Please furnish the following information before the commencement of the examination		
Full Name of the Candidate:		
Examination Centre: Colombo/Batticaloa/Jaffna/Kandy/Kelaniya/ /Ruhuna/Mihinthale(underline)		
Index Number:	Telephone No.:	Email:
Date of Birth:	Age as of 2016.12.31: ....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 දසවැනි ශ්‍රී ලංකා ඔලිම්පියාඩ් තරඟාවලිය - 2016

THE 10TH SRI LANKAN OLYMPIAD ON ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS - 2016

(කාලය පැය 2/ Duration: 2 hours)

මෙම ප්‍රශ්න පත්‍රය A හා B කොටස් 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 Mass/සූර්යයාගේ ස්කන්ධය $M_{\odot} = 2 \times 10^{30}$ 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 = 2.898×10^{-3} m K)

ස්ටෙෆාන්-බෝල්ට්ස්මාන් නියතය / Stefan–Boltzmann constant = 5.67×10^{-8} W m^{-2} K^{-4}

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

අ - කොටස/ PART - A

මෙම කොටසේ සියලුම ප්‍රශ්න සඳහා වඩාත් නිවැරදි වරනය තෝරා අමුණා ඇති උත්තර පත්‍රයෙහි සටහන් කරන්න.

Choose the best answer and record it on the attached scan sheet.

----

01. The sun has three major zones in its interior. What are those three zones (listed from center of the sun outward)?
සූර්යයාගේ අභ්‍යන්තරය ප්‍රධාන වශයෙන් කොටස් තුනකට බෙදා ඇත. මෙම කොටස් තුන සූර්යාගේ අභ්‍යන්තරයේ සිට පිළිවෙලින් වනුයේ
    A. Core, Mantle, Crust
    B. Core, Convective Zone, Radiative Zone
    C. Core, Radiative Zone, Convective Zone
    D. Convective Zone, Radiative Zone, Chromosphere
    E. Radiative zone, Convective Zone, Core

02. Given a star of 70 solar masses and 20 solar radii, what type of star is this?
දෙන ලද තාරකාවක ස්කන්ධය සූර්යයාගේ ස්කන්ධය මෙන් 70 ක් සහ එහි අරය සූර්යයාගේ අරය මෙන් 20ක් වේ. මෙම තාරකාව කුමන තාරකා වර්ගයකට අයත් වේද?
    A. Main Sequence
    B. Giant
    C. Dwarf
    D. Neutron Star
    E. Supergiant

03. The latitude and longitude of Delhi are 28.61 degrees N and 77.21 degrees E, respectively. A star at which of the following declinations never rises over the horizon in Delhi?
ඉන්දියාවේ අගනුවර වන දිල්ලි අක්ෂාංශ 28.61^0N සහ දේශාංශ 77.21^0E තුල පිහිටා ඇත. මෙම දිල්ලි නගරයට කිසිදාක දැකගත නොහැකි හෙවත් කවදාවත් පායනු නොලබන තාරකාවක ක්‍රාන්ති අගය වනුයේ
    A. 60 degrees
    B. 45 degrees
    C. 0 degrees
    D. -45 degrees
    E. -60 degrees

04. The semi-major axis of an asteroid in the asteroid belt is 3 AU. What is its orbital period, in years?
ග්‍රහකයක අර්ධ මහා අක්ෂය නක්ෂත්‍ර ඒකක 3 වේ. මෙම ග්‍රහකයේ අවර්ථ කාලය අවරුදු වලින්
    A. 9.0   B. 5.2   C. 27.0   D. 2.1   E. 3.0

05. The mean orbital velocity of Jupiter is 13.1 km/s, its mass is 1.9 x 10^{27} kg, and its orbit has a semi-major axis of 7.9 x 10^{8} km. Compute the angular momentum in SI units (Joule-seconds).

බ්‍රහස්පතිගේ කක්ෂීය ප්‍රවේගය 13.1 km/s වන අතර එහි ස්කන්ධය 1.9 x 10^{27} kg වේ. මෙහි කක්ෂයේ අර්ධ මහා අක්ෂයේ අගය 7.9 x 10^{8} km වේ. බ්‍රහස්පතිගේ කෝණික ගම්‍යතාවය ගණනය කරන්න.

A. 9.0 x 10^{42}
B. 2.6 x 10^{47}
C. 1.6 x 10^{55}
D. 2.0 x 10^{43}
E. 2.5 x 10^{35}

06. What object is left at the middle of a planetary nebula, and what is the largest mass at which this object can exist?

ග්‍රහ මණ්ඩල නිහාරිකාවක මධ්‍යයේ පැවතිය හැකි වස්තුව කුමක් විය හැකිද? එම වස්තුවට ගත හැකි උපරිම ස්කන්ධය කුමක්ද?

A. White dwarf, 1.4 solar masses
B. White dwarf, 3.0 solar masses
C. Neutron star, 1.4 solar masses
D. Neutron star, 3.0 solar masses
E. Solar system, 3.0 solar masses

07. What causes the “Kirkwood Gaps” found in the asteroid belt?

ග්‍රාහක පටිය තුල කිර්ක්වුඩ් හිඩැස් බිහිවීමට හේතුව කුමක්ද?

A. Mars
B. Jupiter
C. Saturn
D. Uranus
E. Solar wind

08. Calculate the escape velocity of a planet with twice the mass and 1/3 the radius of Earth.

අප පෘතුවියේ ස්කන්ධය මෙන් දෙගුණයක් සහා පෘතුවියේ අරය මෙන් 1/3 වන ග්‍රහලොවක වියෝග ප්‍රවේගය සොයන්න.

A. 9.2 km/s
B. 11.2 km/s
C. 13.7 km/s
D. 21.2 km/s
E. 27.4 km/s

09. What size telescope is required to resolve Hellas Planitia (a 2,300 km wide crater) on Mars through a V-band filter (effective wavelength = 550 nm) when Mars is 54.6 million km away from Earth?

දෘශ්‍ය පෙරහනක් භාවිතා කරමින් දුරදක්නයක් මගින් අගහරුගේ පෘෂ්ඨය මත ඇති විෂ්කම්භය 2300 km වන ආවාටයක් නිරීක්ෂණය කරනු ලබයි. මෙම ආවාටය හොදින් විභේදනය කර නිරීක්ෂණය කිරීම සදහා දුරදක්නයට පැවතිය යුතු අවම විෂ්කම්භය සොයන්න. මෙම අවස්ථාවේදී අගහරුට පවතින දුර 54.6 million km වේ. දෘශ්‍ය පෙරහනේ තරංග ආයාමය 550 nm වේ.

A. 34.8 mm
B. 26.1 mm
C. 15.9 mm
D. 10.6 mm
E. 7.7 mm

10. When taking the spectrum of a galaxy with redshift z=1, the H-alpha line (λ=656 nm) appears at what wavelength?
මන්දාකිණියකින් ලබාගත් වර්ණාවලියකට අනුව එහි රක්ත විස්ථාපනය 1 වේ. මෙම මන්දාකිණිය මගින් H ඇල්ෆා ($\lambda = 656$ nm)හි ලැබෙන දෘශ්‍ය තරංග ආයාමය සොයන්න.
A. 656.5 nm
B. 326 nm
C. 656 nm
D. 657nm
E. 1312 nm

11. Which of the following Messier objects is grouped incorrectly with its type and constellation?
පහත සදහන් මෙසියර් වස්තූන් අතරින් එහි වර්ගය සහ එය අඩංගු තාරකා රටාව නිවැරදිව සදහන් නොවන්නේ
A. M4, globular cluster, Scorpius
B. M27, spiral galaxy, Sagittarius
C. M42, emission nebula, Orion
D. M57, planetary nebula, Lyra
E. M87, elliptical galaxy, Virgo

12. The famous Halley's comet appeared in the night sky in 1986. The semi-major axis of its orbit is 17.8 AU. When is it going to return next?
සූර්යයා වටා ගමන් ගන්න හේලිගේ දුමකේතුව වර්ෂ 1986 දී දැකගත හැකි විය. මෙහි අර්ධ මහා අක්ෂය 17.8 AU වේනම්, නැවතත් හේලිගේ දුම කේතුව අපට දැකගත හැකිවනුයේ
A. 2023
B. 2061
C. 2064
D. 2093
E. 2065

13. තාරකාවක Eddington limit පහත සමිකරණය මගින් ගණනය කරනු ලැබේ.
Eddington limit of a star can be calculated by using following equation

$$L_{Edd} = \frac{4\pi G m_p C}{\sigma_T}$$

ඉහත සමීකරණයේ එක් එක් පද වලට සුපුරුදු තේරුම ඇත.

