

Autore: Carlo Santagata

Effetto Casimir: una nuova interpretazione

09/12/2006

1 Introduzione

Il fisico Marcello Piccolo [1] così descrive questo interessante fenomeno.

Cos'è l'effetto Casimir ? Chi era costui? Cos'è l'energia punto zero ?

■ L'effetto Casimir fu postulato nel 1948 dal fisico olandese Hendrick Casimir ed a **tutto oggi può essere considerato uno dei pochi effetti macroscopici della meccanica quantistica**. La fenomenologia dell'effetto è semplice: fra due piastre conduttrici NON elettricamente cariche (che per semplicità considereremo piane) affacciate si esercita una forza attrattiva: tale forza non può essere spiegata con alcun fenomeno di tipo classico. La spiegazione del fenomeno è invece tutt'altro che semplice: ha a che vedere con il modo in cui si definisce il vuoto nella meccanica quantistica.

Nella fisica classica una regione di spazio in cui non sono presenti particelle o campi è definita come vuota; in fisica quantica, a causa del principio di indeterminazione è impossibile garantire l'assenza completa di particelle e/o campi in una regione dello spazio: il vuoto non può essere considerato uno stato a zero energia a causa delle fluttuazioni quantiche che a loro volta comportano la creazione e distruzione di particelle virtuali che, per altro, vivono lassi di tempo brevi, ma finiti.

Poiché non esistono fenomeni analoghi nella vita e nella esperienza di tutti i giorni possiamo provare a immaginare analogie che, per forza di cose, saranno non rigorose nella descrizione del fenomeno in questione.

Immaginiamo che il vuoto quantistico sia uno stato in cui continuamente si formino e scompaiano delle palline; pensiamo per fissare le idee qualcosa come una bolla di sapone (che dovremo supporre rigida però) che nasce e dopo un certo tempo scoppia. Supponiamo inoltre che quanto più il raggio delle palline sia piccolo tanto più le palline siano pesanti.

Se immaginiamo di avere una superficie solida in una qualsiasi regione di spazio (pieno di queste palline) ad ogni fissato istante di tempo un certo numero di palline urterà la superficie solida, provenendo da destra e un altro numero di palline la urterà provenendo da sinistra: per ragioni di simmetria i due numeri dovranno essere in media uguali e quindi nessuna forza verrà esercitata sulla piastra. Se adesso mettiamo due piastre affacciate l'una all'altra succederà che sulle due facce esterne delle superfici il fenomeno dell'urto delle palline sarà analogo a quanto abbiamo descritto prima; per quanto riguarda le facce interne adesso dobbiamo tenere conto che non possiamo avere palline che abbiano un diametro più grande della distanza a cui sono state posizionate le due lastre. In questo caso l'equilibrio tra gli urti sulle due facce delle lastre viene alterato: il numero di urti dalla parte esterna di TUTTE E DUE le piastre è maggiore del numero corrispondente di urti dalla parte interna. Le cose quindi vanno come se sulle due piastre agisse una forza che tende ad avvicinarle e l'effetto ci si aspetta essere tanto più grande quanto più piccola è la distanza fra le piastre in esame in quanto le palline piccole sono state supposte essere più pesanti. È bene sottolineare ancora che l'analogia presentata è ben lungi dall'essere rigorosa e deve essere vista come un modo di illustrare un fenomeno abbastanza complesso che non ha analoghi nel mondo macroscopico in cui viviamo.

■ Cerchiamo ora di dare un valore quantitativo all'effetto. Il modulo della forza di attrazione tra le piastre dipende dalla superficie delle piastre e dalla loro distanza secondo la formula:

$$F = \pi \frac{hC}{480d^4} S \quad (1.1)$$

dove h è la costante di Planck c la velocità della luce d la distanza fra le due piastre ed S la loro superficie. La forza, come specificato precedentemente, è di tipo attrattivo; le due piastre tendono ad avvicinarsi. L'effetto di cui sopra è estremamente piccolo.

Le recenti verifiche sperimentali [2] hanno trovato dei valori sperimentali in accordo con quelli teorici nell'ambito del 15%.

