2024 BDOAA

Bangladesh Olympiad on Astronomy and Astrophysics

National Round 2024

22 March 2024

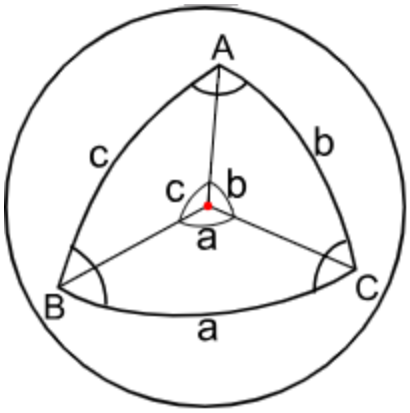
Instructions for the Candidate - পরীক্ষার্থীদের জন্য নির্দেশনা:

- For all questions, the process involved in arriving at the solution is more important than the answer itself. Valid assumptions / approximations are perfectly acceptable. Please write your method clearly, explicitly stating all reasoning.
  প্রতিটি প্রশ্নের জন্যই উত্তরের চেয়ে সমাধানের প্রক্রিয়া বেশি গুরুত্বপূর্ণ। যুক্তিপূর্ণ অনুমান/অ্যাপ্রক্সিমেশন পুরোপুরিভাবে গ্রহণযোগ্য। সমাধানের বিশদ ও স্পষ্ট ব্যাখ্যা আমাদের প্রত্যাশিত।
- Be sure to calculate the final answer in the appropriate units asked in the question.
  চূড়ান্ত উত্তর প্রশ্ন অনুযায়ী সঠিক এককে গ্রহণযোগ্য।
- Non-programmable scientific calculators are allowed.
  নন প্রোগ্রামেবল সায়েন্টিফিক ক্যালকুলেটর গ্রহণযোগ্য।
- The mark distribution is shown in the [ ] at the right corner for every question.
  প্রতিটি প্রশ্নের শেষে [ ] বন্ধনীতে নম্বর বন্টন দেয়া আছে।
- The exam duration is **2 hour**.
  পরীক্ষার সময় **২ ঘন্টা**।

নাম (বাংলায়):	মোবাইল নং:
নাম (In English):	
শ্রেণি (২০২৪ সাল):	জন্মতারিখ (dd/mm/yy):
প্রতিষ্ঠান:	

Constants and Formulas

Mass of the Sun	$M_\odot$	$\approx$	$1.989 \times 10^{30}\,\text{kg}$
Mass of the Earth	$M_\oplus$	$\approx$	$5.972 \times 10^{24}\,\text{kg}$
Radius of the Moon	$R_\leftmoon$	$\approx$	$1.7374 \times 10^{6}\,\text{m}$
Radius of the Earth	$R_\oplus$	$\approx$	$6.371 \times 10^{6}\,\text{m}$
Radius of the Sun	$R_\odot$	$\approx$	$6.955 \times 10^{8}\,\text{m}$
Speed of light	c	$\approx$	$2.99 \times 10^{8}\,\text{m}$
Astronomical Unit(AU)	$a_\oplus$	$\approx$	$1.496 \times 10^{11}\,\text{m}$
Distance of Earth to Moon	$a_\leftmoon$	$\approx$	$3.78 \times 10^{8}\,\text{m}$
Solar Luminosity	$L_\odot$	$\approx$	$3.826 \times 10^{26}\,\text{W}$
Moon's apparent magnitude	$m_\leftmoon$	$=$	-12.7^m
Gravitational Constant	G	$\approx$	$6.674 \times 10^{-11}\,\text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$
1 parsec	$1\,pc$	$=$	$3.986 \times 10^{16}\,\text{m}$
Stefan's constant	σ	$=$	$5.670 \times 10^{-8}\,\text{Wm}^2\text{K}^{-4}$
Boltzmann constant	k_B	$\approx$	$1.38 \times 10^{-23}\ \text{J/K}$
Pogson's law	$m_1 - m_2$	$=$	$-2.5 \log \dfrac{F_1}{F_2}$
Spherical law of cosine	$\cos c$	$=$	$\cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$



Idea 1: N সংখ্যক পদের সমষ্টিকে লেখা হয়,

$$n_1 + n_2 + n_3 + ... + n_N = \sum_{i=1}^{N} n_i$$

এখানে '$i = 1$' বুঝায় যে ধারার প্রথম পদ কোনটি যা থেকে যোগ করা শুরু হবে যা এক্ষেত্রে ১ এবং N তম পদের সমষ্টি।

১. Despawning the moonlight!

Bayezid has come up with an evil plan to set up a giant lens at an appropriate place between the Earth and the Moon to reduce the flux of light falling on all points on the Earth. He placed the lens 326400 km from Earth's center which is Earth-Moon L_1 point.
বায়োজিদের মাথায় শয়তানি বুদ্ধি আসল যে সে চাঁদ এবং পৃথিবীর মাঝে একটি বিরাট লেন্স রাখবে যেন সে পৃথিবীতে আপতিত চাঁদের আলো কমিয়ে দিতে পারে। সে পৃথিবী থেকে ৩২৬৮০০ কিমি দূরে পৃথিবী-চাঁদের ১নং ল্যাগ্রাঞ্জ বিন্দুতে লেন্সটি স্থাপন করল।

