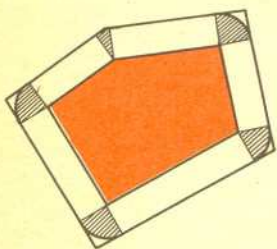




Kwazary mieszczą w galaktykach

Rozwiązanie zadania M 453. Rozwiązanie przedstawione jest na rysunku.



Pola prostokątów dają w sumie p , a pola wycinków kołowych dają w sumie pole koła o promieniu 1, czyli π .

Objętość bryły powstałej w wyniku obrotu sześciokąta o krawędzi a wokół głównej przekątnej wynosi

$$\frac{5\pi}{\sqrt{3}} a^3.$$

W drobiazgu 122 z Deltę 6/1986 podaliśmy błędny wynik. Przepraszamy naszych Czytelników.

Dziękujemy panom: Rafałowi Augustynowi z Katowic, Janowi Okoniewskiemu i Ryszardowi Szelidze z Żar za zwrócenie nam uwagi na błąd.

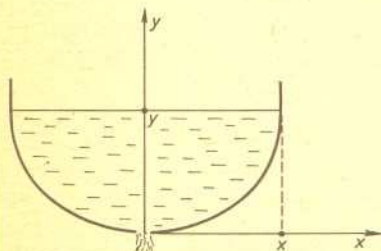


Rozwiązanie zadania F 208. Jeśli założymy, że woda jest nieściśliwa, to $s \cdot v = S \cdot V$, gdzie V — prędkość opadania górnego poziomu wody, S — jego pole powierzchni, a v — prędkość wypływu przez dolny otwór o powierzchni s . Z zasady zachowania energii mamy: $v^2 = 2gy$, gdzie y — głębokość wody (rysunek). Zaniedbaliśmy przy tym energię kinetyczną górnych warstw wody ze względu na warunek $S \gg s$.

Z warunku stałej prędkości przesuwania się poziomu wody wynika:

$$\frac{\pi x^2}{\sqrt{2gy}} = \frac{s}{V} = \text{const.}$$

Stąd — kształt klepsydry opisany jest funkcją $y = kx^4$, gdzie $k = \pi^2 V^2 / 2gs^2$.



Dr Bronisław RUDAK

Najbardziej charakterystyczną cechą kwazarów jest znaczne przesunięcie ku czerwieni powstających w tych obiektach linii widmowych. Miarą tego przesunięcia jest parametr

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{lab}}{\lambda_{lab}},$$

gdzie λ_{lab} oznacza laboratoryjną długość fali linii widmowej (np. dla linii Lyman α wodoru $\lambda_{lab} = 1215 \text{ \AA}$), natomiast λ_{obs} jest obserwowaną długością fali tejże linii.

Jeżeli Wszechświat ekspanduje zgodnie z prawem Hubble'a, to odległości Układu Słonecznego do poszczególnych obiektów rosną wraz ze wzrostem z .

Rekordową wartością parametru z szczyli się obecnie kwazar PKS 2000–330:

$$z(\text{PKS } 2000-330) = 3,78.$$

Rozpiętość wartości z w całej grupie znanych kwazarów jest znaczna — spotyka się wśród nich obiekty, których przesunięcie ku czerwieni niewiele przekracza 0,01. Wartości z dla galaktyk są średnio mniejsze niż dla kwazarów. Dla wielu z nich $z < 0,01$, ale jest sporo galaktyk, które leżą znacznie dalej niż niejeden kwazar. Obecny rekord dla galaktyk wynosi $z = 3,2$. W sumie jednak to właśnie kwazary są najodleglejszymi obserwowanymi przez człowieka obiektami materialnymi.

