

PAR. 7.1 FOTONI

una possibilità di inizio di nuova fisica ?

L'annichilazione di elettroni e positroni, parimenti ad altri tipi di interazioni, produce fotoni.

Nel PAR. 6.7 è stato presentato un meccanismo che rende conto dell'annichilazione attraverso le 10.6.7 (zona cariche) e 12.6.7 (zona masse) e relative figure. A seguito delle precisazioni fatte in calce al PAR. 6.7 è possibile delineare meglio alcune caratteristiche salienti del fotone. Descriverò solo una sequenza di passi concettuali non di eventi fisici.

Riprendo la 15.6.7 che riscrivo in maniera più compatta:

$$1.7.1) - \frac{d^2 \chi_m^2}{2} y''(r) + \frac{d^2 \chi_m^2}{r^2} y(r) = y(r) \quad (\text{la soluzione, molto articolata, è del tipo: } y(r) = y(r) \sin(r), \cos(r))$$

Integro la 1.7.1 usando MTH con opportune condizioni al contorno, usando $R_{in} = 1$ per semplificare il calcolo e ricavandone: $\chi_m = 2\pi/\alpha$. Elevo al quadrato e ottengo, a meno di una costante di normalizzazione, la densità di presenza radiale di FIG. 7.1.A, che è illustrata tridimensionalmente e approssimativamente in FIG. 7.1.B.

Le due figure citate sono solo concettuali perché non tengono ancora conto del cambio di spin da elettrone a fotone.

Il bilancio dei quadrimomenti delle particelle interagenti con i parametri geometrici dell'interazione determinano un asse privilegiato di propagazione dei fotoni risultanti e la loro lunghezza d'onda (più piccola quanto sono maggiori le energie coinvolte). Lungo questo asse si propagano in direzioni opposte due fotoni che assumo (come esemplificazione) con spin pari a $\pm \hbar$ ed elicità ± 1 . Lo spin pari ad \hbar comporta:

- un aggiornamento della costante di normalizzazione citata, dovuto al passaggio da una geometria sferica dell'elettrone (momento orbitale sferico $\hbar/4\pi$) ad una geometria circolare del fotone (momento orbitale angolare $\hbar/2\pi$), FIG. 7.1.C.

- una prevalenza del potenziale centrifugo che raddoppia ed un annullamento del potenziale elettrostatico con la conseguenza di assunzione, lungo l'asse di propagazione, di una quantità di moto pari a: $p = \hbar/\lambda$ ($\lambda \leq \lambda_w$)

La composizione di due moti : di propagazione lungo l' asse che identifica lo spin e circolare con raggio $\lambda/2$ su un piano ortogonale all' asse citato , producono un moto elicoidale come mostrato , staticamente, in FIG . 7.1.D .