Questo effetto è sinteticamente rappresentato dalla seguente figura [3]



Questo effetto ha anche dato adito a molte e forti speculazioni riportate in articoli quali l' **Effetto Casimir e antigravità** di M. Nardelli [4] o **L'ingegneria del wormhole** di John Gribbin [5].

In conclusione, se due piastre conduttrici, allo stesso potenziale, vengono sufficientemente avvicinate, si manifesta una forza che attualmente viene ad essere attribuita a fluttuazioni quantistiche di energia che, grazie al principio di indeterminazione di Heisenberg, non può essere nulla. Ed è questo uno dei pochissimi effetti macroscopici, se non l'unico, dell'attuale meccanica quantistica. Da qui la sua grossa importanza anche per applicazioni tecnologiche d'avanguardia.

2 La nuova soluzione

Negli scritti dell'autore di questo articolo [6], si è dimostrato che molteplici proprietà macroscopiche della materia quali il modulo di elasticità, la velocità del suono in essa, il coefficiente di dilatazione termica etc. sono tutte grandezze che possono essere dedotte da semplici ed inedite formule in cui appare la carica dell'elettrone, la distanza interatomica e la massa degli atomi che compongono la materia in esame.

Pur prendendo come base di partenza la più semplice struttura cristallina esistente in natura e cioè il comune cristallo di sale Na^+Cl^- si sono scritte le seguenti formule [6] (sistema c.g.s.).

$$v = \sqrt{\frac{2e^2}{m\psi}} \quad (2.1)$$

La (2.1) da la velocità del suono nella materia e da essa si ottengono gli stessi valori che fornisce la nota formula di Newton

$$v = \sqrt{\frac{E_Y}{\rho}}, \quad (2.2)$$

dove E_Y è il modulo di elasticità di Young della materia in esame e ρ è la sua densità. Il fatto che la (2.1) dia valori direttamente confrontabili con quelli dati dalla (2.2) è giustificabile tenuto conto che dalla (2.1) discende appunto la (2.2). Infatti si ha

$$v = \sqrt{\frac{2e^2}{m\psi}} = \sqrt{\frac{\frac{2e^2}{\psi^4}}{\frac{m}{\psi^3}}} = \sqrt{\frac{E_Y}{\rho}} \quad (2.3)$$

e dunque si vede che il modulo di elasticità, deducibile attualmente solo da prove di laboratorio, viene ad essere dato dalla inedita relazione teorica

$$E_Y = 2 \frac{e^2}{\psi^4} \quad (2.4)$$

mentre notoriamente la densità è data da

$$\rho = \frac{m}{\psi^3} \quad (2.5)$$

tenuto conto che si è indicato con ψ la distanza tra un atomo ed un altro e che, quando la materia in esame è composta da atomi che hanno masse diverse m viene a rappresentare la massa ridotta. Per la facile deduzione della (2.1) si rimanda all'articolo [6]. Il fatto che la materia è coesa per legami elettromagnetici, oltre che per un fatto puramente intuitivo, è dimostrato in modo inconfutabile appunto dalla (2.3) in quanto è facile riconoscere che essa può essere scritta

$$v = \sqrt{\frac{\frac{2e^2}{\psi^4}}{\frac{m}{\psi^3}}} = \frac{\frac{\sqrt{2e^2}}{\psi^2}}{\frac{\sqrt{m\psi}}{\psi^2}} = \frac{\text{campo elettrico}}{\text{campo magnetico}}. \quad (2.6)$$

Si può inoltre dimostrare che queste equazioni [6], anche se sono state dedotte partendo dalla semplice struttura cristallina del sale da cucina, danno sempre valori dello stesso ordine di grandezze dei dati di carattere sperimentale per dei più disparati materiali, purché omogenei, e sono abbastanza valide per qualsiasi stato della materia e quindi anche i gas. E' evidente che il numero 2 che appare a numeratore della (2.4) varierà a seconda della struttura che si studia più accuratamente. Ciò detto, consideriamo adesso la struttura cristallina data in fig. 1.

