

ELPH seminar

講師:尾立 晋祥 氏(東京理科大学名誉教授)

日時:平成 30 年 9 月 28 日(金)14 時 00 分 ~

場所:電子光理学研究センター 三神峯ホール

題目:An attempt for the low-temperature nuclear synthesis

概要

・Pd₁₃/D_n(cub-octahedron/D_n)の中の中心のPdをCsで置換した時、電子配置の計算からCs₂Dが準分子的であるという理論が有る(Watari *et al.* 2000)。この準分子はD-Cs-D状の直線上にあり、原子核のクラスター計算では最も高励起状態の池田ダイアグラム(Ikeda *et al.* 1968)で表される状態に酷似している。それでも分子と原子核の違いにはその広がり fm (10⁻¹⁵ m)とÅ (10⁻¹⁰ m)の違いがある。①これをつなげる方法として Vitaly Efimov に依って発表された Efimov effect(1970)がある事に、初めて注目した仕事がこの論文発表の骨子である。筆者は既に Efimov effect を包含する、より一般的な理論を構築する過程でハドロンにも長距離力が発生する事を発表した(2012,2018)。しかし、この長距離力でも pm (10⁻¹² m)を超えると Coulomb 力が勝り核融合は起こらない。もし無原則に核融合が起これば、あらゆる分子は直ちに核融合を起こして世界は原子核になってしまう。従って、この種の問題を考えるときは一般には核融合を起こさない事を念頭に考えなければならない。しかし、この長距離力は Coulomb 力を除けば pm(10⁻¹² m)を超えても働いていて、Efimov に依れば3体系の結合エネルギーは E_n/E_{n+1} =定数(>1: n は主量子数)の関係を持ち、 $E_\infty=0$ に収束する。この際、波長(rms-半径)はどんどん長くなり分子状態まで到達出来る。②この際、仮に分子状態のエネルギーレベルと Efimov 状態のエネルギーレベルが等しく平衡状態になることが有れば、分子状態は無数のハドロン系の Efimov 状態を通してハドロンの基底状態に到達するはずである。しかし、それらの波動関数はイオン間に働くクーロン斥力障壁を透過できるか?という問題が発生する。ところが、準分子の核反応環境は真空状態の核反応と全く異なる事に注目すべきである。準分子は Pd-cage の中に有るので Coulomb 斥力の解釈が全く異なる。③むしろ Coulomb 斥力は有為に働き分子状態のエネルギーレベルを押し上げる(boost-up effect)事になる。つまり、分子状態のエネルギー準位や、Efimov 状態は直ちに Coulomb 斥力ポテンシャルの頂点近くに移動し、障壁を容易に透過する事が出来る。低温核融合には以上3要素が必要と考えられる。

数値計算に依れば注目する準分子の広がりである 6.2 Å の近辺の rms-半径を持つ Efimov 波動関数は、主量子数が 238~239 位で $E_{239} = -0.018$ eV, $E_{238} = -0.020$ eV と、エネルギー準位はこのあたりまで来ればかなり詰まっていて準分子のエネルギー準位と容易に混ざり合う事が出来ると考えられる。また、La 核の励起状態も無数に存在していて、Efimov 状態のみならず一般の原子核の遷移に従っても La の基底状態まで落ちる事が出来ると考えられる。従って、これらエネルギー遷移によって大きなエネルギーを一度に出すことは無く、小幅なエネルギー間隔の蓄積として 25.91 MeV のエネルギーを放射すると考えられる。今回の計算は Cs(135)+2d が La(139)に変換する過程を想定しているが、Cs(137)+2d では La(141)+β⁻, 更に Ce(141)+β⁻ を経て Pr(141)に至る場合でも 25.74 MeV を放出し 33日程で安定核になるので 30年の半減期を待つまでもなく Cs(137)の問題は解決し、しかもエネルギーも確保できる。この時発生するβ線のエネルギーは前者が 1.99 MeV,後者が 0.07 MeV でやや高エネルギーに属するが Pd₁₃クラスターの核外電子との弾性衝突によって直ちに熱エネルギーに変換される。

参考文献

- 1)Watari, N. et al., J. Phys: Condens.Matter 12, 6799-6823 (2000).
- 2)Ikeda, K. et al., Prog. Theor. Phys. Suppl.464 (1968).
- 3)Efimov, V., Phys. Lett. B33 563 (1970); Nucl. Phys. A210, 157,(1973).
- 4)Oryu, S., Phys. Rev. C86, 044001 (2012);
Oryu, S., Few Body Syst. (open access) (2018)59:51.