1. W którym miejscu, z poniżej wymienionych, Słońce góruje w zenicie dwukrotnie w ciągu roku?

   a) Na biegunie północnym
   b) Na zwrotniku Raka
   c) Na równiku
   d) Na zwrotniku Koziorożca
   e) Na biegunie południowym

autor: Olaf Krupiński

Odpowiedź: Kluczową wielkością fizyczną potrzebną do rozwiązania zadania jest kąt $\varepsilon \approx 23{,}44°$, opisujący nachylenie osi obrotu Ziemi (wokół własnej osi) względem jej ruchu obiegowego. Kąt ten bezpośrednio odpowiada za wysokości górowania Słońca w ciągu roku i tym samym za zjawisko pór roku na naszej planecie.

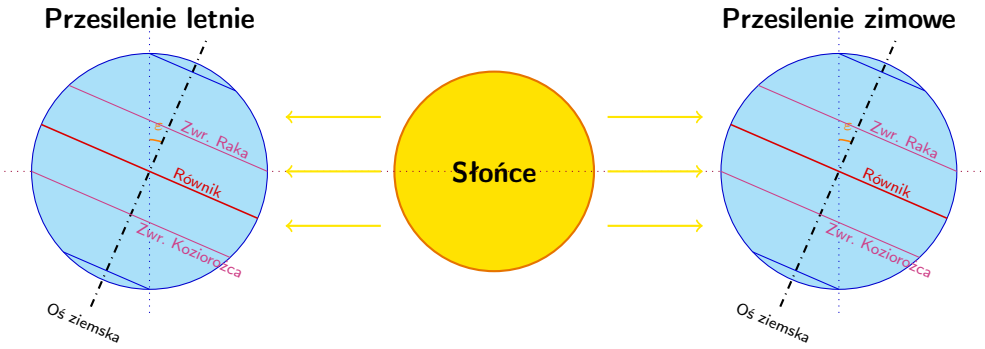
Przesilenie letnie definiujemy jako moment, w którym półkula północna naszej planety jest w maksymalnym wychyleniu ($= \varepsilon$) w stronę Słońca. Wówczas na biegunie północnym ($\varphi = +\,90°$) występuję zjawisko dnia polarnego i Słońce znajduje się na wysokości ε nad horyzontem, na zwrotniku Raka ($\varphi = +\varepsilon$) Słońce góruje w ten dzień w zenicie, zaś na równiku ($\varphi = 0°$) Słońce góruje na wysokości $90° - \varepsilon$. Widoczne jest to w lewym górnym rogu rysunku.

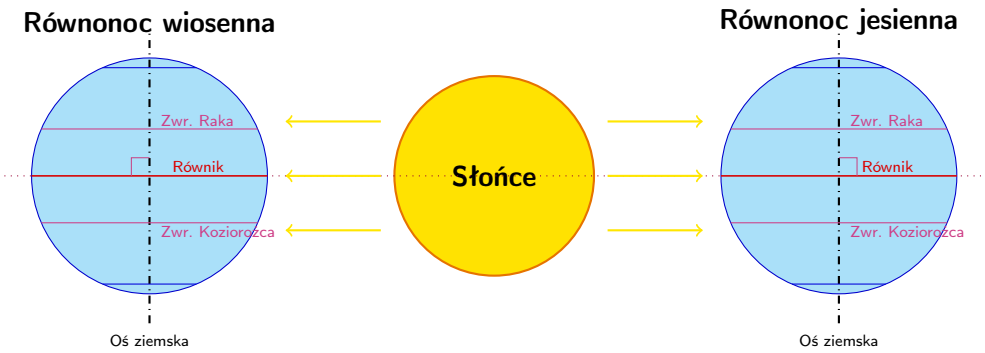
Analogiczna sytuacja ma miejsce dla półkuli południowej podczas przesilenia zimowego. Na biegunie południowym ($\varphi = +\,90°$) jest wtedy dzień polarny i Słońce znajduje się na wysokości $+\varepsilon$, zaś na zwrotniku Koziorożca Słońce góruje w zenicie. Na równiku, ponownie wysokość górowania wynosi $90° - \varepsilon$. Sytuacja ta jest widoczne w prawym górnym rogu rysunku.

Zauważmy, że w sytuacjach dokładnie pomiędzy dwoma przesileniami, a więc podczas równonocy wiosennej i jesiennej, obie półkule stają się oświetlone równomiernie. Promienie Słońca są wówczas równoległe do równika, gdzie nasza gwiazda góruje w zenicie.

Reasumując, na biegunach Słońce nigdy nie góruje w zenicie (maksymalna wysokość jest równa ε), na zwrotnikach Słońca góruje w zenicie dokładnie raz w trakcie roku (podczas odpowiednich przesileń), zaś na równiku dwukrotnie - podczas równonocy wiosennej i jesiennej. Poprawną odpowiedzią jest więc odp. c)

Warto zauważyć, że do rozwiązania można było dojść metodą tzw. „metagamingu". Zauważmy, że poprawna jest tylko jedna odpowiedź, a wszystkie odpowiedzi oprócz równika mają swoje odbicie na drugiej półkuli (biegun płd. – biegun płn, zwrotnik Raka – zwrotnik Koziorożca). W takim razie z symetrii, jedyną poprawną odpowiedzią musi być równik.





2. Które z poniższych ciał niebieskich nie jest księżycem?

   a) Tytan
   b) Ganimedes
   c) Pluton
   d) Fobos
   e) Księżyc

autor: Krzysztof Król

Odpowiedź: Tytan jest największym księżycem Saturna, Ganimedes – księżyc Jowisza – jest największym i najmasywniejszym księżycem w Układzie Słonecznym. Fobos to jeden z dwóch księżyców Marsa, a Księżyc to jedyny księżyc Ziemi. W powyższym zestawieniu jedynie Pluton nie jest księżycem, jest on bowiem planetą karłowatą.

3. Merkury:

   a) jest najgęstszą planetą Układu Słonecznego
   b) jest planetą karłowatą
   c) jest planetą gazową
   d) posiada atmosferę gęstszą niż ziemska
   e) nie posiada żadnych odkrytych księżyców

autor: Michał Jagodziński

Odpowiedź: Merkury jest najmniejszą planetą Układu Słonecznego, zatem nie może być nazwany planetą karłowatą.

Odpowiedź a) niestety nie jest poprawna, choć Merkury jest drugą najgęstszą planetą Układu Słonecznego ($\rho \approx 5{,}4\,\mathrm{g/cm^3}$), gdyż najgęstszą planetą jest Ziemia ($\rho \approx 5{,}5\,\mathrm{g/cm^3}$). Merkury jest planetą skalistą, co łatwo rozpoznać na zdjęciu z sondy. Jedną z cech charakterystycznych geologii powierzchni Merkurego są długie uskoki liczące nawet 1000 km długości i 3 km wysokości. Zgodnie z intuicją gęstości planet skalistych ($\rho > 3\,\mathrm{g/m^3}$) są znacznie większe od gęstości planet gazowych (najgęstszy Neptun ma $\rho \approx 1{,}6\,\mathrm{g/cm^3}$).

Ze względu na niewielkie rozmiary i masę Merkurego (słaba grawitacja), a zarazem bliskość Słońca, na jego powierzchni nie mogła utrzymać się istotna atmosfera (ma ona ciśnienie około 10^{14} razy słabsze niż na Ziemi). Te same powody są także głównymi przyczynami, przez które Merkury nie posiada żadnych (odkrytych) księżyców.

