Czy astronom nie lubi kolorów?

Tomasz KWAST

Przez wiele lat astronomia bardzo dobrze radziła sobie bez klisz czułych na barwy. Informacje o wyglądzie nieba w rozmaitych zakresach światła uzyskiwano na podstawie kilku zdjęć czarnobiałych, ale wykonanych przez odpowiednie filtry przepuszczające światło o żądanej barwie. Rzecz jasna, pojawienie się dostatecznie czułych klisz barwnych ogromnie sprawę uprościło i to, co dawniej można było wywnioskować dopiero z serii zdjęć, teraz można już zobaczyć od jednego rzutu oka. Na współczesnych zdjęciach barwnych od razu widać, że gwiazdy są kolorowe (efekt temperatury), że rozproszone mgławice gazowe są na ogół czerwone (bo świeci tam głównie wodór w linii H_α), że galaktyki spiralne mają czerwieńsze części centralne, a bardziej niebieskie ramiona (efekt występowania różnych populacji gwiazd), że mgławice planetarne są często kolorowe (bo świecą tam różne atomy o różnych stopniach wzbudzenia), że kolorowe są planety i ich satelity itd.

Tak więc barwa w astronomii jest również naukową informacją. W jednym jednak przypadku astronom kolorów nie lubi, mianowicie, gdy przejawiają się jako aberracja chromatyczna. Zjawisko to polega na tym, że każda soczewka oprócz załamywania promieni powoduje rozszczepienie światła białego. Soczewkę można wszak uważać za układ nieskończenie wielu pryzmatów. Rozszczepienie jest więc nieuniknione, a skutkiem jest fakt, że np. obiektyw lunety w innym miejscu skupia promienie niebieskie niż czerwone (rys. 1) i jeżeli przy oglądaniu gwiazdy nastawi się okular na ostrość dla ogniska niebieskiego, to widać gwiazdę z czerwoną obwódką – i odwrotnie.

Rys. 1. Schemat najprostszej lunety.

Jak z tym walczyć? Jeden sposób zaradzenia złu znajdziemy od razu, gdy przypomnimy sobie podstawowy wzór soczewkowy

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right), \tag{1}$$

gdzie f oznacza ogniskową soczewki, n – współczynnik załamania szkła, r_1 i r_2 – promienie krzywizny powierzchni soczewki. Dla ustalonego kształtu soczewki ogniskowa jest funkcją współczynnika załamania różnego dla różnych częstości promieniowania. Zróżniczkowawszy stronami wzór (1) względem długości fali dostajemy

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\lambda}\left(\frac{1}{f}\right) = \frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}\lambda}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) = \frac{1}{(n-1)f}\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}\lambda} \tag{1a}$$

Wbrew zdrowemu rozsądkowi

(Według wykładów radiowych z audycji IV programu – *Widnokrąg*)

Widzę, lecz nie wierzę
Georg Cantor (1845 – 1918)

Tomasz HOFMOKL

Często zdarza się słyszeć zdanie, że coś jest niemożliwe, bo jest sprzeczne ze zdrowym rozsądkiem. Mogłoby się wydawać, że ten zdrowy rozsądek jest ostatecznym kryterium prawdziwości wypowiadanych sądów. Co więcej, opieranie się na nim świadczy o ogromnym zaufaniu do potęgi ludzkiego rozumu. Zaufanie to jest szczególnie silne u ludzi młodych, którzy ufają (i słusznie) potędze logicznego rozumowania zapominając (i w tym miejscu popełniają błąd), że należy sprawdzić również poprawność wyjściowych przesłanek. Wiedzie to często do wypowiadania kategorycznych sądów, które nie zawsze są prawdziwe. A to z kolei prowadzi niekiedy do różnego rodzaju kryzysów; czy to kryzysu wiary u ludzi wychowanych w duchu określonej religii, czy też do gwałtownych zmian w poglądach społecznych lub politycznych. W wymienionych dziedzinach bardzo trudno jest podejmować racjonalną dyskusję, ponieważ wykazanie fałszywości przyjętych przesłanek może nie być wcale łatwe. Nie tymi też dziedzinami chciałbym zająć się w moich wykładach, które zatytułowałem *Wbrew zdrowemu rozsądkowi.*

Jestem fizykiem i zajmuję się fizyką najdrobniejszych składników materii, tak zwaną fizyką cząstek elementarnych. Jestem fizykiem doświadczalnym, to znaczy, że odpowiedzi na postawione pytania szukam przede wszystkim w wynikach doświadczenia; można to ująć bardziej górnolotnie, że pytania te zadaję samej przyrodzie. Trzeba może powiedzieć od razu, że będę mówił o odpowiedziach, jakich udziela przyroda nie mnie osobiście. Byłoby to ogromne, piramidalne samochwalstwo. Jest rzeczą oczywistą, że wyniki, o których będę wspominał w toku prezentowanego cyklu wykładów *Wbrew zdrowemu rozsądkowi*, zostały otrzymane przez bardzo wielu badaczy w całej historii rozwoju nauki.

