

Laureaci LXVII Olimpiady Astronomicznej 2023/24:

1. Piotr Jędrzejczyk - V Liceum Ogólnokształcące im. Augusta Witkowskiego, Kraków.
2. Dawid Chudzik - XIV Liceum Ogólnokształcące im. Stanisława Staszica, Warszawa.
3. Andrzej Maroń - XIV Liceum Ogólnokształcące im. Stanisława Staszica, Warszawa.
4. Michał Jagodziński - XIII Liceum Ogólnokształcące, Szczecin.
4. Krzysztof Nadulicz – II Liceum Ogólnokształcące
im. Księżnej Anny z Sapiehów Jabłonowskiej, Białymstok.
6. Weronika Bednarek - XIII Liceum Ogólnokształcące, Szczecin.
6. Stanisław Świercz - XIV Liceum Ogólnokształcące im. Stanisława Staszica, Warszawa.
6. Kinga Wysocka - III Liceum Ogólnokształcące z Oddziałami Dwujęzycznymi
im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia.

Zadania pierwszej serii I etapu

Zadanie 1 – z rozwiązaniami

Uwaga: możliwe jest kilka dobrych odpowiedzi w każdym z pytań.

Pytanie zostanie zaliczone jeśli zostaną wskazane wszystkie i tylko dobre odpowiedzi.

1.1) Zaznacz lata przestępne w kalendarzu gregoriańskim:

- a) 1746
- b) 1900
- c) 2400
- d) 3200

1.2) Zdrożony wędrowiec w pierwszy dzień wiosny wbił pionowo kij w płaski spłachetek piasku i stwierdził, że długość cienia w momencie południa prawdziwego była pięć razy mniejsza niż wysokość kija nad piaskiem. Oblicz, na jakiej szerokości geograficznej mógł znajdować się wędrowiec.

- a) 11° N
- b) 11° S
- c) 79° N
- d) 79° S

1.3) Jaki wynik może osiągnąć skoczek wzwyż na Księżycu, jeśli na Ziemi osiąga wynik zbliżony do jego wzrostu, czyli około 2 metry.

- a) 2 m
- b) 4 m
- c) 7 m
- d) 12 m

1.4) O której godzinie w przybliżeniu górować będą księżycy pyłowe, ułożone w punktach Lagrange'a L4 i L5 układu Ziemia-Księżyc, jeśli Księżyc jest w pierwszej kwadrze?

- a) 14
- b) 18
- c) 22
- d) 02

1.5) Ziemska atmosfera przepuszcza promieniowanie elektromagnetyczne o:

- a) długości fali 500 nm;
- b) częstotliwości fali 10 GHz;
- c) energii 8 keV;
- d) długości fali 500 Å.

1.6) Pewna gwiazda znajduje się w odległości 100 pc od Słońca i jest położona na ekliptyce. Wskutek zjawiska paralaksy heliocentrycznej, w ciągu roku, jej

- a) długość ekliptyczna zmienia się w przedziale o szerokości $0,01''$;
- b) długość ekliptyczna zmienia się w przedziale o szerokości $0,02''$;
- c) szerokość ekliptyczna zmienia się w przedziale o szerokości $0,01''$;
- d) szerokość ekliptyczna zmienia się w przedziale o szerokości $0,02''$.

1.7) Maksimum mocy promieniowania w widmie pewnej gwiazdy przypada na długości fali dwukrotnie krótszej niż maksimum mocy promieniowania w widmie Słońca. Oznacza to, że w przybliżeniu moc promieniowania tej gwiazdy jest:

- a) dwukrotnie większa niż moc promieniowania Słońca;
- b) dwukrotnie mniejsza niż moc promieniowania Słońca;
- c) cztery razy większa niż moc promieniowania Słońca;
- d) szesnaście razy większa niż moc promieniowania Słońca.

1.8) Transport energii w gwiazdzie ciągu głównego o masie 3 masy Słońca zachodzi za pośrednictwem:

- a) wyłącznie konwekcji;
- b) wyłącznie promieniowania;
- c) konwekcji w jądrze gwiazdy i promieniowania w jej zewnętrznych warstwach;
- d) promieniowania w jądrze gwiazdy i konwekcji w jej zewnętrznych warstwach.

1.9) Dwie gwiazdy, A i B, znajdują się w tej samej gromadzie gwiazd i mają taki sam wskaźnik barwy. Gwiazda A jest jaśniejsza o 2,5 mag w porównaniu do gwiazdy B. Oznacza to, że

- a) promień gwiazdy A jest 10 razy większy od promienia gwiazdy B;
- b) promień gwiazdy A jest 3,2 razy większy od promienia gwiazdy B;
- c) promień gwiazdy A jest 3,2 razy mniejszy od promienia gwiazdy B;
- d) promień gwiazdy A jest 10 razy mniejszy od promienia gwiazdy B.

1.10) Rozważmy dwie identyczne galaktyki, A i B, których przesunięcia ku czerwieni są większe niż jeden ($z > 1$). Średnica kątowa galaktyki A jest dwukrotnie większa niż średnica kątowa galaktyki B. Oznacza to, że galaktyka A jest jaśniejsza od galaktyki B o czynnik

- a) większy niż 4;
- b) dokładnie 4;
- c) mniejszy niż 4;
- d) w treści pytania nie ma wystarczająco dużo danych, żeby to obliczyć.

Zadania teoretyczne do wyboru

Zadanie 2

Założmy, że zamiast Sedny po jej orbicie porusza się gwiazda o jasności absolutnej 15 mag. Oblicz w jakim przedziale zmieniałaby się jej obserwowana wielkość gwiazdowa dla ziemskiego obserwatora. Czy gwiazda mogłaby być jaśniejsza niż Księżyc w pełni? Dane potrzebne do rozwiązania wyszukaj samodzielnie.

Zadanie 3

Współczesne satelity szpiegowskie umieszczone na niskiej orbicie okołoziemskiej mogą zaobserwować na powierzchni Ziemi przedmioty o rozmiarach rzędu 10 cm. Czy Teleskop Kosmiczny Hubble'a, skierowany do obserwacji powierzchni Ziemi, dawałby obrazy o lepszej rozdzielczości? Pomiń wpływ atmosfery.

Zadania obserwacyjne

O-1) Przeprowadź serię obserwacji ilustrujących zmianę miejsca zachodu Słońca na widnokregu. Wykonaj zdjęcie horyzontu i zaznacz na nim kolejne zaobserwowane miejsca zachodu wraz z datą. Oszacuj azymuty tych punktów i przedstaw je na wykresie w zależności od daty obserwacji.

O-2) Przy pomocy gnomonu przeprowadź serię obserwacji jego cienia obejmującą kilkanaście dni o ustalonej porze (najlepiej w okolicach południa). Wyznacz zmiany wysokości Słońca i przedstaw je na wykresie w zależności od czasu. Na podstawie swoich obserwacji oszacuj zmianę deklinacji Słońca w tym czasie. Do wyników dołącz jedno zdjęcie dokumentujące przeprowadzanie obserwacji.

