wówczas, że operacja różniczkowania d/dx ma własności „destrukcyjne". Jej działanie obniża potęgę jednomianu. Operacja różniczkowania zastosowana do skończonej kombinacji różnych potęg zmiennej x, to znaczy do wielomianu, też obniża jego stopień. Po skończonej liczbie różniczkowań zniszczeniu ulega wszystko. Rezultatem jest zero. Oczywiście funkcja x^n to jakby stan n-fotonowy, a operacja różniczkowania to operacja pomiaru powiązana z pochłonięciem fotonu. Pomiar koincydencyjny to ... druga pochodna. Nawet współczynnik się zgadza! Przecież

$$\frac{d^2}{dx^2}(x^n) = n(n-1)x^{n-2}. \tag{6}$$

Czy nasza analogia daje się rozszerzyć na stany koherentne? Tak. Znamy funkcję wykładniczą, która nie ulega zmianie w wyniku różniczkowania. To właśnie funkcja wykładnicza reprezentuje w naszej analogii stan koherentny, a potęgowa — stan o określonej liczbie fotonów.

Przedstawiona tu analogia jest znacznie głębsza niż mogłoby się wydawać. Wiąże się ona blisko z bardzo użyteczną w kwantowym opisie stanów pola tak zwaną reprezentacją Bargmanna.

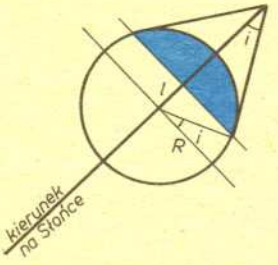
Czas na uwagi końcowe:

1. Od wielu lat dokonuje się pomiarów współczynnika korelacji $g^{(2)}$, choć nieco inaczej niż w opisany tu, wyidealizowany sposób. Bardzo często okazuje się, że $g^{(2)} = 1$, a bliższe badania potwierdzają, że mamy do czynienia ze stanem koherentnym. W istocie każdy dobrze stabilizowany laser o pracy ciągłej wytwarza pole elektromagnetyczne bardzo bliskie idealnemu stanowi koherentnemu.

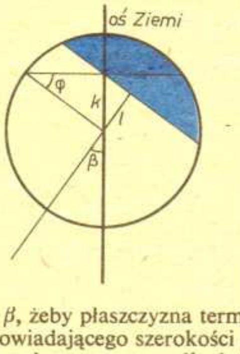
2. Zjawisko $g^{(2)} < 1$, tak jak dla stanu N-fotonowego, nosi nazwę antygrupowania i od lat trwają próby odkrycia go. Próby te przyniosły częściowy sukces. W dwóch laboratoriach: w Rochester (USA) L. Mandel ze współpracownikami oraz w Monachium (RFN) H. Walther ze współpracownikami otrzymali wyniki zgodne z warunkiem $g^{(2)} < 1$.

3. Współczynnik korelacji może być także większy od jedności. Mówimy wówczas o grupowaniu fotonów. Bardzo powszechnie spotykany stan pola — stan równowagi cieplnej — ma $g^{(2)} = 2$. To także dosyć łatwo daje się zmierzyć.

Kiedy zaczyna się jesień?



Odległość l płaszczyzny terminatora od środka Ziemi jest równa $R\sin i$.



Szukamy takiego kąta β, żeby płaszczyzna terminatora przecinała rzut równoleżnika odpowiadającego szerokości geograficznej φ na połowę. Jeżeli przez k oznaczymy odległość płaszczyzny równoleżnika od środka Ziemi, $k = R\sin\varphi$, to $\cos\beta = \frac{l}{k} = \frac{\sin i}{\sin\varphi}$. β jest kątem między osią Ziemi a kierunkiem na Słońce, jest on związany z deklinacją Słońca wzorem $\beta = 90^\circ + \delta$. Jeżeli wprowadzimy taki układ współrzędnych, w którym oś X skierowana jest w stronę punktu Wagi, oś Y jest prostopadła do niej i leży w płaszczyźnie orbity Ziemi, a oś Z jest prostopadła do płaszczyzny orbity, to wektor kierunkowy osi Ziemi $\mathbf{v} = (0, \sin\varepsilon, \cos\varepsilon)$, a wektor kierunkowy leżący na prostej Słońce-Ziemia to $\mathbf{u} = (\cos\mu, \sin\mu, 0)$, gdzie μ jest kątem w płaszczyźnie orbity Ziemi, liczonym od osi X ($\mu = \alpha - 180^\circ$, α jest tu rektascensją Słońca).

Zatem $\cos\beta = \mathbf{u}\cdot\mathbf{v} = \sin\varepsilon\sin\mu$, czyli $\mu = \arcsin\left(\frac{\sin i}{\sin\varphi\sin\varepsilon}\right)$, o taki kąt powinna przemieścić się Ziemia na orbicie w stosunku do punktu równonocy, żeby na danej szerokości geograficznej φ nastąpiło zrównanie dnia z nocą.

Zwykle spotykacie się z jedną z dwóch odpowiedzi: (a) jesień zaczyna się w dniu równonocy we wrześniu lub (b) z chwilą przejścia Słońca przez punkt wyznaczony przez przecięcie płaszczyzny ekliptyki z płaszczyzną równika (tzw. punkt Wagi) — 23 września. Chociaż każde z określeń odwołuje się do innego zjawiska, ich równoważność wydaje się oczywista, przecież w momencie przejścia przez punkt Wagi Słońce świeci prostopadle do osi ziemskiej: powinno wówczas oświetlać dokładnie połowę każdego równoleżnika. Czy wobec tego 23 września dzień i noc trwają równie długo? Okazuje się, że dzień 23 września jest o kilka minut dłuższy od następującej po nim nocy, a zrównanie dnia z nocą przypada 26 września — możecie to łatwo sprawdzić obserwacyjnie lub zajrzeć do kalendarza podającego godziny wschodu i zachodu Słońca. Rozbieżność tę powodują występowanie refrakcji oraz duże rozmiary Słońca. Oba czynniki dodają się sprawiając, że Słońce oświetla zawsze więcej niż połowę powierzchni Ziemi, a cień za Ziemią ma kształt stożka, a nie walca, jak się zwykle zakłada. Kąt i — między wysokością i tworzącą stożka wynosi $i \approx 50'$. Jeżeli Słońce oświetla więcej niż połowę powierzchni Ziemi, oznacza to, że gdy świeci ono prostopadle do osi ziemskiej, dzień musi być dłuższy od nocy. Wyrównanie długości dnia i nocy dla danej szerokości geograficznej występuje więc o kilka dni później. Opóźnienie t zrównania dnia z nocą w stosunku do początku astronomicznej jesieni opisuje wzór

$$\frac{2\pi}{T}t = \arcsin\left(\frac{\sin i}{\sin\varphi\sin\varepsilon}\right),$$

gdzie φ — szerokość geograficzna, $\varphi \neq 0$, T — okres obiegu Ziemi wokół Słońca, ε — kąt między płaszczyzną ekliptyki i płaszczyzną równika. Podstawiając dane np. dla Warszawy $\varphi \approx 52^\circ$ i wiedząc, że $\varepsilon = 23^\circ 27'$ otrzymujemy $t = 2{,}7$ dnia. Wymieniony wyżej wzór można stosować tylko dla takich kątów φ, że $\sin\varphi \geqslant \sin i/\sin\varepsilon$, dla mniejszych φ dzień jest zawsze dłuższy od nocy!

A.M.