

Notas Falso Vacío

Erwin Renzo Franco Diaz

1. Motivación

- El potencial de Higgs recibe correcciones cuanticas debido a todos los campos con los que se acopla. Esto hace que su constante de acoplamiento se vuelva negativa alrededor de los 10^{11} GeV, volviendo inestable al vacío electrodébil. Los calculos mas recientes sugieren que el tiempo de vida del vacío electrodébil es mayor a la edad del universo, sin embargo, de no ser así podría sugerir nueva fisica mas alla del Modelo Estandar [1].
- El decaimiento del falso vacío se ve afectado por efectos gravitacionales. Por ejemplo, los agujeros negros pueden actuar como centros de nucleacion incrementando la tasa de decaimiento [1].
- El decaimiento del falso vacío tiene muchas otras aplicaciones en estudios fenomenologicos. Un ejemplo importante es la transicion de fase electrodébil durante el enfriamiento del Universo luego del Big Bang. En los modelos mas alla del Modelo Estandar, esta transicion es de primer orden y pde llevar a la nucleacion de burbujas que al colisionar y fusionarse pueden producir ondas gravitacionales, así como jugar un papel fundamental al momento de explicar la asimetria entre materia y antimateria [1].
- Aplicación importante del tunelamiento al proceso de vaporización del agua sobrecalentada [2].

2. Decaimiento del falso vacío en la Mecánica Cuántica

2.1. Integral de camino euclidea

- τ no es un tiempo, sino una parametrizacion particular del camino favorecido para el tunelamiento a través del espacio de configuracion [3].

2.2. Bounce

- Los puntos estacionarios son soluciones de la ecuación de movimiento para una partícula rodando cuesta abajo por la colina descrita por el potencial invertido $-V(x)$ con las condiciones de frontera de la integral de camino [4].
- El bounce empieza muy lento en x_+ . Como el potencial es plano en este punto, se mantiene cerca por un largo tiempo, luego rueda rapidamente hacia p y de regreso, donde se vuelve a quedar cerca de x_+ por un largo tiempo [4].

2.3. Multibounce

- Debido a la invariancia ante translaciones temporales en el caso $T \rightarrow \infty$ existe una familia de configuraciones dependientes de un parámetro que corresponden a bounces ocurriendo en todo tiempo en $\tau_0 \in [-T/2, T/2]$. Su acción es exponencialmente cerca a S_B . Su degeneración es T . Tambien existen n bounces separados por un tiempo con acción exponencialmente cerca a nS_B . Su degeneración es $T^n/n!$ al ser analogos a particulas identicas [5].

3. Conclusiones

- Si bien hemos podido calcular la tasa de decaimiento del falso vacío para el campo escalar haciendo uso de la integral de camino euclídeana y la aproximación de punto estacionario, tal como lo propusieron Callan y Coleman, aún quedan ciertas ambigüedades conceptuales ser resueltas. Por ejemplo, ¿cómo entender el tunelamiento, un proceso dinámico, a partir de una ecuación estática? ¿Cómo puede tener la energía del estado metaestable una parte imaginaria sin estar en contradicción con la hermiticidad? ¿Es posible entender el tunelamiento usando la integral de camino en tiempo real?
- [1]

Referencias

- [1] Ai, W.-Y. (2019). *Aspects of false vacuum decay* (Tesis doctoral).
- [2] Kleinert, H. (2009). *Path integrals in quantum mechanics, statistics, polymer physics, and financial markets*. World scientific.
- [3] Weinberg, E. J. (2012). *Classical solutions in quantum field theory: Solitons and Instantons in High Energy Physics*. Cambridge University Press.
- [4] Andreassen, A., Farhi, D., Frost, W. & Schwartz, M. D. (2017). Precision decay rate calculations in quantum field theory. *Physical Review D*, 95(8), 085011.
- [5] Paranjape, M. (2017). *The theory and applications of instanton calculations*. Cambridge University Press.