Tak zwany zdrowy rozsądek kształtuje się na podstawie doświadczeń z życia codziennego, zjawisk obserwowanych bezpośrednio w otaczającym nas świecie. Jest rzeczą oczywistą, że częściej mamy okazję obserwować spadek rzuconego kamienia niż kwantowe zachowanie się elektronu. Na podstawie tych właśnie codziennych obserwacji wytwarzamy sobie, najczęściej bezwiednie, przekonanie o tym, co jest możliwe, a co nie. Inaczej mówiąc, cô jest zgodne ze zdrowym rozsądkiem, a co jemu przeczy. W badaniach naukowych, dzięki odpowiednim urządzeniom, możemy obserwować zjawiska, z którymi nie spotykamy się na co dzień. Niektóre z tych zjawisk zdają się przeczyć naszemu poczuciu, co jest możliwe. Obserwacja ich stanowi najcenniejszą podnietę do weryfikowania naszego poglądu na otaczający świat i przy okazji uczy nas pokory. Nie wszystko, co jest sprzeczne ze zdrowym rozsądkiem, jest rzeczywiście niemożliwe. Przykładem takiego zjawiska, które w sposób oczywisty wydaje się na pierwszy rzut oka niemożliwe, jest interferencja elektronu samego ze sobą. Omówię to zjawisko w jednym z dalszych wykładów. Teraz, dla podkreślenia jego zaskakującego przebiegu, przedstawię je przez analogię.

Proszę sobie wyobrazić następującą sytuację. Jesteś samotnie w pomieszczeniu, w którym jest dwoje drzwi. Aby być jeszcze bardziej precyzyjnym, powiem, że są tam dwa otwory drzwiowe odległe od siebie i nie stykające się. Nie ma więc mowy o podchwytliwym stawianiu problemu, na przykład przez proponowanie jednego otworu dwudrzwiowego.
Mamy więc pomieszczenie o dwóch nie stykających się otworach. Proponuję wykonanie następującego zadania: wyjść przez oba otwory jednocześnie nie rozdzielając się przy tym na dwie części. Czy to możliwe? W oparciu o nasze codzienne doświadczenia, czyli w ramach zdrowego rozsądku jest to zadanie bezsensowne do tego stopnia, że nie warte nawet poważnego zastanawiania się. A jednak ... Elektron potrafi to wykonać, a przynajmniej zachowuje się tak, jakby to wykonywał. Mamy na to dowody eksperymentalne. Okazuje się, że nasz zdrowy rozsądek może prowadzić do fałszywych wniosków, jeżeli zastosujemy go w sytuacji skrajnie nietypowej dla życia codziennego. Co więcej, nie potrafimy wyobrazić sobie, jak to elektron robi, aby przejść przez dwa otwory równocześnie będąc przy tym cząstką niepodzielną.

Widać, że aby ogniskowe dla różnych barw były możliwie najbardziej zbliżone, ogniskowa w ogóle musi być jak największa. W ten sposób walczył z aberracją chromatyczną m.in. Heweliusz, budując niesłychanie długie teleskopy.

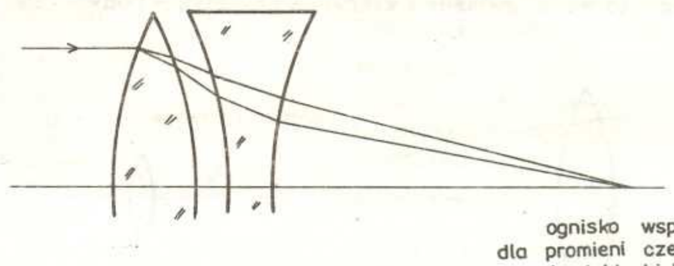
Zgodzimy się chyba, że nie jest to sposób zadowalający. Na szczęście około 1730 r. w Anglii wpadł ktoś na pomysł zbudowania obiektywu lunety z dwóch soczewek z różnych gatunków szkła. By zrozumieć ten pomysł, trzeba przypomnieć jeszcze jeden zasadniczy wzór na ogniskową F układu dwóch soczewek rozdzielonych odległością Δ:

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}-\frac{\Delta}{f_1 f_2}. \tag{2}$$

Obiektyw ma stanowić zwartą całość, niech więc $\Delta=0$, a wtedy mając dwie soczewki możemy doprowadzić do pokrycia się ognisk dla dwóch barw. Wtedy bowiem ma być

$$\mathrm{d}\left(\frac{1}{F}\right)=0=\mathrm{d}\left(\frac{1}{f_1}\right)+\mathrm{d}\left(\frac{1}{f_2}\right)=\frac{\mathrm{d}n_1}{(n_1-1)f_1}+\frac{\mathrm{d}n_2}{(n_2-1)f_2}.$$

Widać, że aby ostatnia suma dała zero, jedna z ogniskowych musi być ujemna. Dlatego taki obiektyw, zwany achromatem, składa się z jednej soczewki skupiającej i jednej rozpraszającej (rys. 2). Pokrycie się ognisk dla dwóch tylko barw daje, wbrew pozorom, całkiem niezłą jakość obrazu. Oczywiście, obiektywy teleskopów profesjonalnych są budowane z większej liczby soczewek. Również bardzo skomplikowane są obiektywy mikroskopów i aparatów fotograficznych, ponieważ muszą być wolne nie tylko od aberracji chromatycznej, lecz i od innych wad soczewek, które silnie przejawiają się przy dużej zbieżności wiązki światła przechodzącej przez taki układ.



Rys. 2. Bieg światła w achromacie.

Uzyskawszy achromatyczny obraz w ognisku lunety należy go teraz obejrzeć przez achromatyczny okular. W zasadzie może nim być analogiczny układ dwóch soczewek o odpowiednio dobranej łącznej ogniskowej F

$$\left(\text{powiększenie lunety}=\frac{\text{ogniskowa obiektywu}}{\text{ogniskowa okularu}}\right).$$

Przyjęło się stosować jednak inną konstrukcję, mianowicie z dwóch soczewek z tego samego szkła, za to przy $\Delta\neq 0$. Wzór (2) daje teraz warunek achromatyzacji

$$\mathrm{d}\left(\frac{1}{F}\right)=0=\mathrm{d}\left(\frac{1}{f_1}\right)+\mathrm{d}\left(\frac{1}{f_2}\right)-\frac{\Delta}{f_1}\mathrm{d}\left(\frac{1}{f_2}\right)-\frac{\Delta}{f_2}\mathrm{d}\left(\frac{1}{f_1}\right),$$

skąd po podstawieniach wg (1a) mamy

$$\frac{\mathrm{d}n_1}{(n_1-1)f_1}+\frac{\mathrm{d}n_2}{(n_2-1)f_2}=\frac{\Delta}{f_1 f_2}\left(\frac{\mathrm{d}n_1}{n_1-1}+\frac{\mathrm{d}n_2}{n_2-1}\right).$$

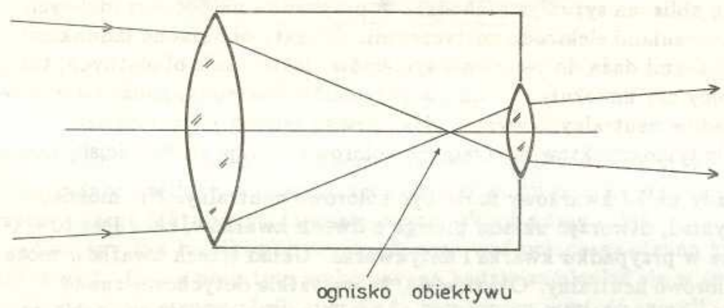
Jeżeli ma być $n_1 = n_2 = n$, to

$$\frac{dn}{n-1}\left(\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}\right)=\frac{\Delta}{f_1 f_2}\cdot\frac{2dn}{n-1},$$

skąd

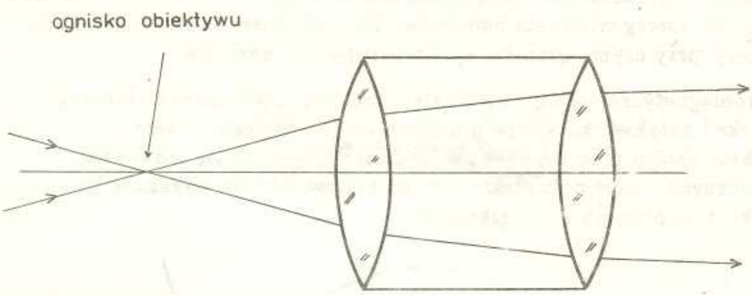
$$\Delta = \frac{f_1+f_2}{2}.$$

Jak widać, achromatyczny okular można zbudować na mnóstwo sposobów. Najpopularniejsze są dwa typy. Tzw. okular Huygensa ma $f_1 : \Delta : f_2 = 3:2:1$, przy czym soczewka o dłuższej ogniskowej jest po stronie obiektywu lunety.



