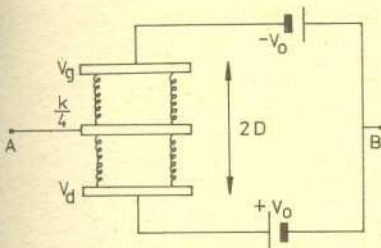


## Kondensator o ujemnej pojemności

Co to jest kondensator — każdy wie.

Pojemność kondensatora jest większa od zera, gdyż ładunek i potencjał jednocześnie zmieniają znak. To oczywiste. Tak jednak być nie musi. Można skonstruować kondensator o ujemnej pojemności, tyle, że nie jest to już tak proste urządzenie. Oto ono



Nasz kondensator składa się z trzech płytek połączonych sprężynami, skrajne płytki są zamocowane, środkowa może się poruszać. Dwie baterie zapewniają różnicę potencjałów  $V_g - V_d = 2V_0$ . Tym samym pole między płytkami ma natężenie  $\frac{V_0}{D}$ . Jeśli teraz

z końcówki A dopłynię na płytkę środkową ładunek  $+Q$ , to płytka ta dotąd będzie przesuwać się w górę, aż sprężyny zrównoważą siłę elektrostatyczną:

$$k \cdot z = \frac{QV_0}{D} \quad \text{więc} \quad z = \frac{QV_0}{kD}$$

Wtedy punkt A będzie miał względem B potencjał

$$V_A = -zE = -\frac{V_0^2}{kD^2} Q.$$

Czyli

$$C = -\frac{kD^2}{V_0^2} < 0.$$

Proponuję, by Czytelnik rozważył następujące problemy:

1. Jak zachowują się obwody  $RC$ ,  $LC$ ,  $RLC$ , gdy  $C < 0$ ?
2. Jak zależy ruch środkowej płytki od częstości zmian napięcia  $V_A$ ? Może warto dodać tłumik oscylacji?

P. Amsterdamski

Choć nie jest prawdą, że każdy element pierścienia Dedekinda rozkłada się jednoznacznie na iloczyn elementów nierozkładalnych, to jednak *każdy ideał pierścienia Dedekinda można jednoznacznie przedstawić w postaci iloczynu ideałów nierozkładalnych* (są nimi niezerowe ideały pierwsze). (Iloczynem ideałów  $I, J$  jest ideał  $IJ$  składający się z sum elementów postaci  $ab$  gdzie  $a \in I, b \in J$ ). Grupy klas pierścieni Dedekinda pojawiających się w teorii liczb były skończone — jak widzieliśmy, znaczy to, że „odchylenie” tych pierścieni Dedekinda od pierścieni z prawem jednoznaczności rozkładu nie jest duże. W pewnym sensie końcową odpowiedź na pytanie, jak mogą się rozkładać elementy pierścienia Dedekinda, zawiera następujące twierdzenie L. Claborna z 1965 roku:

*każda przemienialna grupa abelowa jest grupą klas ideałów pewnego pierścienia Dedekinda.*

Choć wiele na ten temat wiedzieli już Kummer, Dedekind, Kronecker oraz Gauss, dopiero niedawno wyjaśniono do końca, dla jakich liczb pierwszych  $p$  pierścienie  $Z[\zeta_p]$  mają własność jednoznacznego rozkładu. Jedynymi takimi liczbami są mianowicie 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19.

Chociaż ani Kummerowi, ani nikomu innemu do tej pory nie udało się rozstrzygnąć wielkiego problemu Fermata, to jednak stworzone w tym celu pojęcia i metody przydały się i przydadzą się w całej niemal matematyce, a sztuczne z pozoru określenia wyrosły na bardzo konkretnej problematyce. Jest to jedyna właściwa droga rozwoju pojęć matematycznych.

## Czego nie wiemy o neutrinach? (II)

Mgr Roman JUSZKIEWICZ

### CZY NEUTRINA MAJĄ MASĘ?

Przekonanie o tym, że neutrina są cząstkami, pozbawionymi masy spoczynkowej, powstało w latach trzydziestych, kiedy to Wolfgang Pauli, aby uratować bilans energetyczny w reakcji



