

Olimpiada Astronomiczna Juniorów

Etap szkolny

Drogi Uczniu,

Przed Tobą arkusz konkursowy Olimpiady Astronomicznej Juniorów składający się z **6 stron** i zawierający **24 zadania** jednokrotnego wyboru. Za każdą poprawną odpowiedź otrzymasz jeden punkt. Za niepoprawne odpowiedzi nie otrzymasz punktów ujemnych. Na rozwiązanie zadań i wypełnienie karty odpowiedzi przeznaczone jest **90 minut**.

Przed rozpoczęciem olimpiady przelicz liczbę stron i sprawdź czy Twoje dane na karcie odpowiedzi są poprawne. Ewentualne braki w arkuszu i dowolne inne problemy należy natychmiast zgłosić nauczycielowi.

Podczas olimpiady zakazane jest używanie jakichkolwiek urządzeń elektronicznych innych niż kalkulatory proste. Stwierdzenie niesamodzielności pracy będzie skutkować dyskwalifikacją z Olimpiady.

Po rozwiązaniu zadań pamiętaj, aby przenieść wyniki na kartę odpowiedzi, która będzie jedyną stroną rozpatrywaną przy ocenie. W każdym zadaniu wybraną opcję należy zaznaczyć znakiem **X**. Do wypełniania karty odpowiedzi możesz używać czarnego lub niebieskiego długopisu.

Powodzenia!
KOAJ i KGOAJ

1. W którym z poniższych miast dochodzi do zjawiska dnia polarnego (φ – szerokość geograficzna)?

- a) Oslo $\varphi = 59^{\circ}55'$
- b) Melbourne $\varphi = -37^{\circ}50'$
- c) Longyearbyen $\varphi = 78^{\circ}13'$**
- d) Ułan Bator $\varphi = 47^{\circ}55'$
- e) Dhaka $\varphi = 23^{\circ}48'$

Odpowiedź: Dzień polarny jest zjawiskiem, w którym Słońce w danym miejscu nie zachodzi przez całą dobę. Ma ono miejsce zarówno na półkuli północnej, jak i południowej. W przypadku półkuli północnej dzień polarny zachodzi dla miejsc znajdujących się powyżej koła podbiegunowego północnego ($\varphi > 66^{\circ}33'$) i analogicznie dla półkuli południowej dla miejsc znajdujących się poniżej koła podbiegunowego południowego ($\varphi < -66^{\circ}33'$) (W rzeczywistości granica jest odrobinę mniejsza ze względu na zjawisko refrakcji). Jedynym miejscem z podanych, które spełnia ten warunek jest Longyearbyen. Na biegunach geograficznych zjawisko dnia polarnego trwa około pół roku.

2. W trakcie której kwadry jasność Księżyca dla obserwatora na Ziemi jest najmniejsza?

- a) Nów**
- b) I kwadra
- c) Pełnia
- d) III kwadra
- e) Jest to niezależne od kwadry

Odpowiedź: W trakcie nowiu, Księżyc ustawiony jest pomiędzy Ziemią a Słońcem, a więc oświetlona będzie tylko strona Księżyca niewidoczna na Ziemi. W każdym innym przypadku jakaś część widocznej strony Księżyca będzie oświetlona przez Słońce. W rzeczywistości Księżyc podczas nowiu ma niewielką, aczkolwiek niezerową, jasność, wynikającą z odbicia światła pochodzącego od Ziemi (tzw. efekt światła popielatego).

3. Która z planet Układu Słonecznego charakteryzuje się największą liczbą odkrytych księżyców?

- a) Saturn**
- b) Uran
- c) Merkury
- d) Jowisz
- e) Mars

Odpowiedź: Saturn jest planetą o największej liczbie odkrytych księżyców – jest ich już ponad 250. To znacząco więcej od pozostałych planet gazowych (drugą największą liczbę księżyców w Układzie Słonecznym ma Jowisz – ponad 90) i planet skalistych (z których księżyce mają jedynie Mars oraz Ziemia).

4. Wybierz odpowiedź, w której poprawnie uporządkowano jednostki. Skróty au, pc, ly oznaczają odpowiednio jednostkę astronomiczną, parsek i rok świetlny.

