

Prosto z nieba: Nuklearny makaron



Rozwiązanie zadania M 1592.

Oznaczmy $p = 2n + 1$ i rozważmy dowolne liczby całkowite $a_1 > a_2 > \dots > a_n > 0$. Zauważmy, że jeśli te liczby mają wspólny dzielnik większy od 1, to możemy każdą z nich przezeń podzielić, zachowując postać tezy zadania. Wobec tego możemy bez straty ogólności założyć, że $\text{NWD}(a_1, \dots, a_n) = 1$.

Jeżeli istnieje i o tej własności, że $p \mid a_i$, to dla pewnego j mamy $p \nmid a_j$. Wówczas $p \nmid \text{NWD}(a_i, a_j)$, więc

$$\frac{a_i + a_j}{\text{NWD}(a_i, a_j)} \geq \frac{a_i}{\text{NWD}(a_i, a_j)} \geq p.$$

Jeżeli żadna z liczb a_i nie jest podzielna przez p , to reszty z dzielenia przez p pewnych dwóch z nich należą do tego samego spośród n zbiorów

$$\{1, p-1\}, \{2, p-2\}, \dots, \left\{\frac{p-1}{2}, \frac{p+1}{2}\right\}.$$

Innymi słowy, istnieją takie $i < j$, że $p \nmid \text{NWD}(a_i, a_j)$ oraz $p \mid a_i - a_j$ lub $p \mid a_i + a_j$. W pierwszym przypadku mamy

$$\frac{a_i + a_j}{\text{NWD}(a_i, a_j)} \geq \frac{a_i - a_j}{\text{NWD}(a_i, a_j)} \geq p,$$

w drugim zaś bezpośrednio

$$\frac{a_i + a_j}{\text{NWD}(a_i, a_j)} \geq p.$$

Kiedy odpowiednio masywne gwiazdy ($M > 8-10 M_\odot$) osiągną dojrzały wiek, eksplodują. Wybuch zaczyna się w rzeczywistości od zapadnięcia się niestabilnego centrum gwiazdy. Jądro, składające się z żelaza, niklu i lżejszych pierwiastków, zostaje zgniecione do ogromnych gęstości, a jego rozmiar zmienia się od kilku tysięcy do kilkunastu kilometrów. W tak dużym ciśnieniu większość protonów zamienia się w neutrony, a energia ucieka w postaci promieniowania i neutrin. W gęstym centrum wybuchającej *supernowej* powstaje *gwiazda neutronowa*.

Powierzchnię gwiazdy neutronowej pokrywa, w zależności od historii obiektu, wodór lub hel. Możliwe jest też, że składa się ona po prostu z żelaza. Grawitacja na powierzchni jest ogromna – setki miliardów większa od tej na Ziemi. Oznacza to, że już na powierzchni materiał gwiazdy podlega ogromnej kompresji. Na głębokości około kilometra gęstość materii jest porównywalna z gęstością jąder atomowych, 10^{14} g/cm³. Co znajduje się jeszcze głębiej? Tego właściwie nie wiemy, ponieważ nie istnieje kompletna teoria opisująca oddziaływania silne wielu ciał (nukleonów, kwarków) w tak ekstremalnych warunkach, a eksperymenty na Ziemi nie dają możliwości odtworzenia takiego stanu materii.

O wiele lepiej potrafimy natomiast opisać materię o gęstościach nieco mniejszych od gęstości jądrowej. Warstwy powierzchniowe *skorupy* gwiazdy neutronowej składają się z sieci krystalicznej atomów żelaza i niklu. Głębiej sieć krystaliczna jest coraz ciaśniejsza, i w wyniku różnych procesów – w szczególności oddziaływania z elektronami przemieszczającymi się w sieci – jądra stają się coraz bardziej *neutrononadmiarowe* (protony w jądrach zamieniane są na neutrony). Przy gęstości nieco powyżej 10^{11} g/cm³ neutronów jest tak wiele, że „wyciekają” z jąder na zewnątrz. Materia gwiazdy przy tych gęstościach jest opisywana przez sieć krystaliczną zanurzoną w swobodnym „gazie” neutronów. Tego typu konfiguracja jest energetycznie preferowana – system minimalizuje w ten sposób energię.

Mieszanka kryształ + swobodne neutrony nie musi być jednorodna. Wręcz przeciwnie, z komputerowych symulacji takich układów wynika, że w zależności od gęstości (od 10^{11} do 10^{14} g/cm³) swobodne neutrony preferują skupianie się w formie kul, prętów bądź płyt, tworząc tytułowy makaron: *gnocchi*, *spaghetti*, *lazanie*. Możliwe są też konfiguracje odwrotne – skupiska sieci krystalicznej zawieszane w gazie neutronów. Z oszacowań wynika, że taka materia jest dziesiątki miliardów razy bardziej wytrzymała na złamanie niż stal, jest zatem (teoretycznie) najtwardszą znaną naukowcom formą materii. Z astrofizycznego punktu widzenia różne rodzaje „makaronu” w skorupie gwiazd neutronowych są interesujące między innymi dlatego, że tak trudna do deformacji materia może wytrzymać długotrwałe odkształcenia, co jest niezbędne do emisji fal grawitacyjnych, np. z rotujących gwiazd neutronowych.