Each term of above equation represents its general meaning.

Crab පල්සාරයේ ස්කන්ධය 1.4 M_0 එල හා එයට ඇති දුර 2200 pc වන අතර ප්‍රෝටෝනයක ස්කන්ධය 1.67×10^{-27} kg වේ. , $\sigma_T = 6.65 \times 10^{-29}$ m^2 නම් , පෘතුවිවාසී නිරික්ෂකයකුට Crab

පල්සාරයේ උච්චතම දිප්තියේදී නිරීක්ෂණය කල හැකි දිප්තතාවය (ශ්‍රාව ඝනත්වය හෙවත් තිව්‍රතාවය) කොපමණද?

Mass of the Crab pulsar is 1.4 M_0 and it lies 2200 pc away from Earth. Mass of a proton is $1.67x10^{-27}$ kg, $\sigma_T = 6.65x10^{-29}\ m^2$. What is the brightness (flux density **OR** intensity) of Crab pulsar which can be observed by an observer in Earth at its maximum Luminosity.

(A) 3×10^{-5} W m^{-2} (B) 3×10^{-10} W m^{-2} (C) 3×10^{-15} W m^{-2}

(D) 3×10^{-20} W m^{-2} (E) 1.5×10^{-5} W m^{-2}

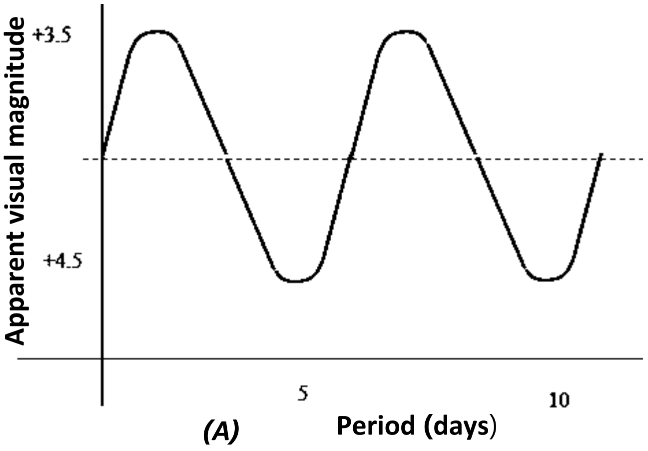
14. FERMI අභ්‍යවකාශ දුරේක්ෂය මගින් Crab නිහාරිකාවේ වූ 100 MeV උණුසම් සිළු (flares) නිරික්ෂනය කරන ලදී. මෙම නිරීක්ෂණය සිදුකරන්නට ඇත්තේ කුමන තරංග ආයාමය යටතේද?
Hot flares of 100 MeV in the Crab nebula were observed by FERMI space telescope. What can be the wavelength that was used by the telescope for this observation?

(a) 5.00×10^{-12} m (b) 5.00×10^{-14} m (c) 2.00×10^{-12} m
(d) 1.24×10^{-12} m (e) 1.24×10^{-14} m

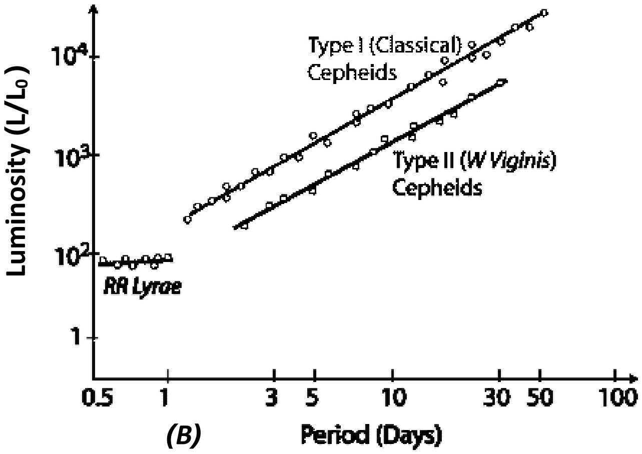
15. ගෝලීය තරු පොකුරක විෂ්කම්භය පාසෙක් 2ක් (2 pc) වේ. එහි පවතින මුළු තාරකා ප්‍රමාණය 10^7 ක් වේ. 2.4 m විවරය සහිත හබ්ල් අභ්‍යාවකාශ දුරේක්ෂය මගින් මෙම ගෝලීය තරු පොකුරේ පවතින තාරකා සියල්ල එකිනෙකින් වෙන්කර හඳුනාගැනීමට අවශ්‍යය නම්, එය දුරේක්ෂයේ සිට තිබිය යුතු උපරිම දුර සීමාව ආසන්න වශයෙන් කොපමනද? (එහි නිරීක්ෂකයාගේ තාරකා දෘෂ්‍ය පථය හරහා සමාන දුර වලින් එකම තලයක (i = 90^0) ව්‍යාප්තව පවතින බව උපකල්පනය කරන්න) සුදු ආලෝකයේ මධ්‍යනය්‍ය තරංග ආයාමය 5000 A^0 වේ.
Diameter of a globular cluster is 2 pc. It has totally 10^7 number of stars. What is the maximum distance limit which Hubble Space Telescope with 2.4 m aperture ought to resolve individual stars within the cluster? (Assume that all stars in the cluster are distributed in a same plane (i = 90^0) and separated from equal distance). Mean wavelength of white light is 5000 A^0.

(A) 2 pc (B) 20 pc (C) 200 pc (D) 2000 pc (E) 20 000 pc

16. පහත (*A*) මගින් දැක්වෙන්නේ Type 1 ගනයට අයත් සෙෆීඩ් විචල්‍ය තාරකාවක අලෝක වක්‍ර ප්‍රස්ථාරයකි. හිරුගේ නිරපේක්ෂ දීප්ත විශාලත්වය M = 5.0 ක් නම්, එම සෙෆීඩ් විචල්‍ය තාරකාවට ඇති දුර ආසන්න වශයෙන් කොපමණද ? (*B*) රූපය මගින් සෙෆීඩ් විචල්‍ය තාරකා වල දීප්ති-කාල සබඳතාව දැක්වේ.
Figure (*A*) depicts a light curve of a Type 1 Cepheid variable star. If the Sun has Absolute magnitude of M = 5.0, find distance to the Cepheid variable star described by the light curve in figure (*A*). Figure (*B*) depicts the graph of Luminosity-Period relationship in Cepheid variable stars.



