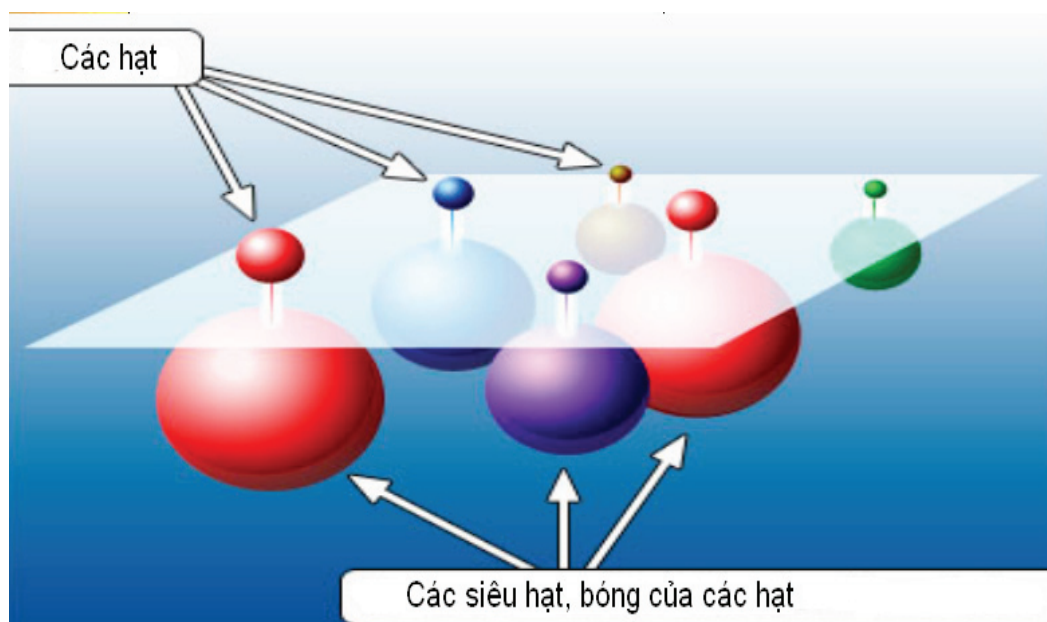


SIÊU ĐỐI XỨNG - MỘT KHỦNG HOẢNG TRONG VẬT LÝ?

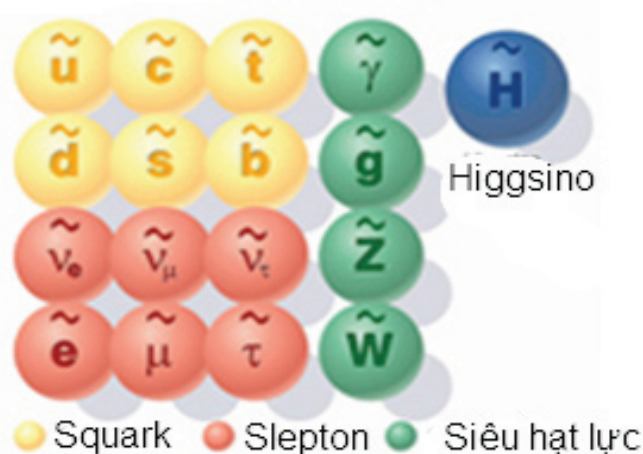
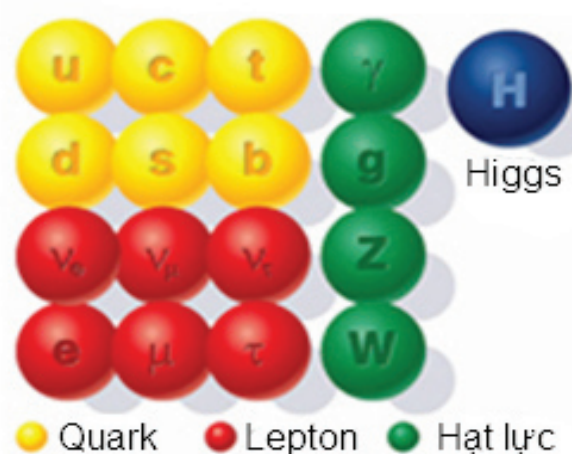


