

Wzajemne zakrycia planet Układu Słonecznego

27 sierpnia 2006 roku nastąpiło zblizenie Wenus do Saturna na odległość $0^{\circ},07$ czyli 4'. Odległość ta była kilkanaście razy większa niż średnica tarcz tych planet. Zatem do wzajemnego zakrycia nie doszło. Można sobie zadać pytanie: jak często występują i kiedy ostatnio wystąpiły a kiedy nastąpią w najbliższym czasie prawdziwe wzajemne zakrycia planet?

Gdyby planety krążyły wokół Słońca po orbitach leżących w tej samej płaszczyźnie co orbita Ziemi to dla obserwatora ziemskiego ich ruch po niebie odbywał by się wyłącznie po linii prostej - ekliptyce i co kilka dni następowało by wzajemne zakrywanie się poszczególnych planet. W rzeczywistości sytuacja jest bardziej skomplikowana – nachylenie płaszczyzn orbit planet w stosunku do płaszczyzny orbity Ziemi wynosi od $0^{\circ},8$ dla Urana do $7^{\circ},0$ dla Merkurego i $17^{\circ},1$ dla także z wielu innych względów oryginalnego Plutona. Efektem tego jest fakt, że poszczególne planety możemy znaleźć na niebie nawet kilkanaście stopni od ekliptyki. Rozrzucenie ruchu planet po pasie wokółekliptycznym, kilka tysięcy razy szerszym od widomych średnic ich tarcz powoduje, że wzajemne zakrycia są wydarzeniem niezwykle rzadkim.

Licząc efemerydy planet otrzymujemy ich pozycje na dany moment a nich możemy określić wzajemną odległość planet (konkretnie - środków ich tarcz) oraz kątowne rozmiary ich tarcz. O wzajemnym zakryciu się planet możemy mówić wówczas gdy odległość kątowna środków tarcz planet jest mniejsza od sumy ich kątowych promieni. Promień tarczy planety zależy od jej rzeczywistej średnicy i odległości od obserwatora. W poniższej tabeli uwidocznione są zakresy widomych promieni tarcz planet widzianych z Ziemi (promienie biegunowe, tylko w przypadku Urana promień równikowy).

planeta	minimalny kątowny promień tarczy	maksymalny kątowny promień tarczy
Merkury	2",3	6",5
Wenus	4",8	32",7
Mars	1",7	12",8
Jowisz	14",3	23",5
Saturn	6",7	9",4
Uran	1",7	2",1
Neptun	1",0	1",1
Pluton	0",03	0",06

Z tabeli widać, że np. wzajemne zakrycie Wenus i Jowisza może nastąpić tylko wtedy gdy odległość pomiędzy środkami tarcz tych planet na firmamencie będzie mniejsza niż $32,7+23,5 = 56",2$. Jest to warunek konieczny ale nie dostateczny do wystąpienia takiego zjawiska. Na pewno zakrycie nastąpi gdy odległość środków tarcz będzie mniejsza od sumy minimalnych widomych promieni tj. kiedy będzie mniejsza od $4,8+14,3 = 19",1$. Jeżeli odległość będzie z pomiędzy $19",1$ a $56",2$ to czy zakrycie wystąpi zależeć będzie od aktualnej odległości planet od Ziemi co pociąga za sobą rozmiar kątowny ich tarcz.

Wzajemne zakrycia planet posiadają cechę charakterystyczną dla wszystkich zakryć w obrębie Układu Słonecznego - występowanie pasów widoczności. Zakrycie jest widoczne tylko w pewnym obszarze który może pokryć fragment powierzchni Ziemi tak, że dla jednego obserwatora (znajdującego się w pasie widoczności) zakrycie następuje a dla innego (poza pasem) - nie. Wyliczenie obszarów objętych pasem widoczności jest dość skomplikowane ale można sprawę uprościć poprzez wyliczenie

pozycji planet dla teoretycznego obserwatora geocentrycznego i uwzględnienie możliwego w danej chwili zakresu zmiany tego położenia dla obserwatorów topocentrycznych wywołanego paralaksą. Paralaksa powoduje, że obserwator na powierzchni Ziemi widzi obrazy tarcz planet przesunięte względem pozycji wyliczonych dla obserwatora geocentrycznego o pewien kąt nigdy nie większy od ujętych w poniższej tabeli:

planeta	maksymalne przesunięcie tarczy planety dla obserwatora na powierzchni Ziemi względem wyliczonej pozycji geocentrycznej
Merkury	17",0
Wenus	34",5
Mars	24",1
Jowisz	2",2
Saturn	1",1
Uran	0",5
Neptun	0",3
Pluton	0",3

Pamiętać należy, że paralaksa przesuwa zarówno obraz planety zakrywającej jak i zakrywanej ale w nierównym stopniu (zależnym od odległości poszczególnych planet od obserwatora).

