रमशः $30'$ और $31'$ पाये जाते हैं।
- उपग्रह M, 30 दिनों में ग्रह P की एक परिक्रमा पूरी करता है और ग्रह P, 360 दिन में तारे S की एक परिक्रमा पूर्ण करता है ।
- ग्रह P अपनी धुरी पर 25 घंटे में घूर्णन पूर्ण करता है, तथा M का अपनी धुरी पर घूर्णन काल इसकी P के परितः परिक्रमा अवधि के जितना ही है । P और M के घूर्णन की दिशायें एवं उनकी परिक्रमाओं की भी दिशायें समान हैं।

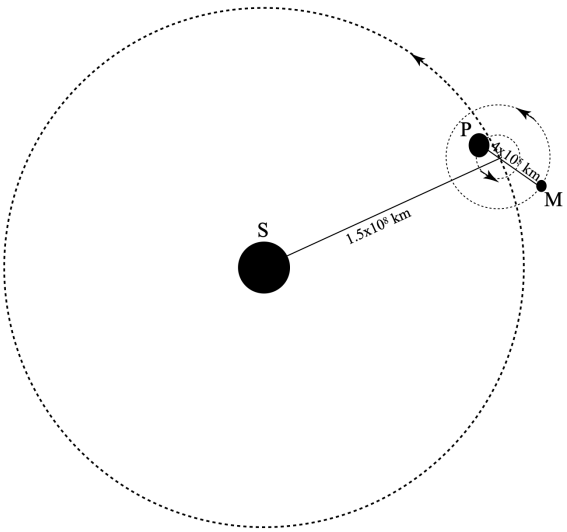


Figure 2: तारे S- ग्रह P- उपग्रह M समूह का चित्रण

उपर्युक्त से निम्नलिखित की गणना करें :

1. तारे S का द्रव्यमान। [2]

2. यदि ग्रह P और उपग्रह M समान पदार्थ से निर्मित हैं और प्रत्येक का घनत्व उनके भीतर समान रूप से वितरित है, तो P और M का द्रव्यमान क्या होगा? [3]

3. क्या P के विषुवत् रेखा से दिखने वाले S के सभी ग्रहण संपूर्ण होंगे ? यदि हाँ, तो पूर्ण ग्रहण की अवधि क्या होगी? [3]

4. जीवाश्म अवलोकन यह इंगित करता है कि 1×10^9 वर्ष पूर्व P 22 घंटे में एक घूर्णन पूरी करता था ! ज्वारीय अंतःक्रिया के फलस्वरूप P के घूर्णन का कोणीय संवेग, ग्रह P-M समूह में हस्तांतरित होता गया है। उपर्युक्त के आधार पर 1×10^9 वर्ष पूर्व M की P के परितः परिक्रमा की अवधि क्या थी? [3]

5. यदि ज्वारीय अंतःक्रिया के फलस्वरूप यह कोणीय संवेग इसी (प्रश्न के पिछले भाग में वर्णित) दर से हस्तांतरित होता चला जाये तो M की वजह से S का ग्रहण (P के विषुवत् रेखा से देखने पर) कब संपूर्ण नहीं रह जाएगा? उस स्थिति में M की परिक्रमा अवधि और P का घूर्णन काल क्या होंगे? [4]