Siêu đối xứng (SUSY - Supersymmetry) khẳng định rằng, mỗi hạt có một siêu hạt tương ứng, và các nhà vật lý đang truy tìm các siêu hạt này. SUSY được đánh giá cao vì giúp giải quyết nhiều vấn đề trong vật lý lượng tử, như vấn đề vật chất tối. Các nhà vật lý hy vọng tìm thấy các siêu hạt trên LHC (Large Hadron Collider). Song cho đến nay, mọi cố gắng đều trở nên vô vọng. Nếu trong thời gian tới, đến LHC cũng bất lực thì SUSY quả là rơi vào bế tắc. Điều này dẫn đến một tình trạng khủng hoảng vật lý các hạt cơ bản. Sau đây là nội dung chính bài viết của hai tác giả Joseph Lykken (Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia) và Maria Spiropulu (California Institute of Technology) công bố trên Scientific American tháng 5.2014.

Thế nào là siêu đối xứng?

SUSY là đối xứng, trong đó mỗi hạt có tương ứng một siêu hạt đi kèm với spin khác spin của hạt là $1/2$, như vậy SUSY sẽ biến đổi fermion thành boson và ngược lại. Nếu LHC phát hiện SUSY (siêu đối xứng) khi năng lượng của LHC tăng lên từ 8 đến 14 TeV thì điều này có ý nghĩa là, một đối xứng mới cơ bản ra đời và xuất hiện một cộng đồng mới của nhiều s hạt (s chỉ hạt siêu đối xứng) đi song đôi với các hạt đã biết (hình 1). Hạt Higgs với spin 0 sẽ có hạt s là higgsino với spin bằng $1/2$. Hạt photon có hạt s đồng hành là photino, còn hạt Z có siêu đồng hành là zino.

Một chú ý quan trọng là ta có thể kết hợp các hạt siêu đối xứng higgsino + zino + photino để có một hạt có tên là *neutralino*. Neutralino là một ứng viên đắt giá cấu thành vật chất tối (dark matter) của vũ trụ. Đã hơn 40 năm trôi qua từ khi SUSY ra đời (1970) nhưng đến nay LHC vẫn chưa tìm ra được dấu hiệu của SUSY. LHC sẽ bắt đầu giai đoạn mới từ năm 2015 với một năng lượng cao hơn, điều này sẽ giúp các nhóm ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) và CMS (Compact Muon Solenoid) hoặc khẳng định hoặc phủ định SUSY. Nếu không có điều gì mới sẽ xảy ra thì hoặc từ chối SUSY hoặc cần một máy gia tốc lớn hơn để tìm ra SUSY.



Hình 1: bên trái là các hạt trong mô hình chuẩn, còn bên phải là các hạt s (hạt siêu đối xứng) tương ứng

Như chúng ta đã biết, mô hình chuẩn (SM - Standard Model) đã cho nhiều kết quả trùng với thực nghiệm. Song vẫn còn những vấn đề đặt ra, ví dụ, vì sao chỉ có 3 loại lepton (electron, muon và tau) mà không phải là 2, 4 hay 15? Do đó, cần những lý thuyết mới dẫn đến sự tồn tại các hạt mới.