W pierwotnej, roboczej definicji kwazarów istotną rolę odgrywała „nibygwiazdowość” tych obiektów. Słowo angielskie *quasar* jest skróceniem sformułowania *quasi-stellar object*. Kwazary to ciała, które na „pierwszy rzut oka” (umówmy się, że oko to duży astrograf) wyglądają jak gwiazdy. Na kliszy fotograficznej obraz kwazara czy gwiazdy jest dokładnie taki, jaki daje punktowe źródło promieniowania. Oba typy obiektów są nierozróżnialne dopóty, dopóki nie mamy możliwości zobaczenia ich widma elektromagnetycznego za pomocą spektrografu. Widma kwazarów są tak różne od widm gwiazdowych, że pomyłki zdarzają się bardzo, bardzo rzadko. Z galaktykami nie ma tego problemu. Są to obiekty rozciągnięte (mówimy czasem — dają rozdzielone obrazy). Może nie wszystkie są tak pięknie widoczne jak słynna galaktyka w Andromedzie, ale na kliszach fotograficznych wyraźnie różnią się od gwiazd.

Kwazary leżą na krańcach Wszechświata (prawdziwie kosmologiczne odległości), a mimo to dają się zaobserwować — świadczy to o olbrzymich ilościach energii wysyłanych przez nie w każdej chwili w postaci promieniowania elektromagnetycznego. Zwykła gwiazda podobna do Słońca wypromieniowuje w ciągu jednej sekundy mniej więcej 10^{33} ergów. Typowa galaktyka zawiera 10^{11} takich gwiazd, a więc świeci z mocą 10^{44} ergów na sekundę. Istnieją wśród galaktyk monstra — gigantyczne galaktyki eliptyczne, których moc przekracza 10^{45} ergów/s. Nie są to jednak liczby, którymi można zaimponować kwazarom. W tej rodzinie 10^{47} ergów/s to przeciętność, a najjaśniejszy do tej pory znany obiekt w kosmosie — kwazar S50014+81 — promieniuje z mocą 10^{48} ergów/s!

To, co jest zadziwiające, to fakt, iż tak olbrzymie energie wyzwalane są w obiektach o rozmiarach nieporównanie mniejszych niż rozmiary jakiegokolwiek galaktyki. Niezbyt duża galaktyka osiąga średnicę kilku tysięcy parseków. W tym obszarze jest wystarczająco dużo miejsca dla kilkudziesięciu miliardów gwiazd i to właśnie gwiazdy są żarówkami w galaktyce-żyrandolu. Kwazar jest natomiast obiektem jakościowo odmiennym. Kształtu jego widma nie da się wytłumaczyć jako superpozycji wielu widm gwiazdowych, a co ważniejsze — praktycznie cała energia wypromieniowywana przez kwazar generowana jest w obszarze dającym się wpisać w sferę o promieniu zaledwie jednego parseka. Opisanie tego, co dzieje się w obrębie tego parseka, nie należy do tematu artykułu. Warto jednak wspomnieć, że według obecnych koncepcji centralnym motorem kwazara jest czarna dziura o masie bliskiej miliarda mas Słońca. Promieniowanie kwazara jest następstwem dyssypacji energii kinetycznej materii gazowej akreującej (spadającej) na czarną dziurę. Żeby kwazar był w stanie emitować właściwą dla niego ilość energii w jednostce czasu, w ciągu jednego tylko roku musi spaść na czarną dziurę materia o masie blisko stu mas Słońca.

Można teraz zastanawiać się skąd miałyby się brać owa materia. Jakim sposobem kwazary zapewniają sobie dostateczną ilość „paliwa”, aby świecić? Nie może to być w żadnym wypadku gaz międzygalaktyczny. Gęstość materii międzygalaktycznej jest zbyt niska. Kwazary z całą pewnością muszą być „podłączone” do niewidocznych do tej pory potężnych „zbiorników” z materią. Gdyby takich zbiorników nie udało się odkryć, kto wie, jakie miałyby to reperkusje w całej kosmologii. Jedynym ratunkiem byłoby przyjęcie, że kwazary znajdują się dużo bliżej niż sądzimy, wobec czego promieniuja znacznie mniej energii niż wynikałoby to z założenia



Rozwiązanie zadania M 451. Suma cyfr szukanej liczby wynosi 10. Oznaczmy przez k liczbę zer. Przypuszczenie, że $k = 0$ prowadzi do sprzeczności, gdyż k to liczba zer. Suma $10 - k$ liczb różnych od zera jest równa 10, a po odrzuceniu cyfry k zostaje $9 - k$ cyfr różnych od zera, które dają w sumie $10 - k$. W takim razie jest wśród nich $8 - k$ jedynek i jedna dwójka. Mamy zatem k zer, $8 - k$ jedynek, jedną dwójkę i cyfrę k . Pokażemy, że $k \geq 3$. Zauważmy, że jest $8 - k$ cyfr, które występują raz. Stąd

$$0 + 1 + 2 + \dots + (8 - k - 1) \leq 10 - k$$

8 - k składników

Zatem $\frac{(7 - k)(8 - k)}{2} \leq 10$, czyli $k \geq 3$.