4. Ile wynosi średnia wartość prędkości ruchu obiegowego Ziemi wokół Słońca?

   a) około $1\,\frac{\text{au}}{\text{rok}}$
   b) około $3{,}14\,\frac{\text{au}}{\text{rok}}$
   c) około $6{,}28\,\frac{\text{au}}{\text{rok}}$
   d) około $12{,}56\,\frac{\text{au}}{\text{rok}}$
   e) $0\,\frac{\text{au}}{\text{rok}}$

autor: Olaf Krupiński

Odpowiedź: Zadanie, poza sprawdzeniem wiedzy o orbicie kołowej, pokazuje przewagę w **nie**używaniu układu SI w niektórych sytuacjach.

Zauważmy, że Ziemia w ciągu roku przechodzi przez całą swoją orbitę – zatacza ona okrąg o promieniu $r = 1\,\text{au}$. Wiemy, że obwód takiego okręgu wynosi:

$$d = 2\pi r \approx 2 \cdot 3{,}14 \cdot 1\,\text{au} = 6{,}28\,\text{au}$$

Prędkość jest miarą przebytej drogi w czasie, a więc:

$$v = \frac{d}{T} = \frac{6{,}28\,\text{au}}{1\ \text{rok}} = 6{,}28\,\frac{\text{au}}{\text{rok}}$$

Dostajemy więc odpowiedź c).

5. Pewien znudzony pingwin, o wysokości jednego metra, obserwował swój cień. Po 24 godzinach obserwacji stwierdził, że maksymalna długość cienia wynosiła 11,4 metra, a minimalna 1,1 metra. Gdzie mógł znajdować się ów pingwin (φ oznacza szerokość geograficzną)?

   a) Na wyspach Galapagos ($\varphi = 0°$)
   b) Na Madagaskarze ($\varphi = -25°$)
   c) Na przylądku Horn ($\varphi = -56°$)
   d) Na wybrzeżu Antarktydy ($\varphi = -72°$)
   e) Na biegunie południowym ($\varphi = -90°$)

autor: Piotr Jędrzejczyk

Odpowiedź: Obserwacje naszego pingwina, trwające 24 godziny, objęły cały cykl dobowy. Jeśli w tym czasie jego cień miał jakąś maksymalną (i mierzalną) długość, oznacza to, że Słońce w tym czasie nie zaszło (gdyż w trakcie zachodu Słońca długość cienia pingwina rosłaby do dowolnie dużych wartości, ograniczana jedynie przez nierówności terenu i krzywiznę powierzchni Ziemi). Skoro Słońce dla pingwina nie zaszło w ciągu całego cyklu dobowego, jedyną możliwością jest, że w miejscu obserwacji trwał wówczas dzień polarny.

Warunek ten pozostawia nam jedynie dwie możliwe odpowiedzi – d) i e), gdyż koło podbiegunowe, gdzie dochodzi do zjawisk dnia i nocy polarnej, rozciąga się na szerokościach geograficznych różniących się od szerokości geograficznej biegunów geograficznych Ziemi ($\varphi = \pm 90°$) o nie więcej niż około 23,5°, czyli kąt odchylenia osi obrotu Ziemi od osi prostopadłej do płaszczyzny jej orbity wokół Słońca. Tym samym na półkuli południowej są to szerokości geograficzne mniejsze od $-66{,}5°$.

Mamy jednak jeszcze jedną informację, pozwalającą na wybranie właściwej odpowiedzi: fakt, że długość cienia pingwina, i tym samym wysokość Słońca nad horyzontem, ulegała w trakcie doby istotnym zmianom. Do czegoś takiego nie mogłoby dojść na biegunie południowym, gdyż obserwator znajdujący się tam, na osi obrotu Ziemi, obserwuje niebo kręcące się wokół zenitu – wysokość gwiazd nad horyzontem pozostaje stała, zmienia się jedynie ich azymut (jakkolwiek się go definiuje na biegunie). Wysokość Słońca nad horyzontem, rzecz jasna, zmienia się, lecz bardzo powoli – przez pół roku zwiększa się, z

23,5° stopni pod horyzontem, do 23,5° nad horyzontem, a przez kolejne pół roku się zmniejsza. Zmiana wysokości Słońca (a więc również długości cienia) w ciągu jednego dnia na biegunie południowym byłaby zatem pomijalna. Pozostaje nam więc jedynie odpowiedź d).

Długości cienia pingwina podane w treści zadania odpowiadają wysokości Słońca nad horyzontem wahającej się w ciągu dnia od 5° do około 42°, co ma miejsce na szerokości geograficznej −72° w okolicach przesilenia letniego na półkuli południowej. Jako ciekawostkę można dodać, że spośród miejsc wymienionych w odpowiedziach, pingwiny nie występują jedynie na Madagaskarze (wbrew popularnym przekonaniom) oraz na biegunie południowym, położonym ponad tysiąc kilometrów wgłąb lądolodu. Należy jednak dodać, że pingwiny z wysp Galapagos nie spełniają w pełni warunków z treści zadania, gdyż ich wzrost to jedynie około pół metra. Pingwiny cesarskie, natomiast, dorastają nawet do 120 centymetrów, i występują zarówno na przylądku Horn, jak i wybrzeżu Antarktydy.

6. Wiedząc że w przybliżeniu 1 rok świetlny jest równy 63241 jednostkom astronomicznym, ile czasu zajmuje przelot wiązki światła ze Słońca na Ziemię?

   a) około 8 min
   b) około 200 min
   c) około 480 min
   d) około 1 rok
   e) około 63241 lat

autor: Olaf Krupiński

Odpowiedź: 1 rok świetlny jest oczywiście miarą **odległości** jaką wiązka światła przebywa w ciągu 1 roku. Światło porusza się ruchem jednostajnym, możemy więc rozwiązać zadanie metodą proporcji. Oznaczmy jako t szukany czas przelotu wiązki, równe są wtedy stosunki:

$$\frac{1 \text{ rok świetlny}}{1 \text{ rok}} = \frac{1 \text{ au}}{t} ,$$

gdyż oba ułamki są miarą prędkości światłą c. Zamieńmy teraz obie odległości na jednostki astronomiczne:

$$\frac{63\,241 \text{ au}}{1 \text{ rok}} = \frac{1 \text{ au}}{t} .$$

Odwracając oba ułamki:

$$\frac{1 \text{ rok}}{63\,241 \text{ au}} = \frac{t}{1 \text{ au}} ,$$

a więc:

$$t = \frac{1 \text{ rok}}{63241} = \frac{365{,}25 \cdot 24 \cdot 60}{63241} \text{ min} \approx 8 \text{ min}$$

Co oznacza odpowiedź a).

7. Co sprawia, że temperatura powierzchni Wenus jest wyższa niż temperatura powierzchni Merkurego?

   a) Ingerencja ludzi w atmosfery planet
   b) Rozmiary planet
   c) Kolory powierzchni planet
   d) Występowanie silnego efektu cieplarnianego atmosfery Wenus
   e) To, że Wenus znajduje się bliżej Słońca niż Merkury

autor: Krzysztof Król

Odpowiedź: Temperatura powierzchni Wenus to około 740 K ≈ 470 °C, zaś temperatura powierzchni Merkurego waha się pomiędzy 100 K ≈ −170 °C a 700 K ≈ 430 °C. Dzieje się tak, mimo że Wenus znajduje się dwa razy dalej od Słońca niż Merkury, toteż strumień promieniowania Słońca jest aż czterokrotnie mniejszy na Wenus niż na Merkurym.

Merkury ma bardzo znikomą atmosferę, a ciśnienie atmosferyczne przy jego powierzchni szacuje się na mniej niż 0,5 nPa (nanopaskale). Powoduje to bardzo duże różnice temperatury powierzchni między dniem i nocą, wariacja temperaturowa Merkurego jest największa w Układzie Słonecznym. Mimo to, w zacienionych kraterach na Merkurym występuje lód.