wprowadził hipotezę o ich istnieniu. Przekonanie to dotrwało praktycznie w stanie nienaruszonym do wiosny roku 1980, mimo że nikomu nie udało się podać doświadczalnego dowodu na to, że masa neutrina jest ściśle równa zero. W roku 1958 Bruno Pontecorvo wysunął przypuszczenie, że jeżeli masa choćby jednego rodzaju neutrin, np.  $\nu_e$ , jest różna od zera, to powinny wystąpić „oscylacje neutrinowe”, tj. przemiany typu  $\nu_e \rightleftharpoons \nu_\mu$ , czy  $\nu_e \rightleftharpoons \nu_\tau$ . Dobrą analogię takiego hipotetycznego procesu stanowią przejścia  $K^0 \rightleftharpoons \bar{K}^0$ , opisane w artykule M. Świąckiego (Delta nr 5/1978). Okres oscylacji zależy od różnicy mas neutrin (z zasady nieoznaczoności wynika, że powinien być on odwrotnie proporcjonalny do tej różnicy). Obserwując takie oscylacje można byłoby zatem zmierzyć różnice mas poszczególnych gatunków neutrin. Całkowity brak oscylacji świadczyłby natomiast o tym, że wszystkie neutrina są cząstkami bezmasowymi. Istnieje również metoda, pozwalająca na bezpośrednie „zważenie” neutrina. Aby tego dokonać, należy zbadać rozkład energii kinetycznej elektronów, uwalnianych w reakcji typu (1). Badając ten rozkład, wyznaczyć można „brakującą” w bilansie energię, która została zużyta na wyprodukowanie masy spoczynkowej neutrina. Latem ubiegłego roku pojawiły się wiadomości, które wywołały prawdziwą sensację. Okazało się mianowicie, że wyniki badań, opartych na obu omówionych metodach, prowadzą do wniosku, że masa neutrina elektronowego jest różna od zera!

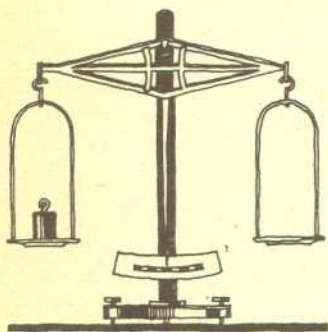
Doniesienia te pochodziły od F. Reinesa i C. Cowana z Uniwersytetu Kalifornijskiego, którzy stwierdzili występowanie oscylacji w strumieniu  $\nu_e$  z reaktora jądrowego, oraz od W. Lubimowa i jego współpracowników z Instytutu Fizyki Teoretycznej i Doświadczalnej w Moskwie, którym udało się wyznaczyć masę neutrina elektronowego z rozkładu energii kinetycznej elektronów, uwolnionych podczas rozkładu trytu (tryt jest izotopem wodoru o jądrze zbudowanym z dwóch neutronów i jednego protonu). Wartość masy  $\nu_e$ , wyznaczona przez Lubimowa, wynosi  $m(\nu_e) = 30$  eV. Wyniki tych doświadczeń należy jednak traktować z dużą ostrożnością. Zdaniem specjalistów, na ich powtórzenie (i ewentualne potwierdzenie) w innych laboratoriach oraz na usunięcie wszystkich wątpliwości potrzeba co najmniej dwóch lat. A na razie w wyniku naszej niepewności co do masy neutrina „na rozdrożu” znalazły się aż trzy dziedziny fizyki: teoria struktury wewnętrznej gwiazd, kosmologia i teoria oddziaływań cząstek elementarnych. Jeżeli oscylacje neutrinowe rzeczywiście występują w przyrodzie, to „problem neutrin słonecznych” może uzyskać nieoczekiwane proste wyjaśnienie. Mianowicie, jest możliwe, że strumień  $\nu_e$ , rejestrowany przez detektor DAVISA stanowi 1/3 wartości przewidywanej przez

teorię po prostu dlatego, że  $2/3$  neutrin, które opuszczają Słońce jako  $\nu_e$  dzięki oscylacjom zamienia się w  $\nu_\mu$  i  $\nu_\tau$  (oscylacje te zachodziłyby w ciągu 8 minut, których te cząstki potrzebują, aby dotrzeć na Ziemię).