FIG . 7.1.A

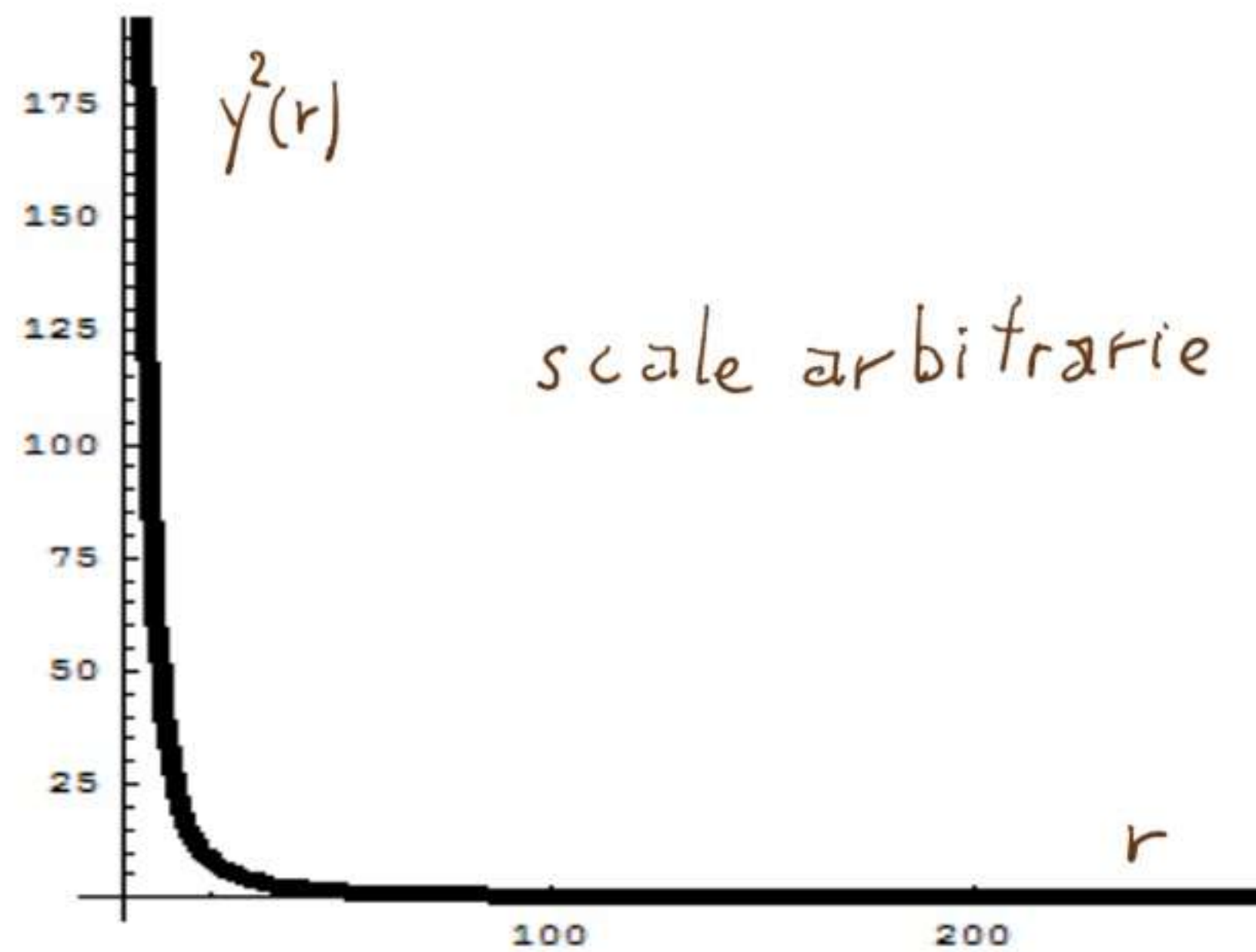


FIG . 7.1.D