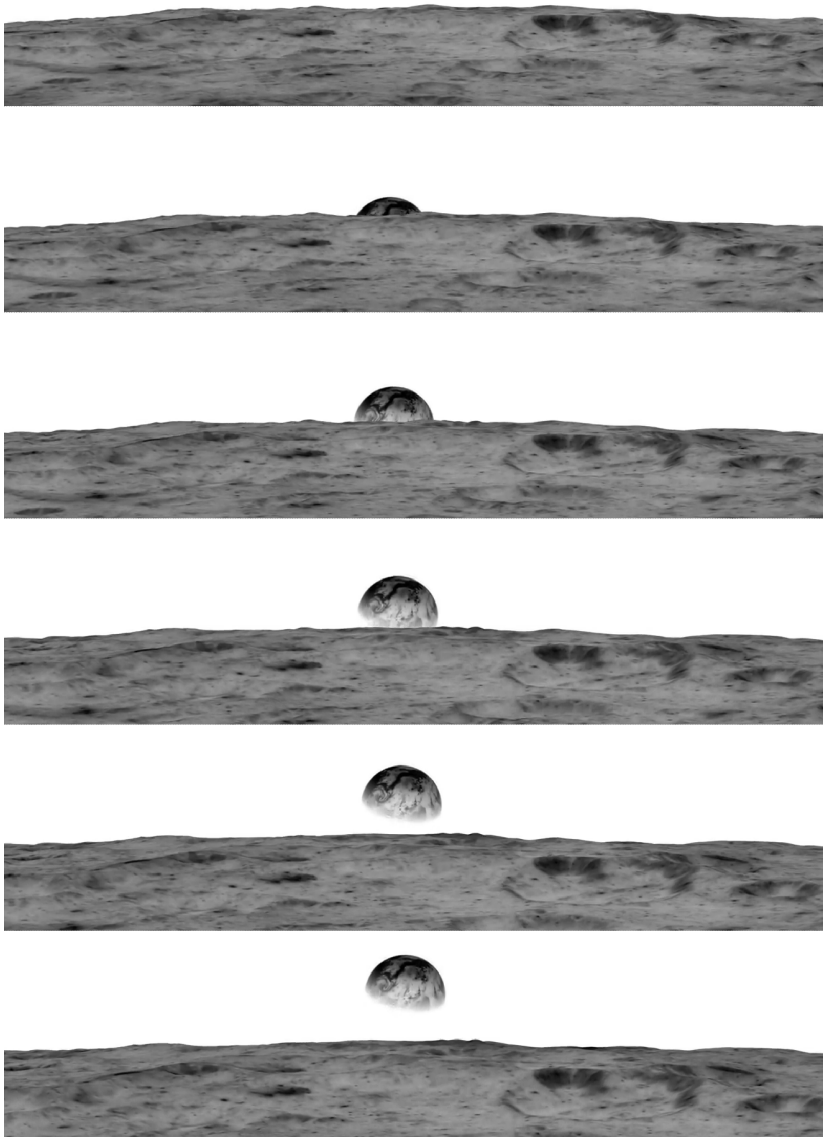
(a) What type of lens should be used for this purpose?
এই কাজের জন্য কি ধরণের লেন্স ব্যবহার করা উচিত?

(b) What should be the minimum diameter of this lens?
এই লেন্সের সর্বনিম্ন ব্যাস কত হতে হবে?

(c) Assuming that he wants to reduce the magnitude of the Moon by 2^m, what should be the focal length of this lens?
যদি বায়োজিদ চাঁদের ঔজ্জ্বল্য ২ মাত্রায় বৃদ্ধি করতে চায় তাহলে এই লেন্সের ফোকাল দূরত্ব কত হবে?

২. Moon Again

The series of photographs of the Earth below were taken by a spacecraft moving in a circular orbit around the Moon. It is known that the time interval between adjacent images is 8 seconds. We can assume that the mass of the Moon is 81 times less than the mass of the Earth, and its diameter is 4 times less than the diameter of the Earth.: নিচে যে ক্রমিক ছবি দেখতে পাচ্ছো তাহল পৃথিবীর, যা এমন একটি মহাকাশযান থেকে তোলা হয়েছে যা বৃত্তাকার কক্ষপথে চাঁদকে আবর্তন করছে। প্রত্যেকটি ছবি ৮ সেকেন্ড পরপর তোলা হয়েছে। আমারা ধরে নিতে পারি চাঁদের পৃথিবীর ভরের ৮১ ভাগের একভাগ এবং ব্যাসার্ধ ৪ ভাগের একভাগ।



(a) What is the circulation period of the spacecraft? মহাকাশযানের আবর্তনকাল কত?