Rys. 3. Okular Huygensa.

W drugim, zwanym okularem Ramsdena, jest $f_1 : \Delta : f_2 = 1:1:1$.



Rys. 4. Okular Ramsdena.

Każdy z nich ma swoje wady i zalety. Okular Huygensa ma większe pole widzenia, ale efektywne ognisko obiektywu znajduje się między soczewkami okularu i trudno tam zamontować np. mikrometr. Nie ma tego problemu w okularze Ramsdena, bo ognisko leży tu na zewnątrz okularu, za to skoro soczewki są w odległości ogniskowej, to widać osiadający na nich kurz; by tego uniknąć, dobiera się je nie całkiem ściśle według proporcji 1:1:1. Inne lepsze okulary są udoskonalonymi wariantami tych dwóch. Łatwo domyśleć się, że np. każdą soczewkę okularu można sporządzić jako mały achromat, wtedy proporcje odległości mogą być inne, a okular będzie miał inne cechy pożyteczne w specjalnych zastosowaniach. Rzecz jasna, będzie wtedy odpowiednio droższy.

Musimy zmienić nasz pogląd na świat, a tym samym wzbogacić rozumienie procesów, jakie zachodzą w przyrodzie. Do tego doświadczenia wrócimy w jednym z dalszych wykładów. Wybrałem je tutaj jako przykład, aby zilustrować, co mam na myśli mówiąc o procesach przebiegających wbrew zdrowemu rozsądkowi. Zaskakujące wyniki doświadczeń spotykamy zarówno w fizyce klasycznej, jak i we współczesnej, chociaż trzeba przyznać, że w tej ostatniej jest ich naprawdę bardzo dużo. Nie ma w tym nic dziwnego, do wyników fizyki klasycznej zdążyliśmy się już przyzwyczaić. Weszły już one, można się tak wyrazić, do skarbnicy doświadczenia życia codziennego i wobec tego stanowią jeden z elementów budujących zdrowy rozsądek. W fizyce klasycznej zaskakuje nas na ogół przebieg zjawiska, mimo że jest on logiczną konsekwencją podstawowych zasad, do których jesteśmy przyzwyczajeni i które akceptujemy jako zgodne ze zdrowym rozsądkiem. W fizyce współczesnej wyjaśnienie przebiegu zjawiska wymaga niekiedy zrewidowania podstawowych zasad lub pojęć i jest znacznie trudniejsze do zaakceptowania. Oczywiście, trudniejsze tylko dla nas, bowiem to, co nazywamy fizyką współczesną, znowu stanie się za jakiś czas fizyką klasyczną, zgodną ze zdrowym rozsądkiem.