FIG . 7.1.B

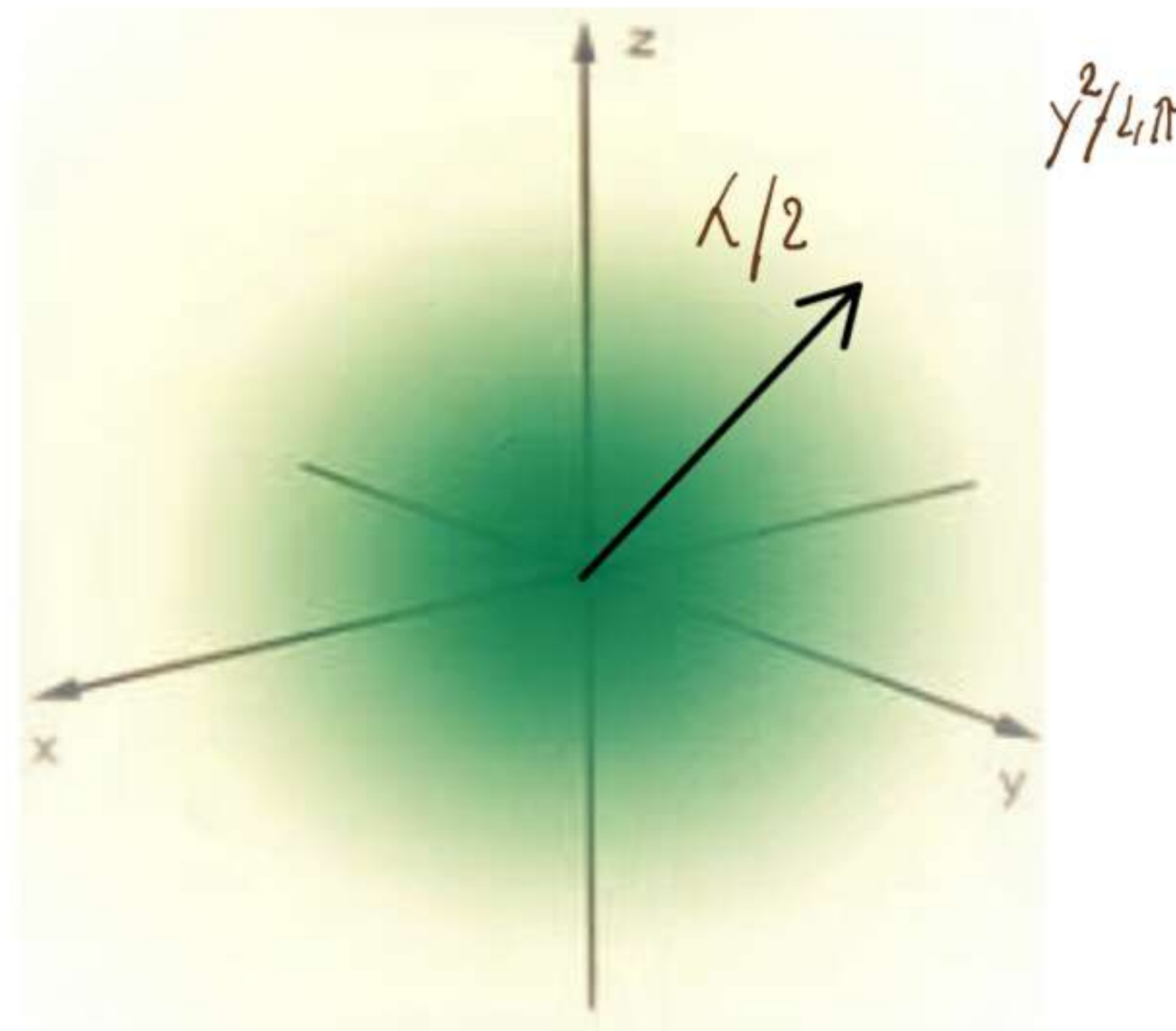