- a) $1 \text{ au} < 1 \text{ pc} < 1 \text{ ly}$
- b) $1 \text{ km} < 1 \text{ pc} < 1 \text{ ly}$
- c) $1 \text{ ly} < 1 \text{ au} < 1 \text{ pc}$
- d) $1 \text{ km} < 1 \text{ au} < 1 \text{ pc}$**
- e) $1 \text{ au} < 1 \text{ pc} < 1 \text{ Mm}$

Odpowiedź: Z definicji: $1 \text{ km} = 1 \times 10^3 \text{ m}$, $1 \text{ Mm} = 1 \times 10^6 \text{ m}$, $1 \text{ au} \approx 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$, $1 \text{ ly} \approx 9,5 \times 10^{15} \text{ m}$, $1 \text{ pc} \approx 3,1 \times 10^{16} \text{ m}$. Po takim posegregowaniu widzimy, że poprawną odpowiedzią jest d). Co ciekawe słowo parsek pochodzi od zjawiska paralaksy i miary kąta - sekundy kątowej, z którymi bezpośrednio wiąże się definicja parseka.

5. Jaka jest jednostka uniwersalnej stałej grawitacji G w układzie SI?

- a) $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$**
- b) $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- c) $\text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- d) $\text{s}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
- e) Żadna odpowiedź nie jest poprawna.

Odpowiedź: Poprawna odpowiedź to a).

6. W trakcie której fazy Księżyca możemy obserwować jego zaćmienie?

- a) Nów
- b) I kwadra
- c) Pełnia**
- d) III kwadra
- e) W trakcie dowolnej fazy

Odpowiedź: Zjawisko zaćmienia Księżyca polega na chwilowym zasłonięciu jego tarczy przez cień Ziemi. Podczas pełni oświetlona jest cała widoczna z Ziemi część Księżyca, a więc Ziemia znajduje się dokładnie pomiędzy Słońcem, a Księżycem (a więc podczas pełni). Tylko wtedy na Księżyc może padać cień Ziemi.

7. W dzień równonocy jesiennej Słońce w zenicie możemy obserwować:

- a) na zwrotniku Raka ($\varphi = 23^\circ 26'$)
- b) na zwrotniku Koziorożca ($\varphi = -23^\circ 26'$)
- c) na biegunie północnym ($\varphi = 90^\circ$)
- d) na biegunie południowym ($\varphi = -90^\circ$)
- e) na równiku**

Odpowiedź: W dzień równonocy jesiennej Słońce znajduje się dokładnie nad równikiem – to sprawia że dni trwają tak samo długo na półkuli północnej jak na półkuli południowej. Dokładnie ta sama sytuacja zachodzi w dzień równonocy wiosennej.

8. W którym z poniższych miejsc Słońce góruje najniżej dnia 1. września 2025?

- a) na zwrotniku Raka ($\varphi = 23^\circ 26'$)
- b) na zwrotniku Koziorożca ($\varphi = -23^\circ 26'$)
- c) na biegunie północnym ($\varphi = 90^\circ$)
- d) na biegunie południowym ($\varphi = -90^\circ$)**
- e) na równiku

Odpowiedź: 1 września to lato, czas, kiedy Ziemia jest zwrócona względem Słońca tak, że góruje ono w zenicie na szerokości geograficznej φ_0 . Dokładna wartość φ_0 zależy od daty, ale jest ona pomiędzy równikiem, a zwrotnikiem Raka $0 < \varphi_0 < \varepsilon$. Na innych szerokościach geograficznych φ , Słońce góruje na wysokości $90^\circ - |\varphi - \varphi_0|$. Na biegunie południowym ta wartość jest najmniejsza, a Słońce góruje tam poniżej horyzontu, jest to więc poprawna odpowiedź.

9. Jedna jednostka astronomiczna jest w przybliżeniu równa średniej odległości Ziemi od Słońca, która wynosi około 150 milionów kilometrów. Wybierz odpowiedź, w której poprawnie zapisano tę odległość w notacji wykładniczej.