Wenus z kolei ma bardzo gęstą atmosferę, a ciśnienie na powierzchni szacuje się na około 9,3 MPa (megapaskale). Duże ilości dwutlenku węgla, pary wodnej i dwutlenku siarki w jej atmosferze powodują bardzo silny efekt cieplarniany, dużo silniejszy niż ten występujący w atmosferze Ziemi. Wspomniane związki sprawiają, że duża część promieniowania docierającego do Wenus zostaje uwięziona w atmosferze, co prowadzi do znacznego zwiększenia temperatury atmosfery (a więc i powierzchni).

Ludzie nie ingerowali w żaden mierzalny sposób w atmosferę ani Merkurego, ani Wenus. Rozmiary planet mają wyłącznie drugorzędny wpływ na temperatury ich powierzchni. Kolor powierzchni planety zaiste może wpływać na jej temperaturę, tutaj jednak nie jest to główny efekt (w szczególności na Wenus, której atmosfera i tak jest wysoce nieprzezroczysta).

8. W kwietniu tego roku, podczas misji Artemis II, ludzie po raz pierwszy od ponad pięćdziesięciu lat znaleźli się na tyle blisko Księżyca, że siła jego grawitacji była silniejsza od siły grawitacji Ziemi. W jakiej odległości od środka Srebrnego Globu, na linii Ziemia–Księżyc, równoważą się siły grawitacji obu ciał, jeśli Księżyc znajduje się 380 000 km od naszej planety, a stosunek mas obu ciał wynosi około 81:1?

a) 4600 km
b) 4700 km
c) 38 000 km
d) 42 000 km
e) 71 000 km

autor: Piotr Jędrzejczyk

Odpowiedź: Oznaczmy jako d odległość Księżyca od Ziemi, jako M i m masę odpowiednio Ziemi i Księżyca, a jako x – szukaną odległość od Księżyca. Warunek równowagi sił grawitacji (działających w przeciwne strony) ma w tym punkcie postać:

$$\frac{GM}{(d-x)^2} = \frac{Gm}{x^2},$$

gdzie $d - x$ to odległość naszego punktu od Ziemi. Dzieląc obustronnie przez G i porządkując wyrazy otrzymujemy

$$\left(\frac{d-x}{x}\right)^2 = \frac{M}{m}.$$

Biorąc pierwiastek z obu stron równania dostajemy

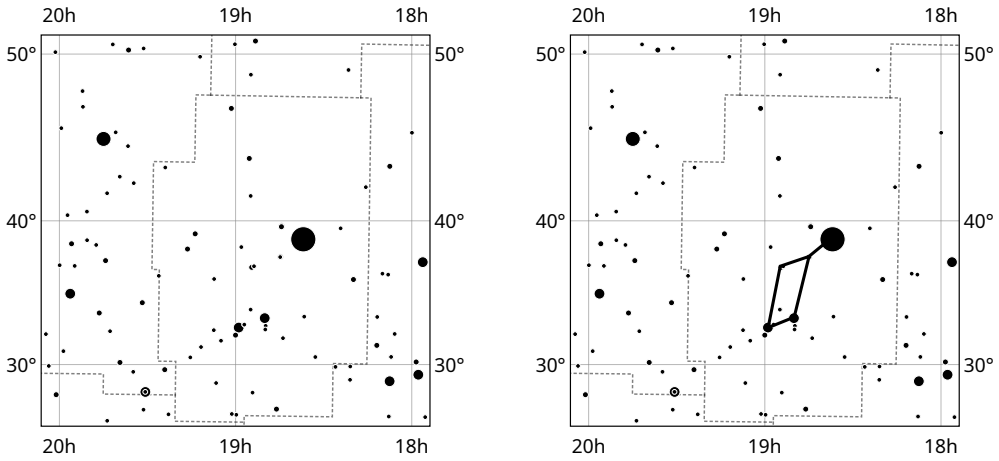
$$\frac{d-x}{x} = \sqrt{\frac{M}{m}} \approx \sqrt{81} = 9,$$

gdzie podstawiliśmy podany w treści zadania stosunek mas. Po niewielkich przekształceniach otrzymujemy wynik:

$$10x = d \quad \Longrightarrow \quad x = \frac{d}{10} \approx 38\,000\,\text{km}.$$

Należy dodać, że rozważany w zadaniu punkt nie jest tożsamy z punktem Lagrange'a L_1 układu Ziemia–Księżyc, gdzie ciało mogłoby pozostawać stacjonarne względem Księżyca. Jest tak dlatego, że w punkcie L_1 ciało to poruszałoby się wokół Ziemi z prędkością kątową taką samą jak Księżyc, i warunek równowagi sił w tak dobranym (obracającym się) układzie odniesienia musiałby uwzględniać siłę odśrodkową.

9. 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) Lutnia (Lyr)

b) Żaba (Buf)

c) Tarcza (Sct)

d) Paw (Pav)

e) Koziorożec (Cap)

autor: Michał Jagodziński

Odpowiedź: Lutnia to bardzo charakterystyczny i jasny gwiazdozbiór północnego nieba. Najłatwiej obserwować ją z Polski w okresie od wiosny do jesieni, choć jej najjaśniejszą gwiazdę Wegę (α Lyr) można obserwować w dobrych warunkach nawet zimą. Wega wchodzi w skład znanego asteryzmu – Trójkątu Letniego. Jest także piątą najjaśniejszą gwiazdą na nocnym niebie. To właśnie Wega została historycznie użyta do oznaczenia zerowej wielkości gwiazdowej (0 magnitudo), choć dziś definiujemy tę wielkość nieco inaczej – co jest konieczne, choćby z tego powodu, że Wega nieco zmienia swoją jasność w czasie. Około 14000 lat temu Wega pełniła funkcję północnej Gwiazdy Polarnej; za prawie 12000 lat ponownie znajdzie się w pobliżu północnego bieguna niebieskiego ze względu na efekt precesji osi Ziemi.

W gwiazdozbiorze Lutni znajduje się też gwiazda RR Lyrae, od której nazwę wzięła klasa gwiazd zmiennych typu RR Lyrae, ważna m.in. ze względu na określanie odległości we wszechświecie.

Gwiazdozbiór Tarczy jest ciemnym gwiazdozbiorem, nazywanym niegdyś (dzięki jego twórcy, Janie Heweliuszu) Tarczą Sobieskiego (*Scutum Sobiescianum*). Paw jest gwiazdozbiorem nieba południowego, niedającym się obserwować z terytorium Polski. Koziorożec jest znanym gwiazdozbiorem ekliptycznym, zaś gwiazdozbiór Żaby w ogóle nie istnieje, choć w historii astronomii (w XVIII wieku na mapie Johna Hilla) istniał gwiazdozbiór *Bufo* (Ropuchy), znajdujący się na granicy obecnych gwiazdozbiorów Hydry i Wagi.