प्रश्न 5

चित्र 3 में प्रदर्शित हट्ज़्रस्प्रंग-रसेल आरेख में तारों की दो आधारभूत विशेषताओं - ज्योतिर्मयता L (प्रति सेकंड उत्सर्जित ऊर्जा - तारे की चमक की एक इकाई) एवं इसके बाहरी सतह के तापमान (क्योंकि बाहर से केवल वही दृष्टिगोचर है) को क्रमशः इसके $y-$ और $x-$अक्षों पर निरूपित किया गया है । हमारे सूर्य की ज्योतिर्मयता $L_{\text{sun}} = 3.826 \times 10^{26}\text{W} = 3.826 \times 10^{33}\text{erg/s}$ है और इसके सतह का तापमान 5770 K है। हट्ज़्रस्प्रंग-रसेल आरेख के एक प्रचलित स्वरूप में $x-$ अक्ष पर तापमान को घटते क्रम में प्रदर्शित किया जाता है (बायें से दाहिने जाने के दौरान)। आरेख में प्रदर्शित सारे संकेत (सफ़ेद बक्से एवं काले पंचकोण) विभिन्न तारों को निरूपित करते हैं । इस आरेख में अधिकांश सितारे एक प्रधान अनुक्रम (मेन सेक्वेंस) के अनुसार वितरित पाये जाते हैं (जो कि दर्शित आरेख के ऊपरी विकर्ण की दिशा में पाये जाने वाले तारों के सघन वितरण से पहचाना जा सकता है)। हम मान सकते हैं कि तारे अपने जीवनकाल के अधिकांश हिस्से में ताप संतुलन की अवस्था में ही रहते हैं। ध्यान दें कि आरेख में तापमान का अक्ष आधार 10 वाले लॉगरिद्मिक पैमाने के अनुसार व्यक्त है और ज्योतिर्मयता को भी सौर ज्योतिर्मयता की इकाई में, आधार 10 के लॉगरिद्मिक पैमाने के ज़रिए परिलक्षित किया गया है।