- a) $1,5 \times 10^6 \text{ km}$
- b) $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$**
- c) $1,5 \times 10^2 \text{ Mm}$
- d) $1,5 \times 10^{10} \text{ dm}$
- e) $1,5 \times 10^8 \text{ mm}$

Odpowiedź: $150\,000\,000 \text{ km} = 15 \times 10^7 \text{ km} = 1,5 \times 10^8 \text{ km} = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$, dlatego poprawna odpowiedź to b). Kilometr $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$, $1,5 \times 10^6 \text{ km} = 1,5 \times 10^9 \text{ m}$, megametr $1 \text{ Mm} = 10^6 \text{ m}$, $1,5 \times 10^2 \text{ Mm} = 1,5 \times 10^8 \text{ m}$, decymetr $1 \text{ dm} = 10^{-2} \text{ m}$, $1,5 \times 10^{10} \text{ dm} = 1,5 \times 10^8 \text{ m}$, a milimetr $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$, $1,5 \times 10^8 \text{ mm} = 1,5 \times 10^5 \text{ m}$, dlatego pozostałe odpowiedzi są niepoprawne.

10. Planeta A i planeta B przyciągają grawitacyjnie planetę C z taką samą siłą. Planetę A jest 4-krotnie dalej od planety C niż planeta B. Które zdanie jest prawdziwe?

- a) Planeta A ma taką samą masę jak planeta B.
- b) Planeta A ma dwa razy większą masę niż planeta B.
- c) Planeta A ma cztery razy większą masę niż planeta B.
- d) Planeta A ma osiem razy większą masę niż planeta B.
- e) Planeta A ma szesnaście razy większą masę niż planeta B.**

Odpowiedź: Ze wzoru na siłę grawitacji: $F = \frac{GMm}{r^2}$, możemy zauważyć, że 4-krotnie większa odległość oznaczałaby 16-krotnie mniejszą siłę. W takim razie aby to zrekompensować, planeta A musi mieć 16 razy większą masę.

11. W 2006 roku Pluton stracił miano dziewiątej planety Układu Słonecznego. Do jakiej utworzonej wówczas grupy obiektów przyporządkowano Plutona?

- a) Lodowe olbrzymy
- b) Planety karłowate**
- c) Jowisze
- d) Egzoplanety
- e) Planety swobodne

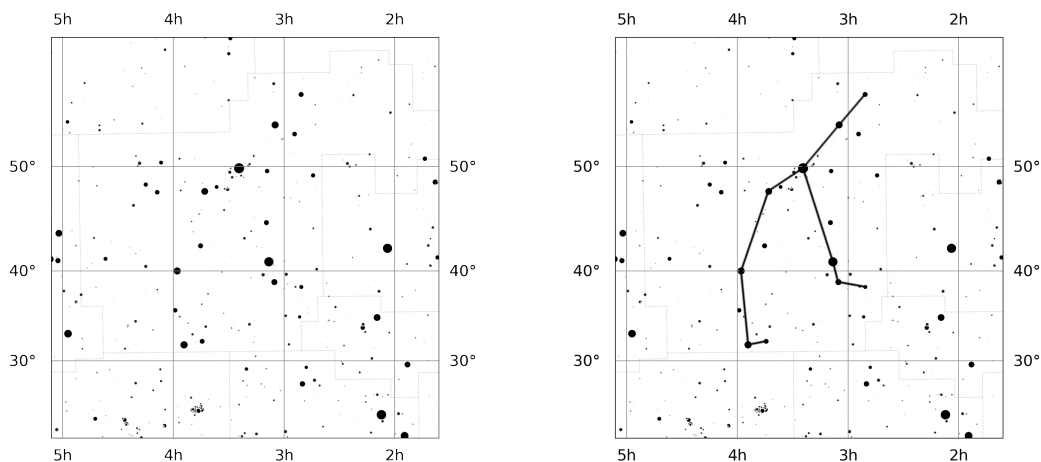
Odpowiedź: Lodowe olbrzymy to olbrzymy (planety dużo masywniejsze i większe od Ziemi) zbudowane głównie z pierwiastków cięższych od wodoru i helu. W Układzie Słonecznym jedyne lodowe olbrzymy to Uran i Neptun. Jowisze to olbrzymy o masie zbliżonej do Jowisza, wszystkie gazowe planety Układu Słonecznego zaliczają się do tej grupy. Egzoplaneta oznacza planetę, znajdującą się poza Układem Słonecznym. Planeta swobodna to planeta, która nie jest grawitacyjnie związana z żadną gwiazdą. Pozostawia to planety karłowate, do których Pluton się zalicza. Definiujemy je jako ciała niebieskie mniejsze od planet, które nie znajdują się na samodzielnej orbicie wokółsłonecznej (znajdują się tam również inne, mniejsze obiekty).

