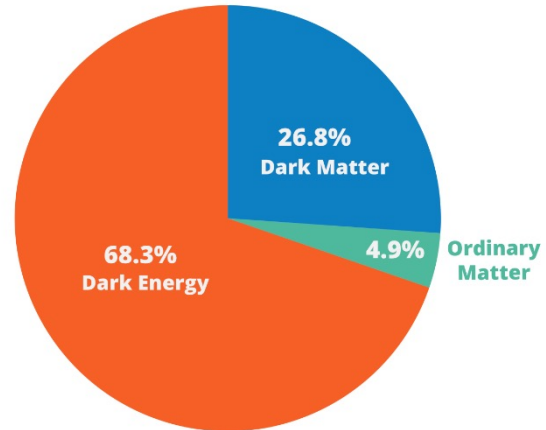


# VẬT CHẤT TỐI SIÊU NHẸ TRỒN TRÁNH PHÁT HIỆN

Vật chất tối chiếm 85% tổng vật chất trong vũ trụ nhưng ta hoàn toàn không thể nhìn thấy nó. Tuy nhiên, ta có thể đo được các hiệu ứng khác nhau của vật chất tối lên các thiên thể trong vũ trụ: chúng bao quanh các thiên hà và giữ cho các ngôi sao chuyển động theo quỹ đạo quanh các thiên hà, chúng làm thay đổi đường truyền của ánh sáng từ các thiên hà xa xôi, chúng điều khiển quá trình hình thành cấu trúc lớn của vũ trụ, và chúng để lại dấu vết trong [bức xạ nền vũ trụ](#), bức ảnh chụp vũ trụ từ xa nhất và cổ nhất, khi vũ trụ mới vài trăm ngàn năm tuổi.

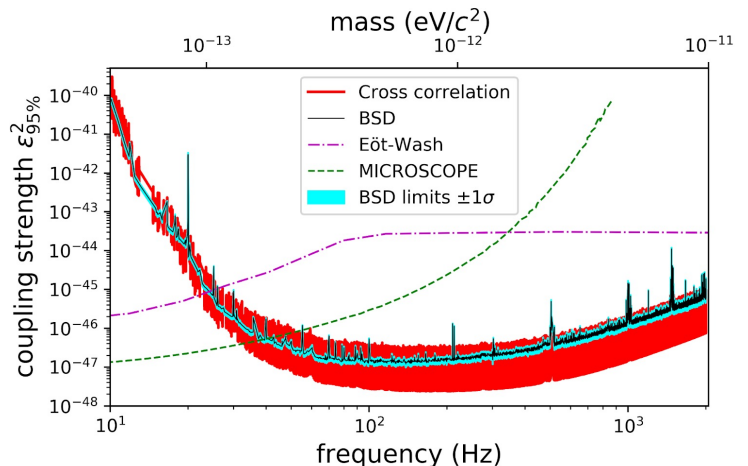
[LIGO](#), [Virgo](#) và [KAGRA](#) vốn được thiết kế để tìm sóng hấp dẫn được phát ra khi các lỗ đen và các sao neutron hợp nhất, khi các pulsar quay không đối xứng, khi các ngôi sao nổ, và từ kết hợp của tất cả các nguồn trên. Tuy nhiên những máy thu này nhạy cảm đến mức chúng cũng có thể quan sát được cả các loại vật chất tối có tương tác trực tiếp với chúng. Ở đây, chúng tôi tìm kiếm một loại vật chất tối đặc biệt gọi là “photon tối”. Hạt này có thể có khối lượng nhỏ hơn khối lượng của electron 20 lần. Trên Trái Đất những hạt này có thể chuyển động với vận tốc khoảng 300 km/s, và chúng có thể nhiều ( $O(10^{50})$  hạt) đến mức chúng tương tác với protons và neutrons, hoặc có khi chỉ với neutrons trong các tấm gương của máy thu và tạo nên một lực dao động theo thời gian lên các tấm gương. Các tấm gương này đặt ở những vị trí khác nhau so với nguồn photon tối, cách nhau từ ba đến bốn kilômét; vì vậy các tấm gương sẽ chuyển động khác nhau chút ít và để lại vết tín hiệu.