(A)



(B)

(A) 2 pc (B) 20 pc (C) 200 pc (D) 2000 pc

(E) දී ඇති දත්ත ප්‍රමාණවත් නැත. (Given data is not enough to solve)

17. Zubeneschamali (β Librae) තාරකාව B_8V ගනයට අයත් වේ. එහි දීප්තිය 130 L_0 වන අතර දෘෂ්‍ය දීප්ත විශාලත්වය V = 2.6 වේ. එම තාරකාවට ඇති දුර කොපමණ වේද? (1 pc = 206265 Au, හිරුගේ දෘෂ්‍ය දීප්ත විශාලත්වය -26.7 ක් ලෙස සලකන්න.)
Zubeneschamali (β Librae) belongs to the type of B_8V. Its luminosity is 130 L_0 and apparent magnitude V = 2.6. What is the distance to the star Zubeneschamali? 1 pc = 206265 AU, Visual magnitude of the Sun is -26.7

(A) 10 pc (B) 20 pc (C) 30 pc (D) 40 pc (E) 200 pc

18. පෘතුවියේ සිට ආලෝක වර්ෂ බිලියන 15 ක් ඈතින් පවතින සත්‍ය විශ්කම්භය ආලෝක වර්ෂ 1.00×10^5 ක් වන ප්‍රාග් හයිඩ්‍රජන් වායු වලාවක් මගින් ක්ෂුද්‍ර තරංග පසුබිම් විකිරණ සිතියම මත 1.34×10^{-5} rad වන උණුසුම් දීප්තිමත් ලපයක් ඇති කරන බව නිරීක්ෂණය කරන ලදී. මේ ඇසුරින් විශ්වයේ අවකාශීය වක්‍රතාවය (u) හා මන්දනය වීමේ පරාමිතිය (q) පිළිබඳව සත්‍ය වන්නේ පහත කුමන ප්‍රකාශයද? (අඳුරු ශක්තියේ ඝනත්ව පරාමිතිය කාලයෙන් ස්වායක්ත නියතයක් ලෙස සලකන්න.)
A primordial Hydrogen gas cloud that has intrinsic diameter 1.00×10^5 Light years has distance of 15 billion Light years from Earth. It imprints a bright hot spot of 1.34×10^{-5} rad on CMBR all-sky map. With respect to this observation, what is the correct statement about the Curvature (u) and declaration parameter (q) of Universe? (Assume that density parameter of the Dark Energy is a constant which is independent from time).

	space curvature අවකාශීය වක්‍රතාව (u)	deceleration parameter මන්දනය වීමේ පරාමිතිය (q)
(a)	0	q = ½
(b)	+	q > ½
(c)	+	q < ½
(d)	-	q < ½
(e)	-	q = ½

19. වර්තමාන විශ්වයේ අවධි ඝනත්වය 1.0 x 10^{-26} kg m^{-3} හා අඳුරු ශක්තියේ ඝනත්ව පරාමිතිය (Ω_Λ) = 0.7 ක් වේ. විකිරණ වල ඝනත්වය, පදාර්ථ වල ඝනත්වය හා සසඳන කල නොගිනිය හැකි තරම් කුඩා අගයක් ගනී නම් විශ්වයේ මන්දනය වීමේ පරාමිතියේ (q) අගය කුමක් විය යුතු ද?
Critical density and the density parameter of Dark Energy (Ω_Λ) in present day universe are 1.0 x 10^{-26} kg m^{-3} and 0.7, respectively. What should be the value of Declaration parameter (q) if the radiation density is negligible when compared with the matter density of Universe? Matter density of universe is given by the following equation.

විශ්වයේ පදාර්ථ වල ඝනත්වය $$\rho_m = \frac{3H_0^2 q}{4\pi G}$$

(A) 0.05 (B) 0.01 (C) 0.14 (D) 0.27 (E) 0.30

20. විශ්වීය ප්‍රසාරණය නිසා සිදුවන රක්ත විස්ථාපනය Z = 1.5 ක් වන මන්දාකිණියක්, අද අප එය නිරීක්ෂණය කරනු ලබන ආලෝක ෆෝටෝන නිකුත් කරනු ලැබූ කාලයේදී විශ්වයේ පරිමාණ සාධකය (Scale factor) කුමක් වන්නට ඇත්ද? (වර්තමානයේදී පරිමාණ සාධකය (Scale factor) = 1.0 බව සලකන්න.)
What is the value of Cosmic Scale Factor in a galaxy which has a cosmological redshift of Z = 1.5 when it emitted light photons which we use to observe it today? (Consider the cosmic scale factor at present as 1.0)