(b) Estimate at what altitude above the surface of the Moon the spacecraft flew. চাঁদের পৃষ্ঠ থেকে মহাকাশযানের উচ্চতায় আবর্তন করছে।

৩. জ্যোতির্বিজ্ঞানে সব ধাতু!

In this question, we'll try to understand the chemical composition of stars. But before that, we need to introduce some notations. For ideal gases we know,
তারার রাসায়নিক গঠন বুঝতে চেষ্টা করব আমরা এই প্রশ্নের মাধ্যমে। এটা করতে আমাদের কিছু নতুন নোটেশন শেখা লাগবে। আমরা জানি, আদর্শ গ্যাসের চাপকে প্রকাশ করা যায়,

$$P = \left(\sum_{i=1}^{N} n_i\right) k_B T.$$

We can write this equivalently in terms of the mass fraction and mass. If we let $\mathcal{A}_i m_H$ be the mass per particle of species i (where mass of proton $m_H = m_p = 1.67 \times 10^{-24}$) and X_i be the fraction of the mass at a given point that comes from species i, then, as before, we have
এটাকে আমরা ভর-ভগ্নাংশ আকারেও প্রকাশ করতে পারি। আমরা ধরি, $\mathcal{A}_i$ হচ্ছে i কণার জন্য গ্যাসের আণবিক সংখ্যা। তাহলে সেই মৌলের গ্যাসের অণুর ভর $\mathcal{A}_i m_H$ যেখানে $m_H = m_p = 1.67 \times 10^{-24}$ হল প্রোটনের ভর। ধরি, X_i হচ্ছে একটা নির্দিষ্ট সময়ে যে ভর ভগ্নাংশ পাওয়া যায় কোনো মৌল থেকে। তাহলে,

$$n_i = \frac{X_i}{\mathcal{A}_i m_H}\rho; \quad \rho = \text{mass density of mixture}$$

Now, we can express pressure as: সুতরাং এখন চাপকে লেখা যাবে,

$$P = \frac{\rho k_B T}{m_H}\left(\sum_{i=1}^{N} \frac{X_i}{\mathcal{A}_i}\right)$$

For our simplification we define: আমাদের সুবিধার্থে আমরা সংজ্ঞায়িত করি,

$$\frac{1}{\mu} = \sum_{i=1}^{N} \frac{X_i}{\mathcal{A}_i},$$

Where we call μ as Mean Molecular Mass in terms of mass of hydrogen. Remember that, if an Astronomer uses Mean Molecular Mass then the units of molecular mass is in amu (m_u). We define amu as atomic mass of Carbon-12, $m(^{12}C) = 12$ amu. Now the pressure of ion as ideal gas,
যেখানে μ কে আমরা বলব গড় আণবিক ভর (হাইড্রোজেনের ভর এককে)। খেয়াল রাখবে, যদি জ্যোতির্বিজ্ঞানীরা কোনোকিছুর জন্য *গড় আণবিক ভর (Mean Molecular Weight)* ব্যবহার করে তারা আণবিক ভর এককে amu (m_u) সেই বস্তুর ভর বুঝায়। যেখানে, amu কে এমনভাবে সংজ্ঞায়িত করা হয়েছে যেন কার্বন-১২ আইসোটোপের ভর $m(^{12}C) = 12$ amu হয়। তাহলে আমাদের আদর্শ গ্যাসের আয়নের চাপ,

$$\boxed{P_{\rm I} = n_I k_B T = \frac{\rho k_B T}{m_H \mu_I}}$$

When we measure pressure for ions we write μ_I. Similarly, if we had to calculate the pressure for electrons more calculation is needed. We suppose now electron acts as ideal gas $P_e = n_e k_B T$ where n_e is the electron number density. To calculate n_e we need to know what is the ionization condition of stellar interiors. We have 2 conditions, if the matter inside the star is cold enough then there will be no ionized particle, so no free electron is found consequently n_e and P_e both are zero. But we know inside a star the temperature of star makes every particle ionized. Here a species 'i' can have $\mathcal{Z}_i$ electron charges which will create enough pressure. Then the number density–
যদি আমরা শুধু আয়নের জন্য চাপ মাপি তখন লিখব μ_I। একই ভাবে আমাদের যদি ইলেকট্রনের জন্য চাপ বের করতে হয় তাহলে আরো কাজ করা লাগবে। ধরি আপাতত যে ইলেকট্রন (Charge) নিজেও আদর্শ গ্যাসের মত ব্যবহার করে, $P_e = n_e k_B T$। এখন n_e হচ্ছে ইলেকট্রনের সংখ্যা ঘনত্ব যা বের করতে আমাদের জানা লাগবে তারার অভ্যন্তরে গ্যাসের আয়নীকরণ অবস্থা কেমন। এই মুহূর্তে আমরা ২ টা অবস্থার কথা ভাবতে পারি, যদি নাক্ষত্রিক পদার্থগুলো এতোই ঠাণ্ডা হয় যে একটিও অণু আয়নিত হয়ে নাই তাহলে সেখানে কোনো ফ্রি-ইলেকট্রন