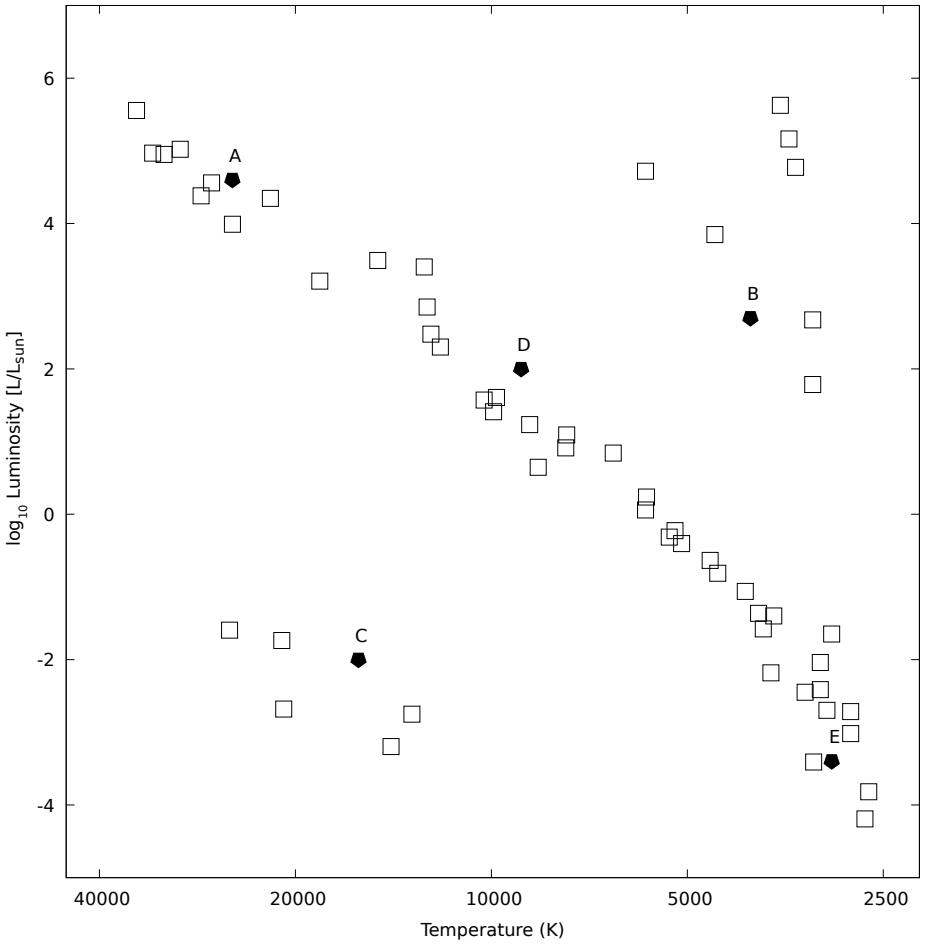


Figure 3: हट्र्ज़स्प्रंग–रसेल आरेख

प्रधान अनुक्रम में पाये जाने वाले सितारों की प्रकृति के निर्धारण में उनके एक और गुण (द्रव्यमान) M की भूमिका उल्लेखनीय है। अधिक द्रव्यमान वाले सितारों की गुरुत्वाकर्षण शक्ति विशाल होती है जिससे कि उनके भीतरी कोर का तापमान अधिक हो जाता है। तारों में नाभिकीय संलयन की प्रक्रिया उनके कोर में ही होती है, अधिक तापमान इस संलयन की प्रक्रिया दर को बढ़ा देता है जिससे कि अधिक नाभिकीय रेडिएशन उत्सर्जित हो कर तारे की ज्योतिर्मयता को बढ़ा देते हैं। किसी तारे की आयु सामान्यतः इसके कोर में निहित हाइड्रोजन के हीलियम में संलयन प्रक्रिया के जारी रहने के दौरान लगने वाले समय से परिभाषित की जाती है, और इतना ही समय तारा प्रधान अनुक्रम के निकट व्यतीत करता है। इस समय का अनुमान, तारे में मौजूद प्रारंभिक हाइड्रोजन की मात्रा (जो कि इसके द्रव्यमान के समानुपाती है) और संलयन प्रक्रिया में इसके कोर में हाइड्रोजन के उपयोग की दर, के ज़रिए लगाया जा सकता है। प्रधान अनुक्रम में स्थित सितारों के लिए $L \propto M^{3.5}$ का नियम मान्य है।

1. चित्र 3 और टेबल 1 में इंगित तारों A, B, C, D, E की त्रिज्याएँ बढ़ते हुए क्रम में सजायें। [5]
2. प्रधान अनुक्रम के सितारे A और E के जीवनकाल को सूर्य के जीवनकाल की तुलना में व्यक्त करें। [2]

Table 1: विभिन्न तारों के गुण

चिन्हित तारा	तापमान (K)	ज्योतिर्मयता (L_{star}/L_{sun})
A	25000	40000
B	4000	500
C	16000	0.01
D	9000	100
E	3000	0.0004

प्रश्न 6

नीचे संलग्न चित्र संख्या 4 को देखिए जिसमें एकसदृश तीन गैसपिंडों को A, B और C से चिन्हित किया गया है। प्रत्येक गैसपिंड से इलेक्ट्रोमैग्नेटिक स्पेक्ट्रम के किसी विशिष्ट रेखा (जिसकी नैसर्गिक आवृत्ति इन पिंडों के सापेक्ष किसी स्थिर फ्रेम में F है) पर निकलने वाली विकिरणों की ज्योतिर्मयता (L), समान है । इन गैस पिंडों A, B, C की कक्षाएँ समकेंद्रीय और वृत्ताकार हैं तथा इनकी परिक्रमा दिशा वामावर्त है । तीनों पिंडों का उनकी संबंधित कक्षाओं में रेखीय वेग V है तथा केंद्र से इनकी कक्षाओं की दूरियाँ क्रमशः R, 2R और 3R है । केंद्र से दूरी 2R वाले एक बिंदु T पर स्थित एक दूरबीन भी वृत्ताकार कक्षा में वामावर्त दिशा में समान रेखीय वेग V से घूम रही है। वृत्तों के केंद्र को O से चिह्नित किया गया है। किसी विशेष क्षण पर $\angle TAO$ =90 डिग्री है और CTOB एक सीधी रेखा में हैं।