O-3) Przeprowadź serię obserwacji fotograficznych ilustrujących zmiany fazy Księżyca w czasie jednej lunacji i na ich podstawie oszacuj dobowe przemieszczenie terminatora na jego powierzchni. Wynik podaj w kilometrach. Potrzebna dane np. o średnicy Księżyca wyszukaj samodzielnie.

O-4) Przy pomocy dowolnej metody: (np.: fotografia, skale współrzędnych na montażu teleskopu, Laska Jakuba itp.) wyznacz współrzędne jednej z aktualnie widocznych planet w wybranym układzie współrzędnych (horyzontalnym lub ekliptycznym lub równikowym). Opisz swoją metodę i prześlij fotografię swojego przyrządu obserwacyjnego.

O-5) Na podstawie własnych obserwacji wyznacz rozmiar dobowej kątovej drogi Księżyca na tle gwiazd. Opisz swoją metodę i prześlij fotografie swojego przyrządu obserwacyjnego.

O-6) Na podstawie własnych obserwacji wyznacz czas obiegu dowolnie wybranego księżycy Jowisza lub Saturna. Opisz swoją metodę i prześlij fotografie swojego przyrządu obserwacyjnego.

O-7) Wykonaj zdjęcie przedstawiające koniunkcję Księżyca z dowolną planetą. Na jego podstawie oszacuj odległość kątową pomiędzy środkiem tarczy księżycowej a planetą.

O-8) Wykonaj serię kilku (2-5) fotografii Księżyca ilustrujących zjawisko libracji. Na zdjęciach zaznacz różnice w położeniu wybranych charakterystycznych kraterów na tarczy księżycowej wynikające z księżycowych libracji.

Rozwiązanie jednego z powyższych zadań powinno być przesłane do oceny razem z rozwiązaniami zadań drugiej serii pierwszego etapu Olimpiady Astronomicznej. Można wybrać jedno, dowolne zadanie. Osoby startujące w poprzednich edycjach Olimpiady powinny wybrać zadanie inne niż poprzednio.

Nadesłanie rozwiązania jednego zadania obserwacyjnego jest warunkiem koniecznym dalszego udziału w olimpiadzie. W przypadku nadesłania rozwiązań większej liczby zadań obserwacyjnych, do kwalifikacji zaliczane jest rozwiązanie ocenione najwyżej.

Przysłane rozwiązania zadań obserwacyjnych powinny zawierać informacje o miejscu i czasie obserwacji, parametrach instrumentów obserwacyjnych i warunkach pogodowych. Obserwacje powinny być przeprowadzone nie wcześniej niż rok przed datą ich przesłania.

Zamiast proponowanych zadań obserwacyjnych zawodnik może przysłać wyniki innych obserwacji astronomicznych, wykonanych samodzielnie w ciągu ostatniego roku wraz z ich dokładnym opisem.

UWAGA. Obserwacje Słońca należy prowadzić z bezwzględnym zachowaniem zasad bezpieczeństwa, z użyciem dostosowanego do takich obserwacji ekwipunku. Komitet rekomenduje obserwacje z zastosowaniem certyfikowanych filtrów słonecznych, umieszczonych przed obiektywem lub prowadzonych metodą projekcji ekranowej.

Zasady punktacji zadań obserwacyjnych

Zadania są punktowane w skali od 0 do 5 punktów. Punkty przyznawane są za następujące elementy:

- 1.0p Opis planowanej metody przeprowadzenia obserwacji prowadzącej do uzyskania końcowego wyniku.
- 0.5p Opis samej obserwacji (sprzęt, warunki pogodowe itp.)
- 0.5p Opis uzyskanych surowych wyników (tabela z wynikami pomiarów, wykonane zdjęcia, rysunki, wykresy itp.)
- 1p Przedstawienie sposobu redukcji danych, wykonane rachunki, uzyskany wynik końcowy
- 1p. Dyskusja otrzymanego wyniku, porównanie z wartościami literaturowymi itp.
- 1p. Dyskusja dokładności pomiarów, omówienie źródeł błędów pomiarowych i ich wpływu na ostateczny wynik.

Zadania drugiej serii I etapu

Zadanie 4

Tajna radziecka załogowa stacja Almaz-2 (Diament) o masie całkowitej 18500 kg i poruszająca się po orbicie kołowej na wysokości 245 km nad Ziemią, miała na pokładzie szybkostrzelne działko typu Nudelman. Jak na skutek odrzutu broni zmieniłaby się wielka półość orbity stacji po całkowitym opróżnieniu magazynka po strzelaniu w kierunku ruchu stacji, a jak po strzelaniu w kierunku przeciwnym?

Dodatkowo oblicz sumaryczną energię kinetyczną wszystkich pocisków i porównaj ją ze zmianą energii kinetycznej stacji

Dane: masa pocisku: 200 g, prędkość początkowa: 690 m/s, magazynek zawierał 200 naboí.

Zadanie 5

W okolicy Rozewia ($\varphi = 54^{\circ} 50'$) postanowiono sfilmować górny brzeg tarczy słonecznej w chwili jego zachodu, aby uchwycić tzw. „zielony promienia Słońca”. O ile można wydłużyć nagranie, jeśli w jego trakcie istnieje możliwość zmiany wysokości kamery w zakresie jednego metra.

Uwaga: Zjawisko zachodzi na niewielkim obszarze nieba, dlatego nie ma potrzeby uwzględniania refrakcji.

Zadanie 6

Słońce wraz z sąsiednimi gwiazdami porusza się wokół centrum Galaktyki po w przybliżeniu kołowej orbicie. Ponieważ każda z tych gwiazd posiada dodatkową, losową składową wektora prędkości, co jakiś czas sąsiednie gwiazdy mogą znaleźć się w pobliżu Słońca. Szacuje się obecnie, że w ciągu miliona lat, w promieniu 2 parseków od Słońca, pojawia się średnio aż 87 sąsiednich gwiazd. Obecne obserwacje wskazują również, że w Drodze Mlecznej na każdą gwiazdę może przypadać średnio 10 planet swobodnych. Są to obiekty o niewielkiej masie, podobnie jak planety, ale niezwiązane grawitacyjnie z żadną gwiazdą.

Oszacuj częstość z jaką planety swobodne mogą zbliżyć się do Słońca na odległość mniejszą niż promień orbity Neptuna.

Zadanie 7

Ponad 100 lat temu astronom Harlow Shapley próbował wyznaczyć położenie centrum Galaktyki poprzez określenie środka rozkładu przestrzennego gromad kulistych. W tabeli podano położenia (rektascensję i deklinację) oraz odległości (w kiloparsekach) około 150 gromad kulistych, tworzących sferyczne halo wokół Drogi Mlecznej. Na podstawie tabeli:

- Oblicz położenie centrum halo, czyli „środka ciężkości”, zakładając, że masa wszystkich gromad byłaby taka sama.
- Podaj współrzędne (rektascensję i deklinację) i odległość tego środka od Ziemi.
- Znajdź 3 pary gromad najbardziej odległych od siebie i na podstawie ich odległości oszacuj średnicę Drogi Mlecznej.