12. Makemake to:

- a) planeta gazowa
- b) księżyc planety skalistej
- c) obiekt transneptunowy**
- d) kometa
- e) trojańczyk

Odpowiedź: Makemake jest dużym obiektem transneptunowym w pasie Kuipera. To czwarta co do wielkości planeta karłowata o średnicy ok. 1500 km i okresie obiegu wokół Słońca ponad 300 lat. W żadnym momencie na swojej orbicie Makemake nie zbliża się do Słońca na odległość mniejszą niż 38 jednostek astronomicznych, co pozwala mu zachować stabilną orbitę, wolną od oddziaływania grawitacyjnego Neptuna.

13. Jaki gwiazdozbiór przedstawiono na poniższych rysunkach? Na lewym rysunku przedstawiono jego gwiazdy wraz z naniesionymi granicami gwiazdozbioru ustalonymi przez IAU (ang. *International Astronomical Union*, Międzynarodowa Unia Astronomiczna) i siatką współrzędnych równikowych, a na prawym rysunku dorysowano jeden z popularnych sposobów przedstawiania tego gwiazdozbioru.



- a) Wielka Niedźwiedzica (UMa)
- b) Żyrafa (Cam)
- c) Woźnica (Aur)
- d) Orzeł (Aql)
- e) Perseusz (Per)

Odpowiedź: Przedstawiony gwiazdozbiór to Perseusz. Warto wiedzieć, że Wielka Niedźwiedzica jest gwiazdozbiorem, lecz Wielki Wóz (podobnie jak popularny Trójkąt Letni) nie jest gwiazdozbiorem – jest to asterizm, który jest częścią Wielkiej Niedźwiedzicy.

14. Obserwowane z Polski Słońce podczas jednego roku wstaje na północ od geograficznego kierunku wschodu i zachodzi na północ od geograficznego kierunku zachodu:
- a) 0 razy
 - b) 2 razy
 - c) około 91 razy
 - d) około 182 razy
 - e) 365 razy

Odpowiedź: Słońce wstaje dokładnie na wschodzie i zachodzi dokładnie na zachodzie tylko w dwa dni w roku: w przesilenie wiosenne (około 21.03) i przesilenie jesienne (około 23.09). Pomiędzy wrześniem a marcem (a więc jesienią i zimą) Słońce wschodzi na południe od wschodu i zachodzi na południe od zachodu, z kolei wschodzi na północ od wschodu i zachodzi na północ od zachodu (sytuacja opisana w treści zadania) od marca do września (czyli wiosną i latem). Sytuacja ta w takim razie zachodzi przez niecałe pół roku, a więc przez około 182 dni.

15. Od czego zależy wysokość nad horyzontem Polaris (inaczej Gwiazdy Polarnej, α UMi)? Przyjmij, że gwiazda znajduje się dokładnie na północnym biegunie niebieskim.

- a) Szerokość geograficzna miejsca obserwacji
- b) Długość geograficzna miejsca obserwacji
- c) Pory dnia
- d) Pory roku
- e) Wszystkie z powyższych

Odpowiedź: Północny biegun niebieski (bardzo blisko którego znajduje się Polaris) jest specyficznym punktem na nieboskłonie, wokół którego poruszają się wszystkie inne gwiazdy (w ruchu dziennym, spowodowanym obrotem Ziemi wokół własnej osi). Jego wysokość jest stała w czasie i zależy tylko od szerokości geograficznej miejsca obserwacji - odp. a). Na biegunie północnym stale znajduje się on w zenicie, zaś na równiku jest stale na horyzoncie. Na półkuli południowej jest on niewidoczny, tam widoczny jest południowy biegun niebieski.