(A) 0.1 (B) 0.4 (C) 0.6 (D) 2.5 (E) 10

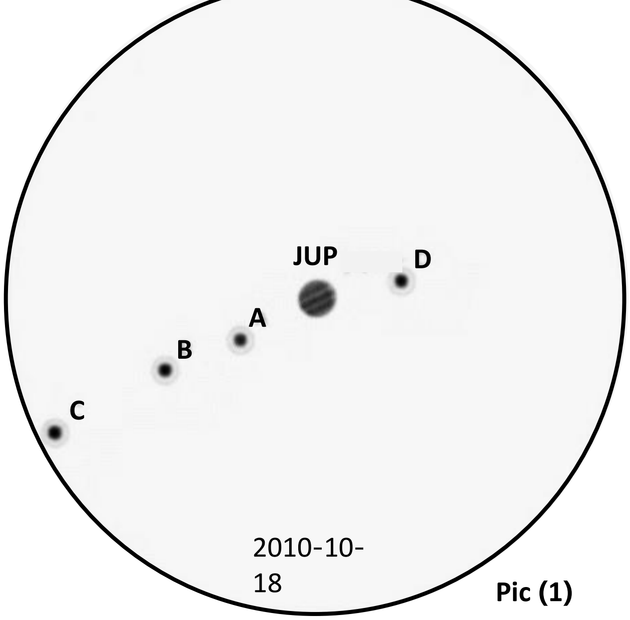
ආ-කොටස/ PART B

සියලුම ප්‍රශ්න වලට (5 ටම) පිලිතුරු සපයන්න

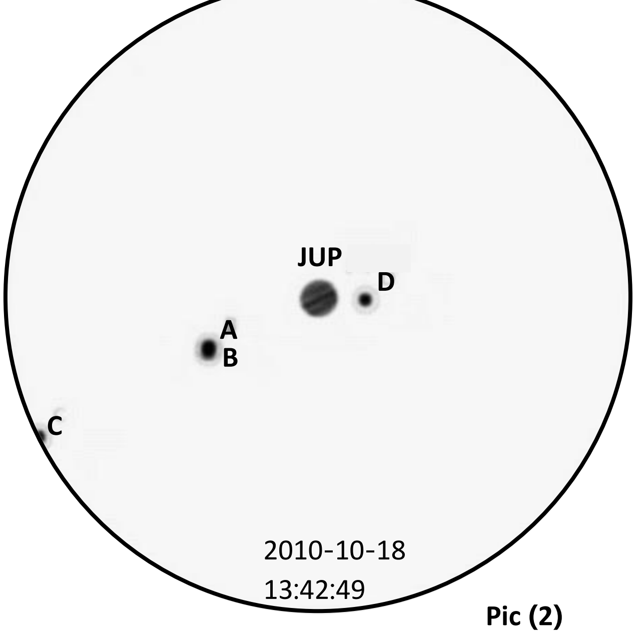
Answer all (5) questions

21. පෘතුවියේ භූස්ථාවර කක්ෂයේ රඳවා ඇති එක්තරා අභ්‍යවකාශ පර්යේෂණාගාරයක ස්ථාපිත Celestron C 1400 වර්ගයේ අවනෙත් විවරය 14" (356 mm) හා f/11 දුරේක්ෂයක උපනෙත් විවරයට 5X Barlow කාචයක් සමග සවිකරනු ලැබූ නවතම SBIG ST-8300M වර්ගයේ ඒකවර්ණ CCD කැමරාවකින් ලබාගනු ලබන ඡායාරූප වල සඵල දෘශ්‍ය ක්ෂේත්‍රය මැනීම සඳහා විද්‍යාඥයින් විසින් බ්‍රහස්පතී ග්‍රහයාගේ ගැලීලියානු උපග්‍රහයින්ගේ චලිතය උපයෝගී කරගනිමින් සිදු කරනු ලැබූ පරීක්ෂණයකදී 2010/10/18 වන දින සිට 2010/10/25 අතර කාලය තුල වරින් වර ලබාගන්නා ලද ඡායාරූප 4800 ක් අතුරින් තෝරාගත් , සංස්කරණය කරනු ලැබූ ඡායාරූප 10 ක් ඔබට පහත ලබා දී ඇත. Pic (1-10).
    - **මෙම කාලය තුල** ලබාගත් ඡායාරූප 4800 අතුරින් කිසිම ඡායාරූපයක **D ලෙසින් හැඳින්වෙන ගැලීලියානු උපග්‍රහයා හැර** වෙනත් කිසිම ගැලීලියානු උපග්‍රහයෙකු දුරේක්ෂයේ දෘශ්‍ය ක්ෂේත්‍රයෙන් **සම්පූර්ණයෙන්ම ඉවතට** ගමන් **නොකළ** බව එම ඡායාරූප 4800 විශ්ලේෂණයෙන් සොයාගැනීමට හැකි විය .

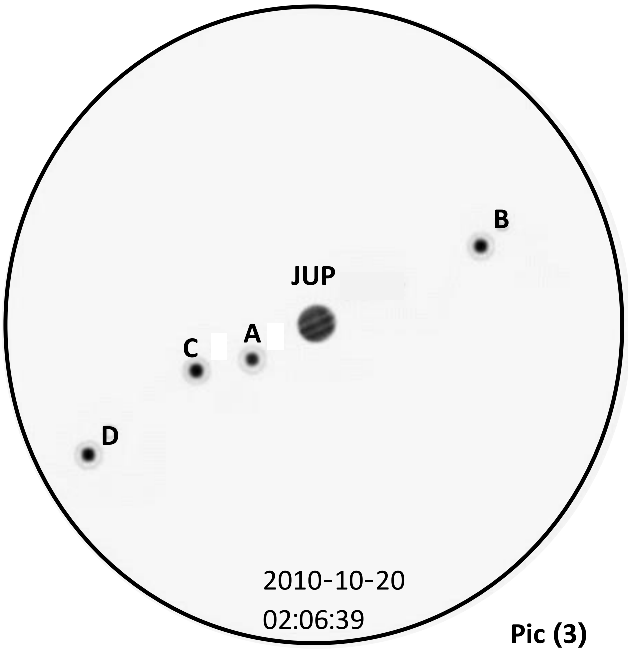
    An experiment was designed to measure the effective Field Of View (FOV) of photographs taken by a new SBIG ST-8300M monochrome CCD camera which is connected to a Celestron C 1400 telescope [14" (356 mm) aperture and f/11] that is located in a space laboratory orbiting in the Geo-stationary orbit. The camera is connected to the telescope with a 5X Barlow lens. They have used orbital movements of Galilean satellites to fulfil this task. Here, you have been provided 10 selectively edited photographs (Pic 1-10) among 4800 photographs which were taken within 2010/10/18 and 2010/10/25
    - When they analyzed 4800 numbers of photographs , they could find that any of the Galilean satellite **except "D" was not able to <u>entirely</u> move off** FOV of the telescope



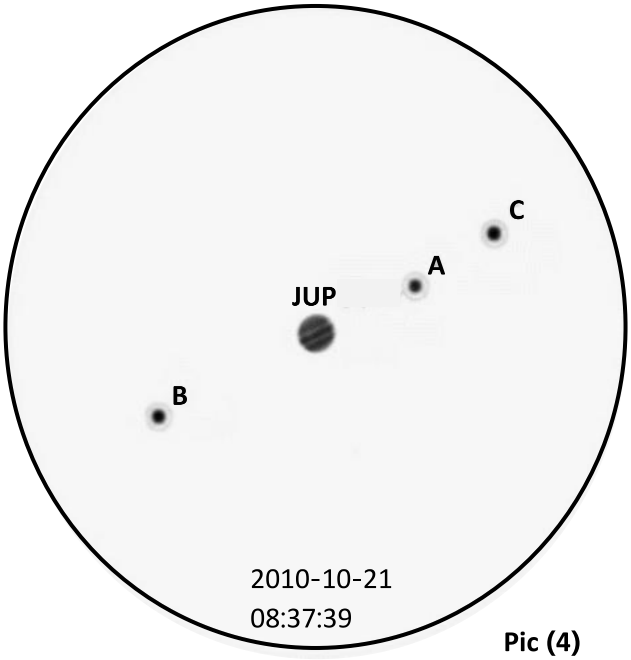
Pic (1)



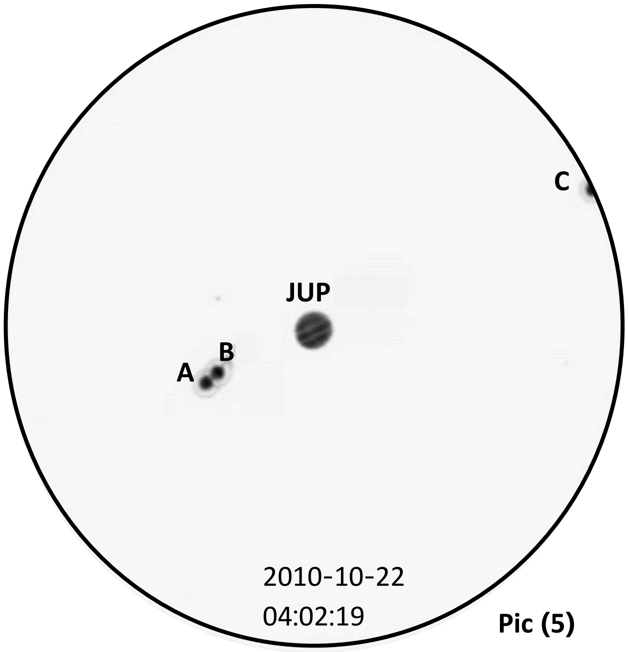
Pic (2)



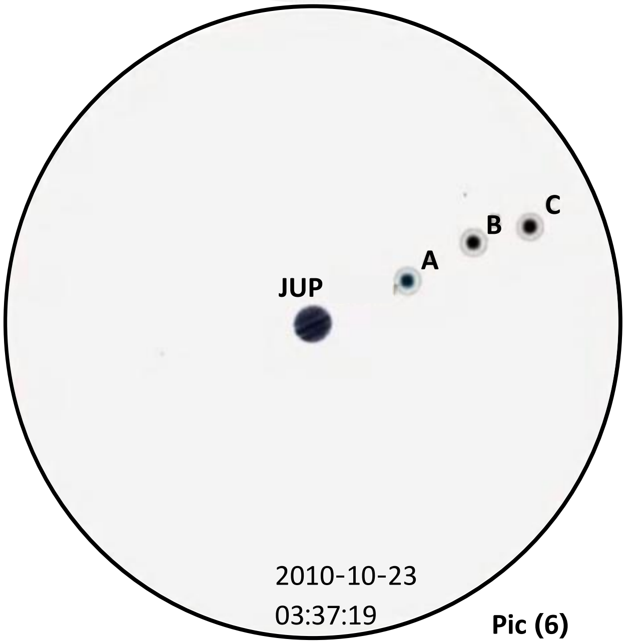
Pic (3)