W dalszej części wykładu zatrzymam się na zjawisku oczywistym dla każdego: zastanówmy się, czy rozumiemy rzut kamieniem. Bierzemy kamień do ręki, krótki zamach ramieniem i kamień leci. Czy jest w tym coś, co może nas zaniepokoić, czego nie rozumiemy? – dziś chyba nie. Za czasów Arystotelesa sytuacja była cokolwiek odmienna. Nasze pojęcia o otaczającym świecie czerpiemy nie tylko z własnych obserwacji i doświadczeń, ale korzystamy z dorobku pokoleń przekazywanego lepiej lub gorzej w procesie zorganizowanej edukacji, czyli na ogół ze szkoły. Nic więc dziwnego, że „zdrowy rozsądek" współczesnego ucznia liceum różni się od zdrowego rozsądku, na przykład, Arystotelesa, który urodził się 384 lata przed Chrystusem. Arystoteles obserwował bardzo uważnie otoczenie. Stwierdzał oczywiste fakty: wóz jedzie, jeżeli ktoś lub coś go ciągnie. Jeżeli brak siły pociągowej, wóz stoi. Trudniej ciągnąć po piasku niż po równej, płaskiej drodze. W każdym ruchu, twierdzi Arystoteles, są dwa główne czynniki: siła napędzająca (F) i opór (R). Aby ruch mógł zaistnieć, siła napędzająca musi być większa niż opór. Stwierdzenie to można nazwać pierwszą zasadą ruchu. Prowadząc dalej rozważania stawiamy pytanie, od czego zależy prędkość (v) poruszającego się ciała? Zgodzimy się zapewne bez trudu, że im większa działa siła, tym szybciej obiekt się porusza. Proszę mi tu wybaczyć, że mówię nieściśle, a nawet wręcz błędnie, ale staram się odtworzyć tok rozumowania w tej dziedzinie myślicieli starożytnych, którzy opierali się, czasem nawet nieświadomie, na doświadczeniach dnia codziennego. Idąc tą drogą również zapewne zgodzimy się, że im większe opory ruchu, tym mniejsza jest prędkość. Zapisując to, co powiedziałem, wzorem matematycznym otrzymamy zależność zwaną czasem prawem ruchu Arystotelesa. To nic, że jest ona nieprawdziwa, ale za to jest zgodna z powierzchownymi obserwacjami. Prowadźmy więc dalej nasze rozważania i zajmijmy się wspomnianym już rzutem kamieniem. Dopóki kamień styka się z rzucającą ręką, nie widać większych problemów. Na kamień działa siła ręki. Kamień porusza się coraz szybciej w miarę zamachu reką, ale w pewnej chwili odrywa się od dłoni. I co wtedy? Na kamień nie działa już żadna siła, a jednak się porusza. Co lub kto powoduje ten ruch? Przez wiele wieków ze zmiennym powodzeniem usiłowano zrozumieć, dlaczego kamień rzucony porusza się, chociaż każdy wiedział, że można rzucić kamieniem. Rzut taki wydawał się być sprzeczny ze zdrowym rozsądkiem i próbowano uratować sytuację tworząc, między innymi, teorię wirów powietrza, które popychały kamień.

W początkach 1630 roku uczony włoski Galileo Galilei ukończył dzieło *Dialog o dwu najważniejszych układach świata: ptolemeuszowym i kopernikowym*, które to dzieło, oględnie mówiąc, miało mu przynieść wiele kłopotów. Rozmowy *Dialogu* toczą się w Wenecji, w pałacu Sagreda. W usta Filipa Salvatiego kładzie Galileusz własne poglądy. Przedstawicielem starych poglądów jest Simplicio, który dziedzicząc imię znanego komentatora Arystotelesa z VI wieku po Chrystusie usiłuje wytrwale bronić straconych pozycji. W jednym z dialogów znajdujemy próbę dawnego wyjaśnienia, dlaczego rzucone ciało porusza się po oderwaniu od ręki.

Simplicio:[...] *W całym waszym wywodzie wprowadziliście założenie, z którym w szkole perypatetyków* (tu dodam od siebie, że tak nazywano uczniów Arystotelesa, a potem powstały stąd cały kierunek filozoficzny)

Uwięzienie kwarków

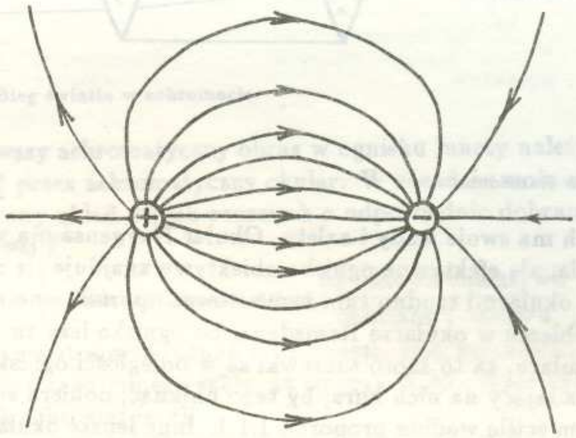
Stanisław MRÓWCZYŃSKI

Kwarki to składniki cząstek elementarnych należących do grupy *hadronów.* Wspólną cechą hadronów jest to, że podlegają tzw. *oddziaływaniom silnym jądrowym* lub krócej *oddziaływaniom silnym.* Przykładami hadronów są protony i neutrony tworzące jądra atomowe oraz liczne spośród cząstek produkowanych w zderzeniach dostatecznie szybkich jąder. Kwarki obdarzone są ładunkami kolorowymi, analogicznymi do ładunków elektrycznych. Hipoteza uwięzienia stwierdza, że w przyrodzie istnieją tylko takie układy kwarkowe, które są kolorowo neutralne lub inaczej – białe. Z hipotezy tej w szczególności wynika, że nie można wyizolować z hadronu pojedynczego kwarka, gdyż jest on kolorowy. Zauważmy, że nieco zbliżona sytuacja zachodzi i w przypadku układów rządzonych oddziaływaniami elektromagnetycznymi. Obiekty obdarzone ładunkami elektrycznymi dążą do tworzenia systemów elektrycznie obojętnych, takich jak atomy czy molekuły. Jednak w przypadku elektrodynamiki tworzenie się układów neutralnych wyraża tylko pewną tendencję, natomiast istnienie tylko obiektów neutralnych kolorowo wydaje się być ścisłą zasadą.

