

Qualche osservazione per alleggerire l'overload semantico dell'espressione "polarizzazione del fotone"

Nella discussione che segue, si usa per semplicità un linguaggio inesatto, parlando di campo elettrico o magnetico del fotone come se il concetto di campo elettrico o magnetico si potesse applicare ai singoli fotoni: mentre questo rigorosamente non è possibile, trattandosi di concetti essenzialmente classici, tuttavia risulta abbastanza utile per qualche scopo immaginare gli stati di polarizzazione di un fotone come legati alle direzioni di oscillazione dei campi \mathbf{E} e \mathbf{B} dell'analogia classica.

Con il termine polarizzazione del fotone si intendono a volte cose diverse

Fotoni reali

A) Poiché i campi vibrano trasversalmente alla direzione di propagazione

→ I campi hanno solo polarizzazione trasversale

Significato: Un fotone reale è descritto da A_μ (4 componenti), ma la componente tempo e la componente longitudinale non contribuiscono all'energia e alle altre osservabili; restano le componenti trasverse, dalle quali segue che \mathbf{E} (e \mathbf{B}) sono anch'essi puramente trasversi (ricordare che p.es. $\mathbf{E} = -\partial\mathbf{A}/\partial t$ con $\phi = \cos t$)

B) Poiché ci sono solo 2 gradi di libertà di spin (gauge invariance)

→ Gli stati di spin di un fotone reale si costruiscono con due soli stati base, p.es.:

2 stati a polarizzazione longitudinale (= elicita') definita

[Polarizzazione circolare classica]

Significato: Lo spin è diretto (anti)/parallelamente alla quantità di moto, e la sua proiezione è definita e ha valore medio = (-1) , $+1$, rispettivamente

oppure

2 stati a polarizzazione longitudinale (= elicita') non definita

[Polarizzazione lineare classica]

Significato: Lo spin e' sempre diretto come sopra, ma la sua proiezione e' indefinita, ossia ha valor medio $= 0$

Quindi, la polarizzazione di un fotone reale e' trasversa e/ma longitudinale: **trasversa** se parliamo del piano di vibrazione dei campi E e B , o di A **longitudinale** se parliamo della direzione dello spin

* Fotoni virtuali *

Gli stati base dello spin sono 3 e non 2, perché il fotone virtuale non è massless; non è più vero che negli stati a polarizzazione longitudinale definita, essa (ossia, l'elicita') può essere solo $+1$ o -1 , anche 0 può comparire. Il modo di trattare problemi in cui il campo elettromagnetico è accoppiato a correnti conservate non è unico: di solito, però, in applicazioni perturbative - quindi praticamente sempre - si tende a usare il formalismo covariante dei diagrammi di Feynman. Nel formalismo covariante dei diagrammi di Feynman il fotone virtuale ha 4 stati di polarizzazione, e non 2 soltanto: si può mostrare tuttavia che la combinazione delle componenti scalare + longitudinale corrisponde al contributo del *potenziale coulombiano statico* (istantaneo), mentre le componenti trasversali contribuiscono al *campo di radiazione*.

La componente a elicita' 0 risulta quindi come somma della componente scalare di A_{μ} (ossia, la componente tempo, che ha evidentemente $J=0$), indicata a volte come 'fotone scalare', e di quella vettoriale con proiezione $= 0$, a sua volta spesso indicata come 'fotone longitudinale': dal punto di vista della visualizzazione degli stati di polarizzazione, si noti che qui *scalare* vuole indicare un bizzarro fotone il cui campo elettrico 'oscilla lungo l'asse dei tempi' (qualunque cosa questo voglia dire), ossia in nessuna direzione spaziale, mentre *longitudinale* vuole indicare un fotone, quasi altrettanto bizzarro, il cui campo elettrico oscilla lungo la direzione di propagazione. Per il fotone virtuale la polarizzazione, intesa invece come direzione dello spin, ha le stesse proprietà di quella di una particella vettoriale massiva, oltre che quelle - evidentemente nulle - di una particella scalare.