Please furnish the following information before the commencement of the examination		
Full Name of the Candidate:		
Examination Centre: Colombo/Batticaloa/Jaffna/Kandy-Polgolla/Kelaniya/ /Ruhuna/Vavuniya (underline)		
Index Number:	Telephone No.:	Email:
Date of Birth:	Age as of 2014.12.31: ....Years ....Months ....Days	
School & Grade:	Signature of the Candidate:	

ශ්‍රී ලංකා භෞතික විද්‍යා ආයතනය

INSTITUTE OF PHYSICS, SRI LANKA

තාරකා විද්‍යා හා තාරකා භෞතික විද්‍යාව පිළිබඳ නවවැනි

ශ්‍රී ලංකා ඔලිම්පියාඩ් තරඟාවලිය - 2015

THE 9TH SRI LANKAN OLYMPIAD ON ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS - 2015

(කාලය පැය 2)(Duration: 2 hours)

මෙම ප්‍රශ්න පත්‍රය A හා Bකොටස් දෙකකින් යුතු ප්‍රශ්න 25 කින් සමන්විතය
This paper consists of 25 questions in two parts (A & B).

ගණනය කිරීම් සඳහා සහ B කොටසට පිළිතුරු සැපයීම සඳහා අමුණා ඇති හිස් කඩදාසි භාවිතා කරන්න. *Use the attached blank sheets for your calculations and also to answer the* questions in Part-B.

සියළුම ප්‍රශ්න වලට මෙම ප්‍රශ්න පත්‍රයේම පිළිතුරු සපයා සියළු කඩදාසි විභාගය අවසානයේදී විභාග ශාලාධිපති තුමා වෙත භාර දෙන්න.

Answer all the questions in this paper and submit all sheets to the supervisor at the end of the examination.

ගණක යන්ත්‍ර භාවිත කල හැක /Electronic calculators are allowed.

(ප්‍රයෝජනවත් දත්ත / Useful information:

ආලෝකයේ වේගය / Speed of light $c = 3 \times 10^{8}$ m s^{-1},

සර්වත්‍ර ගුරුත්වාකර්ශන නියතය / Universal gravitational constant $G = 6.67 \times 10^{-11}$ m^{3} kg^{-1} s^{-2},

Solar Mas/*සූර්යයාගේ ස්කන්ධය* $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30}$ kg ,

හබල් නියතය /Hubble constant $H = 75$ km s^{-1} Mpc^{-1} ,

ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ස්කන්ධය /Mass of electron $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg,

වීන් විස්ථාපන නියතය / Wien’s displacement constant = 0.0029 m K)

සිංහල පරිවර්තනයෙහි ගැටළු මතුවුවහොත් ඉංග්‍රීසි බසින් ඇති ප්‍රශ්නය බලා පිළිතුරු සපයන්න.

A කොටස | PART A

1. සුදු වාමන තරුවක ස්ථායිතාව විග්‍රහ කිරීම සඳහා උපයෝගී කරගන්න භෞතික විද්‍යාත්මක මූලධර්මය,

   The physics theory that can be used to describe the stability of a white dwarf is,

   (A) පවුලි බහිෂ්කාර මූලධර්මය / Pauli's exclusion principle
   (B) හයිසන්බර්ග් අවිනිශ්චිතතා මූලධර්මය / Heisenberg's uncertainty principle
   (C) කෝණික ගම්‍යතා සංස්ථිති නියමය / Conservation of angular momentum
   (D) ආරෝපණ සංස්ථිති නියමය / Conservation of charges
   (E) ඉහත කිසිවක් නොවේ. /None of the above

2. න්‍යෂ්ඨික විලයනය මඟින් ප්‍රධාන අනුක්‍රමයේ තරු තුළ ශක්ති නිපද වූ වත්, සාමාන්‍ය නෝවා තුළ පිපිරීමක් ඇති කරනුයේ සුදුවාමන තරුවේ,
   Nuclear fusion make a classical nova explode, while it makes normal stars just burn steadily because,

   (A) අධික ඝනත්වය / a white dwarf is so dense
   (B) කාබන් සහ ඔක්සිජන් වලින් තැනී තිබීම / a white dwarf is made of Carbon and Oxygen
   (C) අභ්‍යන්තර පීඩනය උෂ්ණත්වය මත රඳා නොපැවතීම
   The pressure in a white dwarf does not depend on its temperature
   (D) අභ්‍යන්තර පීඩනය, උෂ්ණත්වය සමඟ අනුලෝමව සමානුපාතික වීම
   The pressure in a white dwarf increases linearly with the temperature
   (E) අභ්‍යන්තර පීඩනය, උෂ්ණත්වය සමඟ ප්‍රතිලෝමව සමානුපාතික වීම
   The pressure in a white dwarf decreases linearly with the temperature

3. ඔබ මිලිතත්පර පල්සාරයක් (millisecond pulsar) නිරීක්ෂණය කරන්නේ යැයි සළකන්න. දිනක් එහි ස්පන්ධ වල (pulses) කාලවර්තය හා ග්‍රහණයකරගත් කාල (arrival times) නිරවද්‍යව මනී. ඊට සතියකට පසුව නිරීක්ෂණය කල විට කලවර්ථය සමාන වුවත් සියලුම ස්පන්ද $1\mu s$ ප්‍රමාද වී ඇත. මෙම ප්‍රමාදය පල්සාර චලිතය නිසා ඇතිවුණි නම්, පල්සාරය,

   Suppose you observe a millisecond pulsar. One day you measure the period of the pulses and arrival times accurately. Once you observe after one week it is noticed that all the pulses are delayed by 1us although the period is the same. If the delay is caused by the motion of the pulsar, then the pulsar must have moved,

   (A) 300m පෘථිවිය දෙසට /300 m towards the Earth
   (B) 300m පෘථිවියෙන් ඉවතට / 300 m away from the Earth
   (C) 100m පෘථිවිය දෙසට / 100 m towards the Earth
   (D) 100m පෘථිවියෙන් ඉවතට / 100 m towards the Earth
   (E) $1\mu m$ පෘථිවියෙන් ඉවතට /1 μm away from the Earth

4. ඔබ නව ගැඹුරු අභ්‍යවකාශ වස්තුවක් නිරීක්ෂණය කළා යැයි සිතන්න. එහි දීප්තිය තත්පර 10 කින් දෙගුණයක් වේ. මෙම ක්ෂණික විචලනයෙන් නිගමනය කළ හැක්කේ?
Imagine that you've just discovered a new deep sky object in space. This object can change in brightness uniformly by a factor of two in only ten seconds. What can you deduce from this rapid variability?