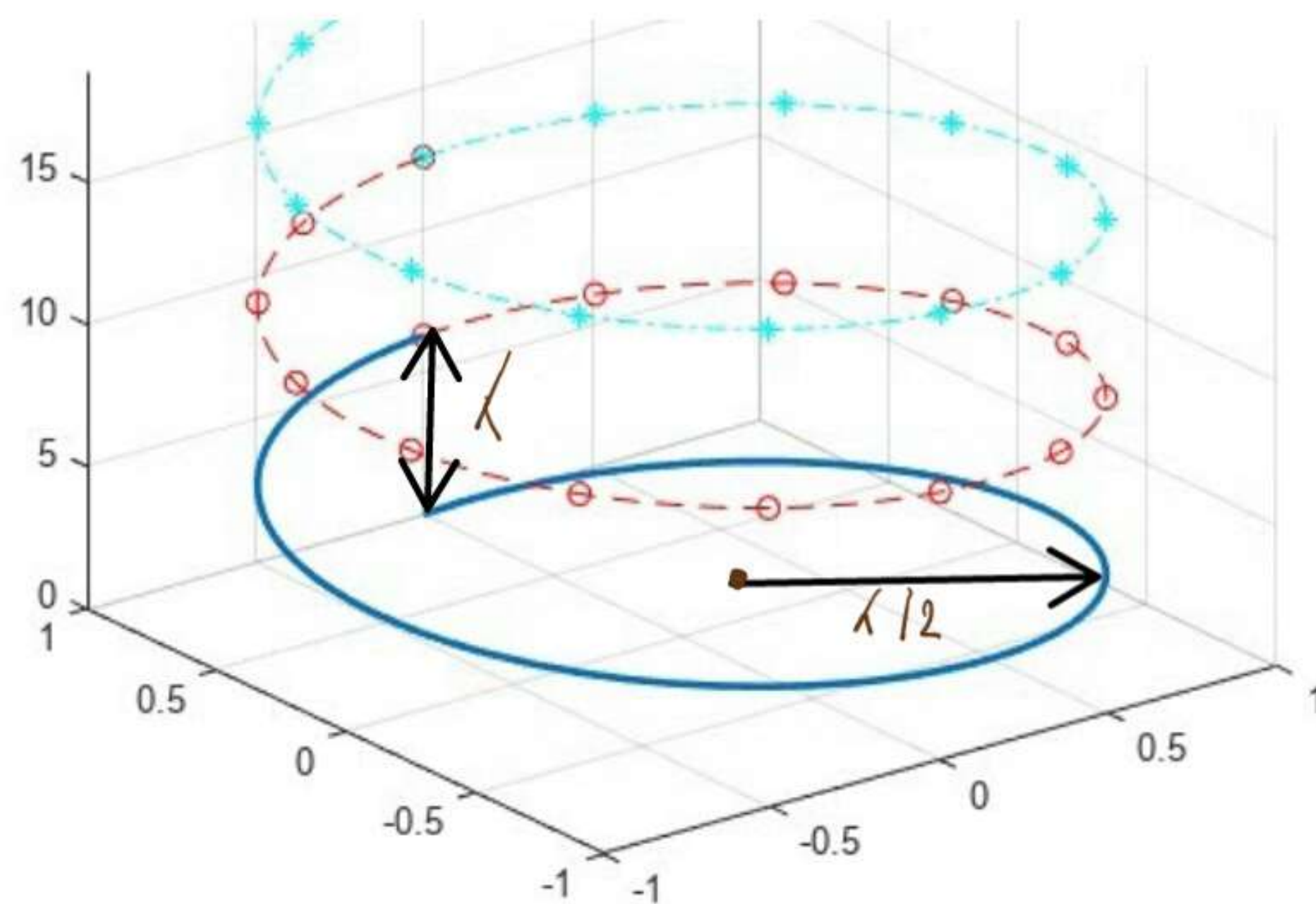
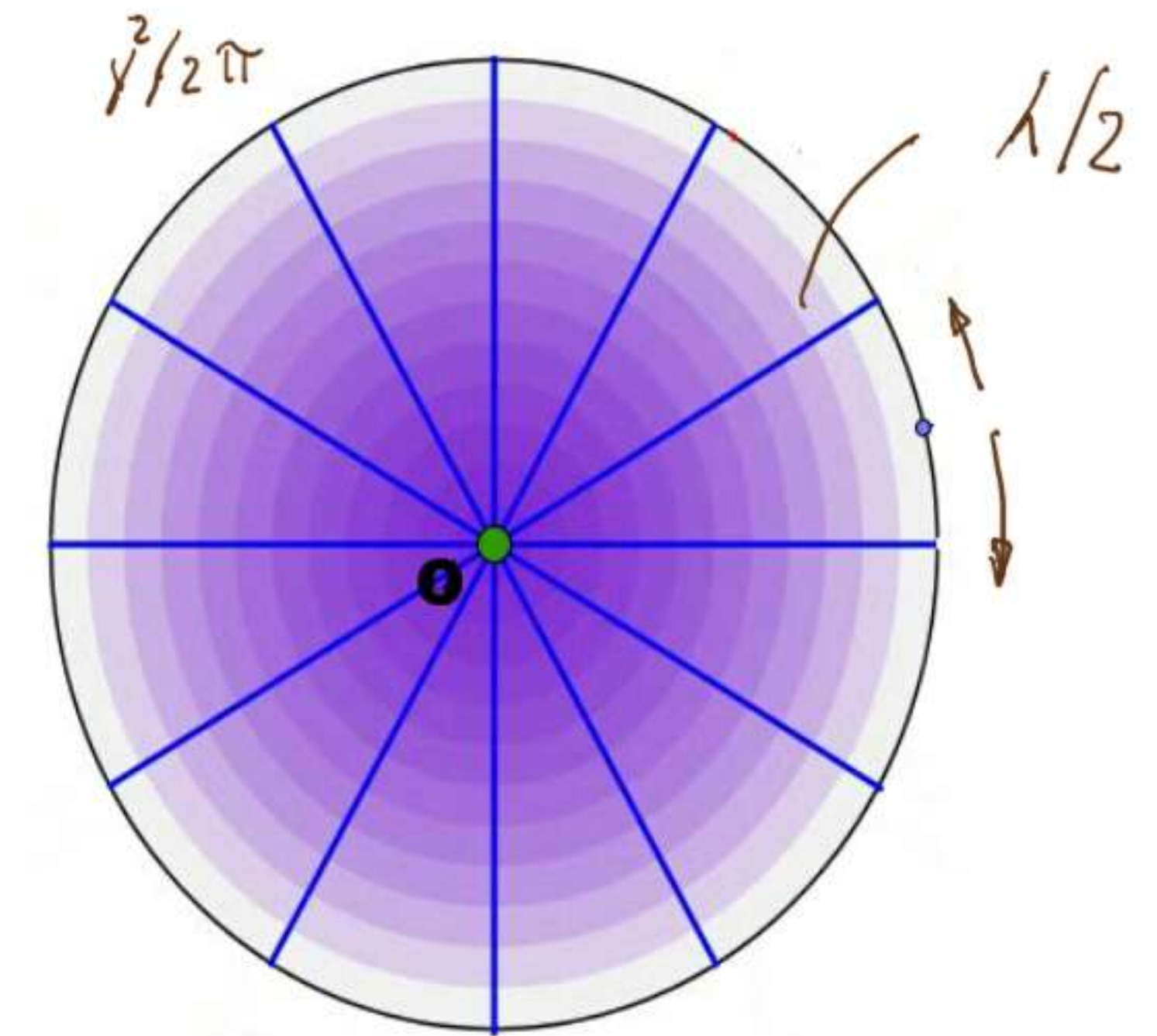