পাওয়া যাবে না সেখানে n_e এবং P_e উভয়ে শূন্য। কিন্তু আমরা জানি নক্ষত্রের ভিতরে যে তাপের সৃষ্টি হয় তা সব গ্যাসকে আয়নিত করে ফেলে। তখন একটি মৌল 'i' থেকে $\mathcal{Z}_i$ ইলেকট্রন (Charge) পাওয়া যাবে যা চাপে অবদান রাখবে। তাহলে এখন ইলেকট্রনের সংখ্যা ঘনত্ব–

$$n_e = \sum_i \mathcal{Z}_i n_i = \frac{\rho}{m_H} \sum_i X_i \frac{\mathcal{Z}_i}{\mathcal{A}_i}$$

Similarly: একইভাবে,

$$\frac{1}{\mu_e} = \sum_i X_i \frac{\mathcal{Z}_i}{\mathcal{A}_i}$$

So pressure of electrons (সুতরাং ইলেকট্রনের চাপ)

$$\boxed{P_e = n_e k_B T = \frac{\rho k_B T}{m_H \mu_e}}$$

(a) Express the total pressure in terms of Mean Molecular Weight. [2]
আদর্শ গ্যাসের মোট চাপকে গড় আণবিক ভরের সাহায্যে প্রকাশ কর।

(b) What is the μ_{total} for fully ionized ideal gas? [2]
সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় আদর্শ গ্যাসের জন্য μ_{total} কত?

In Astronomy the mass fraction has been categorized into 3 types: জ্যোতির্বিজ্ঞানে এই গড় আণবিক ভরকে ভর ভগ্নাংশে (Mass fraction) প্রকাশ করে যেখানে তিন ধরণের ভর ভগ্নাংশকে সংজ্ঞায়িত করা হয়েছে!

- X হাইড্রোজেনের ভর ভগ্নাংশ = মোট হাইড্রোজেনের ভর / মোট গ্যাসের ভর,
- Y হিলিয়ামের ভর ভগ্নাংশ = মোট হিলিয়ামের ভর / মোট গ্যাসের ভর,
- Z ধাতুর ভর ভগ্নাংশ = মোট ধাতুর ভর / মোট গ্যাসের ভর

In astronomical context we call anything other than hydrogen or helium metals. Here the chemists and astronomers will have a heated argument! It is clear that $X + Y + Z = 1$. For the Sun, X = 0.707, Y = 0.274, and $Z = 1 - X - Y = 0.019$. For neutral gas $Z = 0$.
জ্যোতির্বিজ্ঞানে আমরা হাইড্রোজেন এবং হিলিয়াম ছাড়া সকল মৌলকে ধাতু বলি। এখানেই জ্যোতির্বিজ্ঞানীদের সাথে রসায়নবিদরা ঝগড়া করবে! বুঝায় যাচ্ছে, $X + Y + Z = 1$ হবে। সূর্যের জন্য: $X = 0.707$, $Y = 0.274$, এবং $Z = 1 - X - Y = 0.019$। নিরপেক্ষ গাসে (neutral gas) এর ক্ষেত্রে $Z = 0$।

- For Hydrogen (হাইড্রোজেনের জন্যে),

$$\mathcal{Z}_i = 1,\ \mathcal{A}_i = 1 \Rightarrow \frac{X_i(\mathcal{Z}_i + 1)}{\mathcal{A}_i} = 2X_i$$

- For Helium (হিলিয়ামের জন্যে),

$$\mathcal{Z}_i = 2,\ \mathcal{A}_i = 4 \Rightarrow \frac{Y_i(\mathcal{Z}_i + 1)}{\mathcal{A}_i} = \frac{3}{4}Y_i$$

- For Metals we can assume the number protons and neutrons are the same (ধাতুর জন্যে Metallicity[১] ধরে নেওয়া যায় প্রোটন এবং নিউট্রনের সংখ্যা একই,)

$$Z = \sum_{\text{metals}} X_i = \sum_{\text{metals}} \frac{Z_i(\mathcal{Z}_i + 1)}{\mathcal{A}_i} \approx \frac{Z_i}{2}$$

(c) In fully ionized ion particles what is μ_I inside sun? [3]
সূর্যের অভ্যন্তরে সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় নাক্ষত্রিক গ্যাসের জন্য আয়নের μ_I কত?

(d) Express μ_e in terms of X inside stellar interior. Here the contribution due to metals are negligible. তারার অভ্যন্তরের জন্য μ_e কে শুধু X এর সাহায্যে প্রকাশ কর। এখানে ধাতুর প্রভাব নেই বললেও চলে। [3]

[১]ধাতুর মৌল ভগ্নাংশ Z এর সাথে i মৌলের জন্য আণবিক সংখ্যা $\mathcal{Z}_i$ গুলিয়ে ফেল না!