Michał BEJGER

Niebo w lutym

W lutym Słońce przejdzie od środka gwiazdozbioru Koziorożca do środka gwiazdozbioru Wodnika, przecinając dzielącą je granicę około 17 lutego. Przez miesiąc Słońce zwiększy deklinację od -17° do -8° , zwiększając tym samym wysokość górowania w środkowej Polsce z 21 do 30° , a czas jego przebywania nad widnokregiem wrośnie o prawie 2 godziny, do około 11 godzin.

Podobnie jak w styczniu, ciekawie będzie na niebie porannym, gdzie swoje pętle kreślą planety Jowisz, Wenus i Saturn. Jowisz powoli dąży do czerwcowej opozycji i przez miesiąc przesunie się 4° na wschód,

kończąc luty $2,5^\circ$ na północ od gwiazdy θ Ophiuchi. W tym czasie jego jasność przekroczy -2^m , tarcza zaś zwiększy średnicę do $36''$. Około godziny 5 Jowisz świeci na wysokości jakichś 10° nad południową częścią nieboskłonu.

Druga planeta od Słońca przez miesiąc przemierzy cały gwiazdozbiór Strzelca, zaczynając luty 9° na wschód od Jowisza (6° na lewo od niej pokaże się Księżyc w fazie 11%), 5 lutego Wenus przejdzie odpowiednio 3 i 2° na północ od pary mgławic M8 i M20, obok których w zeszłym sezonie znajdował się Saturn z Węską. 6 dni później w podobnej odległości Wenus

minie gromadę kulistą M22, również odwiedzaną w zeszłym roku przez Saturna, po czym w dniach 15–18 lutego przetnie charakterystyczny wianuszek gwiazd z północno-wschodniej części Strzelca, zbliżając się na zaledwie 6' do gwiazdy Albaldah (π Sgr). 18 i 19 lutego Wenus zbliży się na około 1° do Saturna, a 23 lutego – na 1,5° do słabszego od 14^m Plutona, którego – z racji jasnego tła nieba – nie da się dostrzec. Przez miesiąc jasność Wenus spadnie do $-4,1^m$, średnica tarczy zmniejszy się do 16'', zaś faza urośnie do 72%.

Saturn porusza się najwolniej z jasnych planet Układu Słonecznego i w trakcie miesiąca pokona nieco ponad 2,5° pod wspomnianym w poprzednim akapicie wianuszkiem gwiazd, przy czym 2 i 3 lutego przejdzie 25' na południe od σ Sgr. W lutym blask Saturna wyniesie $+0,6^m$, a średnica jego tarczy – 15''. Planeta zacznie miesiąc od mocnego akcentu: 2 lutego zakryje ją cienki sierp Księżyca w fazie 6% (kilkanaście godzin później dojdzie do zakrycia Plutona). W grudniu zeszłego roku zaczęła się trwająca do końca br. seria 15 zakryć Saturna i Plutona przez Księżyc, ale tylko te lutowe da się dostrzec z Europy, a jeszcze tylko następne zakrycie 1 marca zdarzy się na półkuli północnej Ziemi. Pozostałe będą widoczne z półkuli południowej. Podczas zakrycia z 2 lutego w dobrej pozycji znajdzie się Europa Środkowa i Zachodnia oraz północno-zachodnia część Afryki, gdzie do zjawiska dojdzie na ciemnym lub jaśniejącym niebie. W Polsce zakrycie zacznie się około godziny 7, skończy 40 minut później, już po wschodzie Słońca nad większością kraju. Tego samego dnia przypada maksymalna elongacja zachodnia Tytana, który zniknie za Księżycem 5 minut wcześniej.

