

5th Bangladesh Olympiad on Astronomy and Astrophysics

First Round 2022- Set A

March 10, 2022

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 **1 hour** and you'll have extra **15 minutes** to compile the answers and submit the PDF into the designated portal.
পরীক্ষার সময় **১ ঘন্টা**, উত্তরপত্র পিডিএফ বানানো এবং জমা দেয়ার সময়কাল **১৫ মিনিট**।

Useful Constants and Formulas

Mass of the Sun	M_{\odot}	\approx	1.989×10^{30} kg
Mass of the Earth	M_{\oplus}	\approx	5.972×10^{24} kg
Mass of the Moon	M_{ζ}	\approx	7.347×10^{22} kg
Radius of the Earth	R_{\oplus}	\approx	6.371×10^6 m
Radius of the Sun	R_{\odot}	\approx	6.955×10^8 m
Speed of light	c	\approx	2.99×10^8 m
Astronomical Unit(AU)	a_{\oplus}	\approx	1.496×10^{11} m
Solar Luminosity	L_{\odot}	\approx	3.826×10^{26} W
Gravitational Constant	G	\approx	6.674×10^{-11} Nm ² kg ⁻²
1 parsec	$1 pc$	$=$	3.986×10^{16} m
Stefan's constant	σ	$=$	5.670×10^{-8} Wm ² K ⁻⁴

১. MCQ

Answer the following multiple choice questions. Each question contains **1 mark**.

নিচের বহু নির্বাচনী প্রশ্নগুলির উত্তর দাও। প্রতিটির জন্য **১ নম্বর**।

- a. On June 21st, an observer in the Northern hemisphere notices that the maximum and minimum length of shadow of a 1.0 m pole is 16.3 m and 1.05 m respectively. What is the latitude of the observer?

জুনের ২১ তারিখে উত্তর গোলার্ধে অবস্থিত একজন পর্যবেক্ষক দেখল যে একটি ১ মিটার লম্বা লাঠির ছায়ার সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 16.3 m এবং 1.05 m। পর্যবেক্ষকের অক্ষাংশ কত?

- 10 degrees N
- 25 degrees N
- 55 degrees N
- 70 degrees N

- b. At 9 p.m, Castor, Regulus and the Heart Nebula can be seen in the night sky. Which astronomical season is it currently?

রাত ৯ টার সময় Castor, Regulus এবং Heart Nebula রাতের আকাশে দেখা যাচ্ছে। এখন কোন ঋতু চলে?

- Autumn
- Summer
- Winter
- Spring

- c. The star R136a1 has the highest luminosity of any known star at 3.33×10^{33} W. It has an estimated surface temperature of 53,000 K. Supposing R136a1 only emits photons at it's peak wavelength, calculate the number of photons emitted each second.

R136a1 নামের একটি তারার মহাবিশ্বে জানা তারাগুলোর মধ্যে দীপ্তি (ক্ষমতা) সবচেয়ে বেশি যা কিনা 3.33×10^{33} ওয়াট। এই তারার পৃষ্ঠ তাপমাত্রা প্রায় 53,000 কেলভিন। যদি তারাটি শুধু সর্বোচ্চ তরঙ্গদৈর্ঘ্যেই কেবল বিকিরণ করে তাহলে, প্রতি সেকেন্ডে তারাটি থেকে কতটি ফোটন বের হয়?

- 9.18×10^{40} photons
- 9.18×10^{45} photons
- 9.18×10^{55} photons
- 9.18×10^{50} photons

- d. You are lost in a tropical forest at night. The crescent moon forms a sad face at you low in the sky because you have forgotten to bring a compass. Which of the following options correctly matches the moon phase and the part of the sky it is in?

তুমি ট্রপিকাল জঙ্গলে রাতে হারিয়ে গেছো। ক্রিসেন্ট চাঁদ আকাশে দেখা যাচ্ছে যা অনেকটা দুঃখিত মুখভঙ্গি করতে দেখা যাচ্ছে। নিচের কোনটি চাঁদের কলার সঠিক অবস্থা?

- Waxing, east
- Waxing, west

- iii. Waning, west
- iv. None of the above

- e. A binary system with two stars has a head-on inclination of 90° . The first star has an effective temperature of T_1 and radius R_1 . The second star has an effective temperature of $T_2 = 2.5T_1$ and radius of $R_2 = 0.75R_1$. When the larger star eclipses the smaller one, what is the change in bolometric magnitude?

একটি জোড়াতারা ব্যবস্থার ২টি তারাকে এমনভাবে দেখা যাচ্ছে যেন এরা একে অপরকে গ্রহণ করতে পারে, যাকে Head On অবস্থা বলে। প্রথম তারার ব্যাসার্ধ R_1 এবং পৃষ্ঠ তাপমাত্রা T_1 । অপর তারার ব্যাসার্ধ $R_2 = 0.75R_1$ এবং তাপমাত্রা $T_2 = 2.5T_1$ । যখন বড় তারাটি ছোট তারাকে গ্রহণ লাগায় তখন সম্পূর্ণ ব্যবস্থার ঔজ্জ্বল্য কত?