8. 780 দিনের পর্যবেক্ষণ

Adnan, an astrophotographer has been taking astronomical images of several objects over the past 780 days with each observation session separated by 20 days. আদনান একজন অ্যাস্ট্রোফটোগ্রাফার যে গত ৭৮০ দিন ধরে প্রতি ২০ দিন অন্তরে আকাশের বিভিন্ন জ্যোতিষ্কের ছবি তুলে রেখেছে।

During these sessions, he has meticulously kept track of the positions of two planets relative to the Sun ($\odot$); these records are shown in Table where Observation period is in days. Unfortunately, he has lost the accompanying notes and now cannot determine which planet corresponds to the planet in his observation log. প্রতিটি সেশনে, সে খুব যত্ন সহকারে সূর্য ($\odot$) সাপেক্ষে ২ টি গ্রহের অবস্থানের রেকর্ড রেখেছে যা টেবিল দেখানো হয়েছে। কিন্তু সে ভুলে বাকি নোট হারিয়ে ফেলেছে এখন সে জানে না কোন পর্যবেক্ষণ লগ কোন গ্রহের জন্য।

Days	**Planet 1** $\frac{RA - RA_\odot}{h}$	**Planet 2** $\frac{RA - RA_\odot}{h}$	Days	**Planet 1** $\frac{RA - RA_\odot}{h}$	**Planet 2** $\frac{RA - RA_\odot}{h}$
0	-1.35389	1.52806	400	-2.65472	-8.11694
20	-0.95917	1.15556	420	-3.00139	-9.2925
40	-0.57028	0.82472	440	-2.94778	-10.7317
60	-0.23056	0.53278	460	-2.78056	-12.40722
80	0.00753	0.25861	480	-2.62861	-14.06644
100	0.39139	-0.02417	500	-2.50944	-15.49467
120	0.7375	-0.32167	520	-2.36944	-16.67611
140	1.15194	-0.67444	540	-2.13028	-17.64889
160	1.55694	-1.05694	560	-1.75861	-18.42644
180	1.87583	-1.43944	580	-1.31	-19.01389
200	2.0975	-1.79556	600	-0.87722	-19.42944
220	2.27639	-2.12194	620	-0.5075	-19.70922
240	2.4775	-2.44222	640	-0.18917	-19.90856
260	2.74194	-2.79361	660	0.11917	-20.09754
280	3.05333	-3.22	680	0.45667	-20.34467
300	3.29028	-3.76	700	0.825	-20.68967
320	3.21556	-4.43694	720	1.16889	-21.11689
340	2.50194	-5.24556	740	1.43722	-21.565
360	0.76944	-6.14472	760	1.645	-21.97611
380	-1.43	-7.09917	780	1.85194	-22.32811

(a) A fellow astronomer, Adiba suggests the use of a Dobsonian as she used this type of telescope in IOAA 2023. Explain why this is bad advice in astrophotography, and suggest an alternative type of telescope that would be suitable for astrophotography. [2]
আরেকজন সহকারী জ্যোতির্বিদ, আদিবা মতামত দিলে যে এই পর্যবেক্ষণের জন্য ডেবসোনিয়ান টেলিস্কোপ ব্যবহার করা যেতে পারে কারণ সে 2023 সালের IOAA প্রতিযোগিতায় এটি ব্যবহার করেছিল। এটা কেন অ্যাস্ট্রোফটোগ্রাফির জন্য খারাপ উপদেশ এবং আরেক ধরণের টেলিস্কোপ সম্পর্কে জানাও যা এক্ষেত্রে উত্তম হবে।

(b) Oyon claims that $RA - RA_\odot$, in hours, measures how many hours the planet can be seen after

sunset. Is this true? [3]
অয়ন বলল $RA - RA_{\odot}$ কে ঘন্টা (h) এককে প্রকাশ করা হয়েছে এবং এটা দিয়ে সূর্যাস্তের পর কত ঘন্টা পর্যন্ত গ্রহ ২ টিকে আকাশে দেখা যায় তা মাপা হয়েছে। এটা কি সত্য?