(A) වස්තුවේ විශාලත්වය 3 X 10^6km ට වඩා අඩුය / It must be smaller than 3 X 10^6km in size
(B) වස්තුවේ විශාලත්වය 3 X 10^6km ට වඩා වැඩිය / It must be larger than 3 X 10^6km in size
(C) වස්තුවේ විශාලත්වය 3 X 10^5km ට වඩා අඩුය / It must be smaller than 3 X 10^5km in size
(D) වස්තුවේ විශාලත්වය 3 X 10^6km ට වඩා වැඩිය / It must be larger than 3 X 10^6km in size
(E) විශාලත්වය ගැන කිසිවක් නිගමනය කළ නොහැක / You can't deduce anything on its size

5. විශ්වීය ක්ෂුද්‍ර තරංග පසුබිම් විකිරණය(CMB) හට ගැනීමට මූලිකම හේතුව වනුයේ,
Cosmic Microwave Background Radiation (CMB) occurred due to,

(A) විදාරණය/ Inflation
(B) මහා පිපිරුම / Big bang
(C) ප්‍රතිසංයෝජනය / Recombination
(D) පදාර්ථ ප්‍රතිපදාර්ථ උච්චේදනය / Particle antiparticle annihilation
(E) සූර්යය කුණාටු / Solar storms

6. ජීවීන්ට හිතකර විය හැකි යැයි විශ්වාස කෙරෙන ග්‍රහලෝක අතරින් වැඩිම ප්‍රමාණයක් පරිභ්‍රමණය වනුයේ,
Most of the potentially habitable planets found so far are in orbit around,

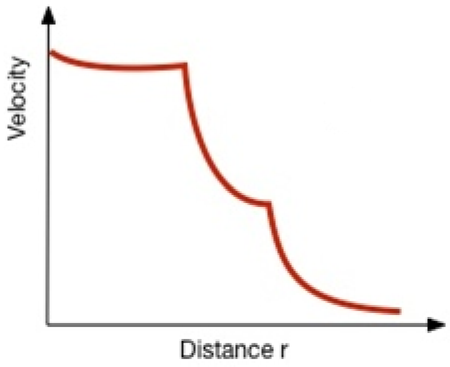
(A) පල්සාර / Pulsars
(B) සුදුවාමන තරු / White dwarfs
(C) රතු යෝධයන් / Red giants
(D) රතු වාමන තරු / Red dwarf stars
(E) නිල් යෝධයන් / Blue giants

7. වැඩිම කාර්යක්ෂමතාවයකින් ශක්තිය ලබාගත හැකි ක්‍රියාවලිය,
The energy process with highest efficiency is,

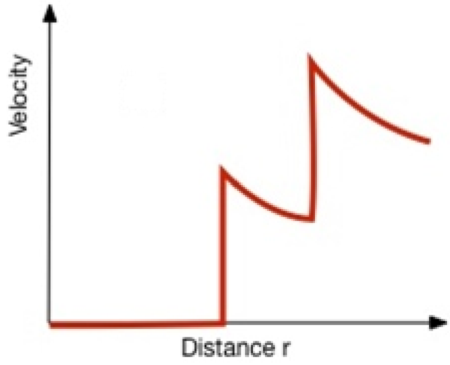
(A) න්‍යෂ්ටික විලයන / nuclear fusion
(B) පදාර්ථ හා ප්‍රතිපදාර්ථ ගැටීම / colliding matter with antimatter
(C) න්‍යෂ්ටික විඛණ්ඩනය / nuclear fission
(D) කළු කුහරයක ගුරුත්වාකර්ෂණ ශක්තිය මුදාහැරීම / releasing gravitational energy of a black hole
(E) පොසිල ඉන්ධන / fossil fuel

8. මන්දාකිණියක ස්කන්ධය, න්‍යෂ්ඨීය වටා ඇති අරය වෙනස් වළලු දෙකකට පමණක් ව්‍යාප්ත වී ඇතැයි සළකන්න. එනම් වළලු 2 අතර, බාහිර වළල්ලෙන් පිටත හා අභ්‍යන්තර වළල්ලෙන් ඇතුළත ස්කන්ධය ව්‍යාප්ත වී නොමැත. මන්දාකිණියේ භ්‍රමණ වක්‍රය,
Imagine that a galaxy had a very unusual mass distribution - all the mass was in two rings, centred on the nucleus but at two different radii. There was no mass inside the inner ring, between the two rings, or outside the outer ring. What would you expect the rotation curve to look like for this strange galaxy?

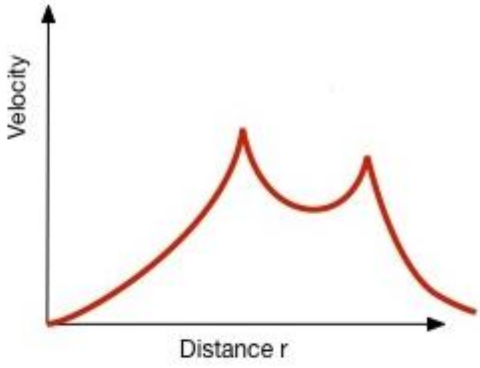
(A)



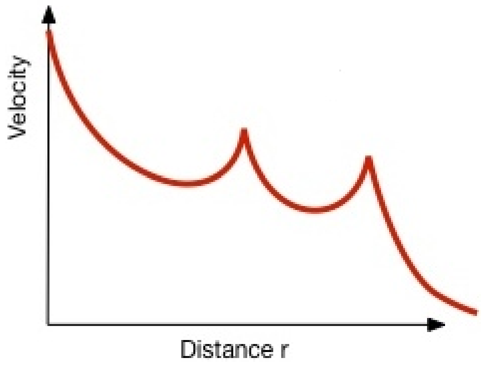
(B)



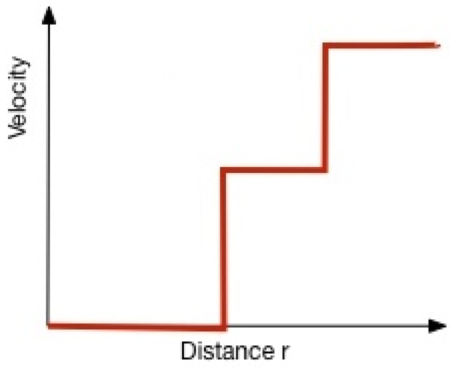
(C)



(D)



(E)



9. මෙම ග්‍රහලෝක අතරින් සෘතු බේදයක් නොමැති ග්‍රහලෝකය , The planet without seasons,

(A) Uranus යුරේනස් (B) Neptune නෙප්චූන් (C) Saturn සෙනසුරු (D) Jupiter බ්‍රහස්පති (E) None of the above ඉහත කිසිවක් නොවේ

10. වල්ගාතරුවක් සූර්යයාගේ සිට 10AU දුරින් සිටියදී එහි මතුපිට උෂ්ණත්වය(සෙල්සියස් වලින්). (වල්ගාතරුව කෘෂ්ණ වස්තුවක් ලෙස සළකන්න)
Calculate the temperature (in Celsius) of a comet surface when it is 10 astronomical units from the Sun. (Consider the comet as a blackbody)

(A) 120 (B) 80 (C) 100 (D) 75 (E) 88

11. ඉතා විශාල වස්තු දෙකක් අතර ගුරුත්වාකර්ෂණ බල නියමය මෙසේ දක්වා ඇතයි සිතන්න. $F = \frac{Gm_1m_2}{r^{2+\varepsilon}}$
ε යනු ඉතා කුඩා ධන සංඛ්‍යාවකි. පහත වාක්‍ය වලින් කුමක් **අසත්‍ය වේද?**

Suppose that the gravitational force law between two massive objects were $F = \frac{Gm_1m_2}{r^{2+\varepsilon}}$

(where ε is a small positive number). Which of the following statements would be **false?**

(A) ග්‍රහ - සූර්ය පද්ධතියේ මුළු යාන්ත්‍රික ශක්තිය සංස්ථික වේ
The total mechanical energy of the planet-Sun system would be conserved.
(B) සූර්යා වටා චලිතවන තනි ග්‍රහලෝකයක කෝණික ගම්‍යතාව, සංස්ථික විය හැකිය.
The angular momentum of a single planet moving about the Sun would be conserved.
(C) ග්‍රහලෝක වල ආවර්ත කාල එවායේ කක්ෂවල අරයන්ගේ $\frac{(3+\varepsilon)}{2}$ බලයට අනුලෝමව සමානුපතිකවේ.
The periods of the planets in the orbits would be proportional to the $\frac{(3+\varepsilon)}{2}$ power of their respective orbital radii.
(D) තනි ග්‍රහලෝකයකට හිරු සමීපයේ , ස්ථාවර වෘත්තාකාර නොවන ඉලිප්සීය කක්ෂයක ගමන් කල හැකිය.
A single planet could move in a stationary noncircular elliptical orbit about the Sun.
(E) තනි ග්‍රහලෝකයකට හිරු සමීපයේ , ස්ථාවර වෘත්තාකාර කක්ෂයක ගමන් කල හැකි
A single planet could move in a stationary circular orbit about the Sun.