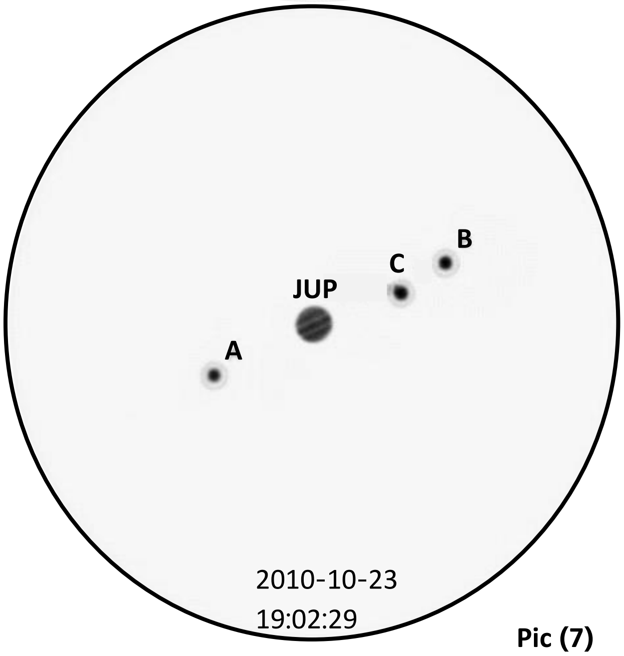
Pic (4)



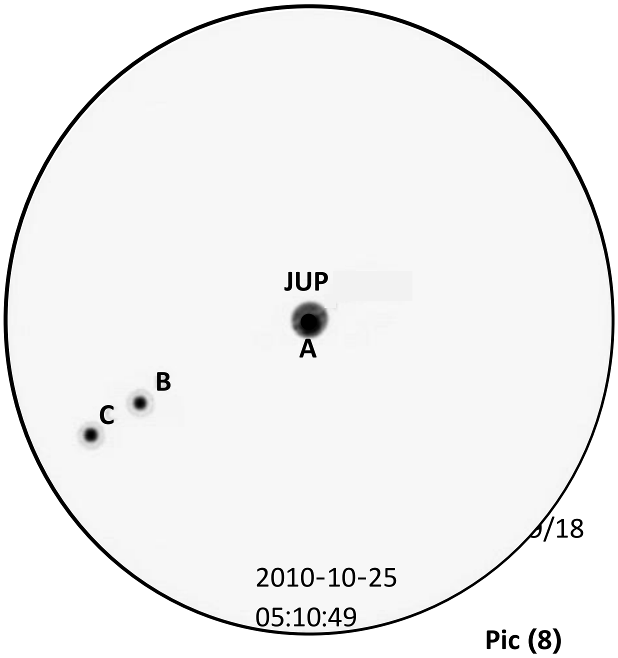
Pic (5)



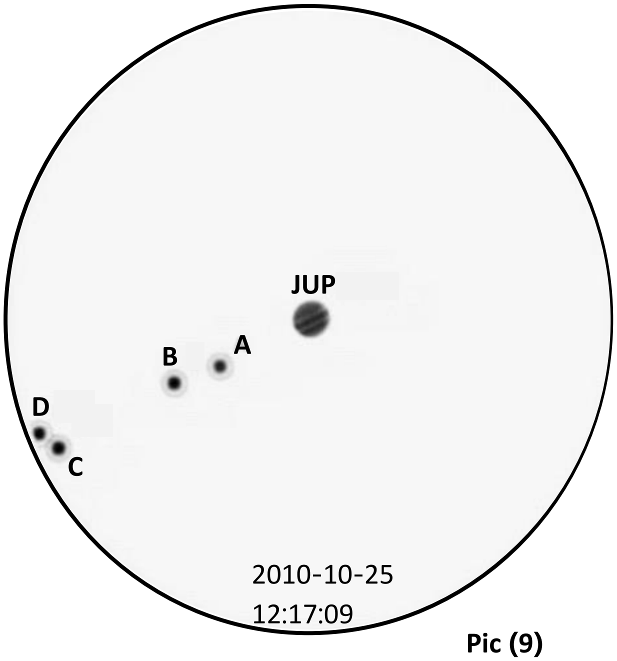
Pic (6)



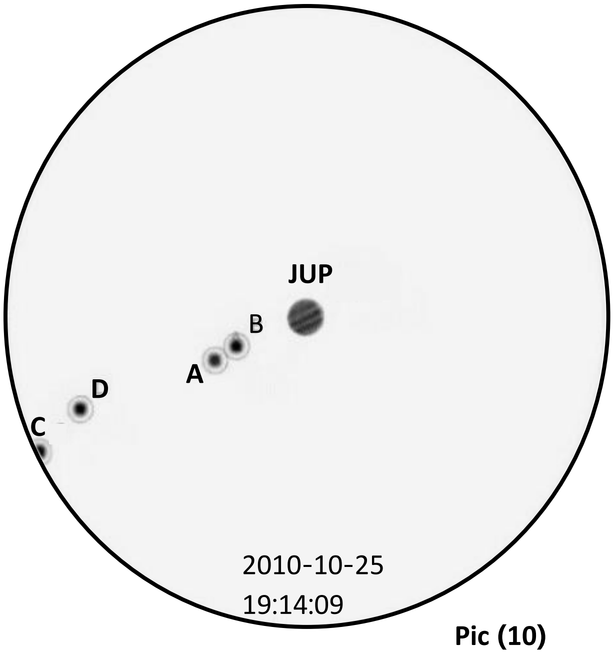
Pic (7)



Pic (8)



Pic (9)



Pic (10)

A)

1. එම ඡායාරූප හොඳින් අධ්‍යයනය කර A,B,C,D යන ගැලීලියානු උපග්‍රහයින් හඳුනාගන්න.

   Identify Galilean satellites in these photographs which are labeled as A,B,C,D by analyzing them.

2. එම ඡායාරූප පෙළට අනුව, එහි සඳහන් එක්තරා ගැලීලියානු උපග්‍රහයෙකු ගේ එම කාල පරාසය තුල චලිතය උපයෝගී කරගනිමින් ඉහත දුරේක්ෂයට සවිකළ CCD කැමරාවෙන් ලබාගන්නා ඡායාරූප වල සඵල දෘශ්‍ය ක්ෂේත්‍රය පහසුවෙන් මැන ගත හැක. එම උපග්‍රහයා කුමක්ද ?

   According to these photographs, FOV of the photographs which are taken from the telescope equipped with the CCD, can be measured by using orbital movement of one Galilean satellite. What is that satellite?

3. බ්‍රහස්පති ග්‍රහයාට මේ දින වකවානුව තුලදී පෘතුවියේ සිට ඇති මධ්‍යන්‍ය දුර 6.12 x 10^8 km නම්. ඉහත දුරේක්ෂයට සවිකළ CCD කැමරාවෙන් ලබාගත් ඡායාරූප වල සඵල දෘශ්‍ය ක්ෂේත්‍රය, ඉහත A) 2. හි ඔබ සඳහන් කල උපග්‍රහයාගේ ඡායාරූප වල දැක්වෙන චලිතය ඇසුරෙන් ගණනය කර දක්වන්න.
   - ගැලීලියානු උපග්‍රහයින්ට බ්‍රහස්පතිගේ සිට ඇති දුර පහත **වගුව 1** හි දක්වා ඇත.

   If the average distance between Earth and Jupiter within this period was 6.12 x 10^8 km, Calculate the FOV of photographs which was taken by the Telescope equipped with the CCD, by using orbital movement of the satellite that you mentioned in **A) 2**
   - Distances from Jupiter to Galilean satellites are given in **Table 1**.