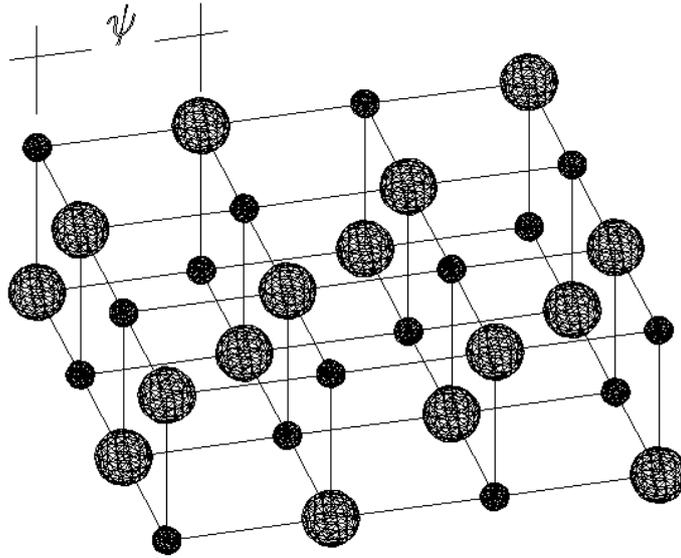


Fig. 1

Vediamo cosa accade se applichiamo sulle facce di sinistra e di destra due forze uguali e contrarie [6]. Un singolo ione agisce su una superficie pari a ψ^2 e quindi dobbiamo applicare una pressione pari a

$$\frac{F}{A} = 2 \frac{e^2}{\psi^2} \frac{1}{\psi^2} = 2 \frac{e^2}{\psi^4} \quad (2.7)$$

che controbilancia la forza elettromagnetica che si desta all'interno del cristallo. Da ciò segue che la forza applicata è pari a

$$F = 2 \frac{e^2}{\psi^4} A. \quad (2.8)$$

Adesso affianchiamo al cristallo di fig. 1 un cristallo identico così come si evince dalla fig. 2, in modo tale che le due facce prospicienti dei due cristalli siano parallele e stiano ad una distanza pari a d . Con ciò andiamo a realizzare due piastre di Casimir che si fronteggiano.

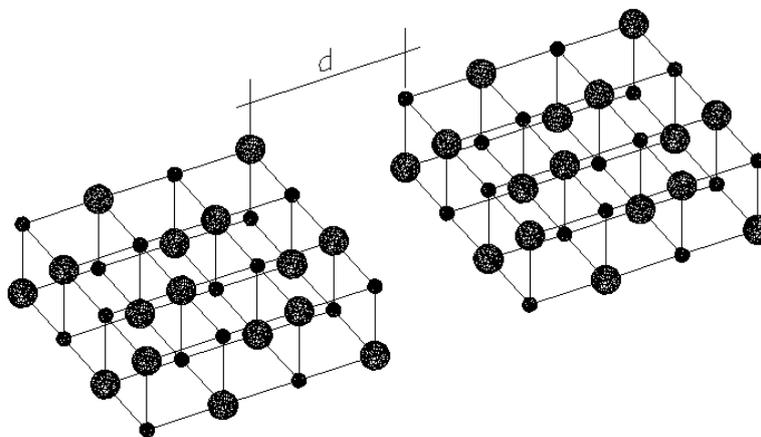


Fig. 2

Evidentemente i due cristalli saranno attratti tra loro da una forza approssimativamente data da

$$F = 2 \frac{e^2}{d^2} \frac{1}{\psi^2} A. \quad (2.9)$$

Ricordando il noto legame

$$2 \pi e^2 137 = h C \quad (2.10)$$

la (2.9) diventa

$$F = 2 \frac{e^2}{d^2} \frac{1}{\psi^2} A = 2 \frac{h C}{2 \pi 137} \frac{A}{d^2 \psi^2} = 2 \frac{h C}{860.79} \frac{A}{d^2 \psi^2} = \frac{h C}{430.95} \frac{A}{d^2 \psi^2}. \quad (2.11)$$

Se la distanza tra le due facce dei due cristalli è dello stesso ordine di grandezza della distanza interatomica si ha evidentemente

$$\boxed{F = \frac{h C}{430.95} \frac{A}{d^4}} \quad (2.12)$$

che è direttamente paragonabile con quella dedotta da Casimir nell'ipotesi di fluttuazioni nel vuoto di punto zero

$$F = \frac{\pi h C}{480} \frac{A}{d^4} \quad (2.13)$$

ma è evidente che la (2.11) è più generale di quest'ultima in quanto prevede comportamenti diversi a seconda del materiale usato e della distanza esistente tra le due piastre.