- d) Narysuj histogram przedstawiający gęstość gromad (liczbę gromad podzieloną przez objętość) w kolejnych, koncentrycznych warstwach sferycznych o grubości 5 kpc wokół centrum.

Obliczenia mogą być wykonane dowolną metodą (np. z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego, samodzielnie napisanych programów, itp.). W rozwiązaniu (plik typu pdf) należy opisać wszystkie kroki, podać zastosowane wzory oraz wyniki końcowe.

Tabela jest udostępniona w postaci tekstowej oraz jako osobny plik: gromady.xlsx

Dodatkowe zadania obserwacyjne:

Jeśli warunki pogodowe nie pozwolą Ci zrealizować stałych zadań obserwacyjnych (treści zadań O-1, ..., O-9 podano razem z zadaniami I serii) bezpośrednio, można wykonać je poprzez obserwacje internetowe lub zrobić zadanie dodatkowe O-10.

Zadanie O-10

Przeprowadź fotograficzne obserwacje zaćmienia Księżyca w dniu 28 października 2023.

a) Wykonaj zdjęcie maksymalnej fazy zaćmienia i wyznacz na jego jaki procent tarczy Księżyca jest zakryty

b) Oszacuj czas widoczności zaćmienia częściowego dla obserwacji fotograficznych i obserwacji wizualnych. Chodzi o realny czas kiedy widać cień, a nie o wyliczone momenty kontaktów.

c) Wykonaj dwa zdjęcia Księżyca ilustrujące spadek jego jasności w czasie zaćmienia półcieniowego w stosunku do sytuacji poza zaćmieniem.

Opisz przebieg obserwacji, zastosowany sprzęt, dodaj zdjęcie swojego teleskopu.

Zadania Internetowe

Niektóre z zadań obserwacyjnych (np.: O-3, O-4, O-6, O-8) mogą być zrealizowane za pomocą serii obserwacji zdalnie sterowanym teleskopem programu „MicroObservatory” lub na podstawie zdjęć z archiwum tego programu.

Link do panelu kontrolnego teleskopu:

<https://mo-www.cfa.harvard.edu/cgi-bin/OWN/Own.pl>

Link do zasobów archiwalnych:

<https://waps.cfa.harvard.edu/microobservatory/MOImageDirectory/ImageDirectory.php>

Uwaga: w numerze zadania proszę dodać literkę „M” czyli na przykład D303-O-3M.PDF

Rozwiązania zadań należy zamieścić w osobnych plikach pdf. Każda kartka zadania powinna być oznaczona kodem zawodnika (takim samym jak w pierwszej serii). Instrukcja przesyłania plików, linki i hasła zostaną rozesłane e-mailem. Termin nadsyłania rozwiązań 20 listopada 2023.

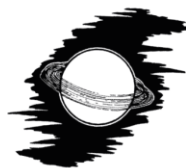
Tabela do zadania 7

Nazwa	Rektascensja	Deklinacja	Odlegość [kpc]
Messier 4	16 ^h 23 ^m 35,22 ^s	-26° 31' 32,7"	2.2
NGC 6397	17 ^h 40 ^m 42,09 ^s	-53° 40' 27,6"	2.3
NGC 6544	18 ^h 07 ^m 20,58 ^s	-24° 59' 50,4"	3
Gromada Strzelca	18 ^h 36 ^m 23,94 ^s	-23° 54' 17,1"	3.2
NGC 6366	17 ^h 27 ^m 44,24 ^s	-05° 04' 47,5"	3.5
2MASS-GC01	18 ^h 08 ^m 21,81 ^s	-19° 49' 47"	3.6
Messier 71	19 ^h 53 ^m 46,49 ^s	+18° 46' 45,1"	4
NGC 6752	19 ^h 10 ^m 52,11 ^s	-59° 59' 04,4"	4
GLIMPSE-C01	18 ^h 48 ^m 49,7 ^s	-01° 29' 50"	4.2
Messier 10	16 ^h 57 ^m 09,05 ^s	-04° 06' 01,1"	4.4
NGC 104	00 ^h 24 ^m 05,67 ^s	-72° 04' 52,6"	4.5
Messier 12	16 ^h 47 ^m 14,18 ^s	-01° 56' 54,7"	4.8
Terzan 11	18 ^h 12 ^m 15,8 ^s	-22° 44' 31"	4.8
2MASS-GC02	18 ^h 09 ^m 36,50 ^s	-20° 46' 44"	4.9
NGC 3201	10 ^h 17 ^m 36,82 ^s	-46° 24' 44,9"	4.9
Omega Centauri	13 ^h 26 ^m 47,24 ^s	-47° 28' 46,5"	5.2
NGC 6540	18 ^h 06 ^m 08,6 ^s	-27° 45' 55"	5.3
IC 1276	18 ^h 10 ^m 44,20 ^s	-07° 12' 27,4"	5.4
Messier 55	19 ^h 39 ^m 59,71 ^s	-30° 57' 53,1"	5.4
Mercer 3	18 ^h 18 ^m 30,5 ^s	-16° 58' 38"	5.5
Messier 28	18 ^h 24 ^m 32,81 ^s	-24° 52' 11,2"	5.5
NGC 6352	17 ^h 25 ^m 29,11 ^s	-48° 25' 19,8"	5.6
NGC 4372	12 ^h 25 ^m 45,40 ^s	-72° 39' 32,4"	5.8
Palomar 6	17 ^h 43 ^m 42,2 ^s	-26° 13' 21"	5.8
Terzan 10	18 ^h 03 ^m 36,4 ^s	-26° 04' 21"	5.8
NGC 6304	17 ^h 14 ^m 32,25 ^s	-29° 27' 43,3"	5.9
Palomar 10	19 ^h 18 ^m 02,1 ^s	+18° 34' 18"	5.9
NGC 6553	18 ^h 09 ^m 17,60 ^s	-25° 54' 31,3"	6
Djorgovski 2	18 ^h 01 ^m 49,1 ^s	-27° 49' 33"	6.3
Messier 107	16 ^h 32 ^m 31,86 ^s	-13° 03' 13,6"	6.4
AL 3	18 ^h 14 ^m 06,6 ^s	-28° 38' 06"	6.5
NGC 4833	12 ^h 59 ^m 33,92 ^s	-70° 52' 35,4"	6.6
Terzan 1	17 ^h 35 ^m 47,8 ^s	-30° 28' 11"	6.7
Messier 62	17 ^h 01 ^m 12,80 ^s	-30° 06' 49,4"	6.8
NGC 6535	18 ^h 03 ^m 50,51 ^s	-00° 17' 51,5"	6.8
Terzan 6	17 ^h 50 ^m 46,38 ^s	-31° 16' 31,4"	6.8
NGC 6712	18 ^h 53 ^m 04,30 ^s	-08° 42' 22,0"	6.9
Terzan 5	17 ^h 48 ^m 04,80 ^s	-24° 46' 45"	6.9
Gromada Herkulesa	16 ^h 41 ^m 41,24 ^s	+36° 27' 35,5"	7.1
NGC 6717	18 ^h 55 ^m 06,04 ^s	-22° 42' 05,3"	7.1