Nie musi dochodzić do samego wzajemnego zakrycia tarcz planet aby zjawisko było efektowne. Już samo zbliżenie się planet na odległość mniejszą od 1° powoduje że można zaobserwować tarcze obu planet jednocześnie w polu widzenia teleskopu a gdy odległość spadnie poniżej $1'$ oba obiekty zupełnie zleją się w jeden punkt dla obserwatora oglądającego zjawisko nieuzbrojonym okiem.

Jak często dochodzi do silnych zbliżeń planet i wzajemnych zakryć? W ostatnim czasie, w latach 2000-2006, 7 razy wystąpiła sytuacja w której dwie planety znajdowały się w odległości kątowej mniejszej niż $0^\circ,1$. W trzech z nich brał udział Merkury (z Wenus, Marsem i Uranem). W pięciu brała udział Wenus (z Merkurym, Jowiszem, Saturnem i dwa razy Uranem). Nie powinno dziwić częste występowanie Merkurego i Wenus w takich zbliżeniach, z tego powodu, że planety te szybko poruszają się po firmamencie i częściej mogą zbliżyć się np. do Jowisza czy Saturna niż te dwie ostatnie powolne planety do siebie. Z drugiej strony fakt, że to właśnie planety wewnętrzne (przebywające blisko Słońca) biorą udział w takich zbliżeniach informuje nas, że zazwyczaj takie zbliżenie jest trudne do zaobserwowania, szczególnie gdy myślimy o obserwacjach nocnych. Do największego zbliżenia w tamtym okresie doszło pomiędzy Wenus a Jowiszem. W dniu 17. maja 2000 roku o godzinie 10:31 odległość pomiędzy środkami tarcz dla obserwatora geocentrycznego wynosiła $41",8$ przy sumie widomych promieni $20",3$ (odstęp pomiędzy krawędziami tarcz wyniósł $21",5$). W tym czasie Wenus była oddalona od Ziemi o 1,72 AU. Umożliwiło to widome zbliżenie tych dwóch planet o dalsze $3,7"$ dla obserwatora korzystnie ułożonego (Wenus przechodziła na północ od Jowisza i obserwowanie ich z okolic bieguna północnego wskutek paralaksy zbliżało jeszcze te dwie planety). Tak więc do samego zakrycia dla obserwatora ziemskiego nie doszło, jednak biorąc pod uwagę fakt, że całe zdarzenie miało miejsce niecałe 7° od tarczy słonecznej i tak obserwacja tego zjawiska z Ziemi była praktycznie niemożliwa.

Podczas tych 7 zbliżeń w latach 2000 - 2006 odległość kątowa planet od Słońca w momencie zbliżenia była od 7° do 37° . Tak więc warunki do obserwacji były za każdym razem słabe. Ponadto momenty największego zbliżenia wypadały częściej w godzinach okołopołudniowych. Gdy planety

uczestniczące w zblizeniu można było oglądać na wieczornym lub porannym niebie, odległość pomiędzy nimi była już znacznie większa niż w momencie maksymalnego zblizenia.

W latach 2007 - 2050 wystąpi 35 zblizeń planet na odległość mniejszą od $0^{\circ},1$. Merkurego w takich sytuacjach będziemy mogli zaobserwować 13 razy, Wenus - 15 razy, Marsa - 11 razy, Jowisza i Saturna - 4 razy, Urana - 9 razy, Neptuna - 12 razy i Plutona - 2 razy. Najczęściej będą się "łączyły w pary" Wenus z Neptunem (6 razy) i Merkury z Marsem (5 razy). Wśród nich 9 zblizeń będzie charakteryzowało się wzajemną odległością środków tarcz planet mniejszą od $1'$ ($60''$):

planety	moment zblizenia		maksymalne zblizenie		suma widomych promieni tarcz	odległość kątowna od Słońca
	data	czas TDT	geocen.	topocen.		
Mars i Uran	22 III 2013	18:18	39",1	35",8	3",5	6°
Mars i Pluton	23 III 2020	5:16	43",9	38",4	3",1	68°
Wenus i Neptun	27 IV 2022	19:13	25",2	16",8	9",6	43°
Wenus i Neptun	15 II 2023	12:27	42",8	37",0	6",9	28°
Merkury i Mars	23 VIII 2032	4:25	15",7	11",7	4",6	13°
Wenus i Uran	11 VII 2035	18:14	30",9	26",2	6",6	8°
Merkury i Saturn	15 IX 2037	21:32	18",7	11",9	10",2	15°
Merkury i Neptun	5 V 2039	9:36	40",6	33",9	3",7	13°
Merkury i Neptun	4 VI 2050	6:39	48",2	40",9	4",0	17°

Jak widać w tabeli, w żadnym przypadku suma widomych promieni zblizających się planet nie będzie większa od wzajemnej odległości środków tarcz tych planet w momencie maksymalnego zblizenia - czyli tarcze planety się nie zetkną. Różnica tych dwóch wartości jest równa minimalnej wzajemnej odległości krawędzi tarcz obu planet. Największe zblizenie krawędzi tarcz nastąpi 15. września 2037 i wyniesie zaledwie $1'',7$ dla optymalnie położonego obserwatora topocentrycznego.