ගැලීලියානු උපග්‍රහයා Galilean Satellite	බ්‍රහස්පති ග්‍රහයාගේ සිට ඇති දුර (km) Average distance from Jupiter
අයෝ (Io)	4.21×10^5
යුරෝපා (Europa)	6.70×10^5
ගැනිමීඩ් (Ganymede)	1.07×10^6
කැලිස්ටෝ (Calisto)	1.88×10^6

Table 1 (වගුව 1)

B)

1. එම ඡායාරූප පෙළෙහි 8 වන රූපයේ Pic (8) දක්නට ලැබෙන විශේෂ සිදුවීම කුමක්ද?
   What is the special astronomical event which was captured in "**Pic (8)**"?

2. එම Pic (8) CCD ඡායාරූපය යොදාගෙන ඉහත A 2) හි නම් කරන ලද උපග්‍රහයාගේ විෂ්කම්භය මැනීමට එක් විද්‍යාඥයෙකු අදහස් කරන ලදී. ඔහු විසින් **Pic (8)** CCD ඡායාරූපයේ අදාළ උපග්‍රහයාගේ විෂ්කම්භය පික්සෙල 31 (31 Pixel) බව CCDOps නම් මෘදුකාංගය මගින් සොයා ගනු ලැබීය. SBIG ST-8300M යන කැමරාවේ, CCD චිපයේ පහත සඳහන් තාක්ෂණික තොරතුරු උපයෝගී කරගනිමින්, එම ගැලීලියානු උපග්‍රහයාගේ සත්‍ය විෂ්කම්භය ගණනය කරන්න.

   One scientist thought to find the true diameter of Galilean satellite that you identified in **A 2)**. He calculated number of pixels along the diameter of that satellite using a software called "CCDOps". There was 31 pixels along the diameter of that Galilean satellite in **Pic (8).** Calculate the true diameter of that Galilean satellite using following technical specifications of SBIG ST-8300M CCD camera.

SBIG ST-8300M (Monochromatic CCD Camera)

CCD Chip = Truesense KAF-8300
Pixel array = 3326 x 2504
Chip size = 17.96 x 13.52 mm
Pixel size = 5.4 µm

Assumptions:-

- That Galilean satellite is a symmetric sphere and it has **same** equatorial and polar diameters.
- Distance from the Earth to that Satellite is equal to the distance from the Earth to Jupiter.

උපකල්පන :-

- එම උපග්‍රහයා සර්වසම ගෝලයක් අතර එහි නිරක්ෂීය හා ධ්‍රැවීය විෂ්කම්භ සමාන වේ.
- පෘතුවියේ සිට එම උපග්‍රහයාට ඇති දුර පෘතුවියේ සිට බ්‍රහස්පතීට ඇති දුරට සමාන වේ.

22.

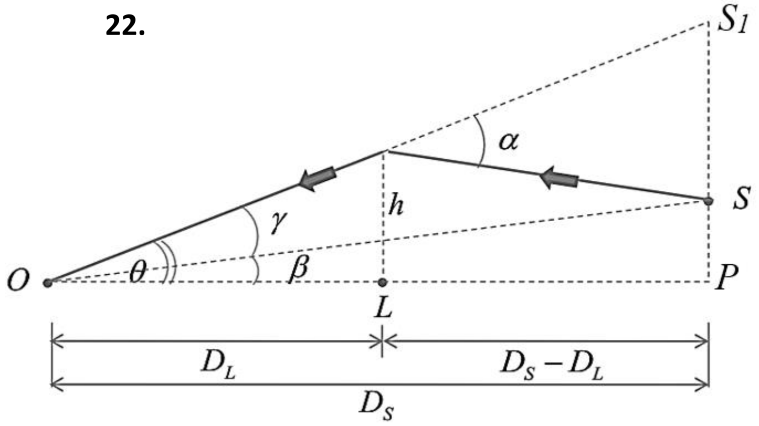


Figure 1

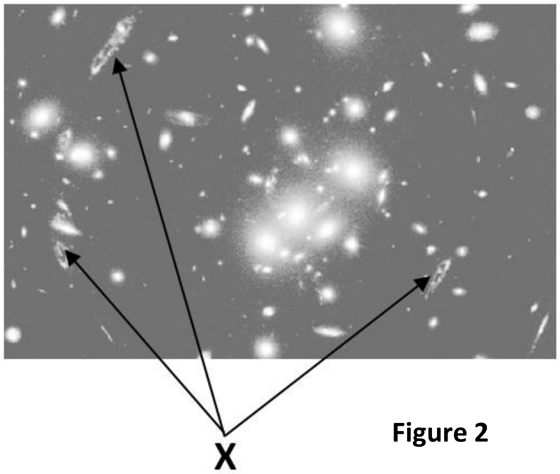


Figure 2

- **රූපය 2** මඟින් දැක්වෙන්නේ CL0024+1654 නම් මීන තාරකා රාශියේ පිහිටා ඇති ගුරුත්වාකර්ෂණ කාචයක් ලෙස ක්‍රියාකරනු ලබන මන්දාකිණි පොකුරකි. මෙහි රක්ත විස්ථාපනය (Z) = 0.39 ක් බව සොයා ගන්නා ලදී. එම රූපයේ (**X**) ලෙසින් නම් කර ඇති ප්‍රතිබිම්බ මගින් නිරූපනය වන මන්දාකිනියට ඇති දුර 2543.2 Mpc බව සොයාගනු ලැබුනි.
- ගෝලාකාර සමමිතියක් දරන්නාවු ස්කන්ධය M වන ලක්ෂීය ගුරුත්වාකර්ෂණ කාචයක් මඟින් α නම් උත්ක්‍රමණ කෝණයකින් යුතුව අලෝකය නැමීමට ලක්කරන ආකාරය **රූපය 1** හි දක්වා ඇත. α නම් ගුරුත්වාකර්ෂණ උත්ක්‍රමණ කෝණය හා කාචයේ ස්කන්ධය අතර සබඳතාව පහත දැක්වේ. තවද, α යනු ඉතා කුඩා කෝණයකි.

$$\alpha = \frac{4GM}{hC^2}$$

ප්ලාන්ක් නියතය = 6.63×10^{-34} Js

O = නිරීක්ෂකයා, S = ප්‍රභවය, S_1 = S හි ප්‍රතිබිම්භය, L= ගුරුත්වාකර්ෂණ කාචය

h = ගුරුත්වාකර්ෂණ කාචයේ සිට ආලෝක කිරණ එම තලය හරහා අලෝක කිරණ උත්ක්‍රමණය වීම ආරම්භ වන ස්ථානයට ඇති ලම්භක දුර (ගැටුම් කෝණය - Impact angle)

- මෙහි α,β,γ යනු ඉතා කුඩා කෝණ වේ. එබැවින් **tan θ ≈ θ** ලෙස සැලකිය හැක.

- **Figure 2** in this question is a photograph of CL0024+1654, a cluster of galaxy which acts as a gravitational lens that is located in Constellation Pisces. It has a redshift (Z) = 0.39. Distance to the galaxy (which is appeared as refraction images) labeled as "**X**" in this image is found to be 2543.2 Mpc
- **Figure 1** in this question depicts a point gravitational lens that has a spherical symmetry with mass M bends the light rays in deflection angle of α. The relation between gravitational deflection angle and the mass of the lens can be given as follows, (α is considered as very small angle)

$$\propto = \frac{4GM}{hC^2}$$

In **Figure 2, O** = the observer/ **S** = Source / **S_1** = Gravitational refraction image of S **L**= Point gravitational Lens / **h** = Impact Parameter (which is known as distance from the lens mass M to the intersection of the undeflected light ray with the lens plane.

- α, β, γ angles in this question is very small. Therefore $\tan\theta \approx \theta$

1. සරල ත්‍රිකෝණමිතික ජ්‍යාමිතික ක්‍රම උපයෝගී කරගනිමින් ගුරුත්වාකර්ෂන කාචය හා නිරීක්ෂකයා යා කරන රේඛාවට **S_1** ප්‍රතිබිම්බය දරන කෝණය θ සඳහා,

$$\theta^2 = \left[\frac{4GM(D_S - D_L)}{C^2 D_S D_L}\right] + \beta\theta$$

යන සමීකරණය ව්‍යුත්පන්න කරන්න.

