

巨大数仮説に対する Gamow の考え

日本原子力研究所
炉心プラズマ実験計測開発室
上原 和也
ueharak@fusion.naka.jaeri.go.jp

本誌 (核データニュース 69, 2 (2001)) 深堀智生さんの「オクロ天然原子炉解析に関する核データ・原子炉物理の役割」を興味深く読ませていただきました。感想及び質問をさせていただきます。

深堀さんの報告では、物理定数は一定ではないとする「巨大数仮説」は Dirac のみに限定されていますが、G. Gamow もこの話に一役買っています。クーロン力と万有引力との比はとてつもなく大きく、この値は水素原子における陽子と電子とで比較すると、偶然にも宇宙の年齢と核時間 (水素原子核を光が横切る時間) との比くらいの値になります。この一致は偶然ではありえないとするのが「巨大数仮説」ですが、これを振り返ってみると、物質のもっとも基礎になる原子である水素原子で、中心にある陽子とその周りを回る電子との間に働くクーロン力と万有引力との比 R_c は

$$R_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} \propto \frac{e^2}{G \frac{m_p m_e}{r^2}}$$

$1/4\pi\epsilon_0 = 9 \times 10^9$, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm²kg⁻², $m_p = 1.836 m_e$, $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg を代入して、 $R_c \approx 10^{39}$ となり莫大な数になります。この値は偶然にも水素の原子核の大きさと宇宙の大きさの比くらいの値になるということに Dirac は気がついていました。

$$R_G = \frac{\tau_{\text{cosmos}}}{\tau_{\text{nucleus}}} = \frac{\tau_{\text{cosmos}}}{\frac{2R_{\text{nucleus}}}{c}} = \frac{c \tau_{\text{cosmos}}}{2R_{\text{nucleus}}} = \frac{\text{宇宙の大きさ}}{\text{原子核の大きさ}}$$

上の式で原子核の半径として $R_{\text{nucleus}} = 1.2 \times 10^{-15}$ m、及び宇宙の年齢として $\tau_{\text{cosmos}} =$ 数十億

年 = $10^9 \times 365.25 \times 24 \times 60 \times 60$ 秒を代入すると確かに $R_G \doteq 10^{39}$ となります。ビッグバン理論で膨張宇宙論に立脚すれば、宇宙の大きさは時事刻々大きくなっているので、 R_G は大きくなっていますから、宇宙の誕生から現在まで $R_c = R_G$ が保たれているとすれば、 e や G が変化して R_c も大きくなっていなければならないこととなります。P.A.M. Dirac はビッグバン以来この方 G が時々刻々減少していると主張し¹⁾、G. Gamow は e^2 が時々刻々増大していることを主張したのです²⁾。

そこで質問です。強い相互作用の定数 α とは微細構造定数 ($=e^2/\hbar c$) のことを言っておられるのでしょうか？ もし、この値だとすると、最後の結論である Dirac の仮説は否定されたと言うのは、おかしく、Gamow の考えが否定されたとすべきではないのでしょうか？ オクロのデータでは G の変化を示唆する実験データは得られていないと思います。尤も、Dirac の考えについては、古くは E. Teller の古生物学の証拠に立脚した有名な反論（もし、昔 G が大きかったとするとカンブリア紀には、地球はもっと太陽の近くにあり、海は沸騰してとても三葉虫は住めなかったであろうというもの。オクロで核分裂反応が自然発生したという二十億年前は、丁度この時期に当たる。）があり³⁾、Gamow の説についても、もし e が昔小さかったとすると β 崩壊が早まり半減期が減少するので ^{187}Re のような核種はとっくに絶滅したはずだ（にも拘らず ^{187}Re は現在地球上に大量に見つかる！）という F. Dyson の反論⁴⁾や、放射性崩壊が現在のように鉛ではなく気体のラドンで終わってしまう時期があり、この時大量にラドンが地球上にばらまかれたはずだから、地球上の至る所で、その後の e の増大でラドンから変換した鉛が採掘されるはずだという A. Peres の反論があります⁵⁾。

この原稿は以前岩本昭さんが話された原研の金曜セミナー「オクロルネサンス」で私が会場でした質問を補ったものです。Gamow は2)の論文を発表して1年後に亡くなっていますので、今年（2004年）は Gamow の生誕100年に当たります。Dirac も1984年に亡くなり、Teller も今年に入って幽境の彼方に消えました。Gamow のコロラド大学の時の同僚の S.M.ウラムによると、晩年 Gamow はこの問題にとっても精力を注ぎ、将来これらの数の不思議を説明できる理論は結局単純なものであると信じていたとのことである⁶⁾。

1) P.A.M. Dirac, Nature 139, 323 (1937)

2) G. Gamow, Phys. Rev. Lett. 19, 759 & 1000 (1967)

3) E. Teller, Phys. Rev. 73, 801 (1948)

4) F. J. Dyson, Phys. Rev. Lett. 1291, 19 (1967)

5) A. Peres, Phys. Rev. Lett. 1293, 19 (1967)

6) G. Gamow, "My World Line-An Informal Autobiography", The Viking Press, New York, 1970