Choć w latach 2007-2050 nie wystąpi ani jedno wzajemne zakrycie tarcz planet to będziemy w 2038 roku świadkami ciekawego zjawiska kiedy to Jowisz i Uran przez wiele dni będą podróżowały po niebie w niewielkiej odległości kątowej. 3. lutego 2038 ich wzajemna odległość spadnie poniżej 1° . W dniu 18. lutego będą już tylko $0^{\circ},1$ od siebie. O godzinie 18 w dniu 19. lutego ich wzajemna odległość osiągnie minimum - $203''$. Następnie powoli będzie rosła do wielkości $27'$ w dniu 11. marca i znowu znacznie spadać aż do $76''$ wieczorem 30. marca a 16. kwietnia wzajemna odległość przekroczy 1° . Tak więc przez 72 dni dwie planety będą nieprzerwanie zblizone do siebie o mniej niż 1° . W tym czasie ich odległość kątowna od Słońca będzie spadała od 158° do 84° a ich deklinacja będzie się utrzymywała w okolicach $+22^{\circ}$ zatem warunki do obserwacji powinny być bardzo sprzyjające.

Kiedy zatem wystąpi (lub ostatnio wystąpiło) rzeczywiste zakrycie wzajemne planet? Analizując ruchy planet na przestrzeni 4 wieków (lata 1701 - 2100) możemy stwierdzić zaistnienie 12 takich przypadków. Ciekawe jest, że w latach 1819 - 2064 nie było i nie będzie żadnego zakrycia. Ponadto spośród tych 12 zakryć tylko jedno (z 1702 roku) mogło być obserwowane w warunkach nocnych (gdyż odległość planet od Słońca wynosiła wtedy 165° a nie mniej niż 26° jak w pozostałych przypadkach) ale dotyczyło ono Neptuna - planety która nie była jeszcze wówczas znana.

planety	moment zbliżenia		maksymalne zbliżenie		suma widomych promieni tarcz	odległość kątowa od Słońca
	data	czas TDT	geocen.	topocen.		
Jowisz i Neptun ¹⁾	19 IX 1702	14:07	2",4	0",5	24",4	165°
Merkury i Uran ²⁾	14 VII 1708	13:03	6",0	0",0	5",0	25°
Merkury i Jowisz	4 X 1708	12:41	11",4	6",5	16",7	1°
Wenus i Saturn	29 VIII 1771	19:38	9",2	4",8	12",4	14°
Merkury i Uran	21 VII 1793	5:38	0",6	0",0	4",8	24°
Merkury i Saturn	9 XII 1808	20:34	16",9	9",7	9",9	20°
Wenus i Jowisz	3 I 1818	21:52	12",2	8",2	20",0	16°
Wenus i Jowisz	22 XI 2065	12:46	14",2	10",3	19",4	8°
Merkury i Neptun	15 VII 2067	11:56	9",9	1",9	4",2	18°
Merkury i Mars	11 VIII 2079	1:31	1",2	0",0	4",5	11°
Merkury i Jowisz	27 X 2088	13:43	18",9	13",9	16",8	5°
Merkury i Jowisz	7 IV 2094	10:49	6",8	1",7	18",0	2°

¹⁾ Neptun został odkryty w 1846 roku, w 1702 roku był jeszcze nie znany

²⁾ Uran został odkryty w 1781, w 1708 roku był jeszcze nie znany

Zestawienie to przynosi nam smutną prawdę, że nie będzie dane żyjącym dzisiaj osobom obserwowanie nocnego złączenia się planet gdyż najbliższe wydarzy się dopiero 2 XII 2223 kiedy to Mars przejdzie przed tarczą Jowisza. Pozostaje nam podziwianie jedynie silnych zbliżeń. I tu druga zła informacja: chociaż przeciętnie dochodzi do jednego zbliżenia rocznie przy uwzględnieniu warunku wzajemnej odległości mniejszej od 0°,1, to akurat w latach 2007-2012 nie wystąpi żadne z takich zbliżeń a dopiero lata 2016 - 2024 dadzą wysyp takich zjawisk (14 razy w ciągu 9 lat).

Piotr Brych

piotr@brych.net