FIG . 7.1.C



La FIG . 7.1.D mostra la composizione dei moti citati in unico moto elicoidale che in questo caso mostra un fotone con polarizzazione circolare . Nella FIG . 7.1.E vengono mostrate le proiezioni dell' elica su due piani mutualmente ortogonali e paralleli all' asse dell' elica stessa . Le FIG . 7.1.D-E sono semplificate , perché sarebbero più completamente rappresentate da un' elicoide . FIG . 7.1.H . Le FIG . 7.1.B-C-D-E sono rappresentazioni schematiche atte a rendere il percorso concettuale che porta alla formazione della "struttura" fotone .

La comparazione con il leptone e la relativa distribuzione sferica dei livelli di quest' ultimo , induce a considerare una distribuzione circolare dei livelli del fotone .

Tale distribuzione , come risulta dalle figure precedenti , risulta continua e tale rimane anche per ogni : $\alpha \leq \alpha_m$

Risulta evidente una differenza essenziale nell'andamento nei potenziali efficaci di elettrone e fotone :

$$2.7.1) V_{eff}^e = \hbar c \alpha_m d^2 / r^2 - e^2 / 2\pi \epsilon_0 r \quad \text{elettrone}$$

$$3.7.1) V_{eff}^{Ph.} = \hbar c \alpha_m d^2 / r^2 \quad \text{fotone}$$

La FIG. 7.1.F illustra i grafici dei potenziali efficaci di elettrone e fotone .