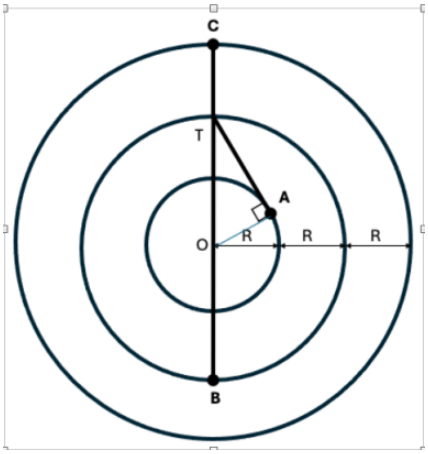


Figure 4: गैस पिंडों की स्थितियों का आरेख

उपर्युक्त विवरण के आधार पर निम्न प्रश्नों के उत्तर बताएँ :

1. गैस पिंड A का दूरबीन T के दृष्टिरेखा की दिशा में वेग क्या है? [4]

2. गैसपिंडों A, B, C से दूरबीन T पर पहुँचने वाली प्रकाश दीप्तियों का अनुपात क्या होगा? [2]

3. किस गैसपिंड से बिंदु T पर पहुँचने वाली विकिरणों में सर्वाधिक डॉप्लर शिफ्ट दिखेगा ? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए। [2]

प्रश्न 7

एक अंतरिक्ष यान सूर्य के परितः 1 A.U. के त्रिज्या वाली वृत्तीय कक्षा में परिक्रमारत है । इस यान ने क्षेत्रफल A के माप वाला एक पैनल (जो कि नौका पाल के समान समझी जा सकती है) को ऐसे तैनात कर दिया है कि इस पैनल का अभिलंब सदिश सूर्य की दिशा में है । पैनल सौर विकिरणों को पूर्णतया परावर्तित कर देने वाली किसी द्रव्य से निर्मित है । ऐसे पैनल वाले एक यान का अधिकतम द्रव्यमान M क्या हो सकता है जो इस प्रक्रिया से सौरमंडल से बाहर निकल जाये ? [5]

प्रश्न 8

एक तारा समदैशिक विकिरणों का उत्सर्जन कर रहा है। यह तारा एक लंबी दूरी r तक हाइड्रोजन गैस के एकसमान वितरित पिंडों से आच्छादित है। इस तारे से निर्गत विकिरण के पिंड समूह से विकीर्णित होने के उपरांत आ रही समानान्तर किरणों को सुदूर स्थित एक प्रेक्षक लेंस की सहायता से एकत्रित कर रहा है, जैसा कि चित्र 5 में दर्शित है। ऐसे गैसपिंड के लोकस का समीकरण निकालिए जो एक तारे से निकलने के उपरांत किरणों के प्रेक्षक तक एक समान देरी से पहुँचने वाली सतह $\tau = R/c$ को दर्शाता है (इसको isodelay सतह भी कहा जाता है)। यह सतह तारे के प्रकाश में आने वाले बदलावों को प्रतिध्वनियों के रूप में दर्शाता है । गणना की सुगमता के लिए मान लीजिए कि गैस पिंडो का वितरण तारे के गिर्द 2-आयाम में है और तारा (x,y)=(0,0) पर स्थित है। [5]

