

El decaimiento de partículas y la irreversibilidad de reacciones en el universo

Alfredo Bennun & Néstor Ledesma

La *dinámica* espacio-tiempo permite el continuo acoplamiento entre estados abiertos. Estos se integran en una cronología que primero permite la acreación de potenciales por formación de estructuras termodinámicas, que se disipan al conformar nuevas en un no-equilibrio hecho posible por la efluencia del sistema de productos no reversibles.

Interacción cíclica hadrónica (o antihadrónica)

El acoplamiento entre reacciones permite ciclos de nucleones en donde electrones, positrones y la radiación gamma se pueden absorber, con generación de neutrinos/antineutrinos.

Un flujo de reactivos y productos se pueden organizar en ciclo. Si existe una diferencia entre materia y antimateria, ésta será magnificada en función del número de ciclos. Al respecto, la relación entre la cantidad de neutrinos 10^{87} y bariones 10^{78} sugiere que el origen del exceso de neutrinos puede estar relacionado con el número de ciclo de retroalimentación, maximizando la materia por encima de la antimateria.

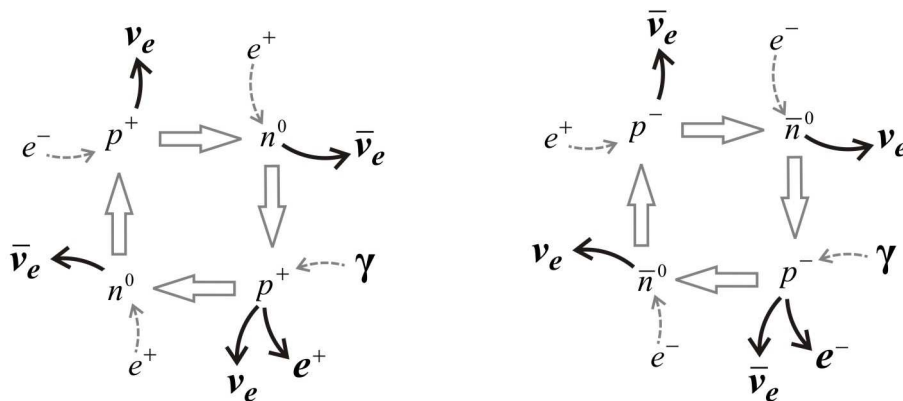


Figura 1. El acoplamiento entre reacciones permite ciclos, el que se muestra consume un electrón y un positrón para absorber radiación gamma, con generación de neutrinos y antineutrinos.

La figura 1 muestra que un exceso de positrones y electrones que requieren 10^{-7} s para aniquilarse, pueden ser alternativamente absorbidos como hadrones o antihadrones con producción de neutrinos y antineutrinos. Los fotones de alta energía pueden consumirse

en cantidades muchos mayores que los hadrones presentes en el sistema. El reciclado hadrón/antihadrón puede mantener un estado estacionario en la cantidad de neutrones y protones: $n_p / n_n = e^{1.29/0.7} \approx 6.25$ ⁽¹⁾.

A partir de los 2 segundos decae neutrón $n^0 \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$, en protón, electrón y antineutrino hasta alcanzar estabilidad a través de la síntesis de deuterio, a los 200 segundos: $n_p / n_n = e^{1.29/0.7} \approx 7.7$ ⁽¹⁾.

El decaimiento de partículas y la irreversibilidad del sistema

Los esquemas de Feynman ^(2, 3, 4) describen como los bosones W^\pm cambian el sabor de las partículas durante su decaimiento, con conservación de la paridad de carga eléctrica a través de la emisión de un electrón/positrón: $W^\pm \rightarrow e^\pm + \nu_e / \bar{\nu}_e$ y handedness por emisión de un neutrino/antineutrino. Los bosones W^\pm son mediadores de la interacción débil y su alcance es de 10^{-18} metros.

Se usa la energía de activación ^(5, 6) para ilustrar cinéticamente y termodinámicamente la conversión de neutrón en protón a través de la transición $d \rightarrow u$. En figura 2 las curvas de línea continua representan los picos de energía de activación, que están deslocalizados en los pasos sucesivos de las reacciones. En estas coordenadas el tiempo se expresa como progreso de la reacción. El bosón intermediario, W^- decae en 10^{-25} s permite que se formen los productos: electrón y antineutrino, pero sin reversibilidad. La cual, requiere un tiempo mayor que la vida media de W^- .

Por lo tanto, W^- como una vía unidireccional entre los estados iniciales y finales confiere irreversibilidad al sistema. El eje de ordenadas muestra la energía de activación, para la reacción exotérmica. La conversión $d \rightarrow u$ envuelve una pérdida de masa en reposo $5.6 \text{ MeV} \rightarrow 2.3 \text{ MeV}$, respectivamente, que aparece como energía cinética E_K que añade como masa inercial del electrón emitido.

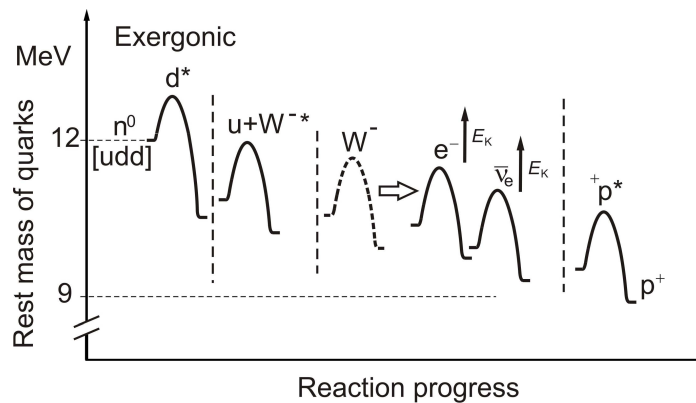


Figura 2. Ilustra la reacción intermediaria $d \rightarrow u + W^- \rightarrow u + e^- + \bar{\nu}_e$. Los estados de transición consisten en reacciones de un quark u , más un bosón W^- , que decae en los productos: protón, electrón y un antineutrino. W^- confiere energía de activación y la asimetría. La curva discontinua indica la vida

