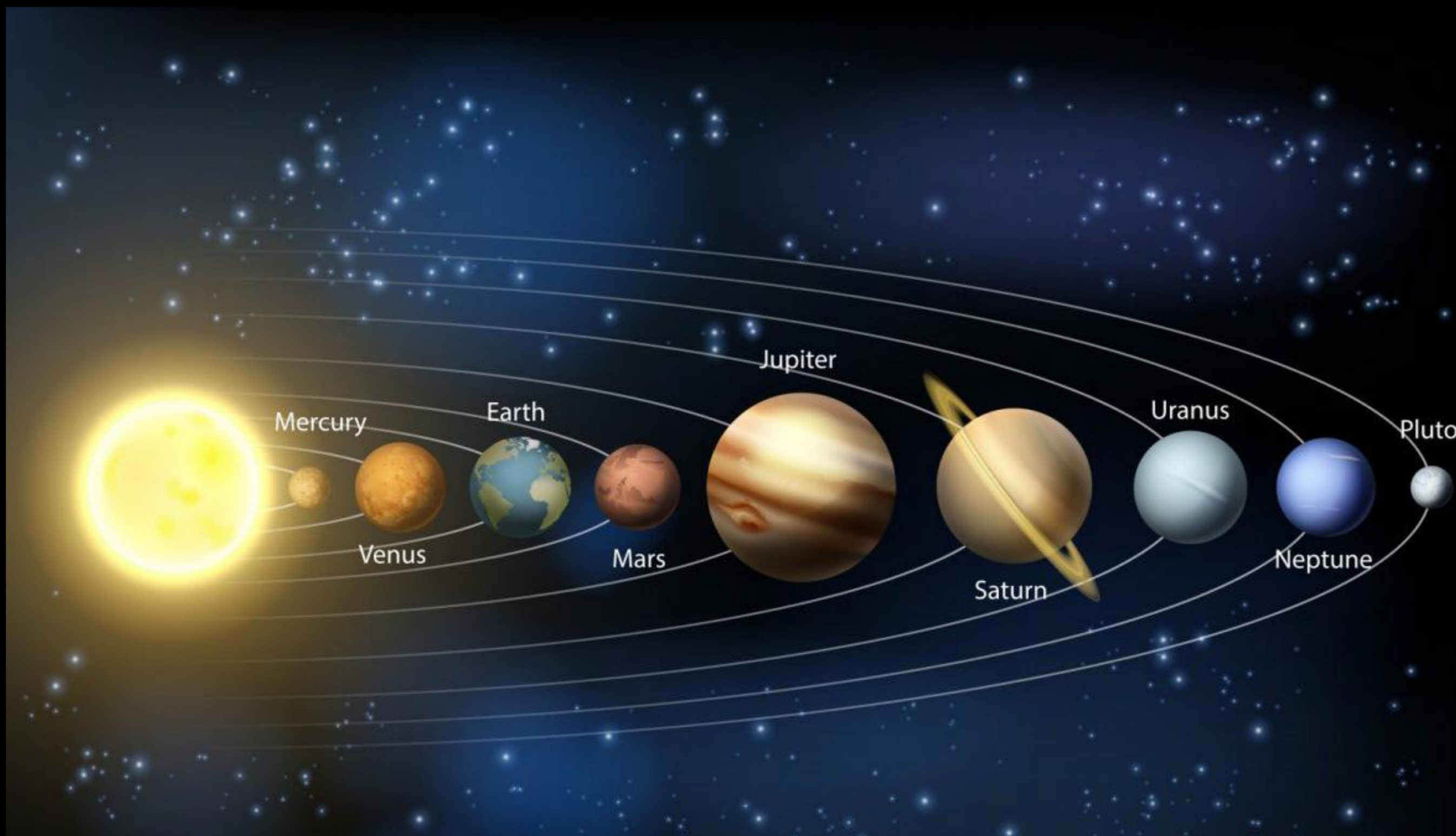


TRAIETTORIE? NO GRAZIE! Il modello dell'atomo



La **fisica classica** spiega come i pianeti si muovono attorno al sole sotto l'azione della forza gravitazionale

