報告番号	※甲 第 1774 号

主論文の要旨

題名

A study of nuclear sizes of unstable nuclei

(不安定原子核の大きさに関する研究)

氏名 山川 修

主論文の要旨

報告番号	※甲第　　号	氏名	山川　修

これまで原子核のサイズの研究はほとんどがβ崩壊に対して安定な原子核を対象として行われてきたが、本論文ではβ崩壊に対して不安定な種々の原子核を高エネルギー重イオン反応によって生成される入射核破砕片の中から選別して二次ビームとして用い、その相互作用断面積を測ることにより はじめて不安定原子核のサイズの情報を得ることに成功した。

高エネルギー重イオン反応においては入射核破砕片は、前方に集中して放出される。入射原子核の運動エネルギーが 1 GeV/nucleon 程度であるときには、1種類の入射核破砕片の運動量の拡がりは 数% 程度であることが、現在までにわかっている。そこで、この種々の入射核破砕片の中から磁場とスリットにより リジディティ（運動量を陽子の数で割ったもの）を選択し、シンチレーション・カウンターにより 原子核の電荷と速度を測り、入射核破砕片を同定し、二次ビームとして取り出すことに成功した。

本論文では、米国ローレンス・バークレイ研究所において ^{11}B, ^{19}F, ^{20}Ne の一次原子核ビームを用いち g/cm^2 の ^{9}Be 標的との反応生成物の中から、

運動エネルギーが790 MeV/nucleonのβ崩壊に対して不安定な核を含むHeとLiの同位核を二次ビームとして取り出し^{9}Be, ^{12}C, ^{27}Al標的核との相互作用断面積(σ_I)を減少率法によって約1%の誤差で測定した。このときσ_Iは原理的には次の式で表わされる

$$N = N_0 \exp(-t\sigma_I)$$

ここでN_0は入射原子核の個数，Nは標的の後で反応せずに残った原子核の個数である。またtは標的の厚さである。本実験で測定しているのは反応断面積であり弾性散乱又は多重電磁散乱の断面積は測定していない。

次にσ_Iから相互作用半径を次の式によって導出した

$$\sigma_I = \pi (R_p + R_t)^2$$

ここでR_p, R_tはそれぞれ入射核と標的核の相互作用半径である。ここで入射核と標的核の密度についての拡散項はR_pとR_tにそれぞれ繰り込めると仮定した。この仮定が正しいことは、本実験において違った標的核で同じ入射核の相互作用半径を導出したとき誤差の範囲内でそれらが一致しているという事実より確かめられた。

上記の式より He と Li 同位核の相互作用半径(R_I)を導いた結果、以下のことがわかってきた。

(1) 大まかには $A<12$ の不安定核においても $R_I = 1.2 \times A^{\frac{1}{3}}$ fm という傾向を示す。(Aは原子核の質量数)

(2) ^{4}He の半径は ^{3}He の半径よりも小さい(このことは電子散乱の実験によっても確かめられている) 又、^{11}Li の半径が $1.2 \times A^{\frac{1}{3}}$ よりも 0.5 fm 程大きいということが初めて測定された。

(3) ^{8}He と ^{8}Li, ^{6}He と ^{6}Li の半径を比較したときに、共に Li 同位核の方が 0.1 ~ 0.2 fm 程度小さいということも初めて明らかにされた。

結果(1)は不安定核においても密度の飽和性が比較的よく成り立っていることを示している。結果(2),(3)は、質量公式中の対称エネルギーの効果によって定性的には説明ができるが、定量的にはさらに詳しい研究が必要である。

本論文によって A の小さな原子核においても、R_I がおおまかには $A^{\frac{1}{3}}$ に比例して大きくなっていることがわかったが、一方電子散乱から得られた安定原子核の電荷の平均二乗半径(R_{rms})は $A=6 \sim 12$ において ほぼ R_{rms} = 一定という傾向を示している。

この違いを究明するために、A=4～12の安定原子核の相互作用断面積を原子核の密度分布としてGauss分布を仮定して、Glauber理論を使って計算したところ、R_IとR_{rms}のAに対する傾向がほぼ再現できた。このことはR_IとR_{rms}は同じ原子核の密度分布の異なった場所を測定しているということを示している。特にR_Iは^4Heを除いては密度分布が0.04～0.05核子/fm^3になる半径を測っていることがわかった。

最後に、入射核破砕反応を利用して不安定核の二次ビームを作る この技術は、不安定核の研究の可能性を開き、原子核について様々な面の情報を得る有効な手段となると考えられる。