Nie każdy układ kwałkowy może być kolorowo neutralny. Nie można, na przykład, utworzyć układu białego z dwóch kwarków, choć jest to możliwe w przypadku kwarka i antykwarka. Układ trzech kwarków może być kolorowo neutralny. Okazuje się, że wszystkie dotychczas znane hadrony, a jest ich kilkaset, można podzielić na dwie grupy cząstek – te zbudowane z kwarka i antykwarka, zwane *mezonami* i *bariony,* tworzone przez trzy kwarki. Hipoteza uwięzienia nie wyklucza istnienia hadronów innych niż mezony i bariony, na przykład kolorowo neutralnego układu dwóch kwarków i dwóch antykwarków, jednak takie obiekty nie były obserwowane.

Natura oddziaływań silnych nie jest jeszcze całkiem poznana, więc nie można z całą pewnością stwierdzić, jaki jest mechanizm uwięzienia kwarków. Zaproponowano jednak kilka modeli, za pomocą których można opisać cały szereg własności hadronów. Poniżej opiszę krótko tzw. model strunowy, przy czym ograniczę się do przypadku mezonów.

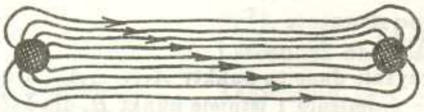
Elektromagnetycznym odpowiednikiem mezonu, czyli układu złożonego z kwarka i antykwarka o dopełniających się (do białego) kolorach, jest układ dwóch przeciwnych, a więc przyciągających się ładunków elektrycznych. Linie pola elektrycznego takiego układu pokazane na rysunku 1 wypełniają całą przestrzeń.



Rys. 1

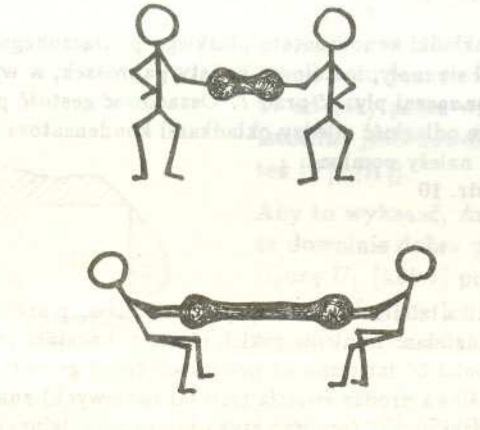
Przypuszcza się, że w przypadku pola wytworzonego przez ładunki kolorowe, zwanego *chromodynamicznym,* próżnia zachowuje się tak jak nadprzewodnik w stosunku do pola magnetycznego, tzn. stara się wypchnąć linie pola poza swój obszar. Jeśli tak dzieje się w istocie, to układ linii pola chromodynamicznego kwarka i antykwarka wygląda jak na rysunku 2, a zatem kwark i antykwark połączone są cienką struną.

Przyjmijmy, że rozmiary poprzeczne struny są wszędzie jednakowe i niezależne od jej długości. Wówczas stwierdzimy, stosując prawo analogiczne do prawa Gaussa z elektrodynamiki, że gęstość strumienia pola chromodynamicznego, a zatem i wielkość pola, nie zależą od długości struny. Z tego wynika, że energia potencjalna oddziaływań między kwarkami wzrasta liniowo z odległością między nimi. Mamy więc tutaj sytuację całkowicie inną niż w elektrodynamice, gdzie, jak pamiętamy, energia potencjalna oddziaływania między ładunkami nie rośnie, lecz zanika odwrotnie proporcjonalnie do ich wzajemnej odległości. Można to wyrazić inaczej mówiąc, że energia oddziaływania kwarków w mezonie jest proporcjonalna do długości struny.