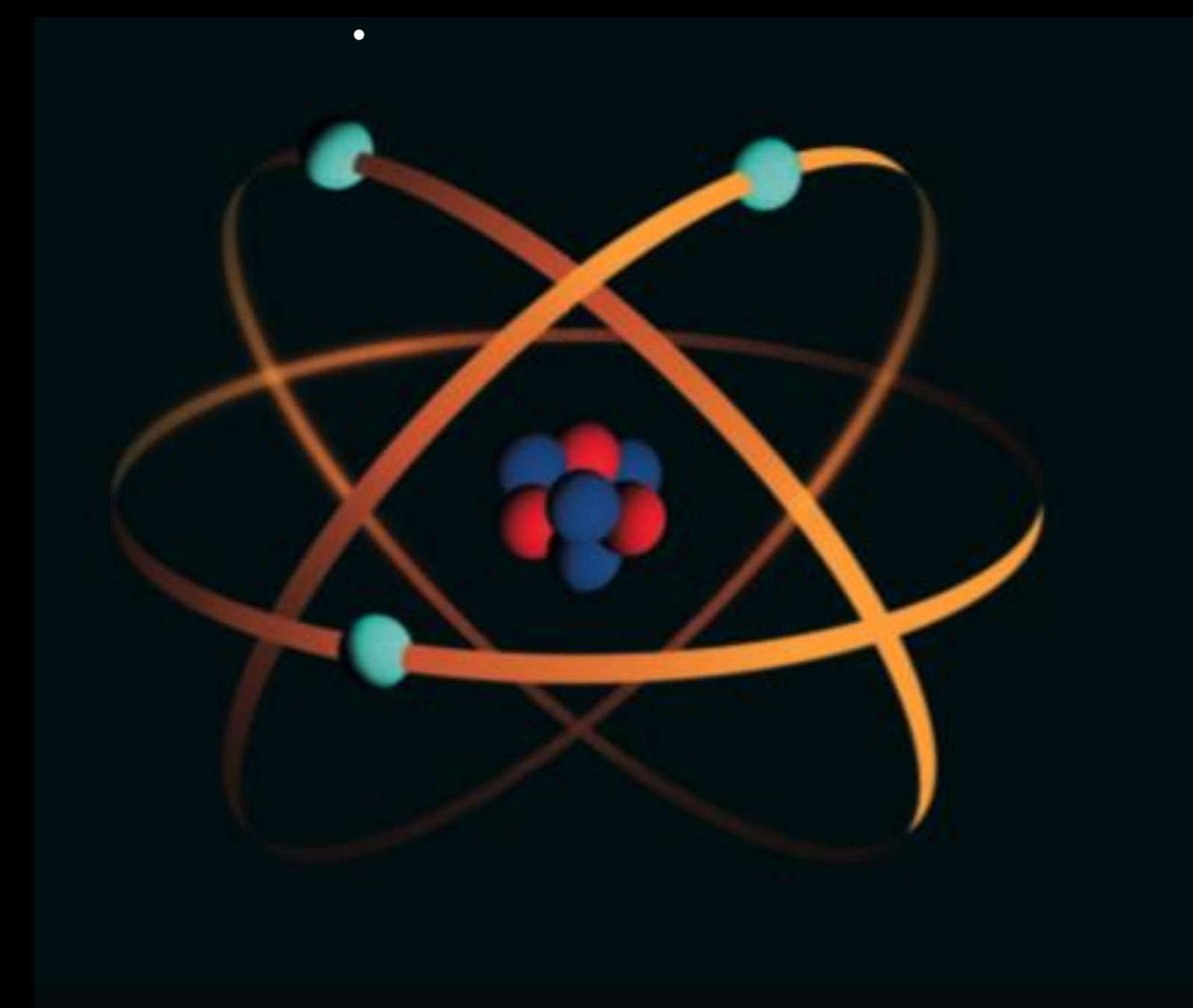
$$\vec{F}_{\text{grav}} = \gamma \frac{mM}{r^2} \hat{r}$$

In ogni istante lo **stato** di un pianeta è dato dalla sua posizione $\vec{r}(t)$ e velocità $\vec{v}(t)$

In un **atomo**, il nucleo (positivo) e gli elettroni (negativi) interagiscono attraverso la forza di Coulomb

$$\vec{F}_{\text{Coulomb}} = \kappa \frac{qQ}{r^2} \hat{r}$$

“Possiamo descrivere il moto degli elettroni attorno al nucleo come facciamo per quello dei pianeti attorno al sole?”