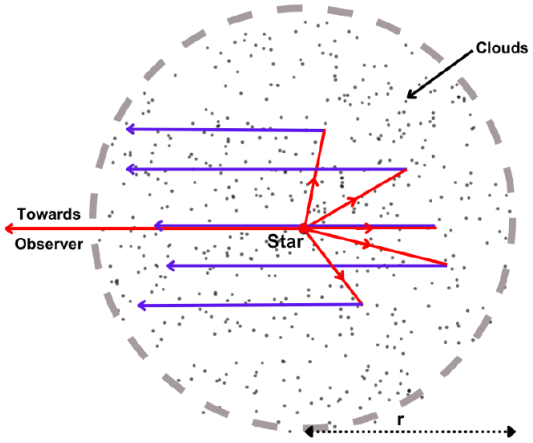


Figure 5: तारा गैस पिंडों से आच्छादित गोले के केंद्र पर है और पिंड के कण तारे के विकिरण को अवशोषित करने के उपरांत प्रेक्षक की दिशा में उत्सर्जित कर देते हैं ।

प्रश्न 9

16 अगस्त 2023 को शुक्ल पक्ष की प्रथमा तिथि थी और 23 अगस्त को अपराह्न 6 बजे (IST) (चन्द्रयान 3 के लैंडिंग का समय) को इस पक्ष का छठा दिन था। इस दिन पृथ्वी से देखने पर चंद्रमा का लगभग 30% भाग प्रदीप्तथा जैसा कि चित्र में प्रदर्शित है । चंद्रमा की कक्षा का तल पृथ्वी के सूर्य के परितः परिक्रमा तल

(जिसे क्रांतिवृत्त भी कहते हैं) से क़रीब 5 डिग्री के कोण पर नत है और इस तल में वह एक अंडाकार कक्षा में विचरण करता है। हालाँकि इस प्रश्न के लिए यह माना जा सकता है कि चन्द्रमा और पृथ्वी की परिक्रमा कक्षायें समतलीय (क्रांतिवृत्त तल में) हैं एवं चंद्रमा की कक्षा वृत्ताकार है।

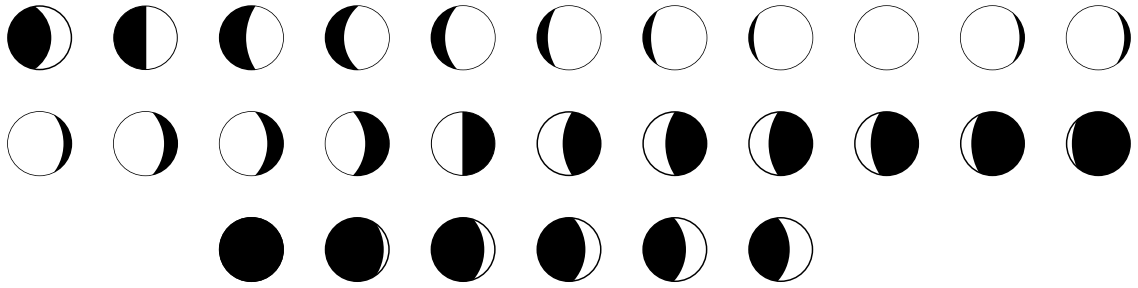
चंद्रमा के प्रकाशित भाग के मध्य में स्थित किसी प्रेक्षक को पृथ्वी का प्रकाशित भाग 23 अगस्त के बाद से नीचे दिये गये विकल्पों में से किस भाँति बदलता प्रतीत होगा (अपने उत्तर की व्याख्या प्रदान करें) ? विकल्पों में प्रतीत होने वाले आकारों में किसी आभासी असमानता को उपेक्षित करें। [5]

(a)

(b)

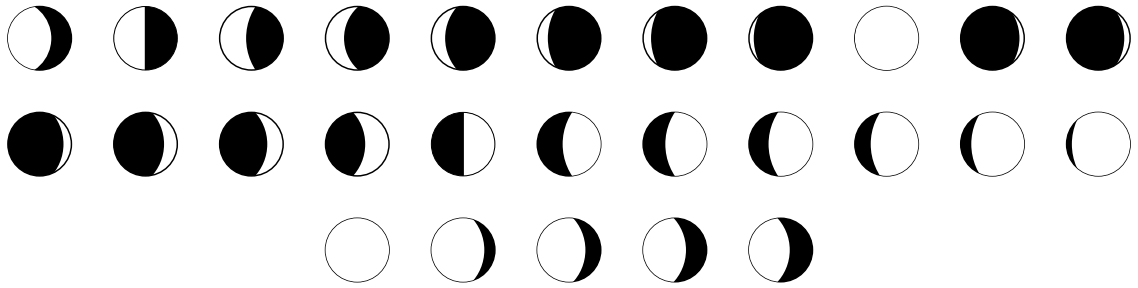
(c)