16. Przyjmijmy, że Ziemia porusza się wokół Słońca po idealnie kołowej orbicie o promieniu r , a Księżyc porusza się po idealnie kołowej orbicie wokół Ziemi o promieniu R . Wybierz zdanie prawdziwe:

- a) Księżyc spoczywa względem Słońca
- b) Księżyc porusza się po kołowej orbicie względem Słońca
- c) Odległość Księżyca od Słońca jest stała i równa r
- d) W trakcie II kwadry odległość między Słońcem i Księżycem jest równa $\sqrt{r^2 + R^2}$
- e) Do całkowitego, centralnego zaćmienia Słońca zachodzi wyłącznie wtedy, gdy odległość między Księżycem a Słońcem jest równa $r - R$

Odpowiedź: Odległość pomiędzy Księżycem, a Słońcem nie jest stała (co wyklucza odpowiedzi a), b), c)). W trakcie II kwadry, czyli pełni, Księżyc znajduje się „za” Ziemią, odległość pomiędzy Księżycem i Słońcem jest większa niż $\sqrt{r^2 + R^2}$. Zaćmienie Słońca jest zjawiskiem, w którym Księżyc zasłania Słońce, a więc znajduje się pomiędzy Ziemią, a Słońcem. W takim przypadku będzie on o r bliżej niż odległość Ziemia-Słońce - odp. d)

17. Zaobserwowano, że pewna gwiazda porusza się prostopadle do kierunku patrzenia z prędkością $80 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Później wykonano widmo tej gwiazdy, na podstawie którego stwierdzono, że ponadto oddala się ona od nas w kierunku patrzenia z prędkością $60 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Sumarycznie, gwiazda:

- a) Porusza się względem nas z prędkością $20 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
- b) Porusza się względem nas z prędkością $60 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
- c) Porusza się względem nas z prędkością $80 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
- d) Porusza się względem nas z prędkością $100 \frac{\text{km}}{\text{s}}$
- e) Porusza się względem nas z prędkością $140 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

Odpowiedź: Wektory prędkości prostopadłych do siebie dodaje się za pomocą twierdzenia Pitagorasa. $\sqrt{80^2 + 60^2} = 100$, poprawna odpowiedź to d).

18. Planety A i B przyciągają się grawitacyjnie. Planeta B ma 2 razy większą masę od planety A. Zakładając że prędkość początkowa obu planet jest równa $v_p = 0$, zaznacz odpowiedź **fałszywą**:

- a) Wartość siły, jaka działa na planetę A, jest równa wartości siły działającej na planetę B
- b) Pędy obu planet pozostaną równe aż do ich zderzenia
- c) Maksymalna prędkość jaką osiągną planety przed zderzeniem jest równa
- d) Przyspieszenie planet zmienia się w czasie
- e) Planety zaczną się poruszać w stronę wspólnego środka masy

Odpowiedź: a) jest prawdziwe ze względu na III zasadę dynamiki Newtona. b) jest prawdziwe ze względu na zasadę zachowania pędu (początkowy pęd układu wynosi zero). W miarę jak planety się zbliżają, siła oddziaływania rośnie (a więc przyspieszenie obu planet również), dlatego d) jest prawdziwe. Dwa ciała związane grawitacyjnie zawsze poruszają się wokół wspólnego środka masy, odpowiedź e) też jest poprawna. Masywniejsza planeta B będzie miała mniejsze przyspieszenie od lżejszej planety A (ponieważ przyspieszenie $a = \frac{F}{m}$), co oznacza, że prędkość jaką uzyska B względem ich wspólnego środka masy również będzie mniejsza.

19. Gdyby Słońce zmniejszyło swoją moc promieniowania dwukrotnie, to stosunek mocy promieniowania Księżyca w pełni do Słońca, dla obserwatora na Ziemi:

- a) zależałby od położenia Ziemi
- b) zmniejszyłby się 2-krotnie
- c) zwiększyłby się 4-krotnie
- d) zwiększyłby się 2-krotnie
- e) byłby taki sam