D'altra parte l'attendibilità della (2.11), almeno allo stato attuale, è sostenuta dal fatto che il modulo di elasticità sperimentale dell' *NaCl* è pari a

$$E_y = 0.5 \times 10^{12} [\text{dyne} / \text{cm}^2] \quad (2.14)$$

e quello teorico fornito dalla (2.4) è dato da

$$E_y = 2 \frac{(4.8 \times 10^{-10})^2}{(2.85 \times 10^{-8})^4} = 0.6 \times 10^{12} [\text{dyne} / \text{cm}^2]. \quad (2.15)$$

In base a quanto ora rilevato si vede subito che l'effetto Casimir è univocamente collegabile all'effetto qualitativo di Majorana (effetto Volta) [7] e trova nella (2.11) una sua chiara generalizzazione.

3 Conclusioni

La previsione di Casimir presuppone, nel vuoto più spinto, l'esistenza di un'energia non nulla.

L'esperimento con il quale invece si verifica tale previsione teorica considera questo vuoto ipotetico racchiuso tra due piastre metalliche, poste ad una distanza tra loro dello stesso ordine di grandezza delle distanze esistenti tra gli atomi che compongono le piastre stesse.

Dunque si presuppone che le manifestazioni elettromagnetiche esistenti tra gli atomi che compongono le due piastre siano completamente nulle sulla superficie delle piastre ed al di là delle stesse, negando in toto l'effetto voltaico messo in evidenza dall'esperienza di Majorana [7] nonché quelle, molto più evidenti, di capillarità.

D'altra parte la stessa relazione teorica di Casimir

$$F = \pi \frac{hC}{480d^4} S \quad (3.1)$$

ricordando la nota relazione

$$2\pi 137 e^2 = hC \quad (3.2)$$

diventa

$$F = 5.6 \frac{e^2}{d^4} S \quad (3.3)$$

in cui chiaramente si vede l'innegabile esistenza di un campo elettrico "nel vuoto" esistente tra le facce delle due piastre e quindi nella materia.

C'è dunque un insanabile conflitto tra le deduzioni ed implicazioni teoriche dell'effetto Casimir da una parte, l'esperienza di Majorana [7] e gli effetti della capillarità, dall'altra.

Questo conflitto può sanarsi solo ammettendo che nel vuoto tra le due piastre esiste un campo elettrico residuo all'esterno della materia stessa che va ad occupare tale vuoto.

D'altra parte, se si ammette che nel detto vuoto esiste un'energia del tipo

$$E = \frac{1}{2} h\nu = \frac{1}{2} \frac{hC}{\lambda} \quad (3.4)$$

si ha anche, considerando la (3.2), che questa energia può scriversi

$$E = \frac{1}{2} \frac{hC}{\lambda} = \frac{1}{2} \frac{2\pi 137 e^2}{\lambda} \quad (3.5)$$

Se si pone [7]

$$\lambda = 2\pi 137 d \quad (3.6)$$

si ha che questa energia esistente nel vuoto, confinato dalla materia, può porsi, più direttamente e semplicemente, anche pari

$$E = \frac{1}{2} \frac{e^2}{d}. \quad (3.7)$$

L'equazione (3.6) consente una rilettura dell'opera di Planck [9].

Bibliografia

- [1] <http://scienzapertutti.lnf.infn.it/risposte/ris26.html>
- [2] G. Bressi et al. 2002 **Phys. Rev. Lett.** **88** 041804
- [3] <http://www.webalice.it/angelo.petralia/casimir.html>
- [4] http://blog.mrwebmaster.it/string/16034/effetto_casimir_e_antigravita_m_nardelli.html
- [5] <http://www.intercom.publinet.it/time/gribbin9.htm>
- [6] www.carlosantagata.it **Un'insospettabile connessione tra Macro e Microcosmo**
- [7] E. Perucca **Fisica Generale e Sperimentale** UTET Vol. II Tomo II pag. 687
- [8] www.carlosantagata.it **Nuove relazioni quantistiche**
- [9] www.carlosantagata.it