प्रत्येक 24 घंटे में पृथ्वी की कलाओं का एक पूर्ण चक्र, चंद्रयान की लैंडिंग के समय पर अवतल पक्ष से शुरू हो कर बढ़ते क्रम में



(d)

प्रत्येक 24 घंटे में पृथ्वी की कलाओं का एक पूर्ण चक्र, चंद्रयान की लैंडिंग के समय पर उत्तल पक्ष से शुरू हो कर घटते क्रम में



प्रश्न 10

मान लीजिए कि पृथ्वी गोल है और इसकी त्रिज्या 6400 किमी है। एक्विनॉक्स के समय (जब सौर डिस्क का केंद्र शून्य डिग्री के अवनत कोण (declination) पर होता है) एक प्रेक्षक उत्तरी ध्रुव पर कैमरा युक्त ड्रोन लिए खड़ा है। प्रेक्षक पूर्ण सौर-डिस्क को देखना चाहता है जिसका कोणीय आकार 0.009 रेडियन है। ड्रोन को ध्रुव

की सतह से न्यूनतम कितनी ऊँचाई तक जाना होगा कि वह पूर्ण सौर-डिस्क देख सके। गणना के लिए यह मान सकते हैं कि स्थानीय क्षितिज में कोई बाधा (पेड़, मकान इत्यादि) नहीं है और सूर्य की किरणें समानांतर हैं। वायुमण्डलीय अपवर्तन से होने वाले प्रकाश की किरणों के दिशा-विचलन को भी नगण्य मानें। [5]

प्रश्न 11

तीव्र प्रकाश का एक स्रोत एक गोल श्वेत वामन तारे की सतह के अत्यंत समीप वृत्तीय कक्षा में परिक्रमारत है। पिंड के परिक्रमा का अक्ष इस वामन तारे से हमारे दृष्टिरेखा के लंबवत् है। पृथ्वी पर स्थित एक प्रेक्षक को प्रति 8 सेकेंडों में उस स्रोत से प्रकाश की किरणें प्राप्त होती हैं। ऐसे वामन तारे के घनत्व की गणना कीजिए। [5]

प्रश्न 12

अति सघन और स्थिर पिंडों (जैसे श्वेत वामन या न्यूट्रान तारे) में से निकलने वाले प्रकाश कणों को उनकी अत्यंत तीव्र गुरुत्वाकर्षण शक्ति का सामना करना पड़ता है जिसके फलस्वरूप कणों की तरंग ऊर्जा (E) में बदलाव आ जाता है (सामान्यतः इसको गुरुत्वाकर्षण जनित रेड शिफ़्ट या लाल विचलन कहते हैं)। प्रकाश के कणों पर गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव के अनुमान के लिए प्रकाश के कण के प्रभावी-द्रव्यमान m को $E = mc^2$ के संबंध से ज्ञात किया जा सकता है। इस प्रभाव के फलस्वरूप सीरियस B (द्रव्यमान M=1$M_\odot$, त्रिज्या R = 0.008$R_\odot$) जो कि एक श्वेत वामन है, से निकलने वाले प्रकाश के कण की आवृत्ति में किसी सुदूर प्रेक्षक द्वारा मापे जाने पर मिलने वाले अनुपातिक बदलाव की गणना कीजिए। इस कलन के लिए न्यूटन के गुरुत्वाकर्षण का नियम मान्य समझा जा सकता है। [5]