Aby zrozumieć (i tym samym rozwiązać) zadanie wystarczy przypomnieć sobie że całość mocy promieniowania Księżyca jest światłem odbitym od Słońca. Promienie światła przechodzą drogę Słońce - Księżyc (oczywiście tylko część całego światła wypromieniowywanego przez Słońce tam dociera), następnie odbijają się od Księżyca (znowu tylko część promieniowania się odbija, ze względu na albedo powierzchni Księżyca) i później trafiają one na Ziemię. Z uwagi na ten mechanizm, moc promieniowania Księżyca jest wprost proporcjonalna do mocy promieniowania Słońca (w celu zobaczenia szczegółów rachunkowych i szerszego wytłumaczenia zapraszamy do zapoznania się z rozw. zad 3 z przykładowego III etapu z I OAJ, gdzie policzono to dla przykładu komety okrążającej inną niż Słońce gwiazdę). W takim razie dwukrotna zmiana jasności Słońca implikuje dwukrotną zmianę jasności Księżyca, a więc ich stosunek pozostaje stały.

Co ciekawe, zamiast Księżyca w treści moglibyśmy umieścić większość planet, komet czy innych ciał niebieskich w Układzie Słonecznym, a sens zadania pozostałby ten sam. Wyjątkiem byłyby ciała, w których istotna część energii wypromieniowywanej pochodzi z reakcji wewnątrz ciała, czego przykładem jest Jowisz.

20. Odległość do galaktyki Andromedy (M31) wynosi około 0,77 megaparseka. Zakładając, że jeden parsek to ok. 3,26 roku świetlnego, prędkość światła w próżni wynosi 300 000 km/s, jeden rok juliański trwa 365,25 dnia, odległość do galaktyki Andromedy wynosi:

- a) $4,0 \times 10^{20}$ m
- b) $2,4 \times 10^{22}$ m**
- c) $2,4 \times 10^{23}$ m
- d) $4,0 \times 10^{23}$ m
- e) $2,4 \times 10^{25}$ m

Odpowiedź: Jeden megaparsek (Mpc) to 10^6 parseków (pc), stąd zapisujemy odległość do galaktyki Andromedy: $0,77 \times 10^6$ pc. Teraz spróbujemy obliczyć, ile metrów znajduje się w jednym parseku – w tym celu najpierw obliczymy ile metrów jest w jednym roku świetlnym (ly), czyli długości, jaką światło pokonuje w ciągu jednego roku w próżni. Jeden rok świetlny wynosi:

$$1 \text{ ly} \approx 300\,000 \text{ km/s} \cdot 365,25 \text{ dni} \cdot 24 \text{ h/dzien} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 60 \text{ s/min} = 3 \times 10^5 \text{ km/s} \cdot 365,25 \text{ dni} \cdot 86\,400 \text{ s/dzien} = \\ = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \cdot 3,6525 \times 10^2 \text{ dni} \cdot 8,64 \times 10^4 \text{ s/dzien} = (3 \cdot 3,6525 \cdot 8,64) \times (10^8 \cdot 10^2 \cdot 10^4) \text{ m} = 94,67 \times 10^{14} \text{ m} \\ 1 \text{ ly} \approx 9,47 \times 10^{15} \text{ m}$$

Wiedząc, ile metrów ma jeden rok świetlny, wystarczy przemnożyć tę liczbę przez czynnik 3,26, aby uzyskać odpowiedź na pytanie, ile metrów zawiera się w jednym parseku:

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ ly} = 3,26 \cdot 9,47 \times 10^{15} \text{ m} = 3,09 \times 10^{16} \text{ m}$$

Teraz możemy obliczyć odległość do galaktyki Andromedy (M31):

$$0,77 \times 10^6 \text{ pc} = 0,77 \times 10^6 \cdot 3,09 \times 10^{16} \text{ m} = 2,38 \times 10^{22} \text{ m} \approx 2,4 \times 10^{22} \text{ m},$$

co kończy rozwiązanie zadania.

21. Przyjmijmy, że Ziemia porusza się po idealnie kołowej orbicie wokół Słońca o promieniu r i pokonuje swoją orbitę w czasie T . Niech $\vec{r}$ oznacza wektor o długości r skierowany od Ziemi do Słońca. Oznaczmy prędkość Ziemi jako $\vec{v}$. Wybierz zdanie prawdziwe ($\vec{a} \parallel \vec{b}$ oznacza, że wektory $\vec{a}, \vec{b}$ są równoległe, $\vec{a} \perp \vec{b}$ oznacza, że wektory $\vec{a}, \vec{b}$ są prostopadłe).

