**Lunghezza di Planck**

**(Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.)**

La **lunghezza di Planck**, indicata con \ell_P \ , è un'unità di [lunghezza](https://it.wikipedia.org/wiki/Lunghezza) che fa parte di un sistema di unità di misura detto [Unità di misura di Planck](https://it.wikipedia.org/wiki/Unit%C3%A0_di_misura_di_Planck).

Può essere considerata come un'[unità naturale](https://it.wikipedia.org/wiki/Unit%C3%A0_naturale), dal momento che viene ricavata a partire da tre [costanti fisiche](https://it.wikipedia.org/wiki/Costante_fisica) fondamentali: la [velocità della luce](https://it.wikipedia.org/wiki/Velocit%C3%A0_della_luce), la [costante di Planck](https://it.wikipedia.org/wiki/Costante_di_Planck) e la [costante di gravitazione universale](https://it.wikipedia.org/wiki/Costante_di_gravitazione_universale).

La teoria corrente suggerisce che una lunghezza di Planck sia la più piccola distanza al di sotto della quale il concetto di dimensione perde ogni significato fisico.

**Valore**

La lunghezza di Planck è data dalla relazione:

 \ell_P =\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}

dove:

*  \hbar = h /2 \pi è la [costante di Planck ridotta](https://it.wikipedia.org/wiki/Costante_di_Planck_ridotta), chiamata anche "h tagliato" o meno comunemente [costante di Dirac](https://it.wikipedia.org/wiki/Costante_di_Dirac);
* \ Gè la [costante di gravitazione universale](https://it.wikipedia.org/wiki/Costante_di_gravitazione_universale);
* \ cè la [velocità della luce](https://it.wikipedia.org/wiki/Velocit%C3%A0_della_luce) nel vuoto.

Il valore [CODATA](https://it.wikipedia.org/wiki/CODATA) 2006 della lunghezza di Planck è **1,616 252 × 10-35 metri**, con una incertezza standard di 8,1 × 10-40 m[[1]](https://it.wikipedia.org/wiki/Lunghezza_di_Planck#cite_note-1)[[2]](https://it.wikipedia.org/wiki/Lunghezza_di_Planck#cite_note-2).

**Derivazione della formula**

La determinazione della lunghezza di Planck si ottiene partendo dall'equazione della [lunghezza d'onda Compton](https://it.wikipedia.org/wiki/Lunghezza_d%27onda_Compton):

 \lambda_c = \frac {h}{m_0 c}. 

Come si può osservare facilmente sostituendo  \lambda_c = c/ \nu_0 , la lunghezza d'onda Compton di una particella è equivalente alla *lunghezza d'onda di un fotone la cui energia è la stessa della massa a riposo della particella*. Infatti

 h \nu_c  = m_0 c^2. 

Si può determinare un limite inferiore della lunghezza d'onda Compton (cioè un limite superiore della frequenza e quindi dell'energia di un fotone), se si impone un limite superiore della massa  m_0 .

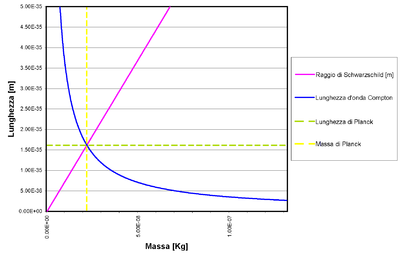
D'altra parte possiamo pensare a un limite superiore della massa di una particella quando questa raggiunge le dimensioni di un [buco nero](https://it.wikipedia.org/wiki/Buco_nero), all'interno del quale un [fotone](https://it.wikipedia.org/wiki/Fotone) resta confinato dal [campo gravitazionale](https://it.wikipedia.org/wiki/Campo_gravitazionale) se la sua energia non è sufficiente a superare l'[orizzonte degli eventi](https://it.wikipedia.org/wiki/Orizzonte_degli_eventi).