*Hình 1: Ước lượng vật chất tối và năng lượng tối hiện tại của vũ trụ. Thành phần quan trọng nhất là năng lượng tối ([dark energy](#)), nó gây ra sự giãn nở ngày càng nhanh của vũ trụ. Khoảng một phần ba còn lại là vật chất tối ([dark matter](#)) và vật chất thường ([ordinary matter](#), tức là các nguyên tử), trong đó vật chất tối chiếm khoảng 85% tổng vật chất. (Ảnh: thí nghiệm ATLAS, CERN)*

## HÌNH VẼ TỪ BÀI BÁO

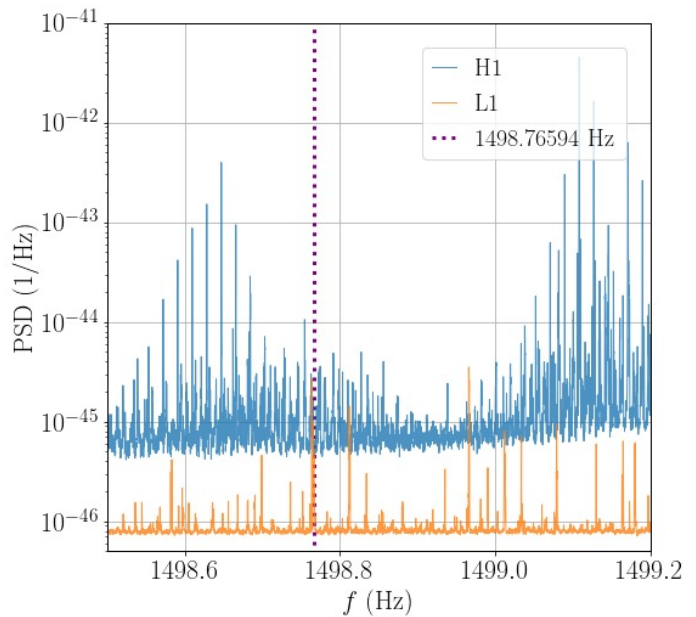
Để biết thêm thông tin về các hình vẽ này và chúng được vẽ như thế nào xin hãy đọc bản [preprint](#).



*Hình 2 (Hình 3 trong [bài báo](#)): Giới hạn trên của cường độ liên kết giữa photon tối và các gương trong kính giao thoa như là hàm của tần số của tín hiệu. (Việc tìm kiếm có sử dụng dữ liệu từ máy thu Virgo nhưng giới hạn trên này chỉ lấy từ hai máy thu của LIGO.) Các giá trị cường độ liên kết nằm trên đường màu đỏ và đường đen/xanh đã bị loại bởi nghiên cứu này: giá trị giới hạn càng thấp nghĩa là giới hạn càng chặt chẽ. Chúng tôi sử dụng hai phương pháp (gọi là phương pháp “cross correlation” và “BSD”) để tìm kiếm photon tối; chúng cho kết quả phù hợp với nhau. Ở nhiều tần số những giới hạn này mạnh hơn từ 10 đến 100 lần so với các thí nghiệm quan sát vật chất tối khác (MICROSCOPE và Eot-Wash). Hằng số liên kết của photon tối được biểu diễn bằng tỉ lệ của nó với hằng số liên kết điện từ.*

Tín hiệu này sẽ gần như là cùng một tần số bởi vì khối lượng của mỗi hạt photon tối là cố định. Vật chất tối cũng luôn đi qua các máy thu, có nghĩa là photon tối tương tác ổn định với các hạt trong gương. Vì vậy tín hiệu là liên tục và gần như là không đổi. Thực tế là, tần số tín hiệu được dịch một lượng tùy ý rất nhỏ theo thời gian bởi vì mỗi photon tối chuyển động theo các tốc độ khác nhau khi mà chúng tương tác với máy thu.