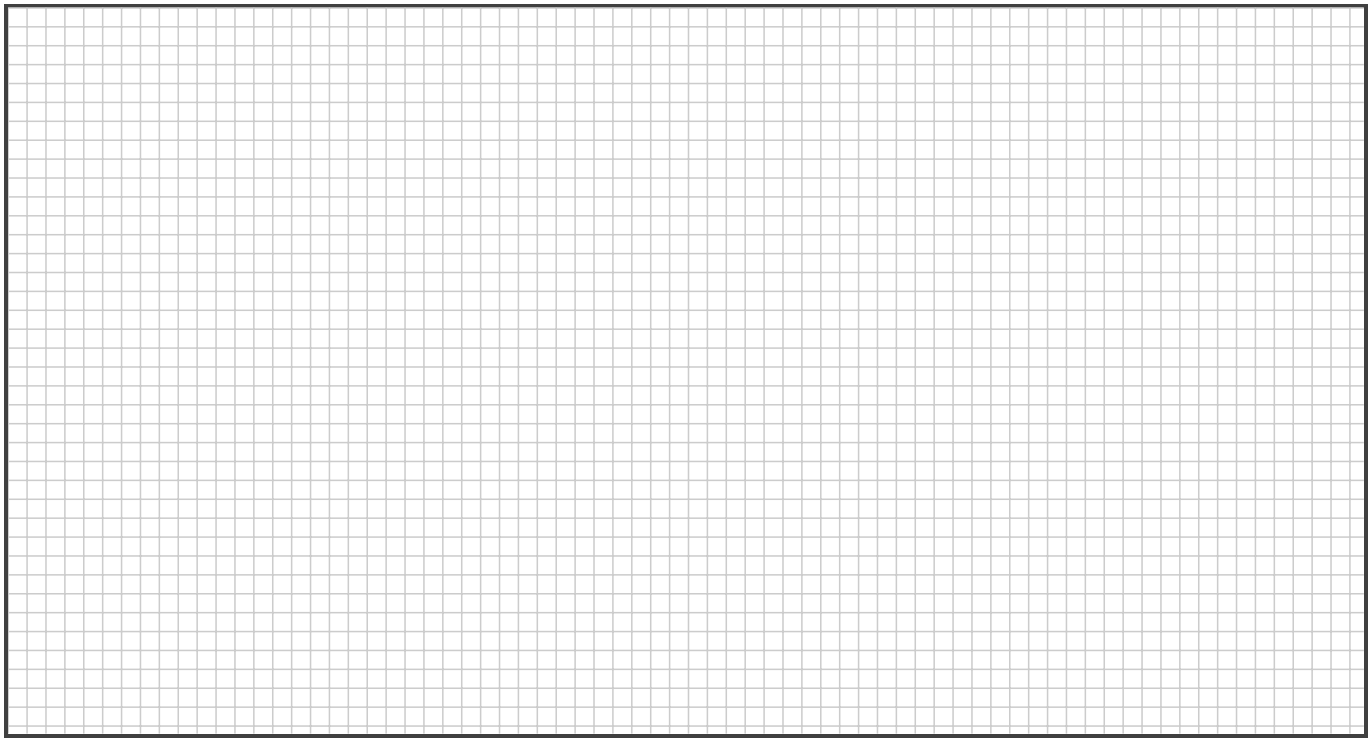
(c) In astronomy, synodic period is time interval when 3 astronomical body (i.e Sun, Planet, and Earth) aligns in their orbit. Hence or otherwise, derive a formula for the synodic period of a (superior or inferior) planet relative to Earth. [4]
জ্যোতির্বিজ্ঞানে পৃথিবী এবং সূর্য সাপেক্ষে একটি জ্যোতিষ্কের একই অবস্থানে ফিরে আসার সময় এক্ষেত্রে ২ টি গ্রহসংযোগের মধ্যেকার সময়কে বলবে যুতিকাল। যেকোনো (অন্তঃস্থ বা বহিঃস্থ) গ্রহের জন্য পৃথিবী সাপেক্ষে যুতিকাল নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন কর।

(d) For each planet, plot $RA - RA_{\odot}$ over time. Hence or otherwise, estimate the synodic period for each planet. Also, find the observation period(s) when each planet reaches greatest elongation(s), $\measuredangle SEP_{max}$. [3+3]
প্রতিটি গ্রহের জন্য সময় সাপেক্ষে $RA - RA_{\odot}$ এর গ্রাফ আঁক। গ্রাফের সাহায্যে বের কর কখন গ্রহ ২ টি প্রতান কোণ (elongation) সর্বোচ্চ $\measuredangle SEP_{max}$ হবে।