Rys. 2

Jak wspomniałem powyżej, hipoteza uwięzienia kwarków wyklucza w szczególności istnienie pojedynczych kwarków. W modelu struny przyczyna tego faktu wygląda następująco. Wyobraźmy sobie, że próbujemy, jak ludziki na rysunku 3, rozerwać połączone struną kwark i antykwark. Praca przy tym wykonywana będzie zamieniać się w energię wydłużającej się struny. Jeśli energia ta przekroczy wartość energii potrzebną do wytworzenia pary złożonej z kwarka i antykwarka, struna zostanie rozerwana i powstaną dwa kolorowo neutralne mezony.



Rys. 3

Uwięzienie kwarków w układach kolorowo neutralnych jest obecnie jedynie hipotezą, choć bardzo dobrze ugruntowaną. Rośnie wśród fizyków przekonanie, że sformułowana już około 20 lat temu teoria oddziaływań kwarków – *chromodynamika kwantowa*, wcześniej czy później dostarczy dowodu poprawności tej hipotezy. Można również oczekiwać, że dowód wart będzie Nagrody Nobla.

trudno się pogodzić, gdyż jest ono najzupełniej sprzeczne z Arystotelesem, a mianowicie przyjmujecie jako rzecz znaną i oczywistą, że ciało oddzielone od tego, które je wyrzucało, porusza się w dalszym ciągu ruchem udzielonym mu przez ciało wyrzucające. To pojęcie udzielonej siły jest równie dalekie od filozofii perypatetycznej, jak przenoszenie właściwości jednego przedmiotu na drugi. Filozofia ta, jak wam zapewne wiadomo, uczy, że ciało wyrzucone jest przenoszone przez otaczający je ośrodek, a w danym przypadku byłoby nim powietrze [...]

Simplicio miałby dzisiaj kłopoty z wyjaśnieniem ruchu satelitów w próżni okołoziemskiej, chociaż może zdołałby się wybronić stwierdzeniem, że satelity należą już do świata nadksiężycowego, gdzie obowiązuje inna fizyka, bo planety i ciała niebieskie krążą po kolistych orbitach. Nie musimy jednak wyręczać Galileusza, bowiem przez wypowiedzi Salvatiego zbija on wywody Simplicia. Przytaczam wywody Simplicia nie po to, aby się z nich natrząsać, ale po to, aby uzmysłowić Państwu, że nawet w najprostszym, wydawałoby się, przypadku można było mieć wątpliwości, czy aby rzut kamieniem nie przeczy zdrowemu rozsądkowi.

Podobne trudności napotykano chcąc wykazać, że Ziemia obraca się wokół osi raz na dobę. W dziele *O niebie (Peri Uranu)* Arystoteles wpomina, że są tacy, którzy utrzymują, iż Ziemia się obraca, ale zaraz uzasadnia, dlaczego jest to niemożliwe. Warto poznać argumenty uzasadniające, dlaczego Ziemia nie może się obracać. Są to przecież argumenty wykazujące, że rzeczony obrót jest sprzeczny ze zdrowym rozsądkiem. Arystoteles zauważa bowiem, że wszystkie ciała w swobodnym spadku dążą po liniach prostych ku środkowi Ziemi. A to, oczywiście, jest nie do pogodzenia z ruchem obrotowym naszego globu. Wyraźnie pisze o tym Ptolemeusz w klasycznej pracy *Almagest* poświęconej astronomii geocentrycznej. Zgodnie z zasadami Arystotelesa: gdyby Ziemia była w ruchu *wyprzedzałaby wszystkie spadające ciała, a biorąc pod uwagę jej ogromne rozmiary, wszystkie zwierzęta i obiekty byłyby pozostawione w tyle pływając w powietrzu, a sama Ziemia z powodu znacznej prędkości wypadłaby ze Wszechświata.* Widać wyraźnie, że koncepcje, dziś dla nas oczywiste, kłóciły się ze zdrowym rozsądkiem starożytnych do tego stopnia, że albo negowali istnienie zjawisk, które dały się negować (ruch obrotowy Ziemi), albo starali się znaleźć dla nich takie wytłumaczenie, które nie naruszało raz przyjętych poglądów. Zastanówmy się nad tymi przykładami. Czy czasami nie jesteśmy i dzisiaj w podobnej sytuacji, gdy mówimy, że coś jest niemożliwe. Nim się o czymś wyrokuje, warto przedtem odwołać się do doświadczenia. A może niemożliwe jest możliwe?

W następnym wykładzie zastanowimy się nad tym, jak można przyspieszać nie zwiększając prędkości.