12. මුළු ස්කන්ධය $1 \times 10^8\ M_\odot$ වන සුපිරි විශාල කළු කුහරයක සිද්ධි නිම් වළල්ල ඇතුලත සාමාන්‍ය ඝණත්වය වනුයේ,
The mean mass density for a super massive black hole with total mass of $1 \times 10^8\ M_\odot$ inside the Schwarzschild radius is,

(A) $1.85\text{x}10^3$ kg/m^3 (B) $3\text{x}10^8$ kg/m^3 (C) $2.4\text{x}10^8$ kg/m^3 (D) $9.0\text{x}10^{41}$ kg/m^3 (E) $5\text{x}10^{23}$ kg/m^3

13. ග්‍රහ චලිතය පිලිබඳ කෙප්ලර් නියම ගැන පහත සඳහන් ප්‍රකාශ වලින් වැරදි ප්‍රකාශය/ප්‍රකාශ වන්නේ?
Consider the following three statements given on "Kepler's Laws" of elliptical motion

1.) සියලුම ග්‍රහලෝක සූර්යා එක නාභියක පවතින පරිදි වූ ඉලිප්සාකාර මාර්ගයක ගමන් කරයි.
All planets move in elliptical orbits, with the sun at one focus.
2.) හිරු හා ග්‍රහලොවක් යාකරන රේඛාව සමාන කාලවලදී සමාන වර්ගඵල පසු කරයි.
A line that connects a planet to the sun sweeps out equal areas in equal times.
3.) ග්‍රහලොවක ආවර්ත කාලයේ වර්ගය එහි කක්ෂයේ මහා අක්ෂයේ අර්ධයේ ඝනයට අනුලෝමව සමානුපාතික වේ.
The square of the period of any planet is proportional to the cube of the major axis of its orbit.

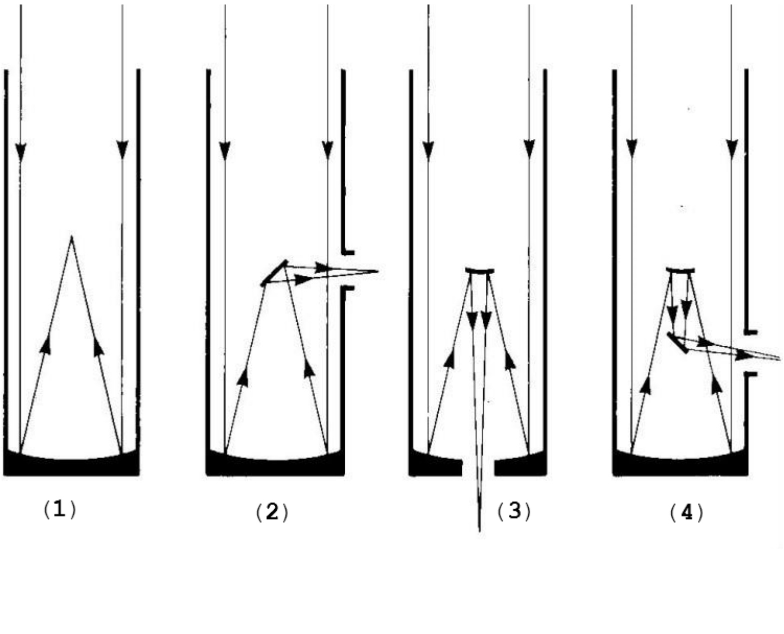
වැරදි ප්‍රකාශය/ප්‍රකාශ වන්නේ
Incorrect Statement/s is/are?

(A) (1) පමණි / only
(B) (2) පමණි / only
(C) (3) පමණි / only
(D) (2) හා / and (3) පමණි / only
(E) (1) හා /and (2) පමණි / only

14. හෙල් බොබ් ධූම කේතුවේ සූර්ය සමීපකය 0.9141 AU හා විකේන්ද්‍රිකතාවය 0.9951 වේ නම්. සූර්ය ධූරකයේ අගය කුමක්ද?
Comet Hale Bopp had a perihelion distance of 0.9141 AU and eccentricity 0.9951. What is the aphelion distance of the comet?

(A) 407 AU (B) 156 AU (C) 372 AU (D) 78 AU (E) 24 AU

15. දුරේක්ෂ වර්ග කීපයක ආලෝක කිරණ සටහන් පහත දක්වා ඇත .ඒවා නිවැරදි පිලිවෙලින් දක්වන වරණය කුමක්ද?
Choose the answer contains the types of reflecting telescopes shown in the following in the order.



(A) 1- Prime focus, 2- Newton focus,3- Cassegrain focus, 4- Coude’ focus
(B) 1- Newton focus , 2- Prime focus , 3- Cassegrain focus , 4- Coude’ focus
(C) 1- Newton focus , 2- Prime focus , 3- Coude’ focus , 4- Cassegrain focus
(D) 1- Prime focus, 2- Newton focus, 3- Coude’ focus , 4- Cassegrain focus
(E) 1- Prime focus, 2- Coude’ focus, 3- Newton focus, 4- Cassegrain focus

16. The curvature of Mars is such that its surface drops a vertical distance of 2 m for every 3600 m tangent to the surface. In addition, the gravitational acceleration near its surface is 0.4 times that near the surface of Earth. What is the speed a golf ball would need to orbit Mars near the surface, ignoring the effects of air resistance?

අඟහරු පෘෂ්ඨයේ වක්‍රතාවය නිසා පෘෂ්ඨයට ස්පර්ශීයව තිරස් අතට ගමන් කරන සෑම මීටර් 3600 කටම මීටර් 2 ක සිරස් පාතනයක් සිදුවේ. මෙයට අමතරව , අඟහරු පෘෂ්ඨය ආසන්නයේදී ගුරුත්වජ ත්වරණය පෘතුවියේ එම අගය මෙන් 0.4 ගුණයක් ගනී. වාත ප්‍රතිරෝධය නොසලකා හරිමින් ගොල්ෆ් බෝලයක් අඟහරු පෘෂ්ඨය ආසන්නයේ කක්ෂගත කිරීමට අවශ්‍ය වන වේගය කුමක්ද?

(A) 0.9 km/s
(B) 1.8 km/s
(C) 3.6 km/s
(D) 4.5 km/s
(E) 5.4 km/s

17. In inertial frame *S*, two events occur at the same instant time and *3* light minutes apart in space. In inertial frame *S'*, the same events occur at *5* light minutes apart. What is the time interval between the events in *S'*.
S නම් අවස්ථිති රාමුවක, එකම ක්ෂණ කාලයේදී හා ආලෝක මිනිත්තු 3ක අවකාශීය වෙන්වීමකින් දී සිද්ධි දෙකක් සිදුවේ. තවත් *S'* නම් අවස්ථිති රාමුවක, ඒම සිද්ධි දෙකම ආලෝක මිනිත්තු 5ක අවකාශීය වෙන්වීමකින් සිදුවේ. S' ට සාපේක්ෂව සිද්ධි අතර කාල ප්‍රාන්තරය කුමක්ද?
(A) 0 min
(B) 2 min
(C) 4 min
(D) 8 min
(E) 16 min

18. පහත දැක්වෙන කුමන සිදුවීමක් අකාශ වස්තු 2ක් අතර දුර මැනීමට උපයෝගී කර **නොගනීද** ?
Which of the following phenomena is not useful in estimating the distance between two celestial bodies?