La risposta è no...

In un modello 'planetario' dell'atomo gli elettroni emetterebbero energia sotto forma di radiazione elettromagnetica (come in un'antenna telefonica) e collasserebbero sul nucleo....

L'atomo classico non è stabile.

La fisica quantistica descrive lo stato dell'elettrone nell'atomo attraverso una funzione d'onda $\Psi(\vec{r}, t)$

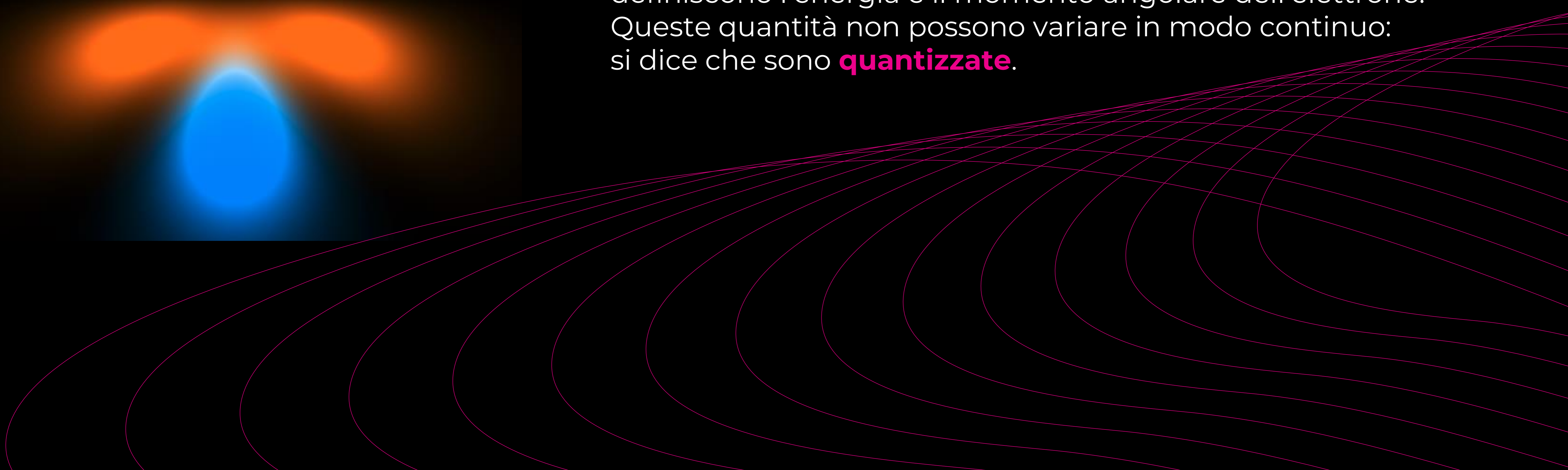
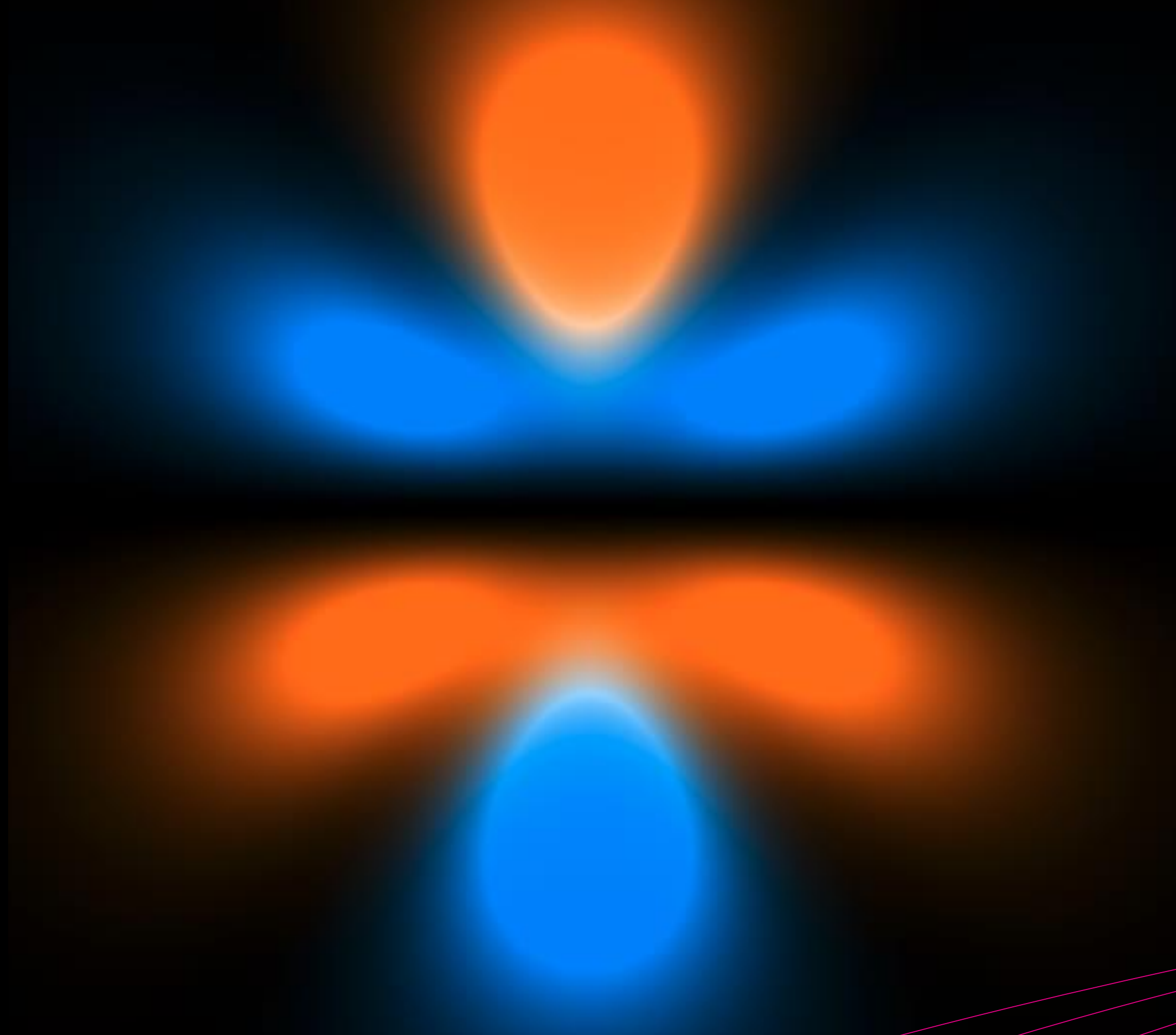
Cosa significa la funzione d'onda?