Jedyną cyfrą występującą dwukrotnie jest więc jedynka, stąd $k = 6$ i liczba ma zapis dziesiętny 6210001000.



Rozwiązanie zadania M 452. Niech $q_n = P(X \geq n)$; niech $q_1 = q$. Mamy teraz $P(X \geq m + n) \cap \{X \geq m\} = P(X \geq n) \times P(X \geq m)$. Lewa strona to po prostu $P(X \geq m + n)$, więc $q_{m+n} = q_m \cdot q_n$. Wynika stąd, że $q_n = q^n$. Dalej, $P(X = n) = P(X \geq n) - P(X \geq n + 1) = q^n - q^{n+1} = q^n(1 - q)$.

Ponieważ $\sum_{n=0}^{\infty} P(X = n) = 1$, więc szereg $\sum_{n=0}^{\infty} q^n(1 - q)$ musi być zbieżny, zatem $0 < q < 1$.

Uwaga. Własność, o której mowa w zadaniu, nazywana jest własnością „braku pamięci”. Jeśli X będziemy interpretować jako czas oczekiwania na zajście jakiegoś zjawiska, to prawdopodobieństwo tego, że zjawisko zajdzie w ciągu najbliższych n jednostek czasu, nie zależy od tego, jak długo już czekamy. Taką własność ma na przykład czas oczekiwania na pierwszy sukces w ciągu prób Bernoulliego.

o ich kosmologicznych odległościach. Należałoby odrzucić ekspansję Wszechświata jako czynnik powodujący poczerwienienie kwazarów i galaktyk i szukać innego przekonywającego rozwiązania. A rezygnacja z rozszerzającego się Wszechświata narobiłaby wielu kłopotów kosmologom, niekoniecznie dlatego, że 90% z nich zarabia na chleb badając modele Wszechświata z ekspansją.

Na szczęście Natura okazała się łaskawa. Dzięki wyrafinowanym technikom obserwacyjnym, rozwiniętym w ostatnich latach, udało się znaleźć dla kilkudziesięciu kwazarów upragnione zbiorniki z paliwem. „Kilkadziesiąt” — to liczba nieduża, zwłaszcza iż kwazarów znany obecnie ponad 1500, ale początek został zrobiony.

Owymi zbiornikami kwazarowego paliwa okazały się być całkiem zwykłe galaktyki. Co więcej, każdy z kwazarów rezyduje w samym centrum (jądrze) swojej galaktyki. Mechanizm zasilania w tym wypadku kwazara materią jest na tyle skomplikowany i trudny, że można go zamknąć w jednym zdaniu: główne elementy galaktyki — gwiazdy — w swojej wędrówce po galaktyce mogą zabłądzić w pobliże jądra, gdzie potężne siły przyływowce czarnej dziury rozrywają je bezlitośnie, po czym tak „skruszona” materia przez ową dziurę jest pochłaniana.

Czy odkrycie wokół kwazarów właśnie galaktyk, a nie innych tworów, mogło być dla astronomów zaskoczeniem? Raczej nie. Żeby zrozumieć dlaczego, musimy przyjrzeć się niektórym osobnikom w menażerii galaktyk.

Pod względem morfologicznym galaktyki można z grubsza podzielić na trzy grupy: spiralne, eliptyczne i nieregularne. W każdej z tych grup znajduje się całkiem liczna gromadka galaktyk-olbrzymów, których rozmiary dziesięciokrotnie przewyższają rozmiary osobników typowych. Niezwykle ciekawymi obiektami, stanowiącymi zaledwie kilka procent olbrzymich galaktyk spiralnych, są galaktyki Seyferta.