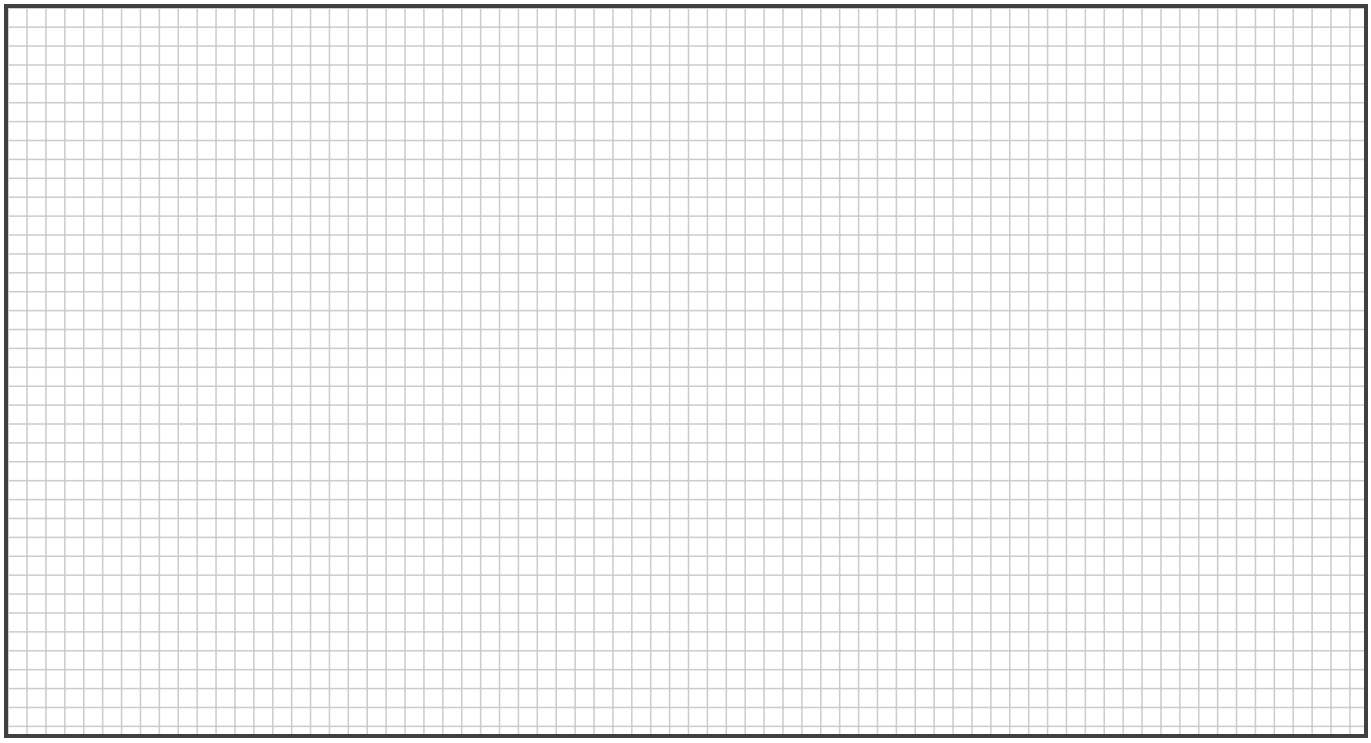
(e) Which planets in our solar system are likely to correspond to Planet 1 and Planet 2? Justify your answer. [2]
আমাদের সৌরজগতের কোন ২ টি গ্রহ আসলে Planet 1 এবং Planet 2 হতে পারে। তোমার যুক্তি দেখাও।