Il modulo al quadrato della funzione d'onda in ogni punto \vec{r} fornisce la **probabilità di misurare l'elettrone** in quel punto

$$P(\vec{r}, t) d\vec{r} = |\Psi(\vec{r}, t)|^2 d\vec{r}$$

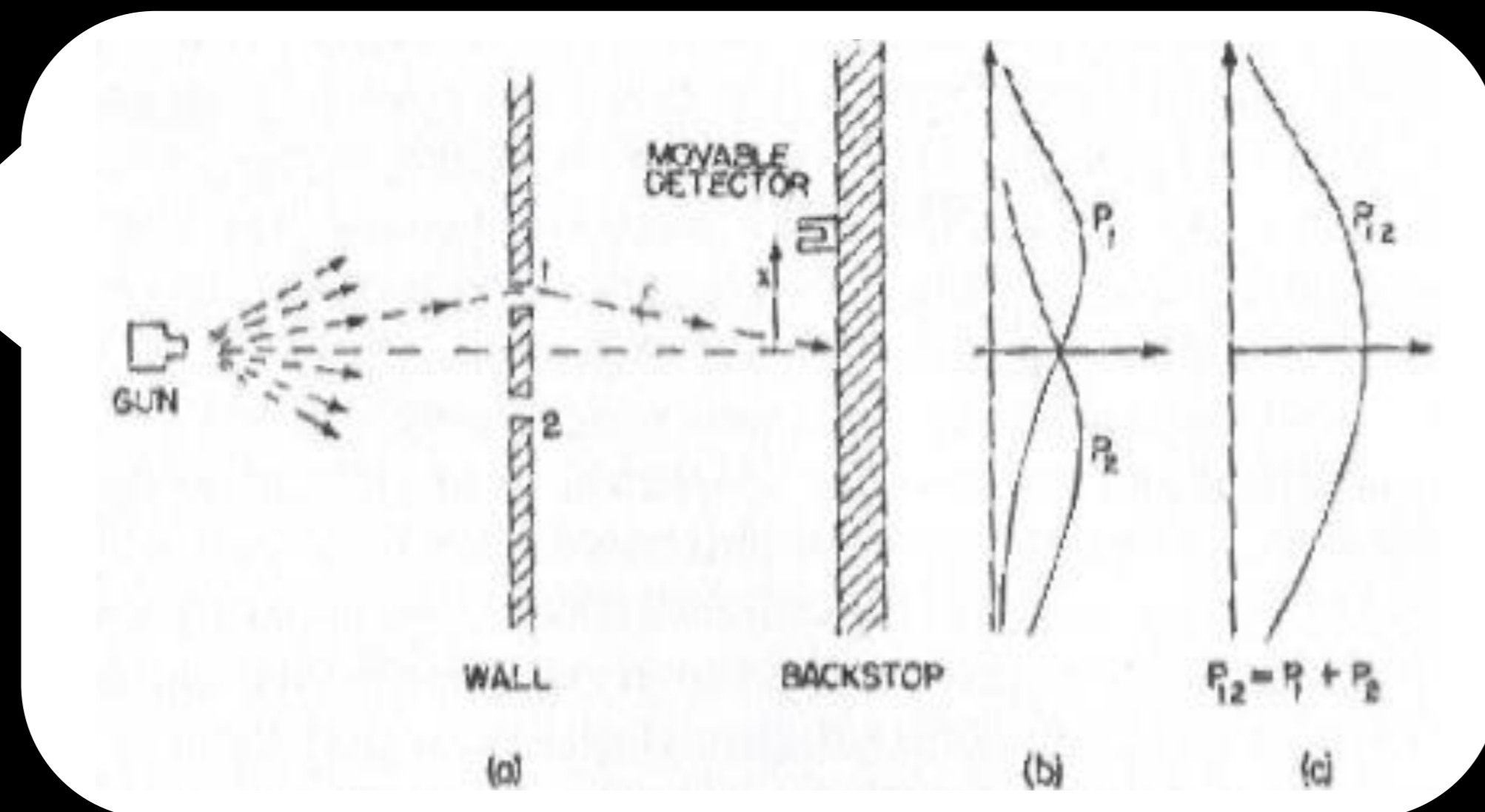
Gli orbitali sono le funzioni d'onda degli elettroni atomici.

Ad ogni orbitale corrispondono tre numeri interi (n, l, m), che definiscono l'energia e il momento angolare dell'elettrone. Queste quantità non possono variare in modo continuo: si dice che sono **quantizzate**.



L'ELETTRONE COME FA... L'esperienza di Feynman della doppia fenditura

Per spiegare la **natura quantistica degli elettroni** Richard Feynman immagina di sparare un fascio di elettroni su un bersaglio con due fenditure.