(A) සූර්යයාගේ පෘෂ්ඨය මත සිදුවන සිකුරු සංක්‍රාන්තියක්
Venus transits over the disk of the sun
(B) හිරුට සාපේක්ෂව සාපේක්ෂ චලිතයක් නොමැති තරු වල පිහිටීම මාස 6 කට වරක් වෙනස් වී නිරීක්ෂණය කිරීම.
Stars with no proper motion appear to change their position in the sky when viewed six months apart
(C) තරු පෙන්නුම් කරන ඩොප්ලර් මාරුව (Doppler shift).
Doppler shift exhibited by stars
(D) පූර්ණ සූර්ය ග්‍රහනයක් සිදුවීම.
A Total Solar Eclipse
(E) ඉහත කිසිවක් නොවේ
None of the above

19. A binary system of stars consists of star (*a*) and star (*b*) with brightness ratio 2. The binary system is difficult to resolve and is observed from the Earth as <u>one star</u> of 5^{th} magnitude. Find the apparent magnitude of each of the two stars (m_a, m_b).

ද්විත්ව තාරකා පද්ධතියක් දීප්තිය අතර අනුපාතය **2** වන **(a)** හා **(b)** තරු වලින් සමන්විත වේ. මෙම ද්විත්ව තාරකා පද්ධතිය පෘථිවියේ ඇති දුරේක්ෂ මගින් එකිනෙකට වෙන් වෙන්ව හඳුනාගත නොහැකි වන අතර දීප්ත විශාලත්වය **5** වන තරුවක් සේ අපට දිස් වේ. තරු දෙකෙහි දෘශ්‍ය විශලත්වය (m_a, හා m_b**)** වෙන වෙනම සොයා දක්වන්න**,**

(A) 5.44, 6.19 (B) 5.11, 5.44 (C) 5.56,6.20 (D) 5.50,6,50 (E) 6.00,5.00

20. When it is about the same distance from the Sun as is Jupiter, a spacecraft on a mission to the outer planets has the speed that is 1.5 times the speed of Jupiter in its orbit. Which of the following describes the orbit of the spacecraft about the Sun?
අභ්‍යවකාශ යානයක් හිරුගේ සිට බ්‍රහස්පතිට සමාන දුරකින් පිහිටා තිබෙන විට, බ්‍රහස්පතිගේ කක්ෂීය වේගය මෙන් 1.5 ගුණයක වේගයකින් භාහිර ග්‍රහලෝක කරා ගමන් කරන ක්‍රියාන්විතයක යෙදී සිටියි. පහත සඳහන් කුමක් හිරු වටා අභ්‍යවකාශ යානයේ කක්ෂය පැහැදිළි කරයිද ?

(A) සර්පිලාකාරයි - Spiral
(B) වෘත්තාකරයි - Circle
(C) ඉලිප්සාකාරයි - Ellipse
(D) පාරවලීකයි -Parabola
(E) බහුවලීකයි-Hyperbola

B කොටස | Part B

අතිරේක කොල යොදාගනිමින් පහත ප්‍රශ්න වලට පිළිතුරු සපයන්න.
සෑම අතිරේක පිළිතුරු පත්‍රයකම ඉහලින් ඔබගේ නම සහ විභාග අංකය සඳහන් කරන්න.
(Please provide your answers to this part using additional sheets.
Write your name and index number on top of each and every additional sheet)

1. The most frequent orbital maneuvers performed by spacecraft consist of velocity variations along the direction of flight, namely accelerations to reach higher orbits or braking done to initiate re-entering in the atmosphere. In this problem we will study the orbital variations when the engine thrust is applied in a radial direction.

To obtain numerical values use: Earth radius $R_T = 6.37 \times 10^6 m$,

Earth surface gravity $g = 9.81 ms^{-2}$ and take the length of the sidereal day to be $T_0 = 24.0\ h$

We consider a geosynchronous communications satellite of mass m placed in an equatorial circular orbit of radius r_0. These satellites have an "apogee engine" which provides the tangential thrusts needed to reach the final orbit.

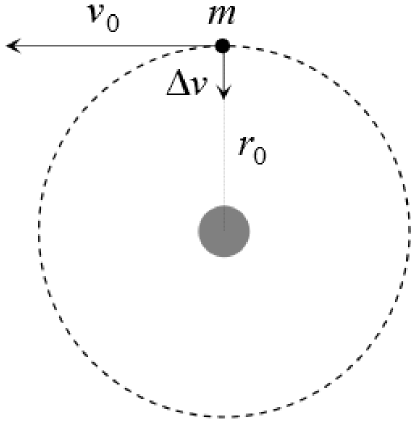
a. Compute the numerical value of r_0
b. Give the analytical expression of the velocity v_0 of the satellite as a function of $g, R_T, and\ r_0$. Calculate its numerical value.
c. Obtain the expressions of its angular momentum L_0 and mechanical energy E_0 as functions of $v_0, m, g\ and\ R_T$

කෘතීම චන්ද්‍රිකාවක ගමන් දිශාව ඔස්සේ ඇති වේගය වෙනස් කිරීම, එම චන්ද්‍රිකාවේ කක්ෂය වෙනස් කිරීමට යොදාගැනෙන බහුලතම ක්‍රමවේදයයි .උදාහරණ ලෙස ඉහල කක්ෂයකට ගමන් කිරීමට චන්ද්‍රිකාව ත්වරණය කිරීමත්, පහල කක්ෂයකට මාරු වීමට එය මන්දනය කිරීමත් දැක්විය හැක.

අරය r_0 වූ කක්ෂයක ගමන් කරන ස්කන්ධය.කාවක් සලකමුවූ භූ ස්ථාවර චන්ද්‍රි m මෙවැනි චන්ද්‍රකා සතුව ඇති apogee"එන්ජින්මගින් " ඒවා අවසන් කක්ෂයට යොමු කිරීමට අවශ්‍ය ස්පර්ශීය තෙරපුම ලබා දේ.

සංඛ්‍යාත්මක ගණනය කිරීම් සඳහා පෘථිවියේ අරය $R_T = 6.37 \times 10^6\ m$,පෘෂ්ඨයේ ගුරුත්වජ ත්වරණය $g = 9.81\ ms^{-2}$ ලෙස හා තාරීය දවසක දිග පැය 24.00 ලෙස ගන්න.

a. r_0 හි සංඛ්‍යාත්මක අගය ගණනය කරන්න.
b. චන්ද්‍රිකාවේ වේගය v_0 සඳහා ප්‍රකාශනයක් g, R_T හා r_0 ඇසුරින් ලබාගන්න. එහි සංඛ්‍යාත්මක අගයද සොයන්න.
c. චන්ද්‍රිකාවේ කක්ෂීය කෝණික ගම්‍යතාව (L_0) හා මුළු යාන්ත්‍රික ශක්තිය (E_0), $v_0, m, g,$ හා R_T ඇසුරෙන් සොයන්න.



Once this geosynchronous circular orbit has been reached (see Figure), the satellite has been stabilized in the desired location, and is being set to do its work, an error by the ground controllers causes the apogee engine to be fired again. The thrust happens to be directed towards the Earth and, despite the quick reaction of the ground crew to shut the engine off, an unwanted velocity variation Δv is imparted on the satellite. We characterize this boost by the parameter $\beta =$

$\frac{\Delta v}{v_0}$.The duration of the engine burn is always negligible with respect to any other orbital times, so that it can be considered as instantaneous.