FIG. 7.1.E

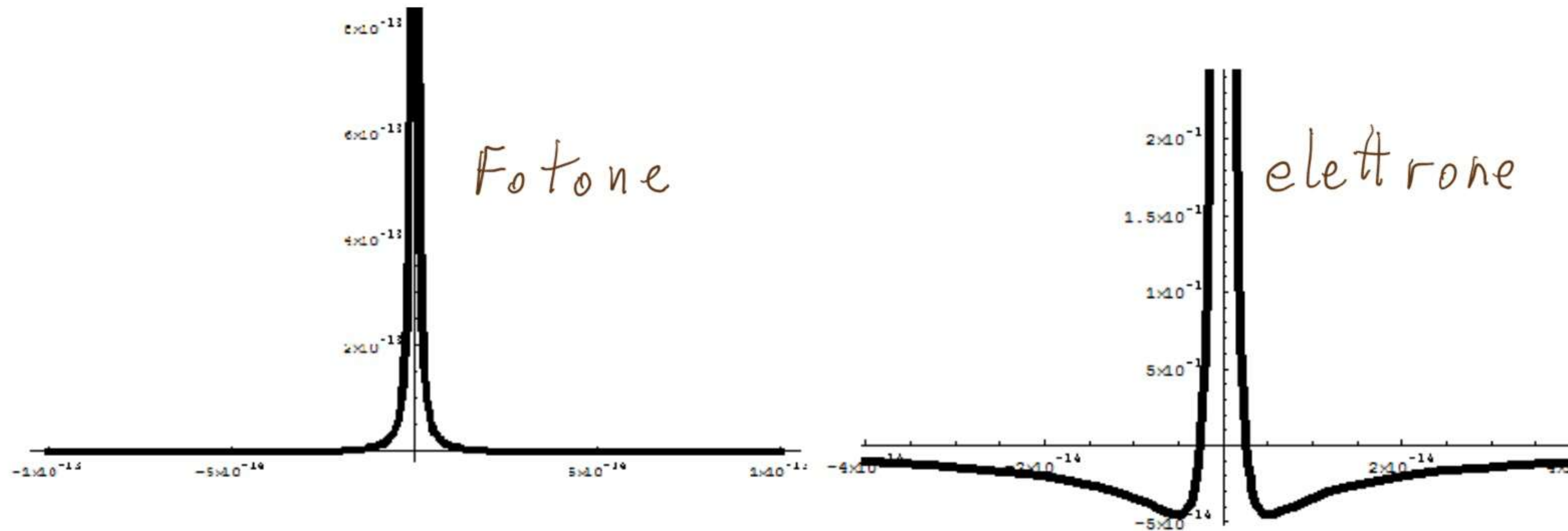
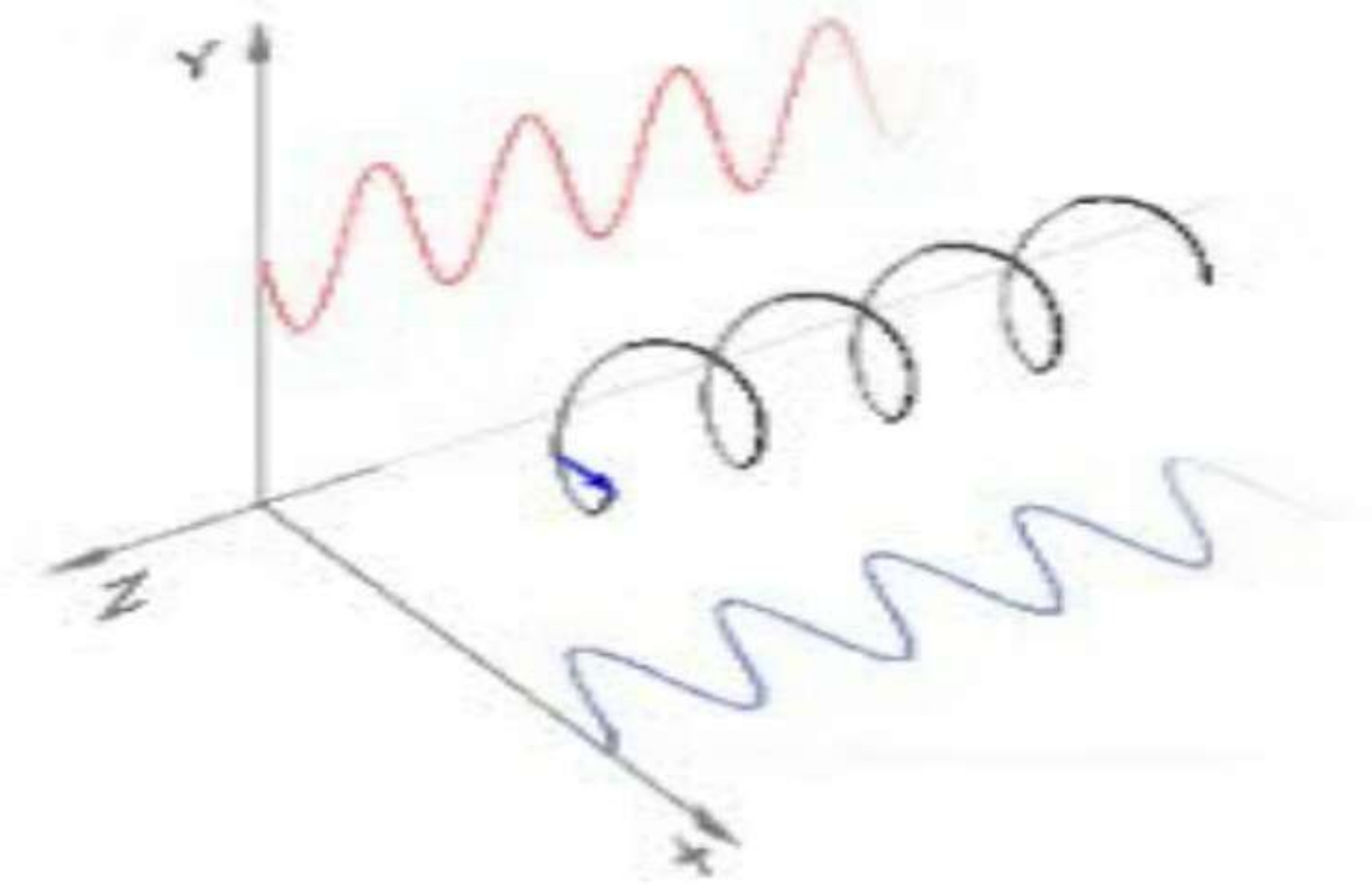


FIG . 7.1.F

Comparando il potenziale efficace del fotone con l' analogo potenziale dell' elettrone , illustrati nella FIG. 7.1.F , si nota in quest' ultimo , come il termine che si oppone al potenziale centrifugo permetta di avere una zona di minimo dove si ha una condizione di stazionarieta' . Tale condizione e' impossibile nel caso del fotone . Tale diversità è quella che spiega la stazionarieta' di energia che prende forma di massa , tipica dei fermioni .

La presenza di un qualsiasi forma di potenziale che può determinare la condizione di stazionarieta' , determina una presenza di massa che dura sino a quando dura la condizione citata è quindi anche il potenziale imposto .

Come esempi di questo fenomeno si può citare :

- La produzione di coppie derivanti dalla presenza del campo nucleare su un fotone gamma di adeguata energia . In questo caso la trasformazione è permanente perché i leptoni prodotti sono stabili .
- La deviazione di un fotone nel caso del "lensing" gravitazionale dovuto alla acquisizione temporanea di massa a carico del fotone per la presenza del campo gravitazionale , con conseguente attrazione di quest' ultimo .