Try to plot the solution of question ***(d)*** *here*

Planet 1



Planet 2



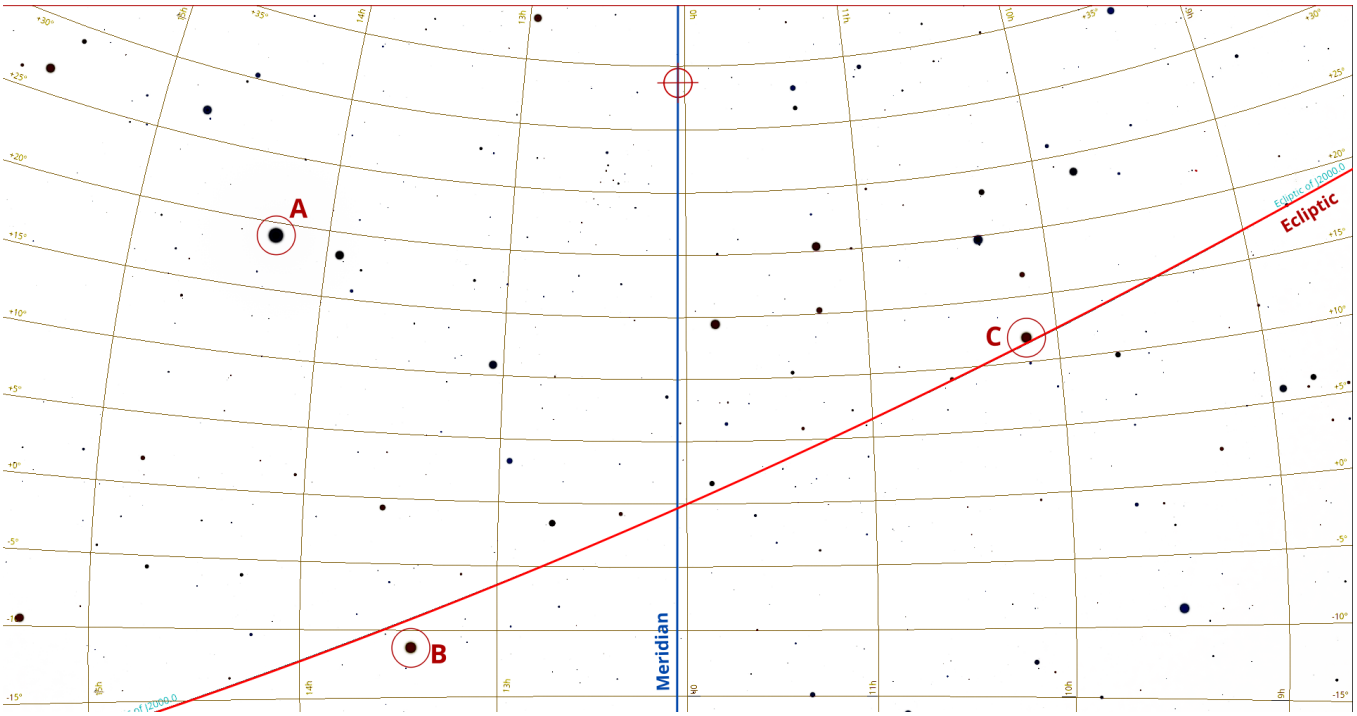
৫. Butch Cat is Lost Again

Butch cat is lost in a desert and wants to find his way back to the city. He communicated with the local rescue team head, Tom & Jerry and they tracked his current GPS location, but due to the lack of rescue helicopters, they cannot send a rescue team before 14th of April. However, Butch has to be at the same place where his now when the rescue team arrives. Since he doesn't have any GPS device or a watch, only the sky observation can help him in this situation.

বুচ ক্যাট মরুভূমিতে হারিয়ে গেছে এখন সে শহরে ফেরত যেতে চায়। সে কোনো ভাবে রেস্কিউ দলের প্রধান টম ও জেরির সাথে যোগাযোগ করেছে এবং তারা বুচের বর্তমান অবস্থান জিপিসের সাহায্যে বেরও করেছে। কিন্তু হেলিকপ্টারের কমতির কারণে তারা ১৪ই এপ্রিলের আগে রেস্কিউ দলকে পাঠাতে পারছে না। বুচকে অবশ্যই ততদিন তার বর্তমান অবস্থানেই থাকা লাগবে। যেহেতু তার কাছে কোনো জিপিএস ডিভাইস বা ঘড়ি নেই এমতাবস্থায় শুধু আকাশ পর্যবেক্ষণ তাকে সাহায্য করতে পারবে।

This is the sky map at local solar midnight on the observation date. The crosshair ($\oplus$) on the sky map indicates the Zenith. The inclined line represents the ecliptic and the vertical line going through the zenith represents the local meridian. The near-rectangular tiled grid on the sky is that of the equatorial coordinate system (α and δ).

এটা একটা তারাচিত্র যা পর্যবেক্ষণের ঠিক মধ্যরাতের আকাশ প্রদর্শন করে। যোগচিহ্ন ($\oplus$) সেই আকাশের সুবিন্দু নির্দেশ করে। বাঁকা রেখাটি সৌরপথ এবং সোজা রেখাটি যা সুবিন্দু দিয়ে গেছে তা হচ্ছে সেই অবস্থানের মধ্যরেখা। প্রায় চতুর্ভূজাকার ছক ঘরটি খ-বিষুবীয় স্থানাংক ব্যবস্থা (α এবং δ) নির্দেশ করে।



Only answer question-(a) on the map.
শুধু (a) এর উত্তর তারাচিত্রে এঁকে দেখাও।

(a) Draw the outlines of the two zodiac constellations that are visible in the sky map. [2]
দুইটি রাশিমণ্ডল যা তারাচিত্রে দেখা যাচ্ছে তাদের আঁকার আঁকাও।

(b) Name the circled stars and estimate their equatorial coordinates (α, δ). [4.5]
বৃত্তাকারে চিহ্নিত তারাগুলোর নাম কি এবং তাদের বিষুবীয় স্থানাংক বের কর।

(c) (i) Estimate the date of the observation. [2]
পর্যবেক্ষণের তারিখ বের কর।
Hint: On which constellation is the Sun located on the date? Remember that during the winter solstice, $\alpha_\odot = 18^h$ and during the summer solstice $\alpha_\odot = 6^h$.
খেয়াল কর, কোন তারামণ্ডলে বর্তমানে সূর্য অবস্থিত। মনে রাখবে, মকর সংক্রান্তির (winter solstice) জন্য $\alpha_\odot = 18^h$ এবং কর্কট ক্রান্তির (summer solstice) সময়ে $\alpha_\odot = 6^h$

(ii) How long does Butch have to wait for the rescue team? [0.5]
বুচকে রেস্কিউ দলের জন্য কতক্ষণ অপেক্ষা করা লাগবে?

(d) Before the rescue team arrives, Butch has to be at the same place where he is now. Estimate the latitude (ϕ) of your current location. [1]
রেস্কিউ দল আসা পর্যন্ত বুচকে একই স্থানে থাকা লাগবে। সে স্থানের অক্ষাংশ (ϕ) কত?
Hint: The Declication of Polaris is $\delta = 90^\circ$.
ধ্রুবতারার বিষুবলম্ব $\delta = 90^\circ$।