Suppose $\beta < 1$

d. Determine the parameters of the new orbit - *semi-latus-rectum (l) and eccentricity (ε), in terms of* r_0 *and* β.
e. Calculate the angle α between the major axis of the new orbit and the position vector at the accidental misfire.
f. Give the analytical expressions of the perigee, r_{min} and apogee, r_{max}, distances to the Earth center, as functions of r_0 *and* β and calculate their numerical values for $\beta = 0.25$
g. Determine the period of the new orbit, T, as a function of T_0 *and* β and calculate its numerical value for $\beta = 0.25$

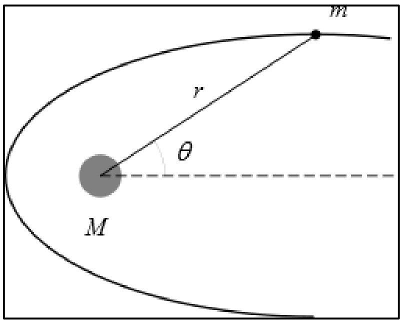
රූපයේ පරිදි ස්ථාවර කක්ෂයකට චන්ද්‍රිකාව යොමු කළ පසු පාලන මැදිරියේ අයෙකු විසින් සිදු කරනු ලබන අත්වැරැද්දක් නිසා එහි apogee එන්ජින් දහනය වේ. එමගින් පෘථිවිය දෙසට යෙදෙන ආවේගී බලයෙන් Δv ප්‍රවේග වෙනසක් ඇති වේ. මෙහිදී සිදුවන භාගික ප්‍රවේග වැඩි වීම $\beta = \frac{\Delta v}{v_0}$ නම් පරාමිතියෙන් දක්වමු.

එන්ජිම දහනය වී පැවති කාල පරාසය චන්ද්‍රිකාවේ ආවර්ත කාලයට සාපේක්ෂව ඉතා කුඩා බැවින් එම දහනය ක්ෂණිකව සිදුවන බව උපකල්පනය කළ හැක.

$\beta < 1$ යයි සිතමු.

d. නව කක්ෂයේ පරාමිතීන් වන අර්ධ නාභීය ලම්භය (*l*) හා විකේන්ද්‍රීයතාව(ε), r_0 හා β ඇසුරින් සොයන්න.
e. හදිසියේ එන්ජිම දහනය වන තැනට අදිනු ලබන පිහිටුම් දෛශිකයට නව කක්ෂයේ මහා අක්ෂයේ සිට ඇති කෝණය වන α සොයන්න.
f. නව කක්ෂයේ පෘථිවියට ලගින්ම හා දුරින්ම ඇති ලක්ෂ වලට පෘථිවි කේන්ද්‍රයේ සිට ඇති දුරවල් වන r_{min} හා r_{max} සඳහා ප්‍රකාශන r_0 හා β ඇසුරින් සොයන්න. $\beta = 0.25$ වන අවස්ථාවේ ඒවා සඳහා සංඛ්‍යාත්මක අගයයන්ද සොයන්න.
g. චන්ද්‍රිකාවේ නව ආවර්ත කාලය T සඳහා ප්‍රකාශනයක් T_0 හා β ඇසුරින් සොයන්න. $\beta = 0.25$ වන අවස්ථාවේ T සඳහා සංඛ්‍යාත්මක අගයද සොයන්න.

HINT: For m<<<M



$$r(\theta) = \frac{l}{1 - \varepsilon\cos(\theta)}$$

Where, semi-latus-rectum $l = \frac{L^2}{GMm^2}$ and eccentricity $\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{2EL^2}{G^2M^2m^3}}$

L is the angular momentum and E is the total mechanical energy.

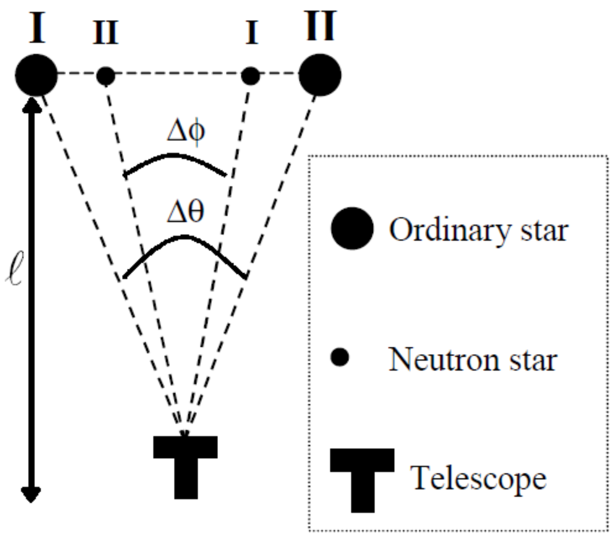
ඉඟිය: M>>mවන විට

$$r(\theta) = \frac{l}{1 - \varepsilon\cos(\theta)}$$

මෙහි අර්ධ නාභීය ලම්භය $l = \frac{L^2}{GMm^2}$ හා විකේන්ද්‍රීයතාව $\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{2EL^2}{G^2M^2m^3}}$ වේ.

L යනු කක්ෂීය කෝණික ගම්‍යතාවද E යනු සම්පූර්ණ ශක්තියද වේ

2. It is well known that most stars form binary systems. One type of binary system consists of an ordinary star with mass m_0 and radius R, and a more massive, compact neutron star with mass M, rotating around each other. In all the following ignore the motion of the earth. Observations of such a binary system reveal the following information:



- The maximum angular displacement of the ordinary star is $\Delta\theta$, whereas that of the neutron star is $\Delta\phi$ (see Fig. 1).
- The time it takes for these maximum displacements is τ.
- The radiation characteristics of the ordinary star indicate that its surface temperature is T and the radiated energy incident on a unit area on earth's surface per unit time is P.
- The calcium line in this radiation differs from its normal wavelength $\lambda 0$ by an amount $\Delta\lambda$, due only to the gravitational field of the ordinary star. (For this calculation the photon can be considered to have an effective mass of $h/c\lambda$.)

Find an expression for the distance from earth to this system (l), only in terms of the observed quantities and universal constants.

තාරකා අතරින් බොහොමයක් ද්විත්ව තරු පද්ධති බව ප්‍රකට කරුණකි. එවැනි එක් වර්ගයක් සමන්විත වන්නේ එකිනෙක වටා පරිභ්‍රමණය වන ස්කන්ධයM වූ නියුට්‍රෝන තරුවකින් (Neutron Star) හා ස්කන්ධය$_0$m ද අරය Rද වූ සාමාන්‍ය තාරකාවකිනි (Ordinary Star) .මෙම ප්‍රශ්නයේදී පෘථිවියේ චලිතය නොසලකා හරින්න. මෙවැනි එක් ද්විත්ව තරු පද්ධතියක් නිරීක්ෂණය කර පහත තොරතුරු සොයා ගන්නා ලදී.

- සාමාන්‍ය තරුවේ උපරිම කෝණික විස්ථාපනය $\Delta\theta$ වන අතර නියුට්‍රෝන තරුවේ එම අගය $\Delta\phi$ වේ.
- මෙම උපරිම වෙන්වීම් අතර කාල පරතරය τ වේ.
- සාමාන්‍ය තරුවේ මතුපිට උෂ්ණත්වය T වන අතර පෘථිවිය ආසන්නයේ එම තාරකාව දිස්වන දීප්ත තීව්‍රතාව P වේ.
- කැල්සියම් අවශෝෂක රේඛාව එහි සාමාන්‍ය තරංග ආයාමය වන $\lambda 0$ ට වඩා $\Delta\lambda$ විස්ථාපනයකින් දිස්වේ. මෙම වෙනසට එකම හේතුව වන්නේ සාමාන්‍ය තරුව ආසන්නයේ පවතින ගුරුත්වාකර්ෂණ බලයයි. (මෙම ගණනය කිරීම් සඳහා ආලෝක ෆෝටෝන සතුව h/λc සඵල ස්කන්ධයක් ඇති බව සැලකිය හැක)

මෙම තොරතුරු වල සඳහන් දත්ත පමණක් ඇසුරු කරගෙන හා සුදුසු සාර්වත්‍ර නියත ඇතුලත් කොට, පෘථිවියේ සිට ද්විත්ව තාරකා පද්ධතියට ඇති දුර (l) සඳහා ප්‍රකාශනයක් ලබාගන්න.