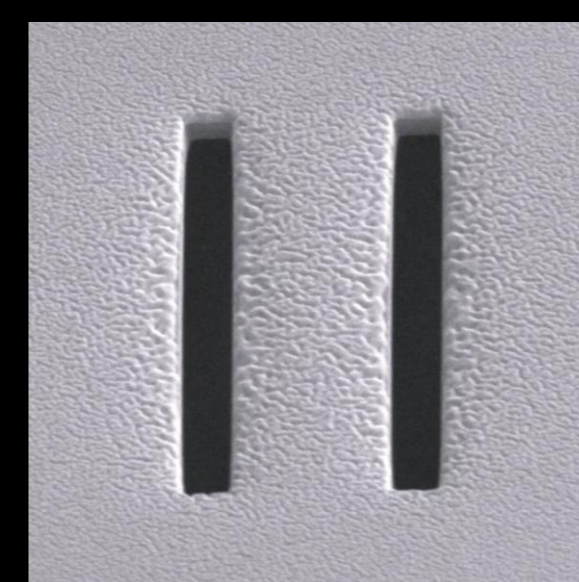
L'esperienza misura il numero di elettroni che giungono in ogni punto dello schermo ottenendo un **profilo di intensità**.

Sopponiamo che gli elettroni si comportino come palline: quelli che passano dalla fenditura F_1 formano il **profilo P_1** , quelli che passano da F_2 formano il **profilo P_2** . Il profilo complessivo è la somma dei due contributi: $P_1 + P_2$

Non è però questo che si osserva!
Una recente realizzazione di questo esperimento utilizza:



1. Il microscopio elettronico a Trasmissione (**TEM**) per produrre il fascio di elettroni e misurarlo.



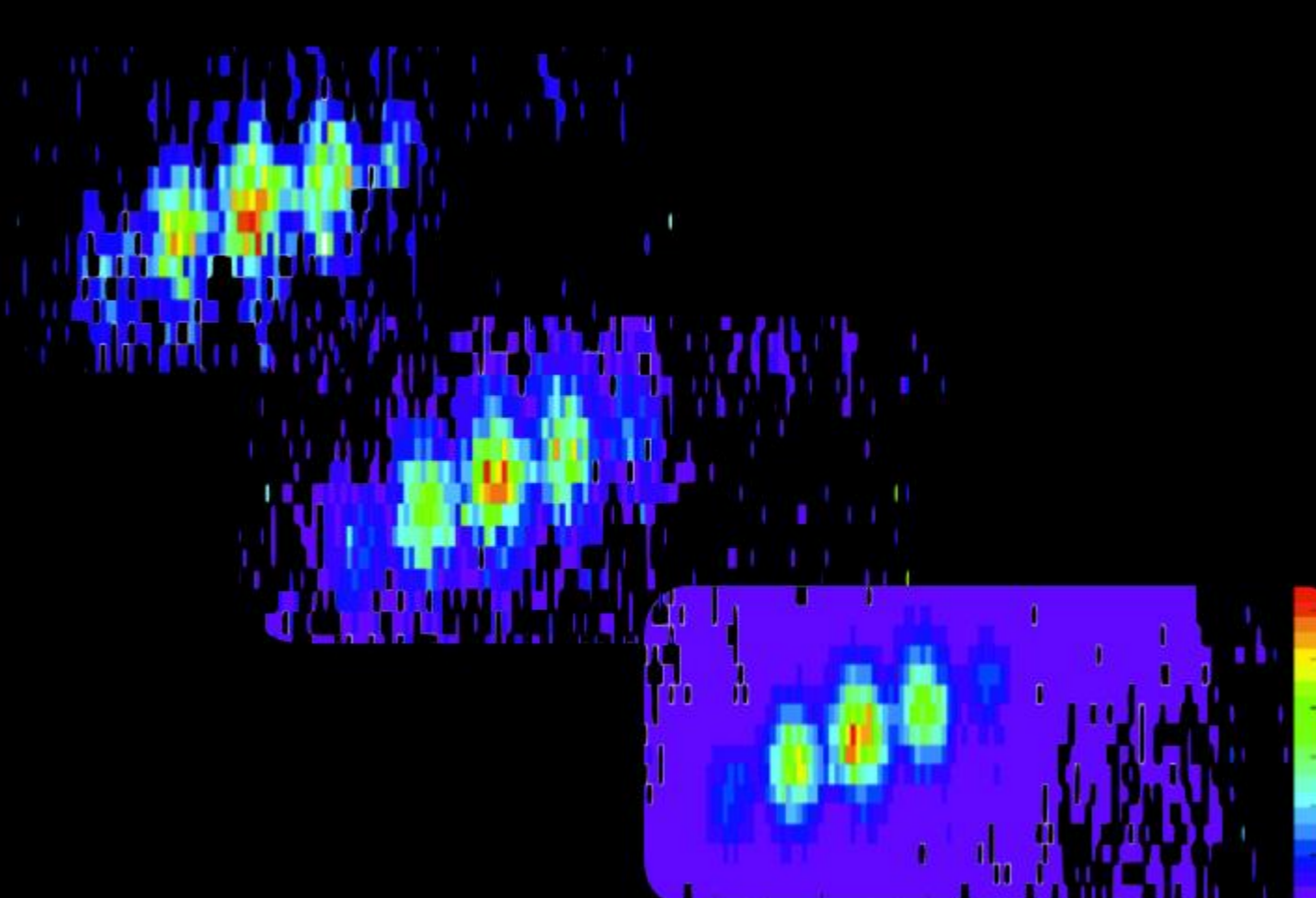
