

Partim de la idea que l'univers s'està expandint adiabàticament. Però qualsevol sistema que s'està expandint adiabàticament ha d'estar perdent energia ($dE = -pdV$). Però un univers és un sistema aïllat, aleshores ha de tenir energia constant. No viola doncs l'expansió adiabàtica la conservació de l'energia, atès que l'energia interna de l'univers està disminuint?

Per a qualsevol sistema FINIT que s'expandeix adiabàticament, la conservació de l'energia no es viola perquè que el sistema transfereix la seua energia interna a la resta de l'univers en forma de treball. Tanmateix, quan considerem tot l'univers com a sistema, on fa cap el treball realitzat?

Alternativamentcal considerar immutable el principi de conservació de l'energia?

L'únic motiu pel qual se va elevar la conservació de l'energia a un principi fonamental al segle XIX va ser perquè es va observar que sempre funcionava en totes i cada una de les situacions experimentades. Mai se va experimentar però en situacions exòtiques, com les que se originen en un espai-temps corbat. Per tant, no hi ha cap raó per esperar que el principi continue sent vàlid en situacions exòtiques.

... A un nivell més profund.... el teorema de Noether ens diu que la conservació d'energia està relacionada amb la invariància de la translació del temps, cosa que no ocorre en un univers en expansió (a l'univers en expansió, les galàxies llunyanes s'allunyen contínuament unes de les altres amb el pas del temps) .

Pensem: quan dues càrregues elèctriques es separen, és perquè o alguna força conservativa (com la força elèctrica) les separa, o alguna força externa s'aplica a distància, fent treball sobre aquestes partícules per tal de moure-les. Com que el treball no és més que una forma d'energia, i com que les forces iguals i oposades que actuen sobre aquestes càrregues conserven l'energia total (potencial cinètic + elèctric), és fàcil veure que la conservació d'energia es manté.

Tanmateix, si tenim dues masses que estan lligades gravitacionalment, cal algun tipus de treball (o una altra font d'energia) per separar-les. Té sentit, en aquest context, que es conserve l'energia: la quantitat en què podem separar dues masses lligades gravitacionalment està directament relacionada amb la quantitat d'energia que posem per separar-les. Però en un Univers en expansió, on tractem sistemes no lligats gravitacionalment, la separació de dues masses no està relacionada amb la quantitat d'energia que es posa per separar-les. En canvi, la separació entre ells és realment només una funció de quant de temps ha passat mentre l'univers s'ha anat expandint, així com de la rapidesa amb què l'univers s'ha anat expandint durant aquest temps. Aquesta expansió és "gratuïta" en el sentit que no costa gens d'energia; simplement s'està produint al llarg del temps com a conseqüència natural de l'univers en expansió.

I com que l'univers en expansió, a través del mateix acte d'expandir-se, ja no és el mateix en tot moment, això vol dir que no és invariant amb el temps i, per tant, l'energia no es conserva.

O més precisament, no es pot definir un invariant conjugat amb el temps (i.e., no es pot definir correctament l'energia).

De fet, podem comprovar que l'energia no es conserva en un Univers en expansió. Per exemple, els fotons amb longitud d'ona λ i energia ϵ es converteixen en fotons amb longitud d'ona $k \cdot \lambda$ i energia ϵ/k si l'univers s'expandeix amb un factor k . Així, l'energia de la radiació disminuiria proporcional a $1/k$.

A l'univers, la curvatura de l'espai-temps està determinada per la presència i distribució de matèria i energia, i aquest espai-temps corbat indica a la matèria i l'energia com han de moure's. Això també funciona a l'inrevés: la presència i la distribució de la matèria i energia defineixen com evoluciona l'espai-temps en resposta a aquesta matèria i energia, i llavors aquesta evolució de l'espai-temps pot afectar de retruc la distribució de la matèria i l'energia. L'espai-temps que descriu l'Univers no és estàtic i immutable.

En resum: el problema de la conservació de l'energia a l'Univers en expansió no és que l'energia es crea o es destrueix; el problema és que l'energia no està ben definida en un espai-temps en expansió. Només si tenim invariància temporal (contradit explícitament per un Univers en expansió) es pot definir exacta i inambiguament l'energia.