Terzan 9	18 ^h 01 ^m 38,8 ^s	-26° 50' 23"	7.1
Terzan 4	17 ^h 30 ^m 39,00 ^s	-31° 35' 43,9"	7.2
NGC 6558	18 ^h 10 ^m 17,60 ^s	-31° 45' 50,0"	7.4
NGC 6760	19 ^h 11 ^m 12,01 ^s	+01° 01' 49,7"	7.4
Messier 5	15 ^h 18 ^m 33,22 ^s	+02° 04' 51,7"	7.5
NGC 6541	18 ^h 08 ^m 02,36 ^s	-43° 42' 53,6"	7.5
Terzan 2	17 ^h 27 ^m 33,10 ^s	-30° 48' 08,4"	7.5
NGC 6362	17 ^h 31 ^m 54,99 ^s	-67° 02' 54,0"	7.6
NGC 5927	15 ^h 28 ^m 00,69 ^s	-50° 40' 22,9"	7.7
NGC 6522	18 ^h 03 ^m 34,02 ^s	-30° 02' 02,3"	7.7
NGC 6325	17 ^h 17 ^m 59,21 ^s	-23° 45' 57,6"	7.8
NGC 6539	18 ^h 04 ^m 49,68 ^s	-07° 35' 09,1"	7.8
UKS 1	17 ^h 54 ^m 27,2 ^s	-24° 08' 43"	7.8
Messier 9	17 ^h 19 ^m 11,26 ^s	-18° 30' 57,4"	7.9
NGC 6528	18 ^h 04 ^m 49,64 ^s	-30° 03' 22,6"	7.9
NGC 6624	18 ^h 23 ^m 40,51 ^s	-30° 21' 39,7"	7.9
NGC 6749	19 ^h 05 ^m 15,3 ^s	+01° 54' 03"	7.9
Lyngå 7	16 ^h 11 ^m 03,65 ^s	-55° 19' 04"	8
E 3	09 ^h 20 ^m 57,07 ^s	-77° 16' 54,8"	8.1
Messier 30	21 ^h 40 ^m 22,12 ^s	-23° 10' 47,5"	8.1
NGC 6642	18 ^h 31 ^m 54,10 ^s	-23° 28' 30,7"	8.1
Haute-Provence 1	17 ^h 31 ^m 05,2 ^s	-29° 58' 54"	8.2
Liller 1	17 ^h 33 ^m 24,50 ^s	-33° 23' 20,4"	8.2
Terzan 3	16 ^h 28 ^m 40,08 ^s	-35° 21' 12,5"	8.2
Tonantzintla 2	17 ^h 36 ^m 10,5 ^s	-38° 33' 12"	8.2
ESO 452-SC11	16 ^h 39 ^m 25,45 ^s	-28° 23' 55,3"	8.3
Messier 92	17 ^h 17 ^m 07,39 ^s	+43° 08' 09,4"	8.3
NGC 6342	17 ^h 21 ^m 10,08 ^s	-19° 35' 14,7"	8.5
NGC 6440	17 ^h 48 ^m 52,70 ^s	-20° 21' 36,9"	8.5
NGC 362	01 ^h 03 ^m 14,26 ^s	-70° 50' 55,6"	8.6
NGC 6723	18 ^h 59 ^m 33,15 ^s	-36° 37' 56,1"	8.7
Messier 19	17 ^h 02 ^m 37,80 ^s	-26° 16' 04,7"	8.8
Messier 69	18 ^h 31 ^m 23,10 ^s	-32° 20' 53,1"	8.8
NGC 288	00 ^h 52 ^m 45,24 ^s	-26° 34' 57,4"	8.9
NGC 6144	16 ^h 27 ^m 13,86 ^s	-26° 01' 24,6"	8.9
Messier 70	18 ^h 43 ^m 12,76 ^s	-32° 17' 31,6"	9
NGC 6355	17 ^h 23 ^m 58,59 ^s	-26° 21' 12,3"	9.2
Messier 14	17 ^h 37 ^m 36,10 ^s	-03° 14' 45,3"	9.3
Messier 56	19 ^h 16 ^m 35,57 ^s	+30° 11' 00,5"	9.4
NGC 6287	17 ^h 05 ^m 09,13 ^s	-22° 42' 30,1"	9.4
NGC 6638	18 ^h 30 ^m 56,10 ^s	-25° 29' 50,9"	9.4
NGC 6293	17 ^h 10 ^m 10,20 ^s	-26° 34' 55,5"	9.5
NGC 2808	09 ^h 12 ^m 03,10 ^s	-64° 51' 48,6"	9.6

FSR 1735	16 ^h 52 ^m 10,6 ^s	-47° 03' 29"	9.8
NGC 6388	17 ^h 36 ^m 17,23 ^s	-44° 44' 07,8"	9.9
Messier 80	16 ^h 17 ^m 02,41 ^s	-22° 58' 33,9"	10
NGC 6652	18 ^h 35 ^m 45,63 ^s	-32° 59' 26,6"	10
NGC 6139	16 ^h 27 ^m 40,37 ^s	-38° 50' 55,5"	10.1
Messier 3	13 ^h 42 ^m 11,62 ^s	+28° 22' 38,2"	10.2
Messier 68	12 ^h 39 ^m 27,98 ^s	-26° 44' 38,6"	10.3
NGC 6256	16 ^h 59 ^m 32,62 ^s	-37° 07' 17,0"	10.3
Messier 15	21 ^h 29 ^m 58,33 ^s	+12° 10' 01,2"	10.4
NGC 5986	15 ^h 46 ^m 03,00 ^s	-37° 47' 11,1"	10.4
NGC 6316	17 ^h 16 ^m 37,30 ^s	-28° 08' 24,4"	10.4
NGC 5946	15 ^h 35 ^m 28,52 ^s	-50° 39' 34,8"	10.6
NGC 6401	17 ^h 38 ^m 36,60 ^s	-23° 54' 34,2"	10.6
NGC 6517	18 ^h 01 ^m 50,52 ^s	-08° 57' 31,6"	10.6
NGC 2298	06 ^h 48 ^m 59,41 ^s	-36° 00' 19,1"	10.8
NGC 6380	17 ^h 34 ^m 28,0 ^s	-39° 04' 09"	10.9
NGC 6569	18 ^h 13 ^m 38,80 ^s	-31° 49' 36,8"	10.9
Palomar 1	03 ^h 33 ^m 20,04 ^s	+79° 34' 51,8"	11.1
NGC 6496	17 ^h 59 ^m 03,68 ^s	-44° 15' 57,4"	11.3
Messier 2	21 ^h 33 ^m 27,02 ^s	-00° 49' 23,7"	11.5
NGC 6235	16 ^h 53 ^m 25,31 ^s	-22° 10' 38,8"	11.5
NGC 6441	17 ^h 50 ^m 13,06 ^s	-37° 03' 05,2"	11.6
NGC 6453	17 ^h 50 ^m 51,70 ^s	-34° 35' 57,0"	11.6
NGC 5286	13 ^h 46 ^m 26,81 ^s	-51° 22' 27,3"	11.7
NGC 1851	05 ^h 14 ^m 06,76 ^s	-40° 02' 47,6"	12.1
NGC 5897	15 ^h 17 ^m 24,50 ^s	-21° 00' 37,0"	12.5
Palomar 8	18 ^h 41 ^m 29,9 ^s	-19° 49' 33"	12.8
Messier 79	05 ^h 24 ^m 11,09 ^s	-24° 31' 29"	12.9
Palomar 11	19 ^h 45 ^m 14,4 ^s	-08° 00' 26"	13.4
NGC 6584	18 ^h 18 ^m 37,60 ^s	-52° 12' 56,8"	13.5
Djorgovski 1	17 ^h 47 ^m 28,3 ^s	-33° 03' 56"	13.7
NGC 6356	17 ^h 23 ^m 34,93 ^s	-17° 48' 46,9"	15.1
NGC 6284	17 ^h 04 ^m 28,51 ^s	-24° 45' 53,5"	15.3
NGC 6101	16 ^h 25 ^m 48,12 ^s	-72° 12' 07,9"	15.4
NGC 6934	20 ^h 34 ^m 11,37 ^s	+07° 24' 16,1"	15.6
NGC 5466	14 ^h 05 ^m 27,29 ^s	+28° 32' 04,0"	16
NGC 1261	03 ^h 12 ^m 16,21 ^s	-55° 12' 58,4"	16.3
Messier 72	20 ^h 53 ^m 27,70 ^s	-12° 32' 14,3"	17
NGC 5053	13 ^h 16 ^m 27,09 ^s	+17° 42' 00,9"	17.4
Messier 53	13 ^h 12 ^m 55,25 ^s	+18° 10' 05,4"	17.9
IC 4499	15 ^h 00 ^m 18,45 ^s	-82° 12' 49,3"	18.8
van den Bergh-Hagen 176	15 ^h 39 ^m 07,45 ^s	-50° 03' 09,8"	18.9
Palomar 12	21 ^h 46 ^m 38,84 ^s	-21° 15' 09,4"	19