Derive the following equation which gives the angular position of the S_1 image ($\boldsymbol{\theta}$) with respect to the straight line between the Lens and the observer.

$$\theta^2 = \left(\frac{4GM(D_S - D_L)}{C^2 D_S D_L}\right) + \beta\theta$$

2. **එමගින්**, ගුරුත්වාකර්ෂණ කාචය (L), ප්‍රභවය (S) හා නිරීක්ෂකයා (O) අතර ඒක රේඛියව පවතින විට (β = 0) අයින්ස්ටයින් වලය නම් වලයාකාර ප්‍රතිබිම්භයක් ඇත්වේ. මෙම අයින්ස්ටයින් වලයේ කෝණික අරය (අයින්ස්ටයින් අරය = θ_E) සඳහා වන සමීකරණය ව්‍යුත්පන්න කරන්න.

When the gravitation lens (L), the source (S) and the observer (O) are perfectly aligned with each other along a straight line (β=0), it creates a ring-like image which is known as Einstein Ring. Derive an equation for the angular radius of this Einstein ring (Einstein radius = θ_E) using above equation in **1.**

3. CL0024+1654 යන ගුරුත්වාකර්ෂණ කාචයේ අයින්ස්ටයින් අරය θ_E = 2.75 x 10^{-4} rad බව සොයාගනු ලැබිණි නම් 2.4 m විවරයක් සහිත හබ්ල් දුරේක්ෂයේ දෘෂ්‍ය පරාසයේ තරංග ආයාමය මඟින් මෙම අයින්ස්ටයින් වලල්ල විභේදනය කර නිරීක්ෂණය හැකිද? ($\lambda_{\text{white light}}$ = 5000 A^0)

Radius of the Einstein ring in CL0024+1654 was measured as $(\theta_E) = 2.75 \times 10^{-4}$ rad. Can we observe this ring by resolving it through the Hubble space telescope with 2.4 m diameter using the Visual wavelengths? (Average wavelength of white light is 5000 A^0)

4. ඉහත දත්ත භාවිතයෙන් CL0024+1654 යන ගුරුත්වාකර්ෂණ කාචය සහිත මන්දාකිනි පොකුරේ ස්කන්ධය ගණනය කරන්න.
Calculate the mass of CL0024+1654 galactic cluster which consists the gravitational lens using above information.

5. දීප්තනාමිතික ගණනය කිරීම් වලට අනුව මෙම මණ්ඩාකිණි පොකුරේ ස්කන්ධය 2 x 10^9 M_0 බව සොයාගන්නා ලදී. මෙම අගය ඔබ ඉහත **4**. දි ලබාගත් අගයෙන් වෙනස් වන්නේ කුමන හේතුවක් නිසා විය හැකිද? (සූර්යයා ගේ ස්කන්ධය = 2 x 10^{30} kg)

Photometric observation revealed that the galactic cluster has a mass 2x10^9 M_0 . What may be the reason for this deviation of two values? (Mass of the Sun = 2 x 10^{30} kg)

23. ඔබගේ මිතුරු පිටසක්වල ජීවියෙකුගේ ආරාධනාව පරිදි ඔබ තරුවක් වටා පරිභ්‍රමණය වන පෘතුවියට බොහෝ සෙයින් සමාන ග්‍රහලොවක නිවාඩුවක් ගත කිරීමට ගොස් සිටින්නේ යැයි සිතන්න. ඔබ එහිදි පහත නිරීක්ෂණ සිදුකරන්නට ඇත.

- මෙම ග්‍රහලොවේ භ්‍රමණ කාලය එහි වර්ෂයකට වඩා බොහෝ සෙයින් අඩුවේ. ඔබ නිවාඩුව ගත කරන (A) නම් ප්‍රදේශය ග්‍රහලොවේ උතුරු අර්ධගෝලය මත පිහිටා ඇත.
- Meridian රේඛාව මත (A) හි Zenith ලක්ෂයේ සිට වසරකදි හිරු (අදාල මව් තාරකාව) පිහිටන අවම කෝණික දුර 10^0 ක් වන අතර එහිදි හිරු (zenith) ලක්ෂයෙන් දකුණු දිශාවට වන්නට පිහිටයි.
- එසේම වසරකදී Meridian මත, Zenith ලක්ෂයේ සිට හිරු පිහිටන උපරිම කෝණික දුර 90^0 ක් දකුණු දෙසට වන්නට වේ. මෙම උපරිම හා අවම අවස්ථා සෑම වර්ෂයකදීම ඇතිවේ.

Suppose that you are on an Earth-like planet for a vacation as an invitation of your alien friend. You may have done following observations.

- A day of this planet is much shorter than its year. The location you are staying **(A)** is located on the northern hemisphere of this planet.
- The **minimum angle** which its sun (the parent star) appears from the zenith at **(A)** is 10^0. In this day, its sun is located on the meridian and southward to the zenith at **(A)**.
- The **maximum angle** between the zenith at **(A)** and its sun when it crosses the meridian is 90^0. In this day, its sun is located on the meridian and southward to the zenith at **(A)**. These are the extremes over the course of the year of this planet.

1. ඉහත තොරතුරු පදනම් කර ගනිමින් එම ග්‍රහලොව මත;
   i) (A) හි අක්ෂාංශය
   ii) ග්‍රහලොවේ සිරස් අක්ශීය ආනතිය (Axial tilt) ගණනය කරන්න.

By considering above observations, find;
   i) The Latitude of (A) on the planet.
   ii) Axial tilt of the planet.

2. ඔබගේ මිතුරා ජීවත්වන නිවස පිහිටා ඇත්තේ එම ග්‍රහලොව මත ඔබ නිවාඩුව ගත කරන **(A)** පිහිටි දේශාංශයේම 1000 km දකුණු දිශාවට වන්නට පිහිටි **(B) නම්** ස්ථානයකයි. වසරේ එක්තරා දිනයකදී (A) ස්ථානයේ (zenith) ලක්ෂයට අවම කෝණයකින් යුතුව Meridian රේඛාව මත හිරු පිහිටන දිනයේදී (B) ස්ථානයේ හිස මුදුනේ ගිම්හාන නිවෘත්තය (Summer solstice) පිහිටා තිබුණි නම්, එම ග්‍රහලොවේ අරය ගණනය කරන්න.

The house of your alien friend is situated at the same Longitude but 1000 km southward to the location (A). That place is known as **(B)**. In one day of each year, when the sun is located on **(A)**'s meridian and at the minimum angular separation from zenith of **(A)**, The **Summer Solstice** is directly overhead of the **(B)**. Find the radius of this planet.

3. වර්ණාවලීක්ෂයක් යොදාගනිමින් මෙම මව් තාරකාව K වර්ගයේ වාමන තාරකාවක් බව සොයාගන්නා ලදී. මෙහි වර්ෂයක් පෘතුවි දින 31ක් වේ නම්, ග්‍රහලොවේ කක්ෂයේ අර්ධ මහා අක්ෂය (Semi major axis) ගණනය කර දක්වන්න. (K වර්ගයේ වාමන තාරකාවක මධ්‍යන්‍යය ස්කන්ධය 0.6 M_0 හා පෘතුවි වර්ෂයක් පෘතුවි දින 365ක් බව සලකන්න.)