L'equazione che descrive la relazione esistente fra la massa di un buco nero e il raggio dell'orizzonte degli eventi è, come noto:

 r_S=\frac{2GM}{c^2}, 

dove  r_S è il [raggio di Schwarzschild](https://it.wikipedia.org/wiki/Raggio_di_Schwarzschild), M è la massa del buco nero e G è la [costante di gravitazione universale](https://it.wikipedia.org/wiki/Costante_di_gravitazione_universale).

Come si nota, la lunghezza d'onda Compton  \lambda_c varia in modo inversamente proporzionale alla massa  m_0 , mentre nell'equazione di Schwarzschild,  r_S varia in modo direttamente proporzionale a  M .

[](https://it.wikipedia.org/wiki/File:Lunghezza_e_massa_di_Planck.png)

Andamento del Raggio di Schwarzschild e della Lunghezza d'onda Compton ridotta al variare della massa. Il punto di intersezione fra le due funzioni ha come coordinate la massa e la lunghezza di Planck.

Disegnando su di un grafico le due funzioni, troviamo un punto di intersezione che corrisponde ai valori:

 r_S= \lambda_c = \ell_p =\sqrt{\frac{h G}{c^3}}. 

e

 m_0 = M = m_p =\sqrt{\frac{h c}{G}}. 

Che sono rispettivamente le espressioni della lunghezza di Planck e della [massa di Planck](https://it.wikipedia.org/wiki/Massa_di_Planck), e valgono rispettivamente **1,616 252 × 10-35 metri e 5,45549 × 10-8 kg.**

Si può quindi dire che la lunghezza di Planck è la misura del raggio dell'orizzonte degli eventi di una massa di Planck e definisce, se riferito alla lunghezza d'onda di una radiazione elettromagnetica, **la massima energia possibile per un fotone prima che questo "collassi" in forma di massa.**

Come si vede, partendo dalla espressione della lunghezza d'onda Compton per definire la lunghezza di Planck, si arriva a un'espressione che non coincide con quella "storica", nella quale compare \hbaral posto della costante di Planck  \ h . Tale espressione, che differisce da quella qui calcolata di un fattore  \sqrt{2 \pi}, si ottiene invece partendo dall'espressione della [Lunghezza d'onda Compton ridotta](https://it.wikipedia.org/wiki/Lunghezza_d%27onda_Compton):

 \lambda_c = \frac {\hbar}{m_0 c}. 

Questa singolare coincidenza matematica potrebbe essere interpretata fisicamente nel seguente modo: ogni fotone abbastanza energetico da misurare un oggetto alla scala della lunghezza d'onda di Planck potrebbe creare una particella abbastanza massiccia da diventare un buco nero ([buco nero di Planck](https://it.wikipedia.org/wiki/Buco_nero_di_Planck)), quindi distorcendo completamente lo spaziotempo e inghiottendo un fotone.

Questo esperimento ideale è visto come una prova del fatto che supporre che la meccanica quantistica e la relatività generale valgano entrambe alla scala di Planck implicherebbe che una misura di lunghezza inferiore alla lunghezza di Planck sia impossibile. In altri termini:

|  |  |
| --- | --- |
| (**EN**)  « the familiar notion of space and time does not extend into the sub-Planckian realm, which suggests that space and time as we currently understand them may be mere approximations to more fundamental concepts that still await our discovery. » | (**IT**)  « La nozione familiare di spazio e tempo non si estende al mondo sub-Planckiano [a lunghezze inferiori alla scala di Planck], il che suggerisce che lo spazio e il tempo come li comprendiamo attualmente possano essere mere approssimazioni di concetti più fondamentali che aspettano ancora la nostra scoperta. » |
| ([*Brian Greene*](https://it.wikipedia.org/wiki/Brian_Greene)) | |