media mucho más corta de los estados de transición, que en este contexto impide la reversibilidad. La muy corta vida media del bosón W^\pm permite que la energía de activación se disipe y evita reversibilidad. La simetría $n \leftrightarrow \bar{n}$ tendría una representación similar de la desintegración de antineutrón: $\bar{n}^0 \rightarrow p^- + e^+ + \nu_e$ ($\bar{d} \rightarrow \bar{u} + W^+ \rightarrow \bar{u} + e^+ + \nu_e$) que incluyen el bosón vectorial W^+ y por lo tanto no se ilustra. La escala se basa en la masa en reposo de dos quarks d , de 5 MeV cada uno y un u de 2 MeV. (*) Estado de transición. La flecha \uparrow indica que la emisión de electrones y antineutrinos que escapan del sistema.

Cuando una estrella Titánica se vuelve una estrella de neutrones y posteriormente una supernova la enorme densidad de energía permite que un electrón reaccione con un protón como se ilustra en la figura 4 para generar neutrones que están estrechamente ligados.

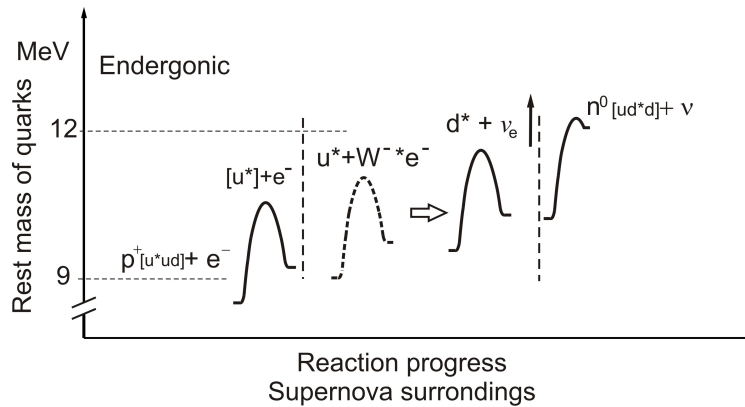


Figura 3. Ilustra la reacción endérgica: $p^+ + e^- \rightarrow n^0 + \nu_e$, la combinación de un protón y un electrón para generar un neutrón y un neutrino. La energía que rodea podría generar una bosón virtual W^- que supone aumento de la masa en reposo del quark u mediante la incorporación de 3 MeV para formar un quark d . La reacción sigue una distribución estadística de Fermi-Dirac: $f(p) = 1/[e^{(E-\mu)/T} + 1]$, para fermiones y fotones-electrones estarán a la misma temperatura característica, $T_e = T_\gamma$. Estas reacciones se producen en condiciones extremas de la formación de las estrellas de neutrones. La reacción simétrica: $p^- + e^+ \rightarrow \bar{n}^0 + \bar{\nu}_e$, de antiprotón a antineutrón, podrá exigir el bosón W^+ y podría ser posible en la era primordial de quarks y hadrones, pero no se observa en la actualidad, si aceptamos que hay estrellas no de antimateria. La aparición de neutrinos y su escape genera un sistema no-equilibrio.

Conclusión

En la escala micro, la Era Expansionaria ^(7, 8, 9), se podría caracterizar como un estado disipativo de energía potencial, en el cual, numerosas partículas de corta vida decaen y generan otras partículas de mayor vida media ^(1, 10). El incremento del espacio regula la relación entre temperatura y permisividad de las reacciones.

Haciendo extensivo la caracterización de sistema abierto a la escala macro, una estrella se la puede describir como un sistema en que se acoplan fases termodinámicas. La fase de acreación solar conforma un potencial que se disipa en la reacción de fusión de hidrógeno, con fuga del sistema de neutrinos y radiación. La tendencia expansiva de la reacción nuclear se opone a gravedad manteniendo el sistema lejos de equilibrio. Exhausto el potencial mantenido por el consumo de hidrógeno, el sistema no puede

sustentar el no-equilibrio y opera como cerrado. Consecuentemente, la gravedad implosiona la estrella.

Referencias:

1. Ceba, J.; “Cosmología Física”, Ediciones Akal, España (2007)
2. Feynman, R. P.; “The theory of positrons”, *Phys. Rev.* 76, 749 (1949)
3. Feynman, R. P.; “Elementary Particles and the Laws of Physics: The 1986 Dirac Memorial Lectures”, Cambridge University Press, Cambridge (1987)
4. Feynman, R. P. & Hibbs, A.; “Quantum Mechanics and Path Integrals”, McGraw-Hill, New York (1965)
5. Bennun, A.; “Hypothesis on the role of liganded states of proteins in energy transducing systems”, *Biosystems*, 7, 230-244 (1975)
6. Bennun, A.; “Hypothesis for coupling energy transduction with ATP synthesis or ATP hydrolysis”, *Nature New Biology*, 233, N° 35, 5-8 (1971)
7. Gamow, G.; “The Creation of the Universe”, New York (1952)
8. Friedmann, A.; “On the Curvature of Space”, *General Relativity and Gravitation* **31**: 1991–2000 (1999)
9. Friedmann, A.; “On the Possibility of a World with Constant Negative Curvature of Space”, *General Relativity and Gravitation* **31**: 2001–2008 (1999)
10. Reeves, H.; “Crónicas de los átomos y de las estrellas”, Alianza Editorial, España (2009)