Zadania

Redaguje Rafał SZTENCEL

M 607. Udowodnić, że pole wielokąta o średnicy 1 nie przekracza $\pi/4$ (średnicą zbioru nazywamy kres górny odległości punktów należących do zbioru).
Rozwiązanie na str. 16

M 608. Przypuśćmy, że n chłopców ma dziewczyny, ponadto każda grupa k chłopców (gdzie $1 \le k \le n$) ma co najmniej k dziewczyn (tzn. każda z nich ma co najmniej jednego przyjaciela w wymienionej grupie chłopców). Udowodnić, że każdy chłopiec może ożenić się ze swoją dziewczyną.
Rozwiązanie na str. 13

M 609. Na płaszczyźnie dane są punkty $A_1, \ldots, A_n$. Udowodnić, że na dowolnym okręgu o promieniu 1 istnieje punkt B, dla którego

$$A_1B + \ldots + A_nB \ge n.$$

Rozwiązanie na str. 11

Redagują Jarosław i Krzysztof KULPA

F 317. Metalową rurkę o promieniu r_1 zanurzono pionowo w oleju o gęstości ρ i względnej przenikalności elektrycznej ε_r. Do rurki i pręta o promieniu r_2 znajdującego się w środku rurki przyłożono napięcie U. O ile podniesie się poziom oleju w rurce?

Wskazówka: Pojemność kondensatora walcowego wynosi $C=\dfrac{2\pi h\varepsilon_0\varepsilon_r}{\ln\frac{r_1}{r_2}}$, gdzie h oznacza długość kondensatora.
Rozwiązanie na str. 10

F 318. Między okładki kondensatora płaskiego podłączonego do napięcia U dostał się mały, metalowy, kulisty paproszek, w wyniku czego przez kondensator zaczął płynąć prąd I. Oszacować gęstość paproszka, jeżeli wiadomo, że odległość między okładkami kondensatora wynosi d. Opory powietrza należy pominąć.
Rozwiązanie na str. 10

Korespondencja komputerowa

Kilka miesięcy temu Centrum Informatyczne UW zostało podłączone do sieci komputerowej EARN umożliwiającej prawie natychmiastową łączność z użytkownikami komputerów niemal na całym świecie. Redakcja *Delty* również z tej sieci korzysta i, jak uważny Czytelnik być może spostrzegł, w redakcyjnej stopce pojawił się adres komputerowy. Właśnie dzięki owej sieci otrzymaliśmy dwie zamieszczone niżej notatki.

Sonda badawcza Magellan wysłana z Ziemi w maju 1989 krąży od sierpnia roku 1990 wokół planety Wenus. Orbita rakiety jest silnie wydłużoną elipsą, tak że odległość Magellana od Wenus waha się od 300 do 8500 km. Sonda wyposażona jest w radar umożliwiający „fotografowanie" powierzchni planety poprzez gęste chmury pokrywające Wenus. I rzeczywiście, „zdjęcia" przesłane przez Magellana na Ziemię wyglądają tak, jakby żadnych chmur nie było. W trakcie obecnej misji zostanie przebadane około 80% powierzchni planety, a następne podróże uzupełnią sporządzoną mapę Wenus.

Jacek TUSZYŃSKI, Pasadena, Kalifornia, USA

Kilka lat temu astrofizycy odkryli tzw. pierścienie Einsteina. Istnienie takich pierścieni zostało przewidziane ponad 50 lat temu na podstawie teorii grawitacji Einsteina. Jeśli na drodze światła (lub fal radiowych) znajduje się ciężki obiekt (np. galaktyka lub czarna dziura), wtedy tor światła ulega zakrzywieniu na skutek grawitacyjnego przyciągania tego obiektu i na niebie tworzy się obraz źródła światła w formie pierścienia. To tzw. soczewkowanie grawitacyjne daje obraz powiększony, co pozwala na dokładniejsze zbadanie źródła światła. Ale na podstawie stopnia zakrzywienia toru światła, tzn. wielkości pierścienia Einsteina, można również ocenić masę zasłaniającego obiektu. W ubiegłym roku grupa Glena Langstona z National Radio Astronomy Observatory odkryła pierścień Einsteina pochodzący od jasnego, niebieskiego kwazara znajdującego się w odległości około 2,8 miliardów lat świetlnych od Ziemi. Mierząc jego rozmiary oszacowano masę zasłaniającej galaktyki na około 300 miliardów mas Słońca. Jest to około 8 – 16 razy więcej niż wynika to z bezpośredniej obserwacji gwiazd tej galaktyki. Odkrywcy pierścienia Einsteina sugerują więc, że zasłaniająca galaktyka musi zawierać tzw. ciemną materię – czyli materię nie emitującą obserwowalnego promieniowania.

Jan KALINOWSKI, Monachium, RFN