Fascynującą cechą galaktyk Seyferta jest bardzo silnie świecące, najczęściej punktowe, jądro. Moc wypromieniowywana przez takie jądra wynosi od 10^{42} do 10^{44} ergów na sekundę. Zatem samo jądro wyświeca ilość energii porównywalną z ilością energii wyświecanej przez całą resztę galaktyki Seyferta. To jeszcze nie wszystko. Widmo punktowego jądra jako żywo przypomina widmo typowego kwazara (gwoździ ścisłości: mowa tu o jądrach galaktyk Seyferta typu 1). Spektroskopowo jądra galaktyk Seyferta są nieodróżnialne od kwazarów! Czy w takim razie kwazary i jądra galaktyk Seyferta nie stanowią przypadkiem dwóch różnych klas jasności (mocy promieniowania) jakiegoś jednego typu obiektów? Dlaczego nie? Pierwotnej definicji kwazarów można wiele zarzucić. Zgodnie z nią kwazar to obiekt punktowy, nie rozdzielony na kliszy fotograficznej. A przecież stopień rozdzielczości zależy istotnie od wielu czynników. Techniki obserwacyjne są coraz skuteczniejsze i to, co było niewidoczne na początku lat sześćdziesiątych, może zostać zaobserwowane obecnie lub w bliskiej przyszłości. Czy kwazar, wokół którego zdołamy zaobserwować słabiutką galaktykę, przestanie być z tego powodu kwazarem?

Badania galaktyki Seyferta wskazują dość jednoznacznie, że ich jądra są „kwazarami małej mocy”: zawierają masywną czarną dziurę (około 10^8 — 10^9 mas Słońca), która akreuje materię w tempie jednej masy Słońca na rok.

Wróćmy wreszcie do galaktyk odkrywanych wokół kwazarów. Na pierwszych zdjęciach wykonanych kilka lat temu galaktyki te wyglądają jak bardzo słabe mgiełki otaczające kwazary. Żeby udowodnić niezbicie, iż mgiełki te w istocie są galaktykami, trzeba było posłużyć się spektroskopią i zbadać ich widma. Udało się to w kilkunastu przypadkach (pamiętajmy, że fotografować możemy obiekty słabsze od tych, dla których możliwe jest otrzymanie widma).

Problem, który fascynuje obecnie badaczy, to pytanie, jaka jest morfologia galaktyk zawierających kwazar. Jeżeli marzy się nam pełna unifikacja kwazarów i jąder galaktyk Seyferta, to chciałoby się, żeby były to galaktyki spiralne. Tak jednak nie jest. Tylko około 40% zaobserwowanych do tej pory galaktyk z kwazarem w środku to rzeczywiście galaktyki spiralne. Mniej więcej drugie tyle obiektów wykazuje wszelkie cechy olbrzymich galaktyk eliptycznych. O pozostałych 20% trudno cokolwiek zdecydowanego powiedzieć — materiał obserwacyjny jest zbyt niepewny. We wszystkich natomiast przypadkach jasność jądra, czyli kwazara, jest około stu razy większa niż jasność samej galaktyki.

Rok 1985 przyniósł nieoczekiwaną obserwację. Otóż w galaktyce otaczającej kwazar QSO 1059 + 73 (w odległości około 400 milionów parseków) zauważono „jasny, niebieski obiekt”. Według odkrywców jedynym sensownym wytłumaczeniem jest zjawisko supernowej. Czy jest to istotne w kontekście poruszonego tematu? Ależ bardzo! Pomijając fakt, że byłaby to najdalsza zaobserwowana do tej pory supernowa, mielibyśmy w ręku — dowód na kosmologiczne odległości do kwazarów (pamiętajmy, że supernowe umożliwiają niezależny pomiar odległości), — jeszcze jeden dowód na obecność gwiazd w „mgiełce” otaczającej kwazary, — dowód, że przynajmniej niektóre kwazary występują w galaktykach spiralnych (do szacowań statystycznych przydałoby się nieco więcej takich odkryć).