NGC 4147	12 ^h 10 ^m 06,30 ^s	+18° 32' 33,5"	19.3
NGC 6426	17 ^h 44 ^m 54,65 ^s	+03° 10' 12,5"	20.6
Messier 75	20 ^h 06 ^m 04,69 ^s	-21° 55' 16,2"	20.9
Ruprecht 106	12 ^h 38 ^m 40,2 ^s	-51° 09' 01"	21.2
ESO 280-SC06	18 ^h 09 ^m 06,0 ^s	-46° 25' 23"	21.4
Terzan 7	19 ^h 17 ^m 43,92 ^s	-34° 39' 27,8"	22.8
Palomar 5	15 ^h 16 ^m 05,25 ^s	-00° 06' 41,8"	23.2
IC 1257	17 ^h 27 ^m 08,5 ^s	-07° 05' 35"	25
NGC 5634	14 ^h 29 ^m 37,23 ^s	-05° 58' 35,1"	25.2
Palomar 13	23 ^h 06 ^m 44,44 ^s	+12° 46' 19,2"	26
NGC 7492	23 ^h 08 ^m 26,63 ^s	-15° 36' 41,4"	26.3
Terzan 8	19 ^h 41 ^m 44,41 ^s	-33° 59' 58,1"	26.3
Messier 54	18 ^h 55 ^m 03,33 ^s	-30° 28' 47,5"	26.5
Palomar 2	04 ^h 46 ^m 05,91 ^s	+31° 22' 53,4"	27.2
Gromada Arp 2	19 ^h 28 ^m 44,11 ^s	-30° 21' 20,3"	28.6
Whiting 1	02 ^h 02 ^m 57 ^s	-03° 15' 10"	30.1
NGC 6229	16 ^h 46 ^m 58,79 ^s	+47° 31' 39,9"	30.5
NGC 5824	15 ^h 03 ^m 58,63 ^s	-33° 04' 05,6"	32.1
Arp-Madore 4	13 ^h 56 ^m 21,7 ^s	-27° 10' 03"	32.2
Koposov 2	07 ^h 58 ^m 17 ^s	+26° 15' 18"	34.7
NGC 5694	14 ^h 39 ^m 36,29 ^s	-26° 32' 20,2"	35
Gromada Kompasus	09 ^h 07 ^m 57,8 ^s	-37° 13' 17"	39.4
NGC 7006	21 ^h 01 ^m 29,38 ^s	+16° 11' 14,4"	41.2
Palomar 15	16 ^h 59 ^m 51,0 ^s	-00° 32' 20"	45.1



Zadania II etapu.

Zadanie II.1 – Katastrofa na orbicie.

Dwa identyczne satelity o masach $m=277$ kg (np. Starlink) poruszały się po orbitach kołowych na wysokości 340 km nad powierzchnią Ziemi. Doszło do zderzenia gdy ich trajektorie krzyżowały się pod kątem 90° . Zderzenie było całkowicie niesprężyste (tj. oba obiekty „sklejają” się w jeden).

- Czy obiekt powstały po zderzeniu pozostanie na orbicie okołozemskiej
- Jaką wartość osiągnie energia zamieniona w wyniku zderzenia w ciepło
- Zakładając, że satelity wykonane są z glinu (aluminium) porównaj wartość wydzielonego ciepła z energią potrzebną na stopienie, odparowanie i jonizację tej masy glinu.

Dane dla glinu (Al.):

- Masa atomowa : 27 g
- Ciepła właściwe :
 - ciało stałe, ciecz : 24.4 J/mol·K
 - gaz (jednoatomowy) : 12.5 J/mol·K
- ciepło topnienia : 10 800 J/mol
- ciepło parowania : 293 400 J/mol
- energia jonizacji (1+) : 577 500 J/mol
- Temperatura topnienia Al : 660°C
- Temperatura wrzenia Al : 2519°C

Zadanie II.2 – Kolaps obłoku.

Oszacuj jaką minimalną gęstość musi mieć obłok molekularnego wodoru o temperaturze 10 K i średnicy 10 lat świetlnych by mógł się kurczyć. Wyraź średnią gęstość takiego obłoku w molekułach na metr sześcienny.

Wskazówki:

- Dla całego obłoku obowiązuje twierdzenie o wiriale, tj. moduł energii kinetycznej (termicznej) jest dwukrotnie mniejszy od modułu energii potencjalnej ($E_k = -1/2 E_p$).
- Energia potencjalna sferycznie symetrycznego obłoku o masie M i promieniu R jest wyrażona wzorem $E_p = -3/5 \cdot (GM^2/R)$.

Zadanie II.3 – Okultacja.

W grudniu 2023 roku zaobserwowano zakrycie Betelgezy przez planetoidę (319) Leona, w trakcie którego stwierdzono spadek jasności gwiazdy o $\Delta m = 2,0$ mag. Średnica tej planetoidy wynosi $D = 124$ km, a jej odległość w czasie zakrycia była równa $R = 1,8$ au.

Oszacuj promień fotosfery gwiazdy i porównaj go z danymi literaturowymi ($R = 764 \pm 100 R_{\odot}$).