- a) $v = \frac{2\pi r}{T}, \vec{v} \parallel \vec{r}$
- b) $v = \frac{\pi r^2}{T}, \vec{v} \parallel \vec{r}$
- c) $v = \frac{2\pi r}{T}, \vec{v} \perp \vec{r}$**
- d) $v = \frac{\pi r^2}{T}, \vec{v} \perp \vec{r}$
- e) $v = \frac{\pi r^2}{T}$, niemożliwe jest rozstrzygnięcie kierunku i zwrotu wektorów $\vec{v}, \vec{r}$ bez dodatkowych informacji.

Odpowiedź: Prędkość zawsze jest wektorem stycznym do toru ruchu, a więc prostopadłym do promienia. Ziemia w czasie T przebywa całą swoją orbitę, czyli długość okręgu o promieniu r (równą $2\pi r$), a skoro $v = \frac{s}{t}$, to $v = \frac{2\pi r}{T}$.

22. Astronomowie zaobserwowali plamę na równiku Słońca. Po dobie zaobserwowano, że plama przesunęła się wzdłuż równika Słońca o 15° . Zakładając, że plama poruszała się wyłącznie w wyniku ruchu obrotowego Słońca, promień Słońca na równiku jest równy $R_\odot$, doba trwa d , a ruch obiegowy Ziemi wokół Słońca można zaniedbać, jaką średnią prędkość miała plama przez tę dobę?

- a) $24 \frac{R_\odot}{h}$
- b) $\frac{\pi}{180} \frac{R_\odot}{h}$
- c) $\pi \frac{R_\odot}{d}$
- d) $180\pi \frac{R_\odot}{d}$
- e) $\frac{\pi}{12} \frac{R_\odot}{d}$

Odpowiedź: Plama w ciągu doby pokonała 15° wzdłuż równika, a więc odległość $s = \frac{15^\circ}{360^\circ} 2\pi R_\odot = \frac{\pi}{24} R_\odot$ (wycinek okręgu). Prędkość $v = \frac{s}{t} = \frac{\pi}{12} \frac{R_\odot}{d}$.

23. Odległość kątowa między środkami tarcz Słońca i Księżyca w pełni wynosi:

- a) dokładnie 0°
- b) dokładnie 90°
- c) dokładnie 180°
- d) $179^\circ 29'$
- e) nie da się jednoznacznie odpowiedzieć na to pytanie

W momencie całkowitego zaćmienia Księżyca, Księżyc jest w pełni a Słońce, Ziemia i Księżyc znajdują się praktycznie w jednej linii – wówczas odległość kątowa między środkami tarcz Słońca i Księżyca wynosi z punktu widzenia obserwatora na Ziemi dokładnie 180° . 180° jest zarazem największą odległością kątową dwóch obiektów na sferze niebieskiej. Życiowe doświadczenie pozwala jednak stwierdzić, że nie każdej pełni towarzyszy całkowite zaćmienie Księżyca. Wynika to z faktu, iż orbita Księżyca jest nachylona do orbity Ziemi pod kątem około 5° , co oznacza, że szukana w zadaniu odległość kątowa może czasem wynosić jedynie 175° , zatem nie da się jednoznacznie odpowiedzieć na powyższe pytanie.

24. Rakieta o masie $m = 900\,000$ kg oddala się od asteroidy o masie $M = 2 \times 10^{11}$ kg ze stałą prędkością skierowaną radialnie (wzdłuż prostej przebiegającej przez raketę i środek masy asteroidy). Rakieta znajduje się w odległości $r = 447,5$ m od asteroidy. Z jaką chwilową siłą musi działać silnik rakiety, aby było to możliwe? Uniwersalna stała grawitacji jest równa $G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$.

- a) 0,1 N
- b) 3 N
- c) 60 N
- d) 900 N
- e) 27 kN

Odpowiedź: Zgodnie z I zasadą dynamiki Newtona, siła silników rakiety musi równoważyć siłę grawitacji, inaczej bowiem rakieta by przyspieszała lub zwalniała. Siłę grawitacji obliczymy ze wzoru: $F = \frac{GMm}{r^2} = 60 \text{ N}$.