- i. 0.7
- ii. 1.4
- iii. 2.8
- iv. 3.4

২. Sun As a Cube

Like everything in Minecraft game, an Astronomer started thinking what will happen if our Sun would have been a square of similar luminosity.

একটি জ্যোতির্বিজ্ঞানী ভাবা শুরু করল, কি হত যদি মাইনক্রাফট গেমের মত আমাদের সূর্য আসলে বর্গাকার একটি একই দীপ্তির তারা হত?

- a. If the Sun was a cube, what would be its surface temperature?
যদি আমাদের সূর্য একটি বর্গাকার তারা হত তাহলে সূর্যের পৃষ্ঠ তাপমাত্রা কত হবে?
- b. In what interval, does its magnitude lie as seen from the Earth?
পৃথিবী থেকে পর্যবেক্ষণ করলে, এই নতুন সূর্যের ঔজ্জ্বল্য মানের সীমা কত হবে (সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন)।

Hint: The volume for Cube Sun remains the same as usual.

৩. To the aid of Arabella

On April 16, 1664, one of the members of the Arabella crew found himself on a desert island. Waiting for a hard night, and watching the homemade sun clock, he determined that at noon the length of the shadow from the stick was 5 inches. The shadow was directed to the north. The stick itself was 5 feet long. Help the sailor determine his latitude, knowing that he is in the northern hemisphere. One foot is 12 inches.

১৬ই এপ্রিল, ১৬৬৪ সালে Arabella জাহাজের একজন সদস্য একটি জনমানবহীন দ্বীপে নিজেকে আবিষ্কার করে। কঠিন রাতের অপেক্ষায় এবং কোনোমতে বানানো একটি সূর্যঘড়ি দিয়ে সে বের করল যে মধ্যাহ্নের সময় একটি লাঠির ছায়ার দৈর্ঘ্য ছিল ৫ ইঞ্চি। লাঠিটা ৫ ফুট লম্বা ছিল এবং উত্তরের দিকে তাক করা ছিল। নাবিককে তার অক্ষাংশ জানতে সাহায্য কর। আমরা জানি এক ফুট ১২ ইঞ্চি।

8. Asteroid Belt

A main-belt asteroid with mass $M_A = 10^{18}$ g and radius $R_A = 6 \times 10^5$ cm initially lies in a circular orbit with radius $r = 3$ AU. It suffers a collision that suddenly and drastically changes its orbit; afterwards, its elliptical orbit is completely enclosed by its old one, and its perihelion distance is 1 AU.

একটি গ্রহণুর ভর $M_A = 10^{18}$ g এবং ব্যাসার্ধ $R_A = 6 \times 10^5$ cm যা আপাতত বৃত্তাকার কক্ষপথে আছে যা ব্যাসার্ধ $r = 3$ AU। এই গ্রহণু প্রায় বিভিন্ন সংঘর্ষে লিপ্ত হয় যার ফলে প্রায় এর কক্ষপথ পরিবর্তন হয়। অবশেষে এটি একটি উপবৃত্তাকার কক্ষপথে পরিবর্তিত হয়ে যায় যার মধ্যে তার পূর্বের কক্ষপথকে আটানো সম্ভব এবং অনুসূর দূরত্ব ১ জ্যোতির্বিদ্যা একক।

a. What is the semi-major axis length (in AU) and the eccentricity of the new orbit?

যদি কক্ষপথের অর্ধ প্রধানক্ষের আকার ১ জ্যোতির্বিদ্যা একক হয় তবে কক্ষপথের উৎকেন্দ্রিকতা কত?

b. Lying in wait for the asteroid at $r = 1$ AU is the Earth. Suppose Earth were scheduled to be at the asteroid's perihelion at the same time as the asteroid. How fast will the asteroid be going relative to Earth when it reaches us? Will it hit Earth from behind, or will the Earth overtake the asteroid?

গ্রহণুটি ১ জ্যোতির্বিদ্যা একক দূরত্বে অপেক্ষা করছে যখন পৃথিবীকেও একই দিকে ধাবিত হচ্ছে। গ্রহণুটি পৃথিবী সাপেক্ষে কত দ্রুত বেগে ছুটবে যখন আমাদের দিকে ধাবিত হয়। কক্ষপথের ঐ অবস্থানকে গ্রহণুটি কি আগেই পৃথিবীকে পার করে যাবে না পরে?

c. Suppose that we observe the interaction that changed the asteroid's orbit and therefore know that the asteroid is headed our way. How much warning do we have (in years)?

ধর যে গ্রহণুর একটি সংঘর্ষ আমরা পর্যবেক্ষণ করে জানতে পারলাম যে এবার এটি পৃথিবীতে আঘাত করবেই। আমাদের কাছে কত সময় রয়েছে এই ঘটনার পূর্বে (বছর এককে)?