Przyjmij, że zakrycie było centralne, Leona ma kształt kuli, Betelgeza ma stałą jasność powierzchniową, a jej paralaksa heliocentryczna wynosi 6,95 milisekundy łuku. Granice błędu pomiarowego paralaksy są niesymetryczne i wynoszą +0,58 i -0,85 milisekundy łuku.

Zadanie II.4 – Egipt.

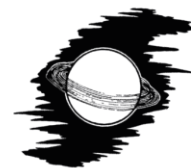
Według mitologii egipskiej u zarania dziejów idealny rok zawierał 12 trzydziestodniowych miesięcy księżycowych i liczył dokładnie 360 dni o takiej samej długości jak obecnie. Oto co wg legendy stało się potem:

„Bogini Nieba Nut pokochała boga Ziemi – Geba i wyszła potajemnie za niego. Dowiedziawszy się o tym bóg Słońca – Ra – bardzo się rozgniewał. Rzucił klątwę na Nut: » jeśli zechce kiedykolwiek urodzić dziecko – niech nie będzie miesiąca w roku, w którym mogłoby ono przyjść na świat! «. Zapłakana Nut, która akurat spodziewała się dziecka, pobiegła do boga mądrości – Tota, aby jej pomógł. Tot udał się do boga Księżyca – Chonsu – i zaproponował, by zagrał z nim w szachy. Tot wygrał od Chonsu z każdego miesiąca 1/64 część jego czasu i dodał je do długości roku. I tak oto miesiąc i rok przestały być idealne: miesiąc się skrócił, rok wydłużył, a w ciągu dodatkowych 5 dni, bogini Nut urodziła wszystkie swe dzieci.”

- Oblicz rozmiary orbit Ziemi i Księżyca za czasów idealnego kalendarza. Ile trwały wówczas doba gwiazdowa i miesiąc gwiazdowy?
- Czy możliwe były wtedy całkowite zaćmienia Słońca? Jeśli tak, to jaki byłby maksymalny czas ich trwania?
- Opisz własności kalendarza z ery idealnego roku, tj., ile istnieje niepowtarzalnych wersji kalendarza na różne lata, jaka będzie długość pór roku i w jakie dni będą się one rozpoczynać, podaj graniczne daty Wielkanocy (przyjmij, że jest to pierwsza niedziela po pierwszej wiosennej pełni Księżyca).

Założenia: przyjmij kołowe orbity Ziemi i Księżyca. Natomiast długość doby słonecznej, nachylenie osi obrotu Ziemi i płaszczyzny orbity Księżyca oraz datę równonocy wiosennej (21 III) pozostaw niezmiennie.

- Oblicz dokładny czas trwania poprawionego miesiąca i roku i porównaj je ze współcześnie przyjmowanymi wartościami. Jaką część czasu Tot powinien był wygrać, żeby otrzymać współcześnie przyjmowaną długość roku i miesiąca?

**Zadania III etapu****Zadanie III.1**

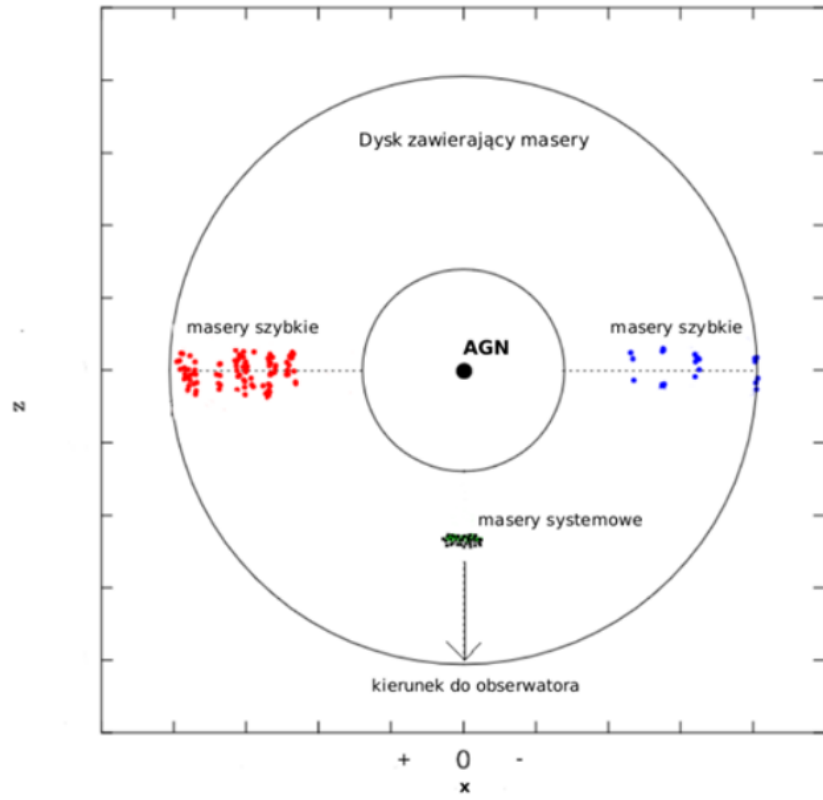
W galaktyce M106 wykryto dysk gazowy krążący wokół aktywnego jądra (AGN). Dysk zawiera wielką liczbę wodnych maserów emitujących promieniowanie w zakresie radiowym. Tworzą one megamaser, składający się z dwóch układów: maserów systemowych oraz maserów „szybkich”. Pierwszy układ znajduje się w jednakowej odległości R od AGN-u i ma prędkość radialną zbliżoną do prędkości AGN-u $v_0 = +465$ km/s. Drugi układ obserwowany jest po obu stronach AGN-u i charakteryzuje się ściśle keplerowską zależnością prędkości radialnej od odległości r do środka dysku: $v_r \sim r^{-1/2}$.

Rysunek 1 przedstawia schemat modelu masera widzianego z „góry” wraz z położeniem obu systemów maserów. Rysunek 2 przedstawia wyniki obserwacji megamasera w M106 wykonane za pomocą radiowej interferometrii wielkobazowej. Zaobserwowano, że masery systemowe wykazują liniową zależność prędkości radialnej od położenia x podanego w milisekundach łuku (mas). Nachylenie tej zależności, reprezentowanej przez prostą na rysunku 2, wynosi $\Omega = 280$ km/s/mas. Ponadto zmierzono przyspieszenie dośrodkowe maserów systemowych równe $a = 9,3$ km/s/rok.