10. Pierwsze równanie Friedmanna opisuje ewolucję jednorodnego i izotropowego wszechświata. Przy pewnych uproszczeniach ma ono następującą postać:

$$H^2 = \frac{8\pi G\rho}{3},$$

gdzie H to stała Hubble'a, wyrażana w jednostce odwrotności czasu (1/s), G to uniwersalna stała grawitacji równa $6{,}67\times10^{-11}\,\mathrm{m^3/(kg\cdot s^2)}$, a ρ to gęstość energii (nie gęstość masy). Analizując jednostki występujące w równaniu określ, w jakiej jednostce wyrażana jest gęstość ρ?

a) $\mathrm{J/m^3}$
b) $\mathrm{kg/m^3}$
c) $\mathrm{s^2/m^3}$
d) $\mathrm{1/m^3}$
e) $\mathrm{kg/(s^2\cdot m^3)}$

autor: Krzysztof Król

Odpowiedź: W tym zadaniu należy przeprowadzić analizę wymiarów wielkości po obu stronach znaku równości. Przy zapisywaniu równości wymiarów możemy pominąć wyrażenie $8\pi/3$, bo jest ono bezwymiarowe. Mamy więc:

$$(1/\mathrm{s})^2 = \mathrm{m^3/(kg\cdot s^2)}\cdot x_\rho,$$

gdzie x_ρ to szukany wymiar ρ. Mnożymy równość obustronnie przez $\mathrm{s^2}$ i otrzymujemy:

$$1 = \mathrm{m^3/kg}\cdot x_\rho.$$

Wyrażenie to możemy podzielić przez $\mathrm{m^3/kg}$ i otrzymujemy wynik:

$$x_\rho = \mathrm{kg/m^3}.$$

11. Poniżej podano przybliżone parametry orbity wybranych ciał niebieskich Układu Słonecznego, przy założeniu, że poruszają się one po orbitach kołowych. Literą r oznaczono promień orbity, zaś literą P – okres orbitalny. Który z podanych obiektów porusza się z największą prędkością w Układzie Słonecznym?

a) Merkury ($r = 0{,}39\,\mathrm{au}$, $P = 88\,\mathrm{d}$)
b) Ziemia ($r = 1{,}00\,\mathrm{au}$, $P = 365\,\mathrm{d}$)
c) Księżyc ($r = 0{,}0026\,\mathrm{au}$, $P = 27\,\mathrm{d}$)
d) Uran ($r = 19\,\mathrm{au}$, $P = 84\,\mathrm{yr}$)
e) Pluton ($r = 39\,\mathrm{au}$, $P = 248\,\mathrm{yr}$)

autor: Michał Jagodziński

Odpowiedź: Znając promień orbity r, nietrudno policzyć długość orbity (długość okręgu) $2\pi r$, którą planeta pokonuje w czasie P. Stąd prędkość obiektu na orbicie kołowej wokół ciała centralnego wynosi $v = 2\pi r/P \sim r/P$. W poniższej tabeli przedstawiono otrzymane prędkości obiektów w jednostkach astronomicznych na rok:

Ciało niebieskie	r [au]	P [yr]	v [au/yr]
Merkury	**0,39**	**0,24**	**10,2**
Ziemia	1,00	1,00	6,28
Księżyc	*0,0026*	*0,074*	*0,22*
Uran	19	84	1,42
Pluton	39	248	0,99

Z uzyskanych wyników możemy dostrzec pewną zależność – odleglejsze obiekty poruszają się wolniej. Zależność ta jest zawsze prawdziwa na orbicie wokół masywnego ciała centralnego (zgodnie ze wzorem na prędkość orbitalną). Aby jednak rozwiązać treść zadania, warto rozpatrzeć przypadek Księżyca. Krąży on wokół Ziemi, zatem z perspektywy Układu Słonecznego jego sumaryczny wektor prędkości będzie miał zmienną długość i kierunek, ze względu na sumę ruchu Ziemi wokół Słońca oraz obiegu Księżyca wokół Ziemi. Długość tego wektora będzie się jednak w tym przypadku wahać między $6{,}28 - 0{,}22 = 6{,}06$ a $6{,}28 + 0{,}22 = 6{,}50$ jednostek astronomicznych na rok, zatem nie przekroczy prędkości orbitalnej Merkurego, stąd można stwierdzić, że spośród wymienionych obiektów, z największą szybkością w Układzie Słonecznym porusza się Merkury.

12. Widziana wokół Słońca poświata w czasie jego całkowitego zaćmienia to:

a) pył księżycowy, podrywany do góry przez meteoroidy uderzające w powierzchnię satelity Ziemi, podświetlany od tyłu

b) korona słoneczna, zewnętrzna warstwa atmosfery Słońca

c) światło zodiakalne, czyli pył międzyplanetarny, położony wokół płaszczyzny ekliptyki

d) skutek przejścia promieni słonecznych przez obszary atmosfery Ziemi nieobjęte zaćmieniem całkowitym

e) złudzenie optyczne

autor: Piotr Jędrzejczyk

Odpowiedź: Poprawna odpowiedź to b) – korona słoneczna. Jest to najbardziej zewnętrzna część atmosfery słonecznej. Składa się z plazmy, o temperaturze przekraczającej milion kelwinów, jednak jej niska gęstość sprawia, że jej promieniowanie w zakresie widzialnym jest dość słabe. Większość światła, które widzimy, obserwując koronę słoneczną, jest promieniowaniem pochodzącym ze Słońca, które uległo rozproszeniu na swobodnych elektronach w koronie. Jej niewielka jasność (znacznie mniejsza od jasności powierzchniowej nieba) sprawia, że z powierzchni Ziemi koronę słoneczną da się zaobserwować gołym okiem jedynie podczas całkowitego zaćmienia Słońca. Istnieją jednak przyrządy (koronografy), które umożliwiają jej obserwację w standardowych warunkach.

Przyjrzyjmy się teraz pozostałym odpowiedziom. Pył wprawdzie jest obecny nad powierzchnią Księżyca, lecz na wysokościach znacznie mniejszych od promienia Księżyca, a co najmniej taka właśnie wysokość byłaby konieczna, aby odpowiadać za widoczną poświatę. Co ciekawe, znaczna większość pyłu nad powierzchnią Księżyca nie jest wzbijana przez upadki meteoroidów, lecz lewituje ze względu na odpychanie elektrostatyczne. Podczas misji programu Apollo astronauci zaobserwowali spowodowaną obecnością pyłu poświatę nad horyzontem Księżyca w okolicach wschodów i zachodów Słońca widzianych z orbity Srebrnego Globu.

Światło zodiakalne, widziane z Ziemi, rzeczywiście układa się w płaszczyźnie Układu Słonecznego – a zatem także w okolicach Słońca – lecz jest zwyczajnie zbyt ciemne, aby móc je zaobserwować na wciąż dość jasnym niebie w trakcie zaćmienia Słońca. Gdyby jednak obserwować zaćmienie spoza ziemskiej atmosfery, można by było zobaczyć koronę słoneczną przechodzącą w światło zodiakalne

(najjaśniejsze w okolicach Słońca). Na zdjęciach wykonanych podczas misji Artemis II widać zarówno światło zodiakalne, jak i koronę słoneczną.

Nieprzezroczystość ziemskiej atmosfery nie mogłaby odpowiadać za całość obserwowanej poświaty, gdyż w obszarach atmosfery znajdujących się, z perspektywy obserwatora, tuż obok zaćmionego Słońca, również trwa zaćmienie, zatem nie mogłyby się tam znaleźć duże ilości światła słonecznego. Ponadto nie tłumaczyłoby to faktu, że kształt owej poświaty jest taki sam niezależnie od miejsca obserwacji. Podobnie odrzucić możemy odpowiedź e).

13. 12 sierpnia 2026 roku doszło do całkowitego zaćmienia Słońca, widocznego jako zaćmienie częściowe z Polski. Które z poniższych jest konieczne w trakcie zaćmienia aby doszło do całkowitego zaćmienia Słońca?

a) W miejscu obserwacji musi być południe lokalne

b) Rozmiar kątowy Słońca musi być większy lub równy rozmiarowi kątowemu Księżyca

c) Rozmiar kątowy Księżyca musi być większy lub równy rozmiarowi kątowemu Słońca

d) Aktywność Słońca musi być minimalna

e) Żadne z powyższych

autor: Krzysztof Król

Odpowiedź: Aby możliwe było całkowite zasłonięcie tarczy słonecznej przez Księżyc, rozmiar kątowy Księżyca musi być większy lub równy rozmiarowi kątowemu Słońca. Nie jest to jedyny warunek, bo ciała muszą jeszcze znaleźć się dostatecznie blisko siebie na niebie z perspektywy obserwatora – dlatego zaćmienie widoczne jako całkowite z Hiszpanii było jedynie zaćmieniem częściowym z Polski.