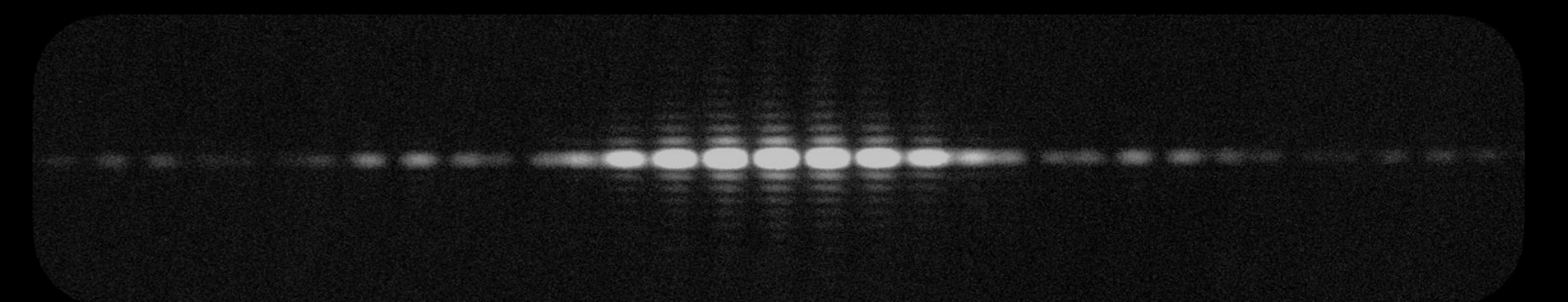
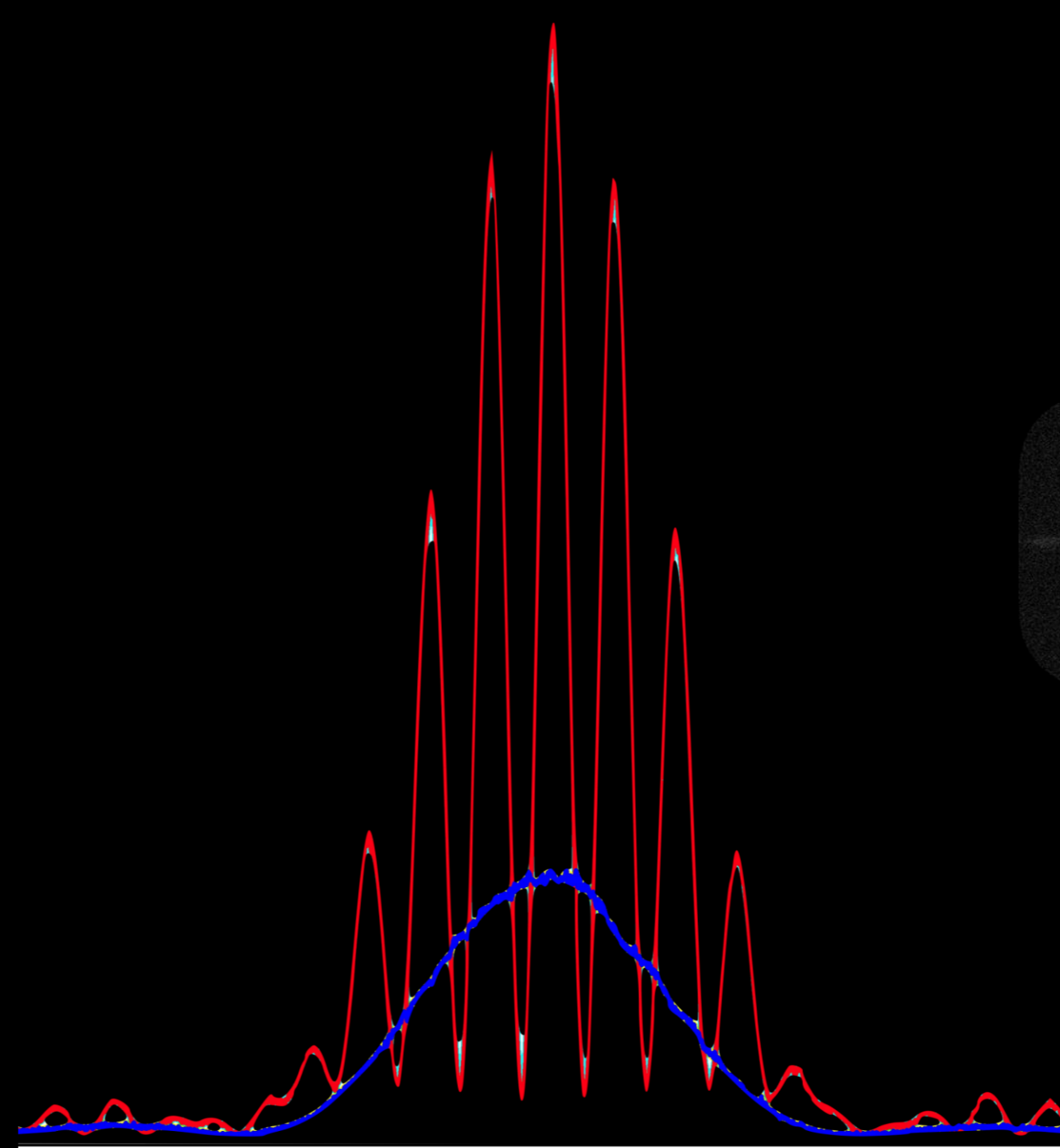
2. **Due fenditure** di dimensioni nanometriche incise in un disco sottile.