3. M 100 is a one of the largest and brightest galaxy in Virgo cluster of galaxies. It is located in the constellation of Coma Berenices in the night sky. It is classified as SAB(s) bc category and identified as a spiral galaxy with an Active Galactic Nucleus.

A research was organized for determination the distance to M 100 using three distance indicators, which are individual for each other.

a. During the first method, distance was calculated by using the spectroscopic shift of ionized Hα line and cosmological redshift phenomena. Frequency of shifted Hα line in the spectrum was measured as 454.73 THz. Hubble time, when the galaxy emitted these light photons was 1.26×10^{10} years

i) Calculate distance to the Galaxy (d_a) in units of Mpc
(1 pc = 3.26 Light years, $C = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$)

- You should use Hubble time in the paragraph in order to find Hubble constant. **You are not allowed to use the value of Hubble constant at the beginning of this paper.**

ii) Express the (d_a) value in units of **Light years** and **(Au)**

M 100 ලෙස හැඳින්වෙන්නේ වර්ගෝ (Virgo) මන්දාකිණි පොකුරට අයත් වන දීප්තිමත්ම හා විශාලතම මන්දාකිණි අතුරින් එක් මන්දාකිණියක් වන අතර රාත්‍රී අහසේ Coma Berenices තාරකා රාශිය පසුබිම් කරගෙන පිහිටා ඇත. මෙය SAB (S) bc යන වර්ගීකරණ කාණ්ඩයට අයත් සර්පිලාකාර හැඩැති සක්‍රීය මන්දාකිණි න්‍යෂ්ඨියක් (AGN) සහිත මන්දාකිණියක් බව හඳුනාගෙන ඇත.

මෙම මන්දාකිණියට දුර ගනණය කිරීම සඳහා එක්තරා පර්යේෂණයක් සංවිධානය කරනු ලැබූ අතර එහිදී එකිනෙකට ස්වායක්ත වූ දුර දර්ශක 3ක් යොදා ගනිමින් දුර ගණනය කරන්නට විය.

a. අයණීකෘත හයිඩ්‍රජන් හි H_α රේඛාවේ තරංග ආයාමයේ විස්ථාපනය හා විශ්වීය රක්ත විස්ථාපනය (Cosmological redshift) උපයෝගී කරගනිමින් දුර මනින්නට යෙදුනු ප්‍රථම ක්‍රමයේදී විස්ථාපිත H_α රේඛාවේ සංඛ්‍යාතය (Frequency) = 454.73 THz බව වර්ණාවලි නිරීක්ෂණාත්මක දත්ත මගින් සොයා ගනු ලැබිණි. මන්දාකිණිය එම ආලෝකය විමෝචනය කරනු ලැබූ අවධියේදී හබල් කාලය (Hubble time) = 1.26×10^{10} Years නම් ,

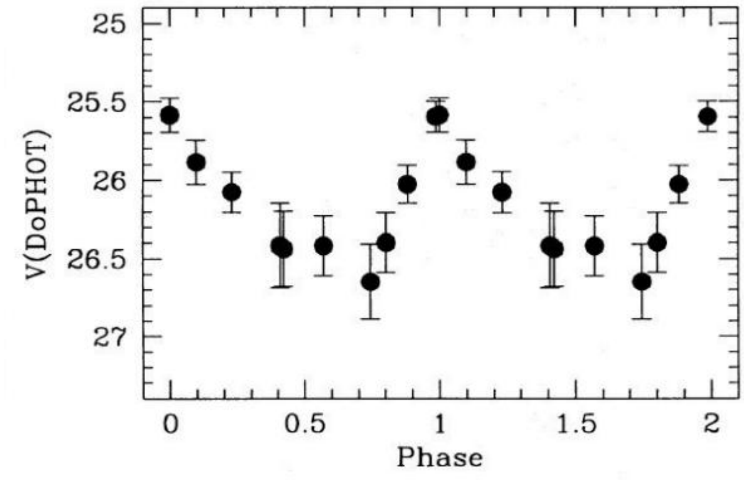
i) මන්දාකිණියට ඇති දුර (d_a) MPC වලින් ගණනය කරන්න.
(1Pc = 3.26 Light years : $C = 3 \times 10^{8}\ ms^{-1}$)

- හබල් නියතයේ අගය ගැටළුවේ ලබාදී ඇති දත්ත ඇසුරෙන් සෙවිය යුතු අතර, මෙම පත්‍රයේ මුල දී නියතයන්වල අගයන් ලබාදී ඇති කොටසේ දක්වා ඇති හබල් නියතයේ අගය කෙලින්ම භාවිතා කිරීමට ඔබට අවකාශ නොමැත.

ii) (d_a) අගය ආලෝක වර්ෂ වලින් හා නක්ෂත්‍ර ඒකක (Au) වලින් කොපමණ වේද?

b. During the second method, distance was determined by using a Cepheid variable star which is named as C39 in M 100. C39 is classified as classical Cepheid class I. Light curve via V-band of the C39 was plotted by photometric measurements. (graph 1)

දෙවන ක්‍රමයේදී මන්දාකිණි තැටියේ පිහිටි C39 නම් සෙෆීඩ් (Cepheid) විචල්‍ය තාරකාවක් (Classical cepheid class I) උපයෝගී කරගනිමින් දුර ගණනය කරන්නට විය. මෙහිදී cepheid විචල්‍ය තාරකාවේ V - band හරහා ආලෝක වක්‍ර ප්‍රස්තාරය නිරීක්ෂණාත්මක දත්ත ඇසුරෙන් නිර්මාණය කරනු ලැබිණි. එම ප්‍රස්ථාරය පහතින් දක්වා ඇත.



- X-axis of (graph 1) depicts the Phase of the variable star. Phase = 0 → 2 is equal to 57.6 days
- Relationship between Absolute visual magnitude(V-band) and time periods can be written as follows,

$$M_v = -2.76\,[log_{10}(P) - 1.0] - 4.16$$

- All the terms of above equation have their general meanings.

සැ.යු

ප්‍රස්තාරයේ(x) අක්ෂයේ කලාව (Phase) නිරූපණය වන අතර එහි Phase 0 සිට 2 දක්වා කාලය දින 57.6 වේ.
සෙෆීඩ් I වර්ගයේ තාරකාවක නිරපේක්ෂ දීප්ත විශාලන (V-band) හා ආවර්ත කාලය අතර සම්බන්ධය
$M_v = -2.76\ [\log_{10}(p) - 1.0] - 4.16$
යන සම්බන්ධය මගින් ලැබේ. මෙම සමීකරණයේ පද සඳහා ඒවායේ සම්මත අර්ථ පවතී.

i) Find the distance modulus by analyzing the graph and using above equation.
ප්‍රස්ථාරය විශ්ලේෂණය කිරීමෙන් හා ඉහත සමීකරණය ඇසුරෙන් දුර මාපාංකය (Distance Modulus) සොයන්න.

ii) Using the value of the distance modulus, Calculate the distance to the galaxy (d_b) in units of Mpc.
එය අසුරෙන් මන්දාකිණියට ඇති දුර (d_b) Mpc වලින් ගණනය කරන්න.

c. During the third method, used distance indicator was the Type 1a supernova explosion (*SN2006X*) which is occurred in M 100 galaxy in 2006. It is the brightest supernova explosion which is ever reported in M 100. Peak visual magnitude (V-band) of *SN2006X* was (+13.0).
A typical cataclysmic variable star which exceeds Chandrasekar limit, is exploded as Type 1a supernova with absolute (V-band) magnitude = (-19.3).