Công việc của chúng tôi là sử dụng dữ liệu từ [quan sát](#) lần thứ ba của Advanced LIGO và Advanced Virgo để xác định nếu có và với độ mạnh nào của photon tối có thể tương tác [cặp đôi](#) với kính giao thoa. Mặc dầu chúng tôi không thu được tín hiệu, nhưng chúng tôi có thể xác định được [giới hạn trên](#) của liên kết này như là một hàm của khối lượng có thể có của photon tối. Trong phân tích này, liên kết của photon tối với kính giao thoa của máy thu sóng hấp dẫn đã được đo để không lớn hơn một phần  $10^{40}$  của [liên kết điện từ](#) đối với tất cả các khối lượng siêu nhẹ mà chúng tôi đề cập đến, thậm chí thấp đến một phần  $10^{47}$  ở một vài khối lượng. Giới hạn của chúng tôi là 10–100 lần tốt hơn những thực nghiệm được thiết kế để tìm kiếm vật chất tối. Đo đạc của chúng tôi về liên kết của photon tối với LIGO và Virgo cho chúng ta cái nhìn sâu sắc về việc vật chất tối ảnh hưởng như thế nào đối với vũ trụ hiện nay và nó được hình thành như thế nào.



**Hình 3** (Hình 2 trong bài báo): Nghiên cứu ban đầu của chúng tôi tìm thấy xuất hiện một vài tín hiệu ứng viên, nhưng chúng hoàn toàn bị loại bỏ bởi vì đó là do nhiễu của thiết bị. Ví dụ, hình này chỉ ra việc đo của chất lượng dữ liệu ([mật độ phổ năng lượng](#)) từ hai máy thu LIGO, cấu trúc chu kỳ rất rõ ở máy thu Hanford ("H1") và đỉnh thu hẹp ở máy thu Livingston ("L1"), cả hai đều đến từ vấn đề của thiết bị. Những nguyên nhân này xuất hiện ứng viên tín hiệu tìm thấy ở tần số được chỉ ra theo trục tung, và đã loại trừ khả năng là tín hiệu của vật chất tối.

**Hãy ghé thăm trang web của chúng tôi:**

[www.ligo.org](http://www.ligo.org)

[www.virgo-gw.eu](http://www.virgo-gw.eu)

[gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/](http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/)

## ĐỂ BIẾT THÊM THÔNG TIN :

Hãy ghé thăm trang web của chúng tôi : [www.ligo.org](http://www.ligo.org), [www.virgo-gw.eu](http://www.virgo-gw.eu), [gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/](http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/)

Đọc miễn phí bản trước khi in của bài báo khoa học đầy đủ [tại đây](#).



## TỪ VỰNG

**LIGO:** The Laser Interferometric Gravitational-Wave Observatory (LIGO) là hệ hai máy thu sóng hấp dẫn đặt tại Mỹ. Một máy thu ở gần Livingston, Louisiana, và một máy thu gần Hanford, Washington. Cả hai máy thu đều là hệ kính giao thoa laser lớn đặt vuông góc với nhau mỗi nhánh dài 4-km, dùng để đo độ thay đổi tương đối các nhánh gây ra bởi sóng hấp dẫn truyền qua.

**Virgo:** Máy thu sóng hấp dẫn ở vị trí gần Pisa, Italy. Nó cũng là kính giao thoa laser, độ dài mỗi nhánh là 3-km.

**KAGRA:** Máy thu sóng hấp dẫn dưới mặt đất ở vị trí gần Toyama, Japan. Nó cũng là kính giao thoa laser, độ dài mỗi nhánh là 3-km, và có bộ phận làm lạnh là cryogenically.

**Độ nhạy:** Miêu tả khả năng của máy thu trong việc phát hiện tín hiệu. Các máy thu với độ nhiễu thấp có khả năng phát hiện các tín hiệu thấp hơn và vì vậy được gọi là có độ nhạy cao hơn (hay lớn hơn).

**Thời kỳ quan sát :** thời kỳ mà máy thu sóng hấp dẫn thu thập dữ liệu.

**Giới hạn trên:** Giá trị lớn nhất của đại lượng có thể có trong khi vẫn thích hợp với dữ liệu. Ở đây, chúng tôi sử dụng khái niệm này để chỉ giới hạn trên mà khối lượng của photon tối có thể có đối với các tần số khác nhau.

**Liên kết:** khi một hạt tương tác với những hạt khác theo cách đặc biệt.

**Liên kết điện từ :** độ mạnh tương tác của các hạt mang điện.

**Pulsars:** Ngôi sao quay, chết thành phần chủ yếu tiền thân là neutrons; chúng là đồng hồ tuyệt vời bởi vì chúng quay rất nhanh và chiếu chùm tia sáng về phía chúng ta với khoảng thời gian đều đặn, giống như hải đăng.