



$$|E(a', b) - E(a', b')| \leq 2 \pm (E(a, b') + E(a, b)),$$

a z tego już łatwo (ćwiczenie numer dwa) otrzymujemy to, co nazywa się szumnie „nierównością Bella” (wystarczy sprytnie dobrać znaki: raz plus, a raz minus w powyższym wyrażeniu)

$$-2 \leq S(a, b, a', b') \leq 2,$$

gdzie

$$S(a, b, a', b') = E(a, b) + E(a, b') + E(a', b) - E(a', b').$$

Chyba nikt nie spodziewa się, że ten prosty wzorek może tak wiele znaczyć! A tutaj czeka spora niespodzianka. Okazuje się (te rachunki sobie już darujemy), że jeśli „zapytać” mechanikę kwantową, jaka jest wartość funkcji  $S$  dla pewnych szczególnych ustawień detektorów, to okaże się, że możemy dostać wynik nawet  $S = 2\sqrt{2}$ . Każdy widzi, że łamie to powyższą nierówność (taki wynik jest przecież większy niż dwa!). Mamy nareszcie to, na co czekaliśmy: znaleźliśmy możliwość eksperymentalnej weryfikacji przyjętych założeń (determinizmu i lokalności) w naszym prostym modelu. Wystarczy w odpowiedni sposób ustawić polaryzatory, przepuścić przez nie wiele par elektron-pozyton, obliczyć wartości średnie i utworzyć z nich kombinację  $S$ . Jeżeli otrzymany wynik przekroczy wartość 2 (zgodnie z przewidywaniami mechaniki kwantowej), to otrzymamy bezpośredni dowód nieadekwatności przyjętych założeń do badanej sytuacji fizycznej!

#### 4. Jaki jest werdykt?

Eksperymenty badające nierówności Bella (w nieco zmienionej formie, przystosowanej do możliwości praktycznych) zostały już wykonane. Jak dotąd, ogłaszano jednogłośnie werdykty na korzyść mechaniki kwantowej: nierówności Bella są łamane! Cóż to może oznaczać? Na pewno tyle, że przyjęty przez nas dość ogólny model lokalnych teorii parametrów ukrytych nie jest poprawnym opisem praw przyrody. Wydaje się, że nic sobie ona nie robi z naszych zdroworoządkowych oczekiwań.

I jeszcze jedna uwaga. Przedziwnego, nielokalnego „efektu EPR” nie da się użyć do przesyłania ponadświatowych sygnałów. Dlaczego? A niby w jaki sposób? Co prawda, każdy obserwator, dokonując swojego pomiaru, wie z całą pewnością, jaki wynik otrzyma jego kolega. Cóż jednak z tego, skoro żaden z nich nie jest w stanie sterować otrzymywanymi wynikami, a jedynie je odczytywać? Próba przesyłania informacji za pomocą zjawiska EPR trochę przypominałaby pisanie listu urządzeniem losującym kolejno różne litery alfabetu. Znamy treść wysłanego listu, jednak nie potrafimy jej stworzyć.



## Zadania

Redaguje Łukasz WIECHECKI

**M 952.** Dana jest funkcja  $f : \mathbb{N}_0 \rightarrow \mathbb{N}_0$ , gdzie  $\mathbb{N}_0$  jest zbiorem wszystkich nieujemnych liczb całkowitych. Udowodnić, że równość  $f(f(n)) = n + 2001$  nie może być spełniona dla wszystkich  $n \in \mathbb{N}_0$ .

Rozwiązanie na str. 15

**M 953.** Udowodnić, że istnieje funkcja  $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  spełniająca dla wszystkich  $n \in \mathbb{N}$  warunek  $f(f(n)) = n^2$ .

Rozwiązanie na str. 16

**M 954.** Funkcja  $f : \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{R}$  spełnia warunek

$$f(n) = \begin{cases} n - 100 & \text{dla } n > 2000, \\ f(f(n + 101)) & \text{dla } n \leq 2000. \end{cases}$$

Udowodnić, że funkcja przyjmuje dla wszystkich  $n \leq 2000$  tę samą wartość i znaleźć ją.

Rozwiązanie na str. 9

Redaguje Ewa CZUCHRY

**F 547.** Średnia długość fali promieniowania żarówki o spiralnym włóknie, wykonanym z metalu, wynosi  $12 \cdot 10^{-5}$  cm. Znaleźć liczbę fotonów, wysyłanych w jednostce czasu przez żarówkę o mocy 200 W.

Rozwiązanie na str. 6

**F 548.** Korzystając z prawa zachowania energii i pędu, wykazać, że swobodny elektron nie może pochłoniąć fotonu.

Rozwiązanie na str. 7