තුන්වන ක්‍රමයේ දී දුර දර්ශකය ලෙස භාවිතා කරනු ලද්දේ 2006 වසරේ එම මන්දාකිණියේ ඇති වූ *SN2006X* නම් දීප්තිමත්ම Type Ia වර්ගයේ සුපර්නොවා පිපුරුම වන අතර එම පිපුරුමේ, උපරිම දෘෂ්‍ය දීප්ත විශාලනය (peak visual magnitude) (+13.0) වූ අතර, චන්ද්‍රසේකර සීමාවේ (Chandrasekar Limit) තාරකාවක් පුපුරා යාමේදී පිටවන දීප්තියට (Luminosity) අදාළ නිරපේක්ෂ දීප්ත විශාලනය (Absolute visual magnitude) = (-19.3) ක් වේ.

i) Using above data and information on *SN2006X* , calculate the distance to the galaxy (d_c) in units of Mpc.
ඉහත දත්ත භාවිතයෙන්, Type Ia සුපර්නෝවාව ඇසුරෙන් M100 මන්දාකිණියට ඇති දුර (d_c) Mpc වලින් ගණනය කරන්න.

d.
Using statistical analysis of above three distances (d_a,d_b,d_c) that you have calculated Calculate :

i) The average distance to M 100
ii) Standard Deviation (S)

ඉහත දුරදර්ශක 3 (d_a, d_b, d_c) මගින් ගණනය කරන ලද M100 නම් මන්දාකිණියට ඇති

i) මධ්‍යන්‍ය දුර,
ii) සම්මත අපගමනය (S) කොපමණවේද?

.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

4. Solar Dynamic Observatory (SDO) launched in 2010 has given the astronomers the opportunity to monitor the solar interior, chromosphere, and corona with high spatial and temporal resolution. SDO's Atmospheric Imaging Assembly (AIA) is the major instrument that enables this task. A single AIA telescope has a field of view (FOV) approximately 41 arc minutes. The instrument was designed to achieve a spatial resolution of 0.6"per pixel. CCD cameras used in AIA have a pixel size of 12 micro meters.

a) Two types of CCD cameras were available to NASA during the development of AIA: Type A with dimensions 2048 x 2048 px and type B with dimensions 4096 x 4096 px. Using the above data determine which type best suits to fit in AIA? Also find the focal length of the telescope.
b) Figure shows the point spread function of a point source that casted on the ccd on a particular day. By referring to the figure, find the astronomical seeing on the particular day on which the image was taken.

Solar Dynamic Observatory (SDO) නමැති අභ්‍යවකාශ යානය 2010 වසරේ ගුවන්ගත කිරීමෙන් අනතුරුව සූර්යයාගේ තොරතුරු අධි විභේදනයකින් යුතුව ලබාදේ. එමගින් සූර්ය කොරෝනාව, වර්ණගෝලය මෙන්ම අභ්‍යන්තරය පිළිබඳවද නවතම කරුණු අධ්‍යනය කිරීමට විද්‍යාඥයින් හට හැකිවී ඇත. SDO යානයේ ඇති වැදගත්ම උපකරණය වන AIA දුරේක්ෂ පද්ධතිය මේ සඳහා උපකාරී වේ. එක් AIA දුරෙක්ෂයක දර්ශන පථය (Field of view) ආසන්න වශයෙන් කලා 21ක් වේ. එය පික්සලයට විකලා 0.6 ක විභේදන බලයකින් යුක්තය. AIA හි ඇති CCD කැමරාවේ එක් පික්සලයක ප්‍රමාණය මයික්‍රෝ මීටර් 12ක් වේ.

a) AIA උපකරණය නිෂ්පාදන අවධියේදී නසා ආයතනය සතුව වර්ග දෙකක ccd කැමරා තිබුණි. A වර්ගයේ ccd කැමරා වල ප්‍රමාණය 2048x2048px වූ අතර B වර්ගයේ ccd කැමරා වල එය 4096x4096px විය. ඉහත දී ඇති දත්ත භාවිතා කර AIA උපකරණය සඳහා වඩාත් ගැලපෙන්නේ කුමන ප්‍රමාණයේ CCD කැමරාද යන්න සොයන්න. තවද AIA දුරෙක්ෂයක නාභි දුරද ගණනය කරන්න.

b) යම් දිනයකදී එම CCD කැමරාවෙන් ඈත ඇති ලක්ෂීය වස්තුවක වායාරූපයක් ගත් පසු දිස්වන ලක්ෂීය ව්‍යාප්ති ශ්‍රිතය (point spread function) රූපයේ දැක්වේ. එය උපයෝගී කරගෙන එම දිනයේ අහසේ "දැකීම" (astronomical seeing) සොයන්න.

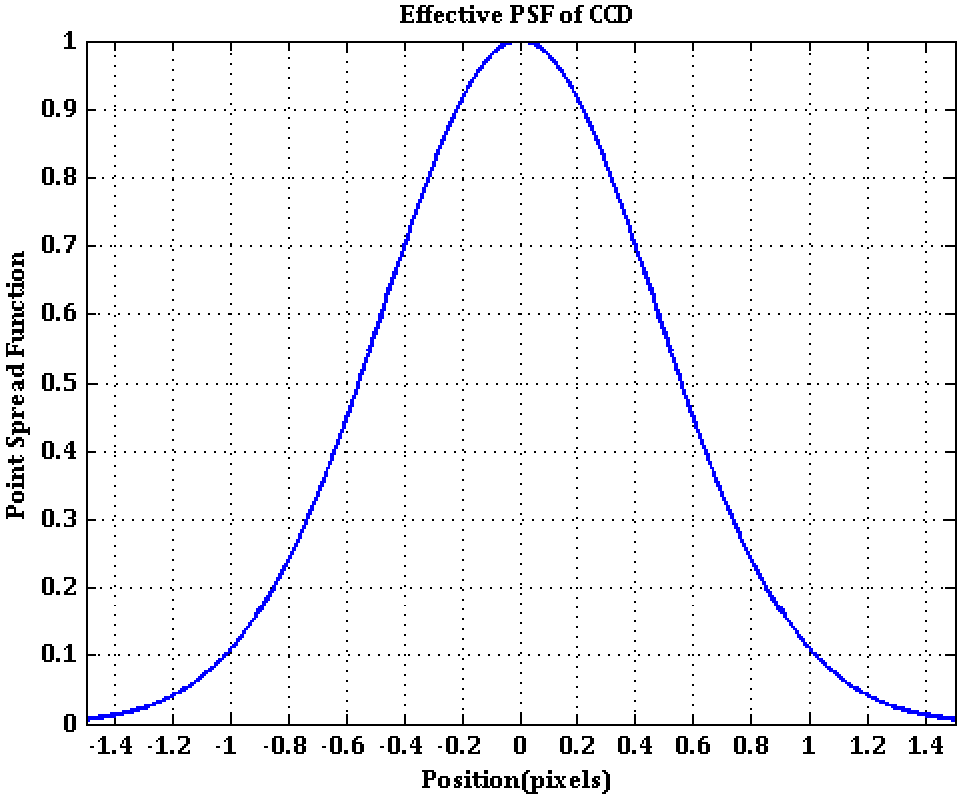


Figure for the 4th question

5. This question consists of a full sky charts in Alt-Azimuth coordinates, showing the sky of a month in this year. On the chart different objects are marked in different numbering systems: constellations are noted in **uppercase letters**; stars are noted in **Arabic numeral** and deep sky objects are noted in **lowercase letters**. The table contains 5 stars, 5 constellations and 5 deep sky objects to be marked on the sky map.
මෙම ප්‍රශ්ණය තාරකා රාශි, තාරකා සහ ගැඹුරු අහසේ ආකාශ වස්තු වල නම් සහිත වගු තුනකින් සහ මෙම වසරේ යම් මාසයක රාත්‍රී අහස දැක්වෙන තරු සිතියමකින් යුක්ත වේ (Alt-Azimuth ඛණ්ඩාංක ආකාරයට සැකසූ). තරු සිතියමේ විවිධ වස්තු විවිධ අංකනයන් මගින් දක්වා ඇත. **තාරකා රාශි ඉංග්‍රීසි කැපිටල් අකුරින්** දක්වා ඇති අතර **තාරකා අරාබි ඉලක්කමින්** දක්වා ඇත. එමෙන්ම ගැඹුරු අහසේ ආකාශ වස්තු **ඉංග්‍රීසි සිම්පල් අකුරින්** දක්වා ඇත.