Essendo tale fenomeno transitorio , con condizione non permanente , il fotone allontanandosi dal campo gravitazionale " perde " la massa acquisita temporaneamente e prosegue rettilineamente lungo la traiettoria precedentemente deviata. In presenza di un campo gravitazionale eccezionalmente intenso (buco nero) e di una traiettoria opportuna si puo' avere una produzione di coppie analogamente a quanto teorizzato da S. Hawking. In questi casi il potenziale efficace diviene :

$$4.7.1) V_{eff}^{\gamma, N} = \hbar c k d^2 / r^2 - GM \hbar / c k (d - r)$$

Dove nel 2 ° membro è rappresentato il potenziale gravitazionale della massa M imposto al fotone di lunghezza d' onda λ . G è la costante di gravitazione universale , d è la distanza minima della traiettoria del fotone dalla massa M . FIG . 7.1.G

- Sono state considerate le seguenti condizioni iniziali : $y(\lambda_m/2) = 0$; $y'(\lambda_m/2) \ll 1$ (con $R_m \approx 1$)

Un fotone può possedere un momento angolare orbitale pari a $\pm n \hbar$ con $n =$ numero naturale. 🧐

🧐 J. Leach, M.J. Padgett e altri
Measuring the orbital angular momentum of single photon
Phys. Rev. Lett. 88, [257901](#) (2002)

