

Q&A

H₂+1/2O₂=H₂O+286kJなどの熱化学方程式は物質の持つエネルギーに注目した方程式というのですが、物質の持つエネルギーとはそもそも何ですか?結合エネルギーだけではないですよ。原子もエネルギーを持っていると聞きましたから

原子と原子が、電子を介したクーロン力でひきあって共有結合を作り、分子になるのと同じように、核の中でも、陽子と中性子(あわせて核子と呼びます)の間に核力と呼ばれる力が働いて、核をひとまとまりにまとめています。核力は、ごく近距離までしか届かないのですが、非常に強い結合です(さもないと、陽子同士のクーロン斥力のせいで、核は弾けてしまうでしょう)。

化学では、電子が媒介する結合(共有結合や金属結合など)しか扱いませんので、化学でいう「物質の持つエネルギー」というのは、これらの結合の強さの尺度といえ良いでしょう。熱や光をつかって、この結合エネルギーに等しいエネルギーを注入すれば、結合を切ることができますが、結合が強いほど多くのエネルギーを投入する必要があります。一方、核物理学では、核力による原子核内の結合を扱いますが、この結合エネルギーは化学結合に比べて桁も大きいのです。例えば、共有結合で強く結びついたダイヤモンドでさえ、3600°Cで融けて、結合を解消してしましますが、核融合を起こすためには、1億°Cまで温度を上げる必要があります。

つまり、核内の結合が切れるような条件では、化学結合は温度が高すぎて意味をもたないし、化学結合が切れる程度の条件では、核内の結合は変化しないので、両者を同時に考える必要はないと言えます。

原子とはあらたに出来るものですか?陽子と中性子からできた核の周りを電子がまわっているという原子の構造はどのようにできたのですか?

核力にさからって、核の結合を切ったりつないだりすることができれば、新たな核、つまり新たな元素を作ることができます。(核反応あるいは核変換と言います)上に書いた通り、核力は非常に強いので、化学的な方法で核の結合をつなぎかえることはできませんが、粒子加速器を使い、原子核同士を光速に近い速度で激突させるという、暴力的な方法で核を壊すことは可能です。

別の方法としては、ウランのような放射性元素(ある確率で自発的に核が崩壊して別の元素に変わる)を使う、中性子(その名の通り電氣的に中性なので、核のクーロン斥力で弾かれない)を打ちこんで核を壊すという手もあります。原子炉の中では、これらの方法で、新たな原子がどんどん作られています。¹

それとも、原子を壊して別の原子を作るのではなく、無から原子を作れるか、という問いでしょうか? なにもないところから原子を作ること原理的には可能です。アインシュタ

¹ 元素を作り出すという意味では錬金術そのものですが、金を市場で買うよりはるかにお金がかかるので、核変換は割にあわない方法ですし、不老不死の効能もありません。

インの有名な式 $E=mc^2$ は、エネルギー E と質量 m の等価性を表しています。プルトニウムが核変換する時に、質量の一部が消失してエネルギーに変換され、それが原子爆弾の膨大な熱を生み出すのです。²原理的には、逆にエネルギーを一点に集中することで、質量を生み出すこともできるはずですが、ビッグバンの時には、宇宙全体の質量に匹敵する、途方もないエネルギーの集中から、質量が生みだされたと考えられています。(どうしてそんなエネルギーの集中が起こったのかは神のみぞ知る)

希ガスは安定と聞きますが、希ガス自体は他の物質と反応することはないのでしょうか？
ほとんどの希ガスは反応しませんが、Xeのような大きな原子(最外殻軌道がかなり大きい)が、フッ素のように電子を強く引きよせる原子に電子を引きぬかれて、結合をつくる場合があります。理学部本館一階の周期表には、XeF₂の固体(缶入り)が展示されていますので、興味があれば見に来て下さい。

希ガスが発光する写真も見ますがその仕組みがよくわかりません。

ネオンサインに使われているネオン管には、希薄なガスが封じこめられていて、両端に放電電極がついています。電極に高電圧を加えると、電極から飛びでた電子が希ガス原子に衝突し電子をひきはがしてイオン化(プラズマ化)したり、あるいは電圧で加速された希ガスのイオン自体が別の希ガス原子に衝突して、イオン化が進みます。このイオンは電子を受けると光を発して中性に戻ります。ネオンガスを用いた場合は、赤い光がでますが、水銀ガスを使うと、もっと波長の短い青白色の光がでます。これを水銀灯と呼び、この光で、ガラス管壁に塗った蛍光材を光らせて、より自然な白い色で光るのが蛍光灯です。

光には質量はないのか、ということと、ニュートリノの質量は虚数かもしれないとあるが、虚数の質量って？

質量 m の物体を速度 v まで加速するのに必要なエネルギーは、古典的には $mv^2/2$ ですが、速度が光速に近づくにつれて、相対論的な補正が必要になってきます。物質の質量は、光速に近づくに従って増大し、光速に等しい時に ∞ に発散するので、必要なエネルギーも ∞ になり、もとの質量が0でない限り、光速に至ることはできません。ニュートリノが光速で届くという事実と、ニュートリノに質量がある、という事実は現時点では矛盾しているといえます。虚数の質量については、僕の理解を越えているので、専門家に尋ねてみて下さい。もしそういうものがあれば、物質の速度が光速を越えてもおかしくない(光速を越える粒子をタキオンと呼びます)と言われていますが、たぶんほかの矛盾をたくさん生み出すことになるだろうと思います。

² 広島・長崎の原爆でエネルギーに変換された質量は、たった1gだそうです。