EQUÍVOCOS DA ENTROPÍA EN TERMODINÁMICA, COSMOLOXÍA E BIOLOXÍA

Armesto Ramón, Constantino
Instituto de Bacharelato Illa de Tambo
Marín (Pontevedra)

INTRODUCIÓN

A entropía é unha magnitude física ligada ao segundo principio da termodinámica (a entropía dun sistema illado nunca decrece). É a lei física máis considerada fóra da propia física; non obstante, a pesar da súa abundante utilización, cométense algúns erros no seu uso tanto en termodinámica, coma en cosmoloxía ou bioloxía. Os estudantes de ciencias estudan, por primeira vez, o significado deste fundamental concepto no bacharelato (16-18 anos); debe coidarse a súa explicación para que preconceptos erróneos non obstaculicen a súa plena comprensión. Comentarei cada unha das fontes de erro con máis detalle.

TERMODINÁMICA QUÍMICA: DISTINGUIR OS PROCESOS REVERSIBLES DOS IRREVERSIBLES

A definición operativa de Clausius da entropía só é válida nun proceso reversible; nun proceso irreversible os cálculos deben facerse nun ficticio proceso reversible que teña o mesmo estado inicial e final que o proceso irreversible.

TERMODINÁMICA QUÍMICA: A ENTROPÍA NON É SINÓNIMO DE DESORDE

A entropía, segundo a definición de Boltzmann, pode identificarse habitualmente coa desorde, pero non sempre sucede así; poden crearse estruturas ordenadas e simultaneamente aumentar a entropía. A cristalización de esferas duras é un exemplo a considerar.

TERMODINÁMICA E INFORMACIÓN: O DEMO DE MAXWELL

Obter información do mundo molecular consume entropía; se prescindimos desta consideración poderiamos deseñar máquinas de movemento perpetuo, algo imposible.

COSMOLOXÍA: A INCLUSIÓN DA GRAVIDADE

A escala humana, o gas emitido por un vehículo espacial esparéxese no espazo; a escala astronómica, unha nube de gas condénsase nunha estrela. A evolución dun sistema, e polo tanto a súa entropía, depende de se podemos ou non ignorar a gravidade.

En presenza de buratos negros a segunda lei da termodinámica aparentemente non se cumpre: parece que, cando un obxecto desaparece na singularidade do burato negro, a entropía diminúe.

Nun sistema que incorpora a gravidade debe modificarse a definición de entropía (entropía xeneralizada): no colapso do burato negro cúmprese entón a segunda lei pois o aumento da entropía do burato negro supera a diminución da entropía do obxecto. Na evaporación dun burato negro tamén se cumpre a segunda lei, pois a entropía da radiación emerxente compensa a mingua de entropía do burato negro.

O papel que desempeña a entropía na cosmoloxía é un tema controvertido. Comezo do universo hipótese 1: o universo comezou (Big-bang) nun estado de mínima entropía, dende entón a entropía aumenta. Comezo do universo hipótese 2: o universo comezou nun estado de máxima entropía, a entropía diminuíu ata un mínimo durante a inflación, dende entón a entropía aumenta. Fin do universo hipótese 1: morte térmica (entropía máxima): a enerxía distribuíuse uniformemente e a materia áchase á mesma temperatura. Fin do universo hipótese 2: a hipótese da morte térmica suscita numerosas dúbidas: nun universo en expansión, a entropía máxima aumenta máis rapidamente que a entropía do universo: o desaxuste (gap) da entropía (a diferenza entre a entropía do universo e a entropía máxima que podería ter) desvía ao universo do equilibrio e afástao da morte térmica. Entre ambos os dous estados inicial e final do universo: valor das entropías de todos os compoñentes do universo observable actual, e suma total $3{,}1.10^{104}$ k (k constante de Boltzmann), compárese este valor coa cota holográfica do universo observable $2{,}6.10^{122}$ k.

SERES VIVOS: SISTEMAS ABERTOS

A segunda lei establece que nun sistema illado a entropía permanece invariable ou aumenta; pero se o sistema non está illado (ser vivo), a súa entropía pode diminuír debido á interacción co exterior, sempre que a cantidade total do cambio de entropía sexa igual ou maior que cero. Se desexamos aplicar a termodinámica aos seres vivos debemos considerar que se trata de sistemas abertos (intercambian materia e enerxía co exterior), e os estados invariantes no tempo dos sistemas abertos non son estados de equilibrio, senón estados estacionarios; por iso, aos seres vivos non se lles pode aplicar a termodinámica do equilibrio habitual, senón a do non equilibrio. A diferenza entre ambas as dúas termodinámicas áchase en que magnitudes como a presión, temperatura e entropía se definiron só para os estados de equilibrio; pode salvarse este obstáculo nalgúns casos (forzas pequenas, procesos lineais, cambios suaves), non en todos.

Os sistemas fóra do equilibrio (quentamento dun vaso de auga, por exemplo) non son totalmente heteroxéneos, poden presentar simetrías, que poderían ser a clave do que chamamos vida. Poden existir varios estados estacionarios nun sistema constituído por reaccións químicas acopladas, para unha relación fixa entre a primeira substancia e a última non correspondente ao equilibrio.

CONCLUSIÓNS

1. Para aplicar a un proceso a definición operativa da entropía resulta fundamental a distinción entre un proceso reversible e un irreversible.
2. Se ben é certo que en moitos procesos a entropía é sinónimo de desorde, non sempre está xustificado facer a identificación.
3. Habitualmente podemos prescindir da entropía xerada ao adquirir información sobre as magnitudes físicas dun sistema, o demo de Maxwell móstranos que non sempre sucede así.
4. A aplicación da entropía ao universo e a calquera sistema que inclúa a gravidade é un tema en discusión; en calquera caso, a definición de entropía debe xeneralizarse.
5. Cando a entropía se aplica aos seres vivos debe prestarse atención a que son sistemas abertos (non están en equilibrio), aos que debe aplicarse a termodinámica do non equilibrio e non a habitual termodinámica do equilibrio.