Tuttavia questa teoria non è ancora confermata, infatti:

|  |  |
| --- | --- |
| (**EN**)  « To be picturesque, we can say that if we have a black hole about the size of the Planck length, and we try to locate it to an accuracy equal to its radius, the Heisenberg uncertainty principle makes the momentum of the black hole so poorly known that there may be enough energy around to create another black hole of that size! I warn the reader to take this with a massive grain of salt, since there is no good theory of this sort of thing yet - much less any experimental evidence. But people have sharpened this sort of thought experiment and seen that things get awfully funny at the Planck length. By analogy with particle physics, one might expect processes involving virtual black holes to be very important at this length scale. Hawking and others have written interesting papers on reactions induced by virtual black holes... but I would not take these predictions too seriously yet. » | (**IT**)  « Per essere pittoreschi possiamo dire che se abbiamo un buco nero della grandezza della lunghezza di Planck e proviamo a localizzarlo con un'accuratezza uguale al suo raggio, il [principio di indeterminazione di Heisenberg](https://it.wikipedia.org/wiki/Principio_di_indeterminazione_di_Heisenberg) implica che il momento del buco nero sia conosciuto con un'imprecisione tale [ossia ci sarebbe una così grande incertezza sulla misura del suo momento] che potrebbe esserci abbastanza energia intorno da creare un altro buco nero di quella grandezza! Metto in guardia il lettore sul prendere questo *cum grano salis*, dato che non c'è ancora nessuna buona teoria su questa sorta di cose e ancor meno una qualsiasi evidenza sperimentale. Tuttavia questi esperimenti immaginari sono stati sempre più affinati e alla lunghezza di Planck la situazione diviene veramente molto strana. Per analogia con la fisica delle particelle ci si potrebbe aspettare che i processi che coinvolgano buchi neri virtuali siano davvero importanti a questa scala di lunghezza. Hawking e altri hanno scritto interessanti articoli sulle reazioni indotte da buchi neri virtuali... ma non prenderei queste previsioni troppo seriamente per il momento. » |
| (*John Baez*, *[math.ucr.edu](http://math.ucr.edu/home/baez/lengths.html" \l "planck_length)*) | |

**Significato fisico**

Il significato fisico della lunghezza di Planck non è ancora chiaro. Poiché la lunghezza di Planck è l'unica lunghezza che si può costruire a partire dalle costanti *c*, *G* e *ħ* attraverso l'[analisi dimensionale](https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_dimensionale) si può pensare che lunghezze con un significato fisico importante in [gravità quantistica](https://it.wikipedia.org/wiki/Gravit%C3%A0_quantistica) siano riconducibili alla lunghezza di Planck.

Contrariamente a quanto si può leggere solitamente su riviste divulgative non esiste ancora la prova che le distanze nelle strutture dello spaziotempo siano quantizzate in unità di lunghezze di Planck. In alcune teorie la lunghezza di Planck è la scala alla quale la struttura dello [spaziotempo](https://it.wikipedia.org/wiki/Spaziotempo) diventa dominata da effetti quantistici dandogli una struttura a schiuma. Tuttavia altre teorie non predicono questi effetti.

L'area di Planck, uguale alla lunghezza di Planck al quadrato ha un ruolo più chiaro in gravità quantistica. L'[entropia](https://it.wikipedia.org/wiki/Entropia) dei buchi neri è data da kA/4\ell_P^2dove A è l'area dell'[orizzonte degli eventi](https://it.wikipedia.org/wiki/Orizzonte_degli_eventi) e  k la [Costante di Boltzmann](https://it.wikipedia.org/wiki/Costante_di_Boltzmann).

**Lunghezza di Planck e teoria delle stringhe**

Nell'ambito della [teoria delle stringhe](https://it.wikipedia.org/wiki/Teoria_delle_stringhe), la lunghezza di Planck gioca un ruolo fondamentale: è infatti definita come il diametro minimo possibile di una stringa; il corollario più importante a questo postulato è che qualsiasi entità di lunghezza inferiore alla lunghezza di Planck non possiede alcun significato fisico[[3]](https://it.wikipedia.org/wiki/Lunghezza_di_Planck#cite_note-3).

**Area di Planck e gravità quantistica a loop**

Nell'ambito della [gravità quantistica a loop](https://it.wikipedia.org/wiki/Gravit%C3%A0_quantistica_a_loop), l'operatore area possiede uno spettro discreto e proporzionale all'area di Planck. Gli altri due operatori geometrici, la lunghezza e il volume, hanno spettro proporzionale alla lunghezza e il volume di Planck, ma si ha una conoscenza limitata dello spettro di questi operatori.