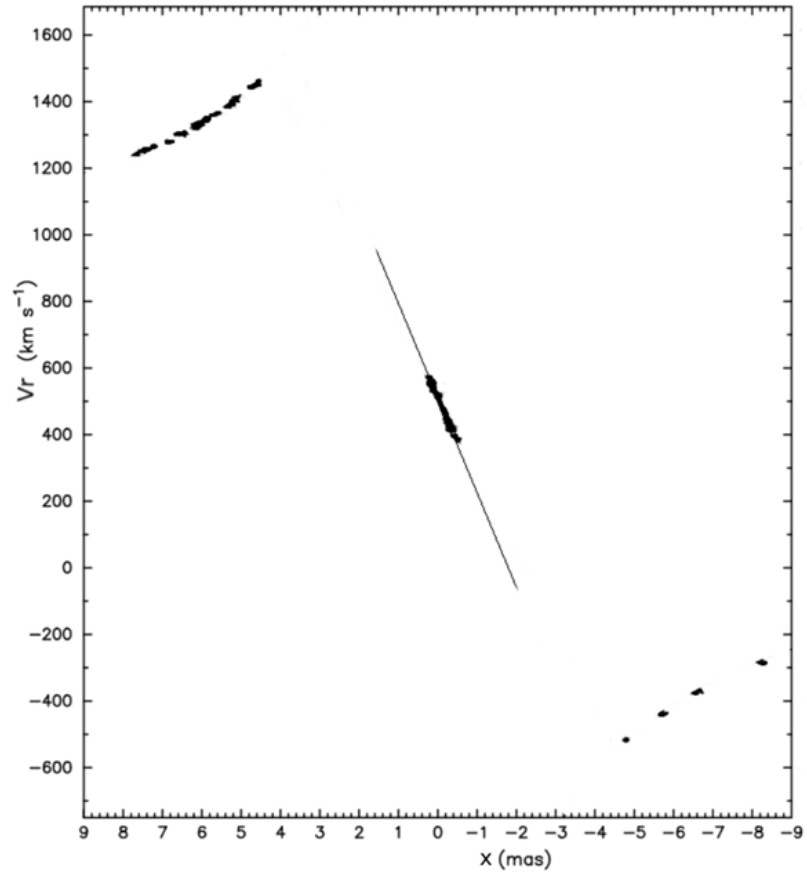
Posługując się modelem megamasera oraz danymi przedstawionymi na rysunku 2 wyznacz masę AGN-u (czarnej dziury) w masach Słońca oraz odległość do galaktyki M106 w megaparsekach. Możesz przyjąć upraszczające założenia:

- dysk jest płaski a AGN jest położony w jego centrum,
- kąt jaki tworzy płaszczyzna dysku z lokalną płaszczyzną nieba jest bliski 90° ,
- poprawki relatywistyczne są zanedbywalne.

Rysunek 1.



Rysunek 2.



Zadanie III.2

Parametr Hubble'a opisuje tempo ekspansji Wszechświata i jest zdefiniowany jako:

$$H(t) = \frac{1}{a(t)} \frac{\Delta a(t)}{\Delta t}$$

gdzie $a(t)$ jest czynnikiem skali,

a $\Delta a(t)$ to zmiana czynnika skali w niewielkim odstępie czasu Δt .

Wartość parametru Hubble'a może się więc zmieniać wraz z upływem czasu. Powoduje to, że – w długiej skali czasowej – przesunięcia ku czerwieni odległych obiektów mogą się również zmieniać.

Poniższa tabela przedstawia wartości parametru Hubble'a w pewnym modelu kosmologicznym, które zmierzyliby obserwatorzy znajdujący się na różnych przesunięciach ku czerwieni.

z	H(z) (km·s⁻¹·Mpc⁻¹)
0	67,4
0,5	89,1
1,0	120,7
1,5	159,6
2,0	204,3

Zakładając poniższy model kosmologiczny, oblicz o ile zmieni się w ciągu 10 lat przesunięcie ku czerwieni pewnej galaktyki, która znajduje się obecnie na przesunięciu ku czerwieni $z = 1,000$ (jeden). Oblicz zmianę prędkości ucieczki tej galaktyki. Wynik podaj w cm/s.

Zadanie III.3

Cefeidy to klasa gwiazd zmiennych, które regularnie zmieniają jasność wskutek pulsacji. Pulsacje powodują okresowe zmiany temperatury efektywnej i promienia gwiazdy. W poniższych tabelach znajdują się pomiary prędkości radialnej i jasności w filtrach V i K pewnej cefeidy. Jej okres pulsacji wynosi 35,54804 dnia.

Pomiary prędkości radialnej

Lp	JD	v_r (km/s)	$\sigma(v_r)$ (km/s)
1	2449939,86	4,42	0,26
2	2450119,03	-6,61	0,37
3	2450497,79	14,33	0,27
4	2450505,52	18,38	0,29
5	2450526,73	3,32	0,27
6	2450530,69	10,20	0,27
7	2450534,60	15,43	0,28
8	2450536,59	17,19	0,28
9	2450796,73	-16,26	0,32
10	2450802,79	-11,77	0,28

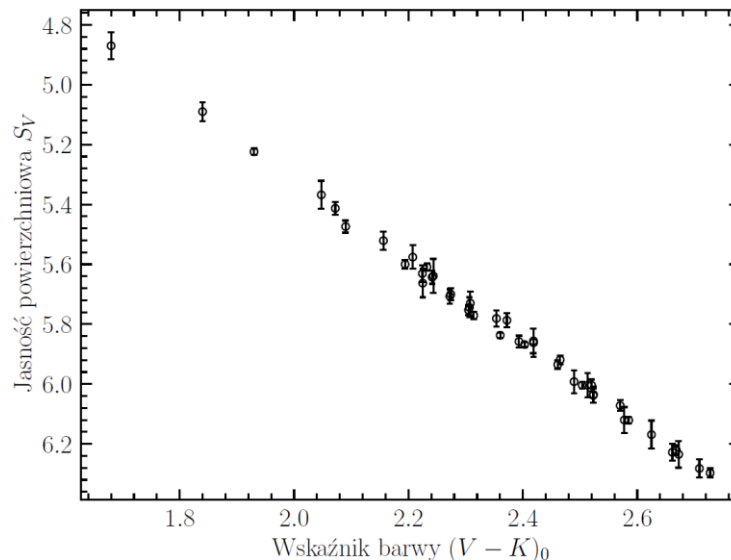
Pomiary jasności

Lp	JD	V_0 (mag)	K_0 (mag)
11	2452453,49	3,46	1,06
12	2452742,70	3,45	1,18
13	2452745,62	3,39	1,23
14	2452747,59	3,23	1,21
15	2452749,57	2,96	1,15
16	2452751,57	2,79	1,08
17	2452755,61	2,85	0,98
18	2452763,55	3,13	0,92
19	2452766,54	3,25	0,95
20	2452770,53	3,41	1,01

- Narysuj wykres przedstawiający zmiany wskaźnika barwy $(V-K)_0$ tej cefeidy w funkcji fazy pulsacji. Zaznacz, kiedy cefeida była najgorętsza.
- Narysuj wykres przedstawiający zmiany średnicy kątowej tej cefeidy w funkcji fazy pulsacji. Zaznacz, kiedy cefeida była największa.
- Wykorzystując pomiary prędkości radialnej, narysuj wykres przedstawiający jak promień cefeidy zmienia się z fazą pulsacji.
- Oblicz odległość do cefeidy.

Wskazówka:

Jasność powierzchniowa gwiazdy (w pewnym filtrze λ) jest zdefiniowana jako $S_\lambda = m_\lambda + 5 \log \theta$, gdzie m_λ jest wielkością gwiazdową w danym filtrze, a θ jest średnicą kątową gwiazdy wyrażoną w milisekundach łuku. Poniższy wykres przedstawia zależność między jasnością powierzchniową w filtrze V a wskaźnikiem barwy $(V-K)_0$.