Trzydzieści elektronowoltów to bardzo mało. Jest to ponad sto tysięcy razy mniej od masy elektronu (równiej 511000 eV) — cząstki, jeszcze do niedawna uznawanej za najlżejszą spośród wszystkich cząstek elementarnych o niezerowej masie spoczynkowej. Jednak neutrina, mające nawet tak nikłą masę, mogą w sposób decydujący wpływać na globalne własności Wszechświata. Przyczyną tego jest ich ogromna liczebność; na każdy atom wodoru we Wszechświecie przypada bowiem około miliarda neutrin. Istniejące obecnie oszacowania średniej gęstości „zwyckiej” materii, wypełniającej Wszechświat (jest to w  $3/4$  wodór i w  $1/4$  hel) wskazują na to, że jest ona mniejsza od tzw. gęstości krytycznej. Oznacza to, że materia jest tak rozrzedzona, iż wytwarzane przez nią pole grawitacyjne jest zbyt małe na to, aby zahamować proces ekspansji. Jeżeli neutrina są cząstkami o zerowej masie spoczynkowej, to ich wpływ na proces hamowania ekspansji (podobnie jak wpływ pola grawitacyjnego, pochodzącego od promieniowania relikowego) jest jeszcze słabszy niż wpływ materii „zwyckiej”. Tak więc, gdyby okazało się, że  $m(\nu_e) = m(\nu_\mu) = m(\nu_\tau) = 0$ , oznaczałoby to, że mieszkamy we Wszechświecie „otwartym”, tj. takim, w którym proces ucieczki galaktyk będzie trwał wiecznie. Wystarczy jednak, aby  $m(\nu_e) \geq 10$  eV (przy założeniu, że  $m(\nu_\mu) = m(\nu_\tau) = 0$ ), by „domknąć” Wszechświat. Gęstość kosmicznej „zupy neutrinowej”, złożonej z cząstek o takich masach, byłaby większa od gęstości krytycznej, a wytwarzane przez nią pole grawitacyjne — dostatecznie silne, aby po pewnym czasie wyhamować obserwowany obecnie proces ekspansji i zapoczątkować proces „cofania się” galaktyk z powrotem ku nam.

Podstaw do podejrzeń, że neutrina obdarzone są niezerową masą spoczynkową, dostarczają nie tylko wyniki doświadczeń. Rozwijana obecnie teoria Wielkiej Unifikacji oddziaływań słabych, elektromagnetycznych i silnych wymaga, aby  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  i  $\nu_\tau$  miały niejednakowe masy, zawarte między  $10^{-5}$  a kilkudziesięcioma eV. Teoria ta w sposób jednolity opisuje wszystkie fundamentalne oddziaływania występujące w przyrodzie, pomijając jedynie grawitację. Teoria Wielkiej Unifikacji ma już na swoim koncie szereg efektownych sukcesów. Teoria tego typu powinna oczywiście dostarczać również poprawnego opisu neutrin. Dlatego też wyniki doświadczeń Reinesa i Lubimowa mają dla tej teorii ogromne znaczenie: gdyby wyniki te zostały w przyszłości potwierdzone, oznaczałoby to następny sukces teorii, natomiast w przypadku, gdyby np. udowodniono doświadczalnie, iż oscylacje neutrin nie występują w ogóle — mógłby to być początek końca tej teorii (przynajmniej w obecnym sformułowaniu).

Sądzę, iż udało mi się przekonać Czytelnika o tym, że stan naszej niewiedzy o neutrinach jest rzeczywiście imponujący. Nie wiemy, czy neutrina mają masę. Nie wiemy, co dzieje się z  $2/3$  strumienia neutrin słonecznych. Nie wiemy, czy ucieczka galaktyk będzie trwała wiecznie. Nie wiemy wreszcie, czy teoria Wielkiej Unifikacji dostarcza poprawnego opisu zachowania neutrin. Istnieją jednak podstawy do optymizmu. W ciągu najbliższych lat powinniśmy uzyskać odpowiedź na pierwsze spośród powyższych pytań, a wtedy być może „automatycznie” uzyskamy odpowiedzi na trzy pozostałe.



## Zadania

Redaguje mgr Krzysztof S. NOWIŃSKI

**M 259.** W punktach 0 i 1 wielomian  $p(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_0$  o współczynnikach całkowitych przyjmuje wartości nieparzyste. Wykazać, że wielomian  $p$  nie ma pierwiastków całkowitych.

Rozwiązanie na str. 2

**M 260.** Na płaszczyźnie dane są proste  $p$ ,  $q$ ,  $r$  przecinające się w punkcie 0. Zbudować trójkąt  $ABC$ , dla którego proste  $p$ ,  $q$ ,  $r$  są symetralnymi boków.

Rozwiązanie na str. 14

**M 261.** Wykazać, że gdy  $W$  jest wielokątem wypukłym i  $-\frac{1}{2} \leq t < 0$ , to istnieje punkt  $S$  taki,

że obraz  $W$  przy jednokładności  $J_S^t$  o środku w  $S$  i współczynniku  $t$  leży wewnątrz  $W$ .

Rozwiązanie na str. 2

Redaguje mgr T. TRATKIEWICZ

**F 92.** Dysponujemy źródłem napięcia o sile elektromotorycznej  $\mathcal{E}$  oraz dwoma kondensatorami. Wykazać, że można zestawić z tych kondensatorów baterię naładowaną do napięcia dowolnie bliskiego wartości  $3\mathcal{E}$ . Źródło SEM nie może wchodzić w skład baterii.

Rozwiązanie na str. 9