(A) දිශාවන් හතර (N,S,E,W) ලෙස සිතියම මත ලකුණු කරන්න Mark the for directions (N,S,E,W) on the star chart.

(B) ක්‍රාන්ති වලයේ සහ ඛගෝල සමකයේ දළ සටහනක් සලකුණු කරන්න. Make a rough sketch of the Ecliptic and the celestial equator on the star chart.

(C) වගුවේ දක්වා ඇති තාරකා රාශි 5, තාරකා 5 සහ ගැඹුරු අහසේ ආකාශ වස්තු 5 තරු සිතියමේ අදාල ස්ථානවල සලකුණු කරන්න.

Mark five constellations, five deep sky objects, 5 stars on the map as given in the following chart.

A	**Lyra**	(1)	**Vega**	a	**Lagoon Nebula M8**
B	**Libra**	(2)	**Denab**	b	**Andromeda Galaxy M31**
C	**Cygnus**	(3)	**Altair**	c	**Dumbbell Nebula M27**
D	**Aquarius**	(4)	**Antares**	d	**Hercules Globular Cluster M13**
E	**Cassiopeia**	(5)	**Fomalhaut**	e	**Wild Duck Cluster M11**

(D) O1 සහ O2 ලෙස දක්වා ඇති වස්තූන් වල තිරස් ඛණ්ඩාංක (උන්නතාංශය හා උද්දිගංශය) ආසන්න ලෙස, ලියන්න.
Give the approximate horizontal coordinates (altitude and azimuth) of the given objects O1 and O2.

(E) පහත දක්වා ඇති තරු සිතියමෙහි ඇති සෙනසුරු ග්‍රහලොව සලකා පහත ප්‍රශ්න වලට පිළිතුරු ලියන්න. (පියවර පැහැදිලිව සඳහන් කරන්න), Consider Saturn in the following star map and answer the questions (steps are required)
නිරීක්ෂකයාගේ දේශාංශය, Geographical longitude of the observer: 80.7°E
නිරීක්ෂණ වෙලාව, Observed Time: 20h
ස්ථානීය නක්ෂත්‍ර කාලය, Local sidereal Time: 19h
සෙනසුරුගේ විෂුවදංශය, Right ascension of Saturn: 15h 50m

a. සෙනසුරුගේ හෝරා කෝණය ගණනය කරන්න, What was the Local Hour Angle of Saturn (at this time)?
b. සෙනසුරු අහසෙහි මුදුනේ පවතින වෙලාව, At what time was Saturn on the meridian at this location?
c. ග්‍රිනිච් හිදී සෙනසුරු අහසෙහි මුදුන පවතින වෙලාව, At what time was Saturn on the meridian at Greenwich?

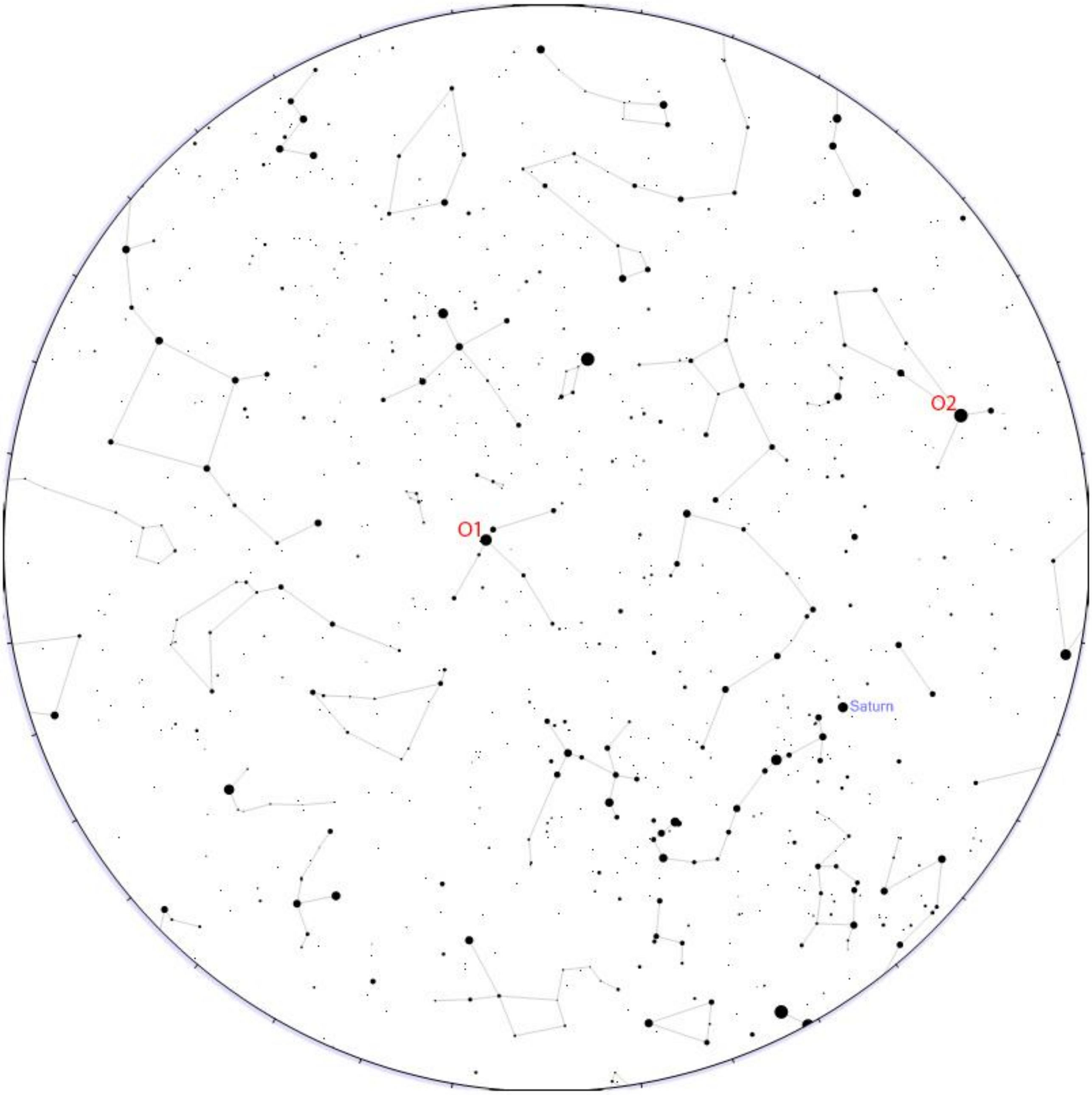


Chart I – Night Sky (රාත්‍රී අහස දැක්වෙන සටහන)