Obserwacje nie muszą być prowadzone w trakcie południa lokalnego, a aktywność Słońca nie wpływa na możliwość zaobserwowania zaćmienia.

14. Obserwator na Ziemi z fascynacją obserwował zaćmienie Słońca. Po jakim czasie najwcześniej tego samego obserwatora może zachwycić widok zaćmienia Księżyca na niebie? Pomiń efekty związane z eliptycznością i precesją orbit Ziemi i Księżyca.

a) około 14 dni i 18 godzin

b) około 27 dni i 7 godzin

c) około 29 dni i 12 godzin

d) około 58 dni i 1 godzinę

e) około 365 dni i 6 godzin

autor: Olaf Krupiński

Odpowiedź: Zaćmienie Słońca ma miejsce, gdy widziana z Ziemi tarcza Księżyca przesłania (całkowicie lub częściowo) tarczę Słońca. Rozważane ciała niebieskie są więc ustawione w kolejności: Słońce, Księżyc, Ziemia; Księżyc znajduje się w nowiu.

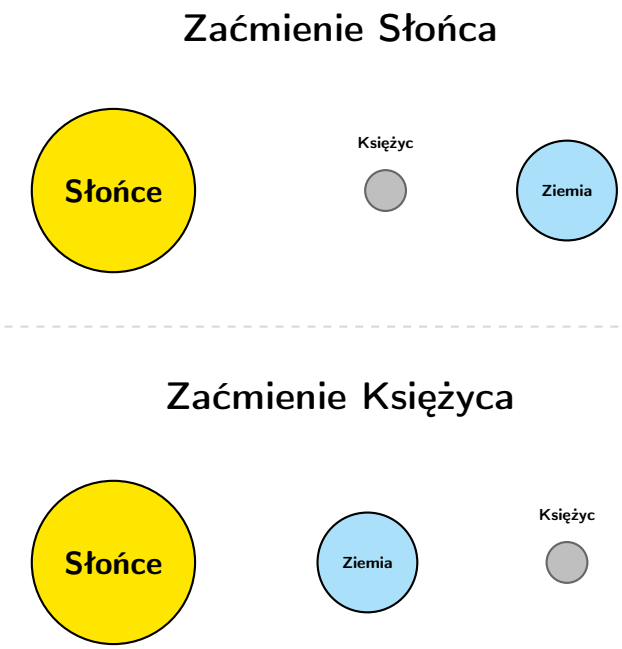
Z kolei zaćmienie Księżyca polega na zasłonięciu przez Ziemię światła docierającego na powierzchnię Księżyca, co obserwujemy jako znaczne pociemnienie jego tarczy. Mamy więc do czynienia z ustawieniem Słońce, Ziemia, Księżyc; czyli Księżyc znajduje się w pełni.

Obie sytuacje przedstawione są na poniższym rysunku. Łatwo zauważyć, że pomiędzy tymi ustawieniami, Księżyc musiał zmienić fazę z nowiu na pełnię. Obserwator na Ziemi musiał więc z utęsknieniem przeczekać połowę okresu synodycznego Księżyca, a więc minęło:

$$\frac{T_{\text{syn}}}{2} \approx \frac{29{,}5 \text{ dni}}{2} = 14 \text{ dni i } 18 \text{ godzin} ,$$

czyli prawidłowa jest odpowiedź c).

Warto zauważyć, że zaćmienie Słońca / Księżyca nie ma miejsca w każdym cyklu fazowym, przez niezerowy względny kąt nachylenia orbit Ziemi i Księżyca (wiedza ta była testowana w dalszej części arkusza). Jednakże w przypadku gdy obserwator zachwycał się niedawno zaćmieniem Słońca, a więc obie orbity były ze sobą pokryte, szanse zauważenia zaćmienia Księżyca dwa tygodnie później są całkiem wysokie. Taka sytuacja miała miejsce w tym roku, gdy 12 sierpnia obserwowaliśmy w Polsce zaćmienie Słońca, a w nocy z 27 na 28 sierpnia mogliśmy zaobserwować zaćmienie Księżyca.



15. Obserwator znajdujący się 22 grudnia na południowym biegunie Ziemi, pod bezchmurnym niebem:

a) nie ujrzy Słońca
b) na pewno będzie mógł obserwować zorzę polarną
c) zobaczy Słońce w zenicie
d) będzie mógł obserwować północną gwiazdę polarną (Polaris, α UMi)
e) żadna z powyższych odpowiedzi nie jest poprawna

autor: Michał Jagodziński

Odpowiedź: Dzień 22 grudnia przypada w pobliżu dnia przesilenia zimowego na biegunie północnym, a więc dnia przesilenia letniego na biegunie południowym. Z pewnością można więc powiedzieć, że tego dnia na biegunie południowym (a także całym kole podbiegunowym południowym) będzie trwał dzień polarny, zatem obserwator powinien móc zaobserwować Słońce. Nie zaobserwuje go jednak w zenicie, lecz przez cały dzień Słońce będzie znajdować się nisko (nie wyżej niż 23,5°) nad horyzontem. Słońce w zenicie na Ziemi obserwować można jedynie w strefie międzyzwrotnikowej.

Zorza polarna jest zjawiskiem niezależnym od pory roku, a wynikającym z aktywności Słońca, choć obserwacja zorzy gołym okiem jest możliwa jedynie nocą. Stąd nie da się stwierdzić, czy zorza polarna na biegunie południowym tego dnia by wystąpiła, zaś jej obserwacja byłaby bardzo trudna.

Ze względu na geograficzne położenie bieguna południowego, nie da się z niego obserwować gwiazd nieba północnego (ponieważ Ziemia obraca się wokół własnej osi, obserwator znajdujący się na tej osi

widzi zawsze tę samą połowę nieba). Zatem nawet 22 grudnia obserwator pod bezchmurnym niebem nie dostrzeże Polaris (α UMi). Pomijamy tu fakt, że takie obserwacje musiałby wykonać w ciągu dnia.

W świetle przytoczonych argumentów, należy uznać, że żadna z odpowiedzi a) – d) nie jest poprawna.

16. Średnica pewnej kulistej planety X jest trzykrotnie mniejsza od średnicy Ziemi, zaś masa planety X jest sześciokrotnie mniejsza od masy Ziemi. Przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni planety X jest dokładnie:

a) 18 razy mniejsze niż na powierzchni Ziemi
b) 2 razy mniejsze niż na powierzchni Ziemi
c) 2 razy większe niż na powierzchni Ziemi
d) 18 razy większe niż na powierzchni Ziemi
e) żadna z powyższych odpowiedzi nie jest poprawna

autor: Michał Jagodziński

Odpowiedź: Wzór na przyspieszenie grawitacyjne g to, zgodnie z prawem powszechnego ciążenia:

$$g = \frac{GM}{R^2},$$

gdzie G – stała grawitacyjna, M – masa ciała, będącego źródłem przyspieszenia, R – odległość od tego ciała. Dla Ziemi mamy więc:

$$g_\oplus = \frac{GM_\oplus}{R_\oplus^2}.$$

Dla planety X to jednak ($M_X = \frac{1}{6}M_\oplus$, $R_X = \frac{1}{3}R_\oplus$):

$$g_X = \frac{G \cdot \frac{1}{6}M_\oplus}{(\frac{1}{3}R_\oplus)^2} = \frac{9}{6}\frac{GM_\oplus}{R_\oplus^2} = \frac{3}{2}\frac{GM_\oplus}{R_\oplus^2}$$

Porównując przyspieszenie grawitacyjne na Ziemi i na planecie X, otrzymujemy:

$$g_X = \frac{3}{2}g_\oplus = 1{,}5g_\oplus,$$

więc przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni planety X jest dokładnie 1,5 razy większe od przyspieszenia grawitacyjnego na powierzchni Ziemi.