Ecco i risultati

Il profilo osservato quando **una sola fenditura** è aperta è simile a quello ottenuto con un fascio di palline.

Con **due fenditure** invece il profilo cambia completamente!

Anche se si riduce l'intensità del fascio fino a avere **un solo elettrone alla volta**, aspettando tempo si osserva lo stesso un profilo di interferenza.



Come predetto da Feynman, il profilo è lo stesso che si osserva quando, ad esempio, quando l'acqua attraversa due fenditure, ed è dovuto al **fenomeno fisico dell'interferenza**.

La meccanica quantistica spiega l'esperienza

- Per una singola fenditura, lo stato del singolo elettrone è $\psi_1(\mathbf{r})$ e la probabilità di misurarlo è $P_1(\mathbf{r}) = |\psi_1(\mathbf{r})|^2$
- Con due fenditure, lo stato del singolo elettrone è la somma (sovrapposizione) degli stati corrispondenti alle singole fenditure $\psi_{12}(\mathbf{r}) = \psi_1(\mathbf{r}) + \psi_2(\mathbf{r})$
- La probabilità di misurare un elettrone sullo schermo è $P_{12} = |\psi_1(\mathbf{r}) + \psi_2(\mathbf{r})|^2$ e ha il profilo di interferenza osservato.

stato di sovrapposizione