Những hướng lý thuyết mới sau SUSY

Nếu SUSY không được tìm ra thì các nhà vật lý hy vọng sẽ phát triển lý thuyết theo 3 hướng sau:

1- Lý thuyết đa vũ trụ (Multiverse)

Đa vũ trụ là một tập giả định nhiều vũ trụ khả dĩ (trong đó có vũ trụ của chúng ta) gồm mọi sự tồn tại vật lý: không thời gian, vật chất, năng lượng các định luật vật lý, các hằng số vật lý. Những vũ trụ khác nhau trong đa vũ trụ có lúc còn được gọi là vũ trụ song song (parallel universe). Từ đa vũ trụ được sử dụng bởi Williams James năm 1895, J.C. Powys năm 1955 và nhà tiểu thuyết viễn tưởng Michael Moorcock năm 1962 (hình 2). Khái niệm đa vũ trụ từ khoa học viễn tưởng đã bước vào các tạp chí khoa học cách đây 24 năm (1990). Nhiều nhà khoa học cho rằng, tồn tại triệu triệu vũ trụ khác, mỗi vũ trụ với những định luật vật lý riêng nằm ngoài chân trời quan sát của chúng ta. Tất cả được gọi là đa vũ trụ. Trong một tập hợp vô hạn như thế, mọi điều tưởng chừng như *không thể* đều trở thành *có thể*.

Cường độ các lực cơ bản, kích thước các hạt chứa nhiều con số mà hiện vẫn là điều bí ẩn đối với các nhà khoa học. Chúng ta không muốn nghĩ rằng các số đó là ngẫu nhiên, vì nếu các số đó chỉ sai lệch đi một chút thì vũ trụ không còn tình trạng như hiện nay. Các nguyên tử sẽ khác đi và sự sống



Hình 2: hình ảnh nghệ thuật của đa vũ trụ

cũng không còn. Nói theo kiểu các nhà vật lý thì vũ trụ đã được “chỉnh đúng tần số” (finely tuned). Ta có thể đưa ra giả thuyết là hiện trạng “chỉnh đúng tần số” chỉ là một điều ngẫu nhiên. Như vậy, phải tồn tại nhiều vũ trụ khác với các “tần số” khác nhau. Big Bang đã tạo ra vô số vũ trụ chỉnh đúng theo nhiều “tần số”. Vậy câu hỏi tại sao electron có khối lượng như vậy sẽ có được câu trả lời như sau: đó chỉ là một ngẫu nhiên vì tồn tại một đa vũ trụ trong đó electron có nhiều khối lượng khác nhau. Đây chỉ là ngẫu nhiên của lịch sử vũ trụ. Chỉ trong vũ trụ “chỉnh đúng tần số” nào đó mới sản sinh được những nhà vật lý ngồi đây để suy tư vì sao không có SUSY!

2- Các chiều dư (ED - Extra dimensions)

Vấn đề về số chiều dư của không thời gian là vấn đề có ý nghĩa lớn đối với vật lý để cập đến cấu trúc tinh tế của không thời gian. Liệu không thời gian

thực tại có 4 chiều (3 chiều không gian và 1 chiều thời gian) hay 5 chiều hoặc 10, 11 chiều. Các chiều ngoài 4 chiều thông thường được gọi là các ED. Sự phát hiện các ED sẽ là một sự kiện đầy ấn tượng. Các ED đang được truy tìm tại LHC và những máy gia tốc khác. ED trở thành một trong những vấn đề cơ bản nhất của vật lý (và cả triết học).

Các nhà vật lý Lisa Randall thuộc Đại học Harvard và Raman Sundrum thuộc Đại học Maryland của Hoa Kỳ đã chứng minh rằng, một chiều dư với hình học cong (warped geometry) có thể giải thích được vì sao hấp dẫn có tương tác yếu hơn các tương tác khác.