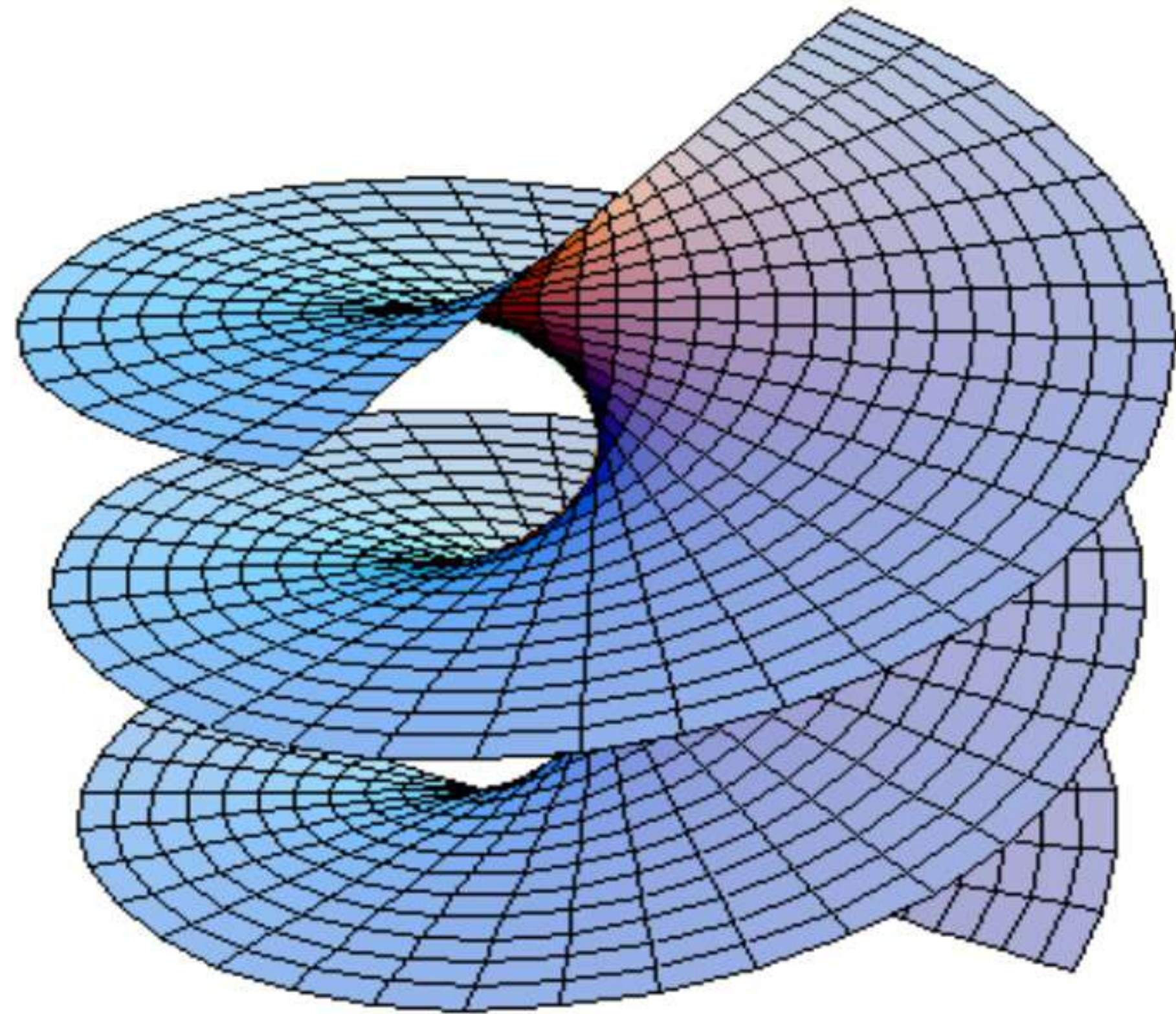


FIG . 7.1.H

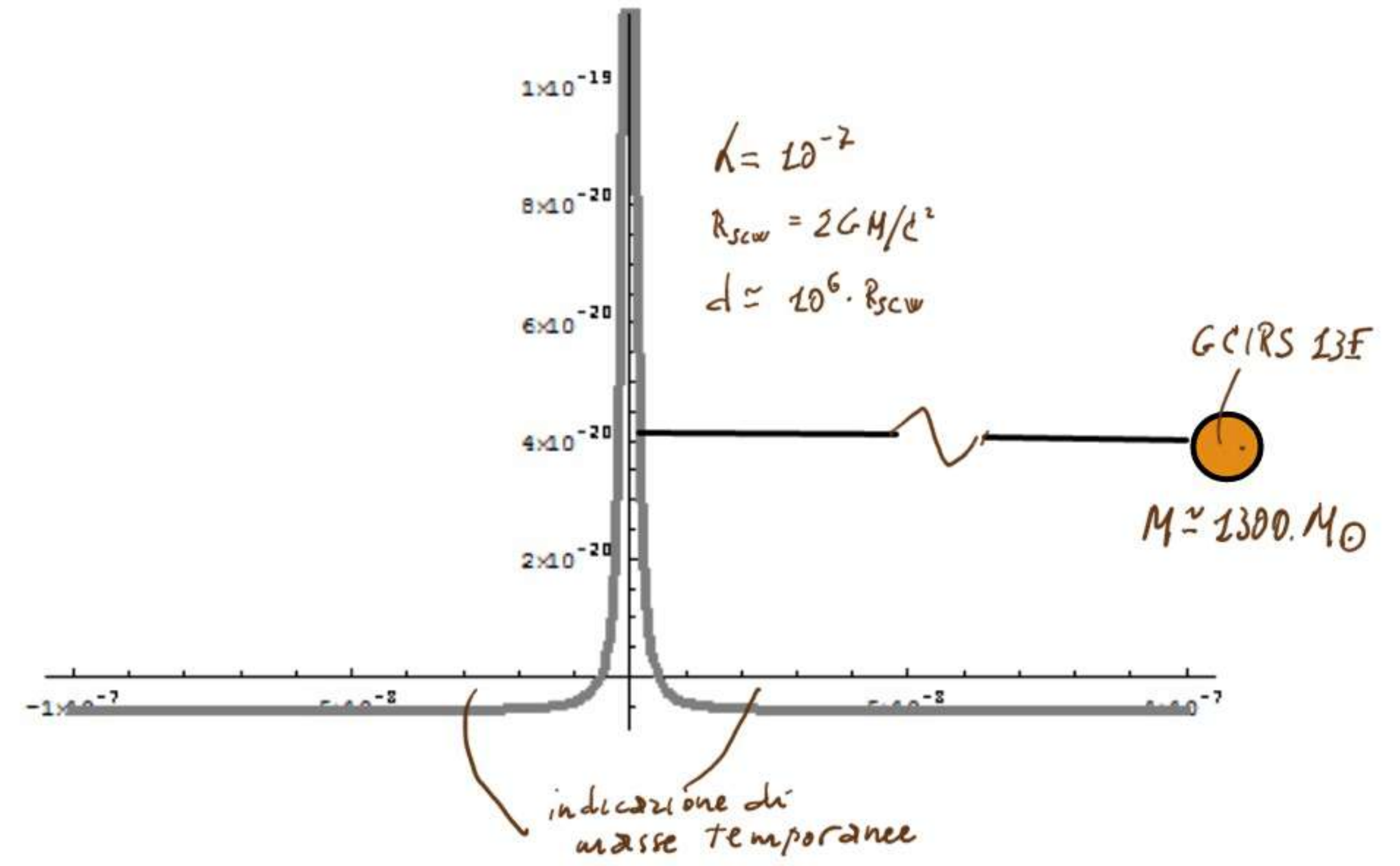


FIG . 7.1.G

🌟 Ho adottato la denominazione di potenziali a tutte le forme che fanno parte di un "potenziale efficace", per uso acquisito, anche se si tratta di energie potenziali, avendo appunto le dimensioni di una energia.