17. Mianem wielkiej koniunkcji określa się bliskie ustawienie na niebie (koniunkcję) Jowisza i Saturna. Wiedząc, że okresy orbitalne tych dwóch planet wynoszą, w przybliżeniu, odpowiednio 12 lat i 30 lat, a opisana sytuacja miała po raz ostatni miejsce w roku 2020, w którym roku może nastąpić jedna z następnych wielkich koniunkcji?

a) 2032
b) 2044
c) 2050
d) 2068
e) 2080

autor: Piotr Jędrzejczyk

Odpowiedź: Wyznaczenie momentu następnej (lub dowolnej) wielkiej opozycji wymaga obliczenia okresu synodycznego obu planet (tematu poruszonego m.in. w zadaniu 23. z I etapu II OAJ). W tym

zadaniu jednak nie było to konieczne – wystarczyło zwizualizować sobie położenia obu planet w każdym z podanych lat.

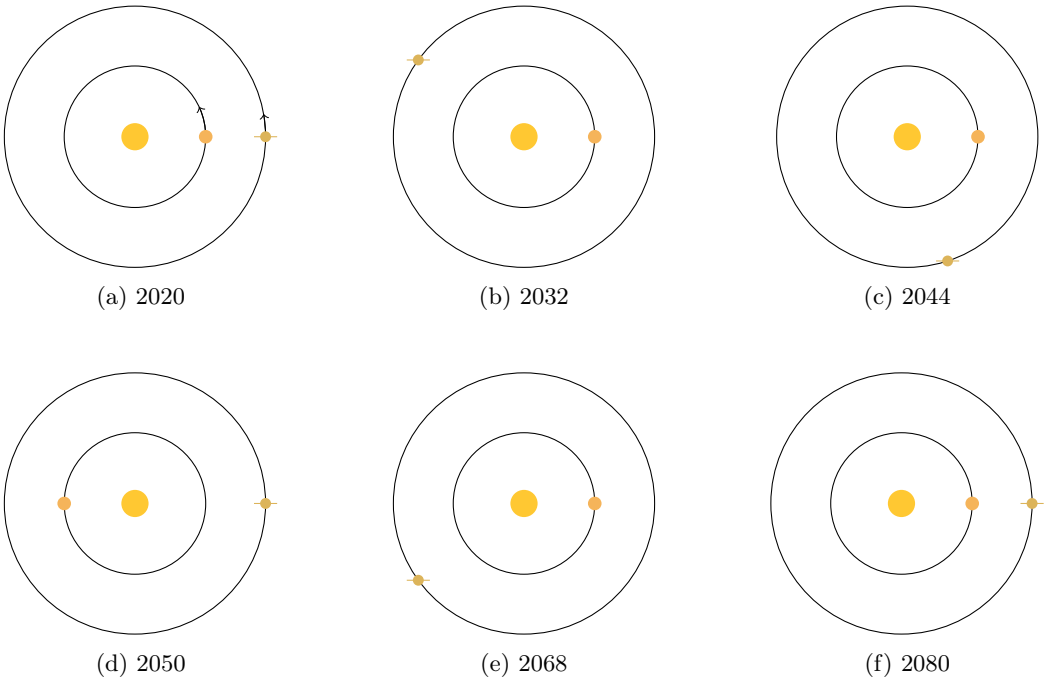
Zacznijmy od tego, że zarówno Jowisz, jak i Saturn, są oddalone od Słońca zauważalnie bardziej niż Ziemia. Możemy zatem pominąć ruch obiegowy naszej planety dookoła Słońca i przyjąć, że patrzymy na obie planety z centrum Układu Słonecznego. Wówczas wielkiej koniunkcji odpowiada moment, gdy obie planety są położone w tym samym kierunku względem Słońca. Sytuację taką, odpowiadającą położeniom planet w roku 2020, przedstawiono na rysunku 1a. Możemy teraz naszkicować położenie planet w latach wymienionych w odpowiedziach.

W roku 2032, 12 lat po poprzedniej wielkiej koniunkcji, Jowisz wraca na to samo miejsce (gdyż minął dokładnie jeden jego okres obiegu wokół Słońca). W tym czasie, natomiast, minęło dopiero $\frac{12}{30} = \frac{2}{5}$ okresu orbitalnego Saturna, zatem pokonał on kąt $\frac{2}{5} \cdot 360^\circ = 144^\circ$. Jak widać na rysunku 1b, planety nie znajdują się zatem w tym samym kierunku względem Słońca, zatem nie dojdzie w tym roku do wielkiej koniunkcji.

Podobne rozumowanie możemy zastosować do kolejnych lat – w roku 2044 Jowisz znajdzie się podobnie w tym samym miejscu, czego nie można powiedzieć o Saturnie. W roku 2050 to Saturn wróci do swojego położenia z 2020 roku, lecz między nim a Słońcem nie znajdzie się Jowisz. W roku 2068 to największa z planet ponownie wróci na swoją pierwotną pozycję, w przeciwieństwie do swojego sąsiada.
W 2080 roku, natomiast, obie planety zatoczą całkowitą liczbę obiegów wokół Słońca od roku 2020 – dla Jowisza będzie to pięć orbit, a dla Saturna – dwie. Położenie planet będzie więc takie same, jak w 2020 roku, co oznacza wielką koniunkcję.

Nie będzie to, rzecz jasna, pierwsza wielka koniunkcja od 2020 roku – kolejna będzie miała miejsce w roku 2040. Wówczas jednak planety będą się znajdować 240°, licząc w kierunku ich ruchu obiegowego, od ich położenia w 2020 roku. Odstęp 20 lat nie jest jednak wielokrotnością okresu orbitalnego żadnej z tych planet, więc nieco trudniej byłoby to sobie wyobrazić.

W rozwiązaniu przyjęliśmy, że Ziemia jest położona na tyle blisko Słońca, że wpływ jej ruchu orbitalnego na obserwowaną względną pozycję omawianych planet można pominąć. Takie przybliżenie nie prowadzi jednak do prognoz odbiegających od właściwych momentów koniunkcji o więcej niż kilka miesięcy.



(a) 2020 (b) 2032 (c) 2044

(d) 2050 (e) 2068 (f) 2080

Rysunek 1: Schemat przedstawiający względne położenie Jowisza i Saturna na przestrzeni lat.

18. Według większości badań naukowych, wzrost średniej temperatury na Ziemi na przestrzeni ostatnich 100 lat spowodowany jest głównie przez:

a) okresowe zmiany w aktywności Słońca
b) procesy geotermalne wewnątrz powierzchni Ziemi
c) emisję gazów cieplarnianych do atmosfery ziemskiej
d) spadek liczby drzew na Ziemi
e) zmiany w ruchu obiegowym Ziemi wokół Słońca

autor: Olaf Krupiński

Odpowiedź: Odpowiedzi b) i e) nie wpływają w żaden sposób na zmianę temperatury na Ziemi. Odpowiedzi a) i d) mają zauważalny wpływ na klimat na Ziemi, jednakże jest to pomijalna zmiana, względem problemu który stwarza emisja gazów cieplarnianych do naszej atmosfery. Poprawną odpowiedzią jest więc odpowiedź c).

Przez ostatnie kilka dekad był to pogląd często kwestionowany w świecie naukowym i nie tylko. Jednakże z biegiem czasu coraz trudniej sprzeczać się z natłokiem dowodów. Winę gazów cieplarnianych uznaje też Organizacja Narodów Zjednoczonych.