Hình 3: Lisa Randall, GS vật lý lý thuyết tại Đại học Harvard được báo Time xếp vào top 100 nhân vật có ảnh hưởng lớn trên thế giới vì những nhận thức có tính cách mạng đối với thực thể vật lý học và những chiều dư tiềm ẩn của vũ trụ

Nếu chiều dư là vì mô thì chúng ta khó lòng nhận biết được, song ảnh hưởng của kích thước và hình dạng của chúng lại có nhiều hệ quả quan trọng đến vật lý các hạt cơ bản năng lượng cao. Trong những mô hình như vậy chúng ta sẽ không đi tìm các siêu hạt mà cần truy tìm các mode KK (Kaluza - Klein modes) là những hạt lạ mà khối lượng chính là năng lượng chuyển động của chúng trong các chiều dư.

3- Chuyển hóa thứ nguyên (dimensional transmutation)

Chuyển hóa thứ nguyên là cơ chế chuyển một hằng số tương tác không thứ nguyên thành một hằng số tương tác có thứ nguyên. Có hai cơ chế tạo khối lượng cho hạt: 1. Cơ chế Higgs (BEH - Brout/Englert/Higgs); 2. Cơ chế Coleman - Weinberg.

Trong cơ chế thứ hai, các hiệu chỉnh bức xạ (radiative corrections) tạo nên khối lượng. Xét điện động lực học của

một hạt vô hướng không khối lượng (thay vào chỗ electron), ta có Lagrangian:

$$L = -\frac{1}{4}(F_{\mu\nu})^2 + (D_\mu\Phi)^2 - \frac{\lambda}{6}\Phi^4, \text{ trong đó đạo hàm hiệp biến là}$$

$$D_\mu = \partial_\mu - (e/\hbar c)A_\mu$$

Các hiệu chỉnh bức xạ gây nên phá vỡ đối xứng tự phát (giống như trong cơ chế Higgs) và lý thuyết trở thành lý thuyết của một vector meson có khối lượng và một hạt vô hướng có khối lượng. Trong cơ chế này xảy ra hiện tượng *chuyển hóa thứ nguyên*: làm giảm số lượng các hằng số tương tác và các hằng số này được thay bằng các thông số có thứ nguyên. Trong QED của hạt vô hướng, ta có hằng số tương tác điện từ và λ là hằng số tự tương tác của hạt vô hướng. Phá vỡ đối xứng Coleman - Weinberg cho phép loại bỏ λ , thay vào đó có một thông số có thứ nguyên (thông số này ứng với VEV của trường vô hướng). Như vậy, ta vẫn có 2 thông số như trước song bây giờ chỉ còn 1 thông số không có thứ nguyên.

Thường thì chúng ta tính khối lượng một hạt từ khối lượng các hạt khác, ví dụ ta tính khối lượng của các hạt trong SM qua khối lượng hạt Higgs. Gần đây, nhiều nhà vật lý tại một cuộc hội thảo khoa học do William Bardeen (Trung tâm Fermilab, Hoa Kỳ) tổ chức đã cho rằng, khối lượng hạt Higgs có thể tính được nhờ cơ chế *chuyển hóa thứ nguyên*. Trong phương pháp này, người ta chú ý đến tương tác với những hạt ảo (như trong quá trình tính các hiệu chỉnh bức xạ), việc nghiên cứu các tính chất của hạt Higgs lúc này có thể sẽ trở thành trung tâm của một hệ hình (paradigm) mới trong vật lý.

Nếu LHC trong tương lai tìm ra được SUSY thì nỗi thất vọng hiện nay của các nhà vật lý sẽ được thay bằng một niềm phấn khích lớn ✍

CC biên dịch

Tài liệu tham khảo

1. Gordon Kane, *Supersymmetry: Unveiling the Ultimate Laws of Nature*. Basic Books, 2001.
2. Supersymmetry at CERN: <http://home.web.cern.ch/bout/physics/supersymmetry>
3. Howard E. Haber and Gordon L. Kane, June 1986. *Is Nature Supersymmetric?*
4. Gordon Kane, June 2003, *The Dawn of Physics beyond the Standard Model*.
5. George Dvali, February 2004, *Out of the Darkness*.
6. George F.R. Ellis; August 2011, *Does the Multiverse Really Exist?*