Na niebie wieczornym w połowie miesiąca zacznie pojawiać się planeta Merkury, która 26 lutego osiągnie maksymalną elongację wschodnią. Niestety, jak to bywa na półkuli północnej, oddali się ona wtedy od Słońca na zaledwie 18°. W dniu maksymalnej elongacji około godziny 19:15 Merkury pokaże się na wysokości ponad 6° nad zachodnim widnokregiem. Do końca lutego średnica planety zwiększy się do 8'', a faza spadnie do 41%. W tym samym czasie jej jasność zmniejszy się do $-0,1^m$. Merkury zbliży się na 45' do gwiazdy λ Aqr 16 lutego, a 2 dni później – na 8' do gwiazdy 82 Aqr i trochę ponad 1° do Neptuna, zaś jeszcze kolejnej doby przejdzie w podobnej odległości od gwiazdy φ Aqr. Jednak gwiazdy i Neptun raczej zginą w zorzy wieczornej, a na pewno ich obserwacji nie ułatwi niskie położenie nad widnokregiem. Okres podobnej widoczności Merkurego powtórzy się jeszcze w czerwcu, gdy osiągnie on elongację o 7° większą. Jednakże zmieniające się wtedy na niekorzystne nachylenie ekliptyki do wieczornego horyzontu spowoduje, że Merkury nie wzniesie się wyżej niż w lutym. Elongacja lutowa i czerwcową to okresy najlepszej wieczornej widoczności Merkurego w tym roku.

Podczas elongacji wschodniej, czyli widoczności wieczornej, planety wewnętrzne zbliżają się do Ziemi, dążąc do tzw. koniunktacji dolnej, a więc przejścia

między Ziemią a Słońcem (gdzie znajdują się dokładnie na linii łączącej Ziemię ze Słońcem, można być świadkiem przejścia danej planety na tle Słońca). W tym czasie zwiększają one swoje rozmiary kątowe, zaś ich tarcze dążą do nowiu, przechodząc przez kwadrę, a następnie przybierają postać coraz węższego sierpa – i wtedy właśnie, tuż przed (na niebie wieczornym) i tuż po koniunktacji dolnej (już na niebie porannym) – są atrakcyjnym celem dla posiadaczy teleskopów. Szczególnie Wenus, która będzie miała w tym czasie rozmiar bliski 1', i do dostrzeżenia jej sierpa wystarczy najmniejsza nawet lornetka. Podobno są i tacy, co gołym okiem potrafią dostrzec, że Wenus nie jest punktem (pomijam bardzo rzadkie przypadki przejścia Wenus na tle tarczy słonecznej, gdy dla większości ludzi wystarczy tylko odpowiedni filtr blokujący nadmiar światła słonecznego, by dostrzec tarczę Wenus bez pomocy przyrządów optycznych).

Przez cały miesiąc po zmierzchu można obserwować planety Mars i Uran. Planeta Mars w połowie lutego przemieści się z gwiazdozbioru Ryb do Barana, tak samo jak planeta Uran, która uczyni to na początku miesiąca, zegnając tym samym Ryby na ponad 70 lat. Obie planety spotkają się 12 i 13 lutego, zbliżając się na 1°. W trakcie miesiąca Mars osłabnie do $+1,2^m$, zaś średnica jego tarczy skurczy się do 5''. Natomiast jasność Urana w lutym zmniejszy się do $+5,9^m$. Planeta Neptun jest już miesiąc przed spotkaniem ze Słońcem i można ją jeszcze dostrzec tylko na początku lutego, jakieś 2° na zachód od gwiazdy φ Aqr.

Jak już wspomniałem, Księżyc zacznie miesiąc w fazie cienkiego sierpa od zakrycia Saturna. 2 dni później przejdzie przez nów i zacznie pokazywać się na niebie wieczornym, gdzie – ze względu na duże nachylenie ekliptyki – szybko nabierze wysokości. 7 lutego Księżyc w fazie 7% minie Neptuna w odległości 5°. Grubszy o 21% sierp Księżyca przejdzie 7° pod parą planet Mars-Uran 10 lutego i dobę później około godziny 17:25 zakryje gwiazdę 4. wielkości ξ 2 Ceti. 12 lutego Srebrny Glob czeka I kwadra, zaś w nocy z 13 na 14 lutego – przejście przez Hiady i spotkanie z Aldebaranem, najjaśniejszą gwiazdą Byka, do której zbliży się na 2°. 19 lutego przypada pełnia Księżyca w gwiazdozbiorze Lwa i jego spotkanie z Regulusem. Tydzień później Księżyc przejdzie przez ostatnią kwadrę w Skorpionie, po czym w ostatnich dwóch dniach miesiąca, już w fazie sierpa, spotka się z Jowiszem.

31 stycznia maksimum swojego blasku osiągnęła miryda R Leo, położona 5° na zachód od Regulusa i jednocześnie 8,5 minuty kątowej na południe od gwiazdy 6. wielkości 19 Leonis. R Leo może być jaśniejsza od $+4,5^m$, jeśli więc zbliży się do tej jasności, w miarę łatwo da się ją dostrzec gołym okiem, a w lornetkach powinno dać się ujrzyć jej barwę. W lutym Lew jest w opozycji do Słońca, a zatem jest on widoczny bardzo dobrze, tymczasem R Leo góruje około północy na wysokości mniej więcej 50°.

Ariel MAJCHER