19. Rakieta o masie $m = 100$ ton, tuż po starcie z powierzchni Ziemi osiągnęła prędkość $v = 360\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$. Z jaką mocą muszą działać jej silniki aby utrzymać tę prędkość? Przyjmij, że na rakietę działa stałe przyspieszenie grawitacyjne $g \approx 10\,\mathrm{m/s^2}$, w rozważanym czasie masa rakiety się nie zmienia, oraz zaniedbaj opór powietrza.

a) $10\,\mathrm{MW}$
b) $100\,\mathrm{kW}$
c) $100\,\mathrm{MW}$
d) $1\,\mathrm{GW}$
e) $1 \times 10^6\,\mathrm{W}$

autor: Olaf Krupiński

Odpowiedź: Aby utrzymać prędkość $v = 360\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 100\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, rakieta musi poruszać się ruchem jednostajnym, mimo spowolniającej jej siły grawitacji. W takim razie (I zasada dynamiki Newtona), siła ciągu jej silników musi spełniać:

$$F_c = F_g = mg\ .$$

W przypadku stałej siły ciągu, z każdym krokiem Δx, rakieta wykonuje pracę:

$$\Delta W = F_c \cdot \Delta x$$

a więc jej chwilowa moc jest równa:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{F_c \cdot \Delta x}{\Delta t} = F_c \cdot v\ ,$$

gdzie w ostatnim kroku użyliśmy definicji prędkości. Oczywiście powyższe wyprowadzenie jest prawdziwe dla każdego ruchu jednostajnego, a uczestnicy mogli kojarzyć wzór $P = Fv$ z lekcji fizyki. Łącząc wszystko w całość, dostajemy ostatecznie:

$$P = mgv = 10^5\,\mathrm{kg} \cdot 10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \cdot 100\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 10^7\,\mathrm{W} = 100\,\mathrm{MW}\ .$$

Czyli poprawną jest odpowiedź c).

20. Prędkość, z którą powierzchnia Ziemi obraca się na równiku jest równa około 465 m/s. Z jaką prędkością powierzchnia Ziemi obraca się na szerokości geograficznej $\varphi = -45°$?

a) 233 m/s
b) 329 m/s
c) 465 m/s
d) 656 m/s
e) 930 m/s

autor: Krzysztof Król

Odpowiedź: Szerokość geograficzna nie wpływa na długość doby, wpływa jednak na promień okręgu pokonywanego przez punkt na powierzchni Ziemi w trakcie tejże doby. Na równiku promień ten jest równy równikowemu promieniowi Ziemi, a na biegunach jest równy 0.

Na szerokości geograficznej $\varphi = -45°$ promień ten jest bokiem trójkąta równoramiennego prostokątnego, którego najdłuższy bok równy jest promieniowi Ziemi. W takim razie promień ten jest równy promieniowi Ziemi podzielonemu przez $\sqrt{2}$, czyli $v = \frac{1}{\sqrt{2}} 465\,\text{m/s} \approx 329\,\text{m/s}$.

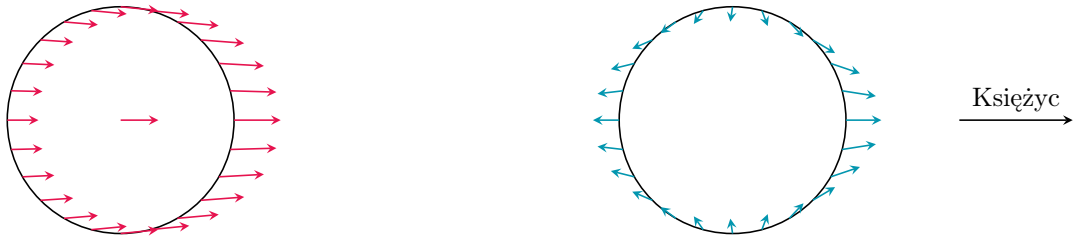
21. Mimo tego, że masa Księżyca jest znacznie mniejsza od masy Słońca, pływy księżycowe są silniejsze od słonecznych. Dlaczego?

a) Księżyc jest znacznie bliżej Ziemi niż Słońce, zatem jego siła przyciągania grawitacyjnego jest silniejsza od słonecznej
b) Orbita Księżyca wokół Ziemi znacznie bardziej odstaje od okręgu niż orbita Ziemi wokół Słońca, co powoduje zauważalne zmiany w przyciąganiu Księżyca, łatwiej dostrzegalne od (względnie stałego) przyciągania słonecznego
c) Okres obiegu Księżyca wokół Ziemi, zauważalnie krótszy od jednego roku, wprawia pływy w rezonans, który zwiększa ich intensywność
d) Jako że Księżyc znajduje się tak blisko Ziemi, różnica jego siły przyciągania po dwóch stronach Ziemi, powodująca pływy, jest większa od analogicznej różnicy w sile przyciągania dalej położonego Słońca
e) Wszystkie powyższe odpowiedzi są niepoprawne

autor: Piotr Jędrzejczyk

Odpowiedź: Pływy morskie spowodowane są przez siły pływowe, będące różnicą siły grawitacji między różnymi punktami. Jeśli za punkt odniesienia przyjmiemy środek Ziemi (a w przybliżeniu właśnie z przyspieszeniem odpowiadającym sile działającej na tamten punkt porusza się cała Ziemia), otrzymamy obraz sił pływowych przedstawiony na rysunku 2. Równie dobrze możemy jednak rozważyć różnicę siły grawitacji Księżyca lub Słońca między punktem na powierzchni Ziemi położonym najbliżej i najdalej od niego.

Jeśli obliczymy taką różnicę sił grawitacji w dwóch punktach osobno dla Księżyca i dla Słońca, okaże się, że jest ona około dwukrotnie większa w przypadku Księżyca. Dzieje się tak mimo tego, że siła grawitacji Słońca jest dla Ziemi około 180-krotnie większa od siły grawitacji Księżyca – pole grawitacyjne naszej dziennej gwiazdy, znajdującej się znacznie dalej od nas niż Księżyc, jest na małych odległościach niemal jednorodne, podczas gdy różnice w sile grawitacji Księżyca są znacznie silniejsze. Poprawna jest zatem odpowiedź d). Co się zaś tyczy pozostałych odpowiedzi, stwierdzenie w a) jest nieprawdziwe (a nawet gdyby było prawdą, nie byłaby to odpowiedź na pytanie o siły pływowe), a odpowiedzi b) i c) zostały całkowicie zmyślone.



(a) (b)

Rysunek 2: (a) Przedstawienie siły grawitacji Księżyca w punktach na powierzchni oraz w środku Ziemi. (b) Ten sam rysunek z odjętą we wszystkich punktach siłą działającą w środku Ziemi. Skala długości strzałek została zwiększona względem obrazka (a).

22. Pod koniec XVIII wieku, dwóch niemieckich astronomów – Johann Daniel Titius i Johann Elert Bode – sformułowało hipotezę, wedle której położenie kolejnych planet w Układzie Słonecznym miało być opisywane prostym wzorem matematycznym. Zgodnie z nią, półoś wielka (dla orbity kołowej – promień) orbity dowolnej planety w Układzie Słonecznym miała być opisywana wzorem:

$$a = (0{,}4 + 0{,}3 \cdot x)\ \text{au},$$

gdzie a – półoś wielka orbity planety, $x = 0, 1, 2, 4, 8, 16, ...$ – pewna liczba równa zero lub będąca kolejną całkowitą nieujemną potęgą dwójki. Przykładowo, Ziemia spełnia regułę Titiusa-Bodego dla $x = 2$.