With a spectrograph, you determine that the star is a **K type dwarf star**. If the length of the year in this planet is 31 Earth days, calculate the semi–major axis of the planet's orbit. (Mean mass of a K type dwarf star is 0.6 M_0 and a year in earth corresponds to 365 earth days)

4. **K** වර්ගයේ වාමන තාරකාවක දීප්තිය 0.1 L_0 නම් ද, මෙම ග්‍රහලොවේ ඇල්බෙඩෝ අගය (Albedo) මධ්‍යන්‍යය පෘතුවි ඇල්බෙඩෝ අගය වන 0.30 ට සමාන නම් හා කිසිදු හරිතාගාර ආවරණයක් ග්‍රහලොවට බලනොපාන බව සලකමින් ග්‍රහලොවේ මතුපිට උෂ්ණත්වය නිර්ණය කරන්න. (හිරුගේ දීප්තිය = 3.85×10^{26} W)

Luminosity of a K type dwarf star is 0.1 L_0. Albedo of this planet is equal to 0.30 which is the average albedo of the Earth. Estimate surface temperature of the planet, assuming that there is no any greenhouse effect. (Luminosity of **THE SUN (In our Solar System)** is $3.85\text{x}10^{26}$ W , Stefan–Boltzmann constant = $5.67\text{x}10^{-8}$ $Wm^{-2}K^{-4}$)

5. ඔබ නිවාඩුව ගත කරන **(A)** නම් ස්ථානය පිහිටා ඇත්තේ එම ග්‍රහලොවේ මුහුදු මට්ටමේ සිට උස 6000 m වන කඳු මුදුනක වේ. ක්ෂිතිජයේදී වායුගෝලය හරහා සිදුවන වර්තනය $24'$ ක් නම්, එම ස්ථානයට ආසන්න වශයෙන් ධ්‍රැවාකාරව (Circumpolar) දක්නට ලැබෙන තාරකාවක අවම ක්‍රාන්තිය (Declination) අගය කොපමණද? (එම ග්‍රහලොව සර්වසම ගෝලයක් ලෙස සලකන්න.)

The place **(A)** is situated on top of a mountain which has an elevation of 6000 m from the sea level of that planet. If the atmospheric refraction of starlight at the horizon is $24'$, what is the minimum declination for a star, to be seen marginally circumpolar for this location, **(A)**. (Assume that the planet is a symmetric sphere)

24. ඕනෑම ගෝලාකාර වස්තුවක් සිය අක්ෂය වටා අධික ලෙස භ්‍රමණය වීම මගින් එම වස්තුව එහි උපරිම වේගයට පැමිණ කැඩී විසිරීයාම සිදුවේ. මෙය භවුතික විද්‍යා මූලධර්ම වලට අනුව ඉතා සරල දෙයකි. එනම් මෙය සිදුවනුයේ එම වස්තූන්ගේ විෂ්කම්භය ඔස්සේ පවතින කේන්ද්‍රඅභිසාරී ත්වරණය අදාල වස්තුවේ ගුරුත්වජ ත්වරණයට සමාන වීමෙනි. මෙම සිදුවීම පිටතින් නිරීක්ෂණය කරන්නෙකුට දිස්වනුයේ අදාල වස්තුවේ කේන්ද්‍රඅපසාරී බලය ගුරුත්වය හේතුවෙන් වැඩි ඉක්මවා යාමෙන් මෙය සිදු වන බවය. මෙම නියාය භාවිතා කරමින් ඕනෑම තාරකාවක් සඳහා ලබාගත හැකි උපරිම භ්‍රමණ වේගය $\boldsymbol{v} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ බව පෙන්වන්න.

එනයින් ස්කන්ධය **1.4Mo** වන සහා අරය **10 km** වන නියුට්‍රෝන තාරකාවක භ්‍රමණ ප්‍රවේගය සොයන්න.මෙහි ඇති නියුට්‍රෝන තාරකාවට ගෝලාකාර හැඩයක් පවතින බව උපකල්පනය කරන්න.

Stars reach break-up speed when they are rotating so fast the centripetal acceleration at the equator equals the gravitational acceleration (or, from the viewpoint of a rotating non-inertial

observer: when the centrifugal acceleration exceeds the acceleration due to gravity, g). This is a good physical limit on the expected rotation speed for compact stellar remnants.

Calculate the rotation period of a 1.4M⊙ neutron star with a radius of 10 km. Assume the star remains spherical

25. ග්‍රහලෝකයක ස්කන්ධය මැනීම සදහා අප විවිධ ක්‍රම භාවිතා කරනු ලබයි. මින් බොහොමයක් ක්‍රම අප විසින් භාවිතා කරනු ලබන්නේ නිව්ටන් සහා කෙප්ලර් නියම යොදා ගනිමිනි. මෙසේ නිව්ටන් නියම සහා කෙප්ලර්ගේ ගේ තුන්වන නියමය ආශ්‍රයෙන් අප විසින් බ්‍රහස්පති ග්‍රහයාගේ ස්කන්ධය සෙවීමට තීරණය කර ඇත. මේ සදහා බ්‍රහස්පතිගේ ප්‍රධාන චන්ද්‍රයන් සතර දෙනාගේ ආවර්ත කාලය සහා චන්ද්‍රයන් ට පවතින දුරවල් යොදා ගනු ලබයි. චන්ද්‍රයන් පිලිබදව දත්තයන් පහත වගුවේ දැක්වේ.

One of the advantages of having many test particles orbiting a parent mass (planet, or star) is that more sophisticated methods of mass determination become available because you have more data to work with. This exercise will verify that Kepler III and Newton gravitational law applies to the Galilean satellites around Jupiter, and will produce an estimate of the mass of Jupiter

a. ඉහත වගුව භාවිතා කරමින් y අක්ෂය සදහා log(p) ද x අක්ෂය සදහා log(a) ලෙස යොදා ගනිමින් සුදුසු ප්‍රස්ථාරයක් නිර්මාණය කරන්න. සියලුම අක්ෂ සදහා සම්මත ඒකක භාවිතා කරන්න.

Using the above table, create a graph of log (p) vs. log (a)

.

චන්ද්‍රයාගේ නම Name of moons	ආවර්ථ කාලය (දවස් වලින්) P= Orbital period (days)	බ්‍රහස්පතිගේ සිට ඇති දුර (මීටර) a= Semi major axis(m)
Io (අයෝ)	1.77	4.2×10^8
Europa (යුරෝපා)	3.55	6.7×10^8
Ganymede(ගැනිමේඩ්)	7.15	1.1×10^9
Callisto (කැලිස්ටෝ)	16.7	1.9×10^9

b. ඉහත ඔබ ලබාගත් ප්‍රස්ථාරයට අදාල සමීකරණය සොයන්න.
Find the formulae for above graph.

c. මෙම $G(m_1 + m_2) = \frac{4\pi^2 a^3}{P^2}$ සමීකරණය යොදා ගනිමින් ඉහත ප්‍රස්ථාරයෙ අනුක්‍රමණයෙන් ලැබුණු අගය, මෙම සමීකරණය මගින් ලැබෙන අනුක්‍රමනයේ අගය දලවශයෙන් **3/2** ට සමාන බව පෙන්වන්න.(මෙම සමීකරණය දෙපසටම ලඝු භාවිතා කොට සුළු කරන්න.)
From the graph, show that the slope of the best-fit straight line through the data is 3/2 of the value obtained form $G(m_1 + m_2) = \frac{4\pi^2 a^3}{P^2}$.

d. ප්‍රස්ථාරයෙන් ඔබ විසින් ලබාගත් සමිකරණයේ අන්ත: ඛණ්ඩය සහා ඔබ විසින් සුළු කර ලබාගත් සමිකරණයේ අන්ත:ඛණ්ඩයන් සමාන කර බ්‍රහස්පති ගේ ස්කන්ධය ගණනය කරන්න.
Calculate the mass of Jupiter from the y-intercept of your graph.

****