

Sama aparatura jest w zasadzie bardzo prosta, poza niewielkim monokryształem kobaltu (typowe wymiary $1 \times 1 \times 5$ mm) składa się z licznika scyntylicyjnego i wielo- lub jednonkanałowego analizatora amplitudy. Dokładność wyznaczenia temperatury wynosi ok. 2% w 40 mK, a przy 2 mK jest nieco gorsza i wynosi ok. 7%.

Termometria NMR

Zastosowanie NMR do termometrii niskotemperaturowej pozwoliło przesunąć granicę pomiaru temperatury poniżej 1 mK. Wszystkie przeprowadzone w ciągu ostatnich 2–3 lat eksperymenty, w których osiągnano temperatury $0,3 \div 0,4$ mK wykorzystywały tę właśnie zasadę pomiaru. Metoda NMR wykorzystuje fakt istnienia nieskomplikowanej zależności między temperaturą a momentem magnetycznym jąder atomowych. Wielkości te są odwrotnie proporcjonalne. Aby zmierzyć temperaturę, trzeba zatem zmierzyć moment magnetyczny jąder atomowych badanej próbki. Można to osiągnąć tak: Umieszczamy próbkę w stałym i jednorodnym polu magnetycznym. W tych warunkach wektor momentu magnetycznego każdego z jąder atomowych wykonuje ruch precesyjny wokół kierunku przyłożonego zewnętrznego pola magnetycznego z określoną częstością (tzw. częstość Larmora), a znajomość jej pozwala na obliczenie momentu magnetycznego jądra. Z kolei częstość Larmora wyznaczamy tak: Poddajemy próbkę działaniu fal elektromagnetycznych o częstości radiowej. Gdy częstość tych fal jest równa częstości Larmora, następuje rezonans: energia fal zamienia się w energię ruchu precesyjnego. Zatem, gdy będziemy znać długość fali elektromagnetycznej w chwili wystąpienia rezonansu, będziemy też wiedzieć, jaka jest częstość Larmora, więc i moment magnetyczny jąder, zatem i temperatura próbki.

Odwrotna proporcjonalność temperatury i momentu magnetycznego jąder obowiązuje aż do obszaru mikrokelwinowego i do tej granicy może służyć do wyznaczania temperatury. Próbkami termometrycznymi są sproszkowane metale, głównie miedź lub platyna.

Poza próbką należy w obszarze niskotemperaturowym umieścić także miniaturową cewkę zasilaną falami o częstości radiowej, będącą jednocześnie detektorem pochłaniania energii przez próbkę. Jest to duża niedogodność metody, same przewody elektryczne są już źródłem ciepła doprowadzonego do obszaru „zimnego”. Ponadto należy wytworzyć zewnętrzne pole magnetyczne o dużej jednorodności i stabilności. Jednakże wszystkie te mankamenty są z nawiązką skompensowane przez sam fakt wiarygodnego odczytu temperatury w zakresie mikrokelwinów. Uparte dążenie fizyków do osiągnięcia bezwzględnego zera przy pomocy coraz to bardziej zaawansowanych technik doświadczalnych nie jest rekordomanią. Odkryte w ostatnich latach fascynujące zjawiska fizyczne (nadciekłość ^3He , uporządkowanie magnetyczne zestalonego ^3He) świadczą o wielu nie zbadanych jeszcze możliwościach fizyki niskich temperatur. Fascynujące wydaje się być również i to, że granica zera bezwzględnego nie może być osiągnięta, fizyka niskich temperatur nie ma więc kresu...



Zadania

Redaguje mgr Krzysztof NOWIŃSKI

M 205. Wielomian $p(x) = x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \dots + a_1x + a_0$ ma n różnych pierwiastków całkowitych x_1, \dots, x_n . Wykazać, że wielomian $p(x) - 1$ nie może być iloczynem dwóch wielomianów niższego stopnia o współczynnikach całkowitych.

Rozwiązanie na str. 11

M 206. Znaleźć wszystkie wielomiany $p(x) = x^4 + a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$, mające 4 różne pierwiastki całkowite i takie, że $p(x) + 1$ rozkłada się na iloczyn dwóch wielomianów niższego stopnia o współczynnikach całkowitych.

Rozwiązanie na str. 7

M 207. Rozwiązać układ równań $\sin(2x + 3y) = 0$

$$\sin(3x + y) = 0$$

Rozwiązanie na str. 8

Redaguje dr Halina Abramowicz

F 69. a. Jaka musi być masa gazów wypływających w jednostce czasu przez dyszę rakiety, aby rakieta mogła oderwać się od Ziemi? Prędkość wypływu gazów wynosi $w = 2$ km/s, a masa startującej rakiety $m_0 = 2729$ t (masa rakiety Saturn V z księżycowym statkiem Apollo).

b. W jakim czasie silniki rakiety startującej z Księżyca (brak oporu atmosfery) powinny wyrzucić określoną ilość gazów o stałej prędkości, na to by rakieta osiągnęła maksymalną wysokość?

Rozwiązanie na str. 16