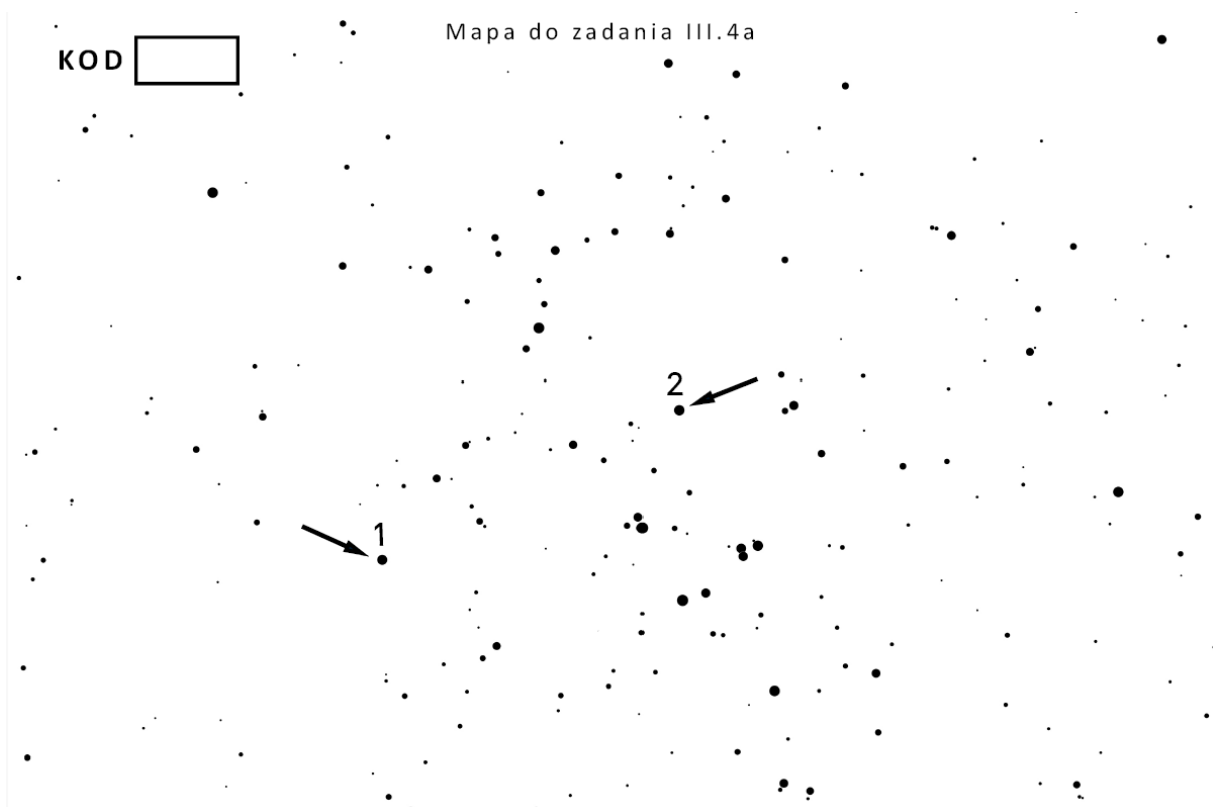
Zadanie III.4a

Do dyspozycji masz mapkę gromady otwartej M44 (Praesepe, w gwiazdozbiorze Raka) i *Obrotową Mapę Nieba*. Na podstawie obserwacji tej gromady, przeprowadzonej za pomocą teleskopu zwierciadłowego na montażu azymutalnym:

- określ orientację gromady, rysując na mapce strzałki wskazujące kierunek północny (*N*), wschodni (*E*) oraz pion(G),
- zaznacz krzyżykami położenia trzech jasnych gwiazd gromady, których brakuje na mapce. Jasność brakujących gwiazd jest zbliżona do jasności gwiazd wskazanych strzałkami.
- wyznacz kątową średnicę pola widzenia teleskopu i oceń przybliżone rozmiary kątowe tej gromady,

Na załączonej mapce gromady M44 strzałki wskazują dwie gwiazdy o znanych współrzędnych równikowych: $\alpha_1 = 8^{\text{h}} 41,8^{\text{m}}$; $\delta_1 = +19^{\circ} 52'$ i $\alpha_2 = 8^{\text{h}} 39,7^{\text{m}}$; $\delta_2 = +19^{\circ} 47'$.

Oś lunety celowniczej nie jest zgrana z osią teleskopu.



Zadanie III.5

W styczniu 2024 roku ogłoszono odkrycie pulsara milisekundowego znajdującego się w układzie podwójnym z niewidocznym towarzyszem. Zauważono, że sygnały radiowe pochodzące od pulsara nie dochodzą w równych odstępach czasu, lecz są opóźnione lub przyspieszone względem średniej o maksymalnie 27,8 s. Okres orbitalny pulsara wynosi 7,44 dnia.

Na podstawie obserwacji efektów relatywistycznych w tym układzie podwójnym, stwierdzono, że całkowita masa układu wynosi $3,887M_{\odot}$. Wiedząc, że masa pulsara znajduje się w przedziale $1,17 M_{\odot} \leq M_p \leq 1,79 M_{\odot}$ i zakładając, że jego orbita jest okręgiem, podaj możliwy zakres nachylenia orbity do płaszczyzny stycznej do sfery niebieskiej. Czym może być niewidoczny towarzysz pulsara?

Zadanie III.6 - zadanie planetaryjne

Zadanie będzie polegało na obserwacji sztucznego nieba w sali projekcyjnej. Po przejściu na salę i zajęciu wskazanych miejsc aparatura wyświetli dwie projekcje związane z dwoma częściami zadania (po około 10 minut). W trakcie obu części wyświetlany będzie czas lokalny. Odpowiedzi można będzie uzupełnić po powrocie do sali egzaminacyjnej.

Część A - Pokazano niebo z dnia 23 III 2004 roku

Zaprezentowany zostanie naturalny widok nieba z Ziemi od zachodu Słońca do północy. W poniższej tabeli wpisz zaobserwowane planety oraz określ gwiazdozbiór, na tle którego daną planetę widać. Należy podać nazwę polską lub skrót IAU nazwy łacińskiej.

Planeta	Gwiazdozbiór
Merkury	Psc
Wenus	Ari
Mars	Tau
Jowisz	Leo
Saturn	Gem

Część B

Na czarnym niebie (bez gwiazd i atmosfery) zostaną wyświetlone pewne linie związane z astronomią sferyczną i ruchem ciał w przestrzeni kosmicznej oraz południk lokalny ze skalą. Należy zidentyfikować wszystkie linie. Prezentacja będzie obejmować jedną dobę.

Linia:	Identyfikacja (nazwa lub opis)
A	Równik niebieski
B	Ekliptyka
C	Orbita Księżyca
D	Koło precesji
E	Równik Galaktyki