Porównaj rzeczywiste wielkie półosie orbit poniższych ciał niebieskich (podane w nawiasie) z długościami wielkich półosi przewidywanymi przez wzór Titiusa-Bodego. Dla którego z poniższych ciał niebieskich rozbieżność między wynikami wynosi ponad 0,5 au?

a) Wenus ($a = 0{,}72$ au)
b) Ceres ($a = 2{,}77$ au)
c) Saturn ($a = 9{,}58$ au)
d) Uran ($a = 19{,}19$ au)
e) Neptun ($a = 30{,}07$ au)

autor: Michał Jagodziński

Odpowiedź: Aby rozwiązać powyższe zadanie należy obliczyć kolejne wyrazy ciągu przewidującego długości półosi wielkich planet w Układzie Słonecznym. Podstawiamy zatem x zgodnie z regułą:

$$a_0 = (0{,}4 + 0{,}3 \cdot 0)\text{au} = 0{,}4\,\text{au};\ a_1 = (0{,}4 + 0{,}3 \cdot 1)\text{au} = 0{,}7\,\text{au};\ a_2 = (0{,}4 + 0{,}3 \cdot 2)\text{au} = 1{,}0\,\text{au}$$

Kolejne elementy ciągu to:

$$a_4 = 1{,}6\,\text{au};\ a_8 = 2{,}8\,\text{au};\ a_{16} = 5{,}2\,\text{au};\ a_{32} = 10{,}0\,\text{au};\ a_{64} = 19{,}6\,\text{au};\ a_{128} = (0{,}4{+}0{,}3{\cdot}128)\text{au} = 38{,}8\,\text{au}.$$

Widzimy zatem, że wzór Titiusa-Bodego z dokładnością do mniej niż pół jednostki astronomicznej przewiduje orbitę Wenus (a_1), Ceres (a_8), Saturna (a_{32}) i Urana (a_{64}). Nie przewiduje jednak orbity Neptuna. Co ciekawe, sam wynik a_{128} jest zbliżony do półosi wielkiej orbity Plutona – równej ok.39,5 au.

W momencie zaproponowania tej reguły przez Titiusa i Bodego, nieodkryte jeszcze były Ceres, Uran i Neptun. Odkrycie Urana w 1781 roku i Ceres w 1801 roku spopularyzowały to prawo, które wydawało się słuszne aż do odkrycia Neptuna w 1846 roku.

W poniższej tabeli porównano półosie wielkie planet i wybranych obiektów Układu Słonecznego z przewidywaniami wzoru Titiusa-Bodego:

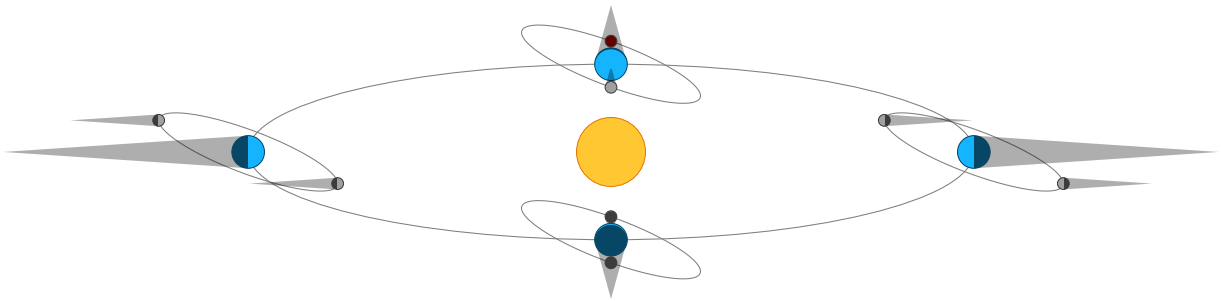
Planeta *(karłowata)*	Półoś wielka [au]	Wzór Titiusa-Bodego [au]	Błąd względem przewidywania
Merkury	0,39	0,4	−3%
Wenus	0,72	0,7	3%
Ziemia	1,00	1,0	0%
Mars	1,52	1,6	−5%
Ceres	2,77	2,8	1%
Jowisz	5,20	5,2	0%
Saturn	9,58	10,0	−4%
Uran	19,19	19,6	−2%
Neptun	30,07	–	–
Pluton	39,48	38,8	2%

23. Pewnego dnia miało miejsce zaćmienie Słońca. Z całą pewnością zaćmienia Słońca lub Księżyca nie będzie:

a) około dwa tygodnie później
b) około miesiąc później
c) około trzy miesiące później
d) około pół roku później
e) około rok później

autor: Piotr Jędrzejczyk

Odpowiedź:



Rysunek 3: Schematyczne przedstawienie orbit Ziemi i Księżyca, wraz z cieniami rzucanymi przez oba ciała. Kiedy na niebie Słońce znajduje się w okolicach węzłów orbity Księżyca (co odpowiada położeniu Ziemi na rysunku na górze lub na dole), mogą występować zaćmienia Słońca i Księżyca. Po upływie około trzech miesięcy (Ziemia po lewej lub prawej stronie obrazka), do zaćmień nie dochodzi. Skala wielkości i odległości nie została zachowana, a nachylenie orbity Księżyca zostało wyolbrzymione.

Zaćmienia Słońca i Księżyca nie występują w dowolnym momencie roku. Jest to spowodowane przez fakt, że orbita Księżyca wokół Ziemi nachylona jest względem ekliptyki (płaszczyzny orbity Ziemi wokół Słońca) o około 5°, czyli o wartość około dziesięciokrotnie większą od średnicy kątowej obu obiektów obserwowanych z Ziemi. Oznacza to, że przez większą część roku Księżyc w nowiu przebiega, z naszej perspektywy, nieco „nad" lub „pod" Słońcem, a więc cień Księżyca nie pada na Ziemię (lub, w przypadku zaćmienia Księżyca, cień Ziemi nie pada na Księżyc).

Jednak przez pewien okres, w okolicach chwil, gdy widziane z Ziemi Słońce położone jest w kierunku jednego z węzłów orbity księżycowej (czyli punktów przecięcia orbity Księżyca z płaszczyzną ekliptyki), występują zaćmienia Słońca i Księżyca. Okresy takie nazywa się czasem sezonami zaćmieniowymi i występują co około pół roku. W trakcie jednego sezonu zaćmieniowego, trwającego około miesiąca, występują zazwyczaj dwa, lecz czasami trzy zaćmienia, co najmniej jedno każdego typu, występujące około dwa tygodnie po sobie. W przypadku sezonów obejmujących trzy zaćmienia, mogą to być zarówno dwa zaćmienia Księżyca oddzielone jednym zaćmieniem Słońca (wówczas jednak zaćmienia Księżyca są zazwyczaj półcieniowe, i tym samym słabo widoczne), jak i dwa (częściowe) zaćmienia Słońca oddzielone zaćmieniem Księżyca. Zaćmienia centralne (całkowite lub obrączkowe w przypadku Słońca) występują w okolicach środka sezonu zaćmieniowego.

Po pewnym zaćmieniu Słońca może więc mieć miejsce zaćmienie Księżyca (około dwa tygodnie później), a po około miesiącu, w niektórych przypadkach – zaćmienie Słońca. Jednak trzy miesiące później, gdy Ziemia pokona w swoim ruchu obiegowym wokół Słońca kąt 90°, żadne zaćmienie nie będzie mogło wystąpić (co widać na rysunku 3). Jednak pół roku później Słońce znajdzie się w pobliżu drugiego węzła i będziemy mieli do czynienia z kolejnymi zaćmieniami, podobnie jak rok po pierwotnym zaćmieniu. Poprawną odpowiedzią jest zatem c).

24. Który z poniższych przedmiotów ma największą masę?

a) Teleskop o masie 20 kg na Ziemi
b) Młotek geologiczny o masie 1,32 kg na Księżycu
c) Ramię Canadarm o masie 410 kg na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej
d) Robotyczne ramię o masie 30 kg na łaziku Curiosity na Marsie
e) Nie da się tego jednoznacznie stwierdzić

autor: Krzysztof Król

Odpowiedź: Największą masę z poniższych przedmiotów ma ramię Canadarm umieszczone na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Masa ciała m nie zależy od tego, gdzie się ono znajduje. Lokalne przyspieszenie grawitacyjne g może jedynie wpływać na *ciężar* przedmiotu $F = mg$.

Zadanie finansowane jest ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego