

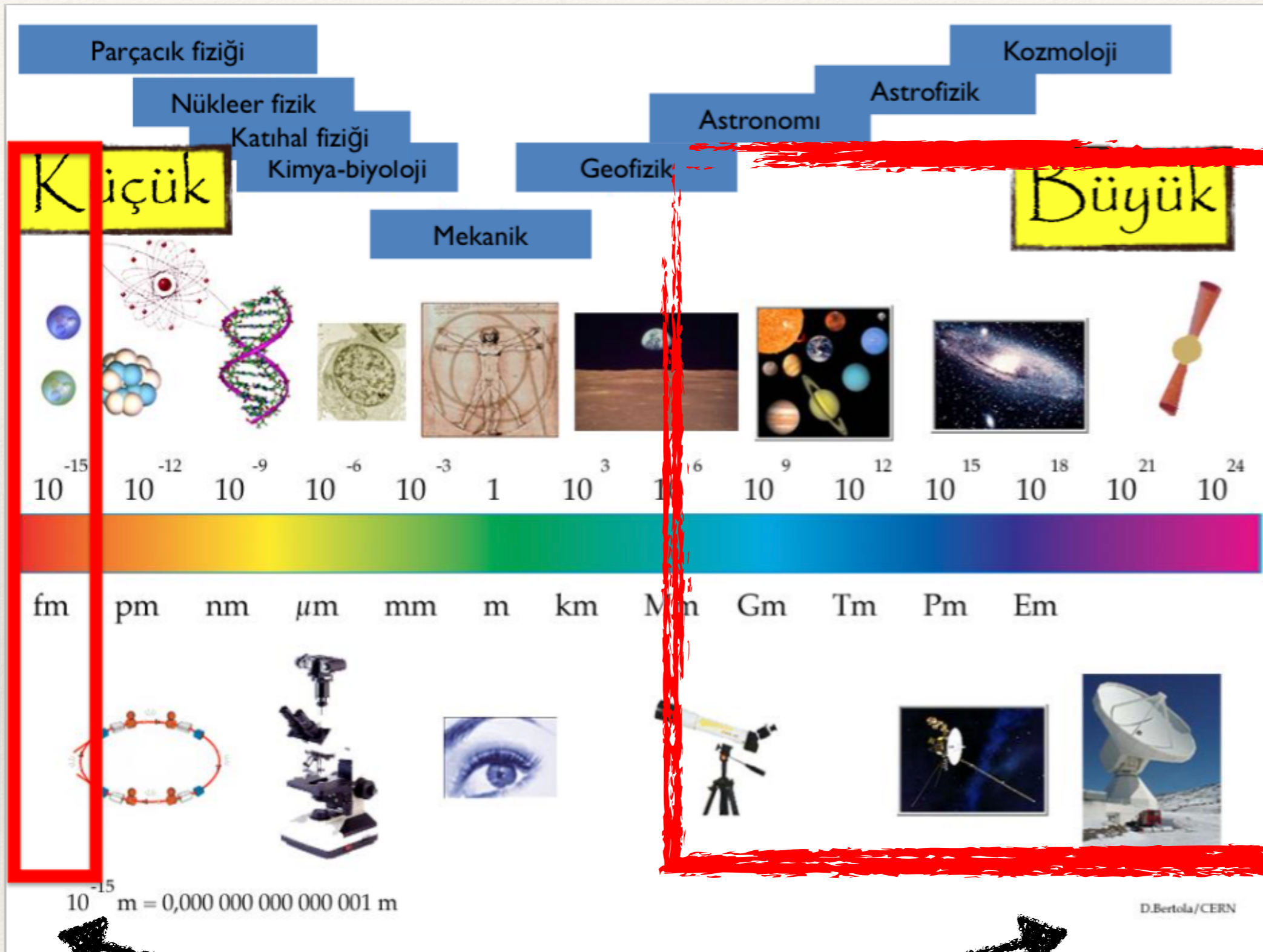


$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i \bar{\Psi} \not{D} \Psi + h.c. \\ & + \bar{\Psi}_i \gamma_{ij} \Psi_j \phi + h.c. \\ & + |\mathbb{D}_* \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

Gökyüzü ve Parçacıklar

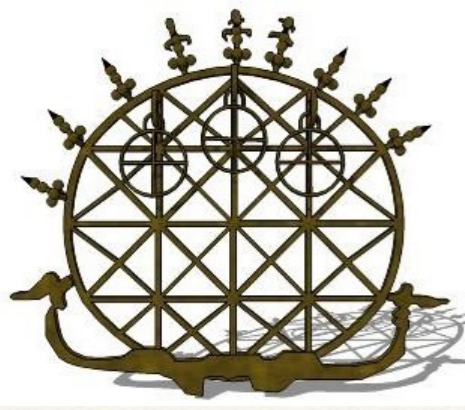
- astroparçacık fiziği

Efe Yazgan
Gent Üniversitesi, Belçika
efe@cern.ch

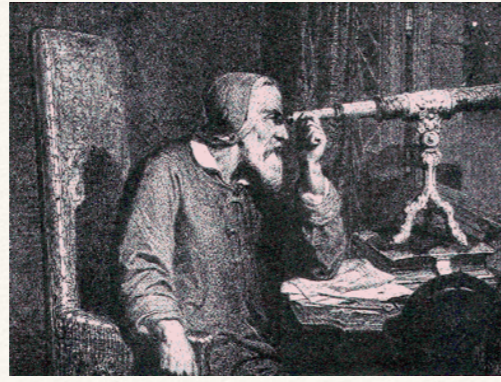


Astroparçacık Fizikinin İlgili Alanları

- Kozmik parçacıklar
- Evrendeki doğal hızlandırıcılar
- Kozmoloji
- Karanlık Madde
- Karanlık Enerji
- Yoğun Yıldızlar
- ...



M.Ö. ~2100-2000
Hattiler, Anadolu



1609 Avrupa



1909-1912
Avrupa



1937 Amerika
(bir amatörün
arka bahçesi)



1957 Sovyetler



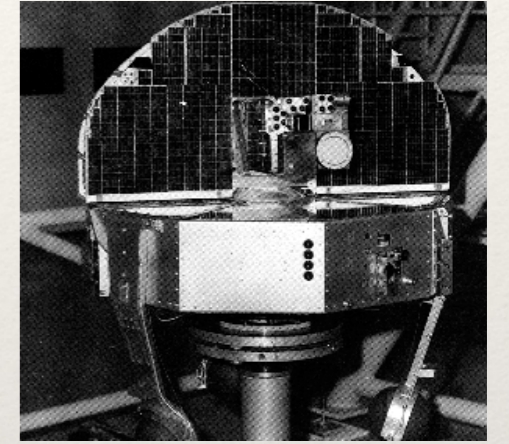
Güney kutbu 2011
IceCube (nötrino
gözlemevi)



2009 Amerika
LIGO Kütleçekim
dalgası gözlemevi



1967 Amerika
Homestake deneyi



1967 Amerika
OSO-3 (X-ışını)

Astroparçacık Fiziği

(~ Yüksek enerji astrofiziği)

==> Evren = fizik laboratuvarı

Optik Astronomi ==> teknolojinin gelişimiyle astrofiziğe evrimleşti:

* mekanik, termodinamik, plazma, nükleer, parçacık fiziği ve genel görecelilik.

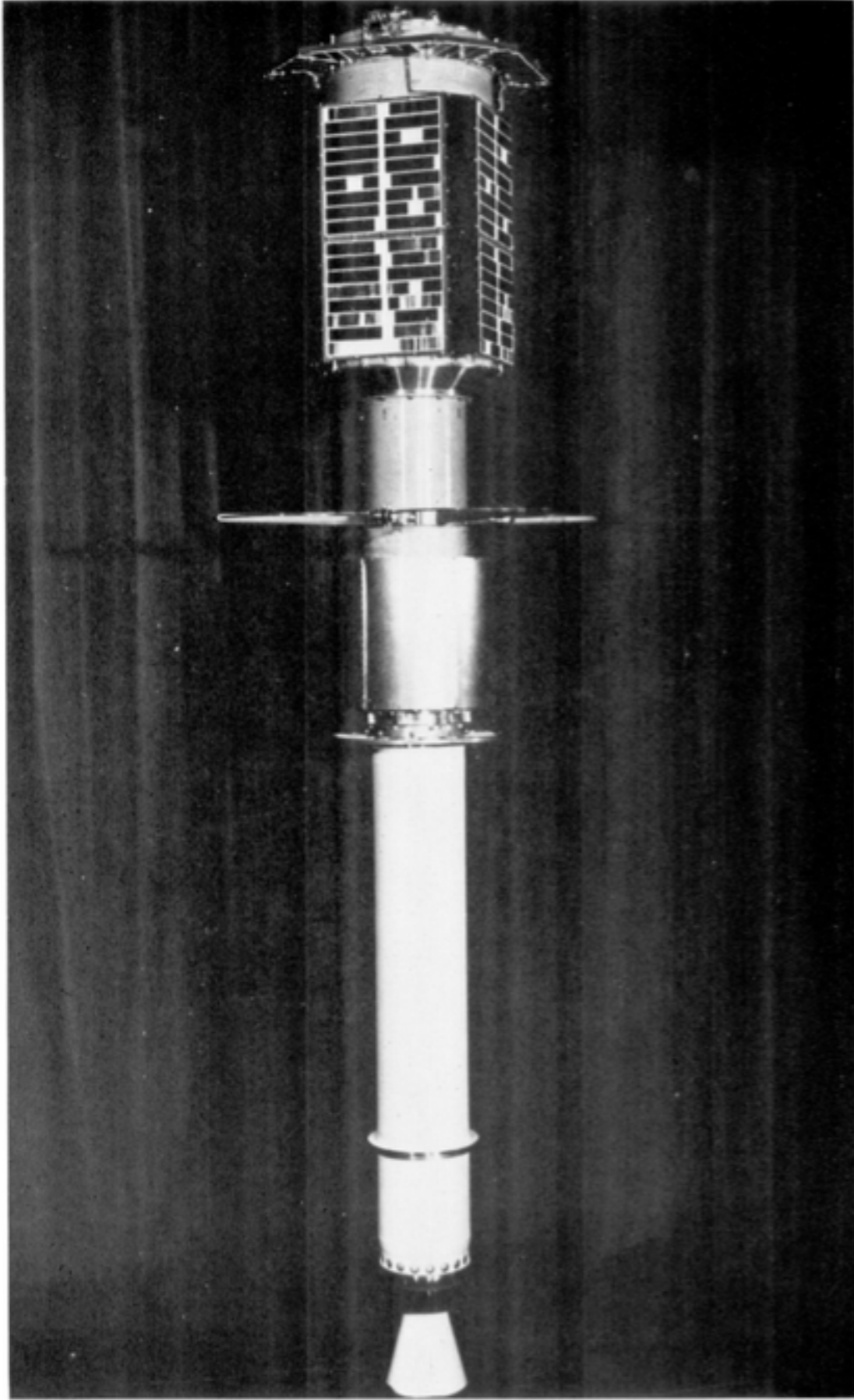
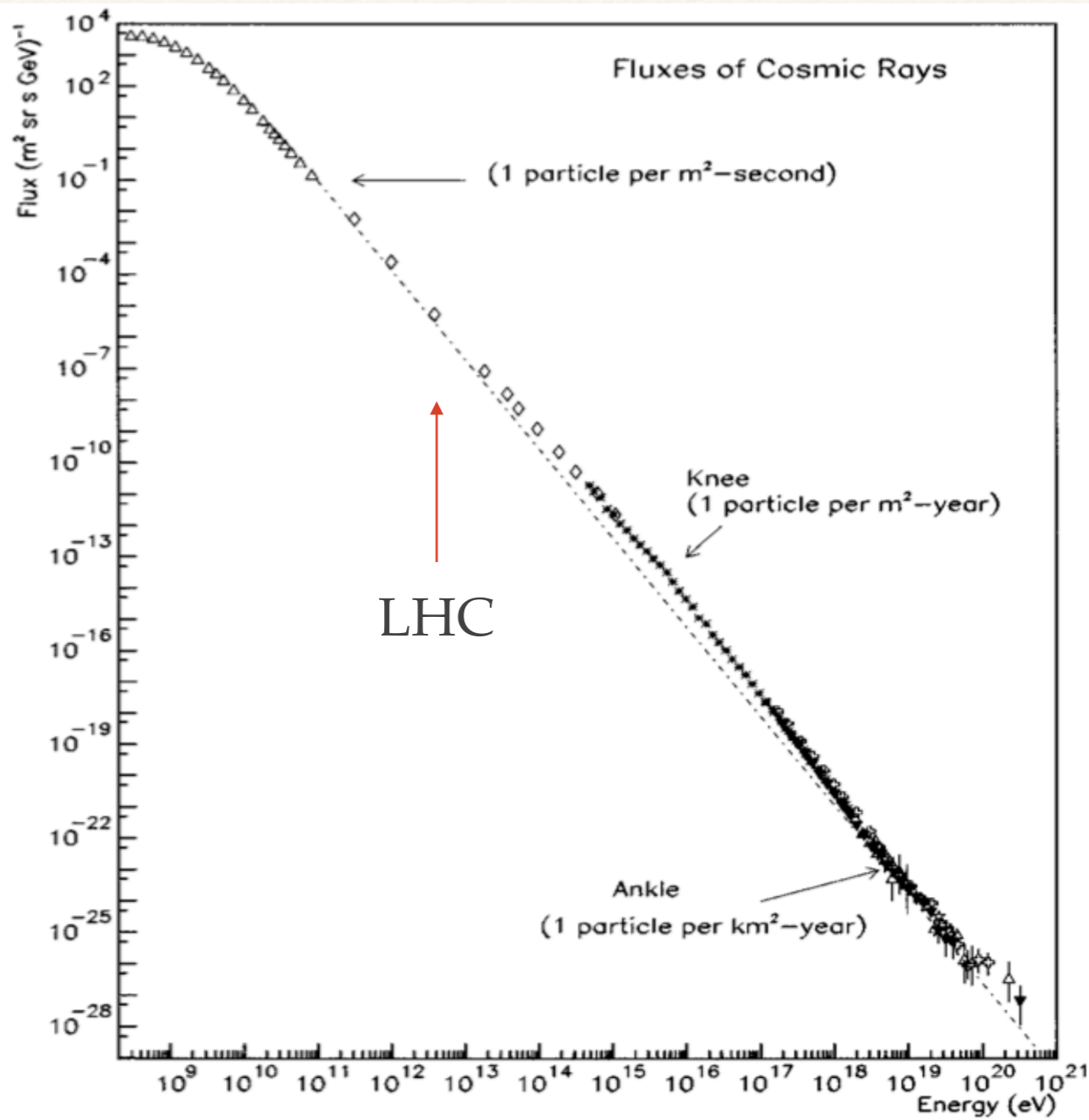


FIG. 1.—The complete Explorer XI satellite. The rocket motor remained attached and the elongated body tumbled about a transverse axis in a plane which slowly precessed.

Explorer XI (A.B.D.): İlk gama ışını uydusu 1960 yılında gökyüzünde eşit dağılmış (isotropik) 22 tane gama ışını fotonu görmesiyle gama ışını astronomisi başlamış oldu.



$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}\not{\partial}\psi + h.c. + \bar{\psi}i\gamma_{ij}\psi\phi + h.c. + |\mathcal{D}_*\phi|^2 - V(\phi)$$

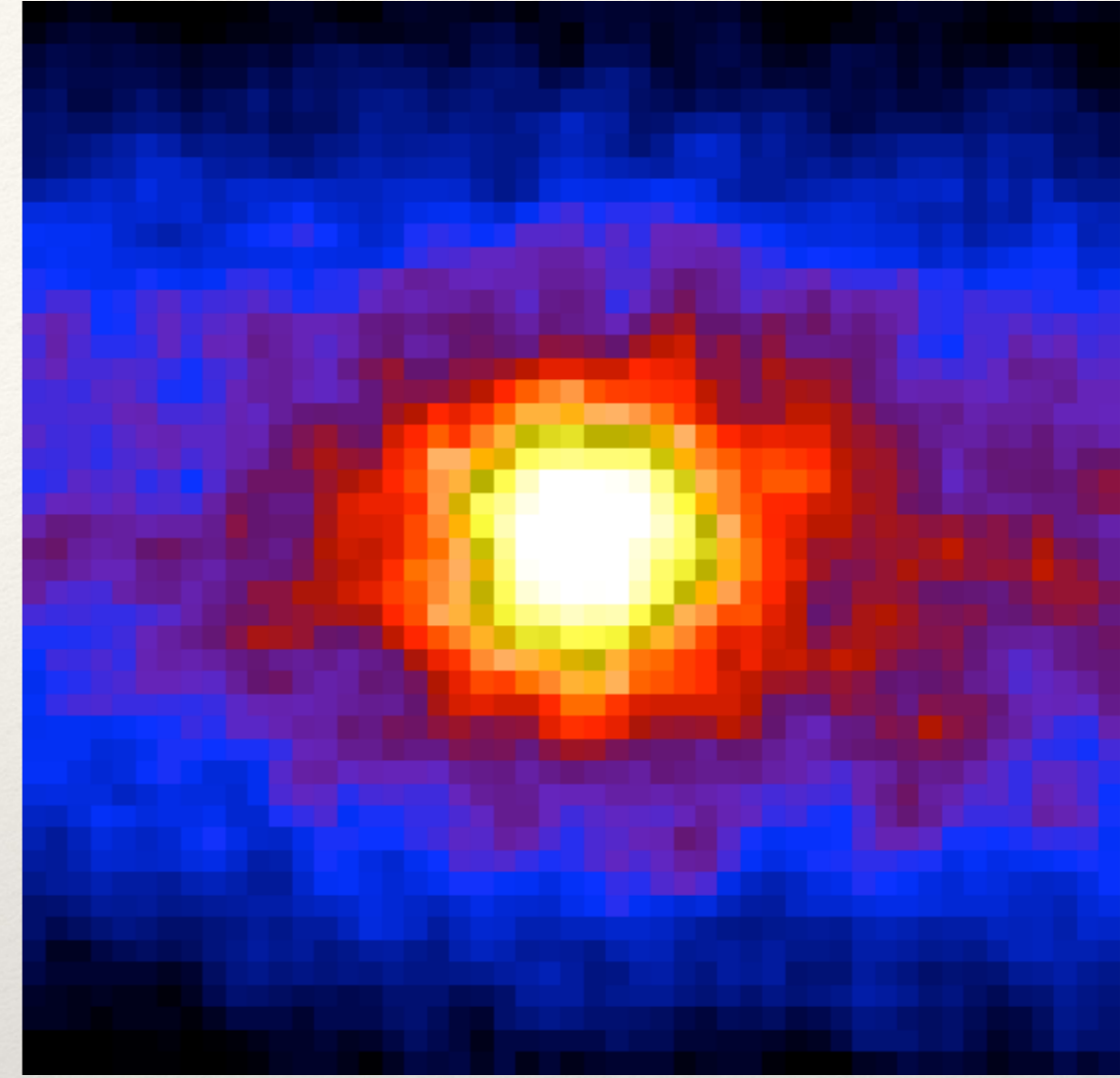
Parçacık fiziğinden temel farklar

Evrendeki bir çoğu süreçteki yüksek sıcaklıklara veya enerjilere laboratuarlarda ulaşmak olanaklı değil.

Astroparçacık Fiziği

(~ Yüksek enerji astrofiziği) ==> Evren = fizik laboratuvarı

- Kontrolsüz deneyler ya da gözlemler (Doğa olduğu gibi (?)).
- Parçacık fiziği « zamansız» (?), astrofizik'te herşey "zaman-bağımlı".
- Hızlandırıcı enerjisine bağımlı değil
 - çok daha düşük ve yüksek enerjili parçacıkları incelemek olanaklı.
- Genel görecelik doğruluğunun kabulü (astrofizik).



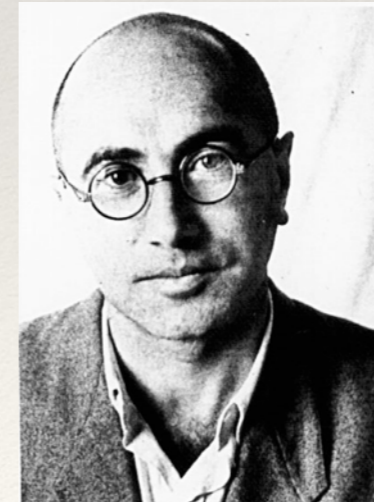
~ Başlangıç noktası:

* 1966 Yakov Boris Zel'dovich ve Oktay Guseinov ==> Nötron yıldızları ve kara-deliklerin X-ışını çifti yıldız sistemlerinde gözlenebileceğini öngörmesi.

* 1967 Davis deneyi: Güneşin nötrinolarla gözlenmesi (yön bilgisi olmadan)

* Yakov Boris Zel'dovich ve Oktay Guseinov süpernovalardan nötrino ışıması olacağını öngörmesi (1964-1969) ve bu nötrinoların 1987A süpernovası patlamasında Kamiokande ve IMB detektörleriyle gözlenmesi (1987)

* 1987 Kamiokande'nin güneşi gerçek zamanlı olarak nötrinoların yönünü de ölçerek gözleyebilmesi.

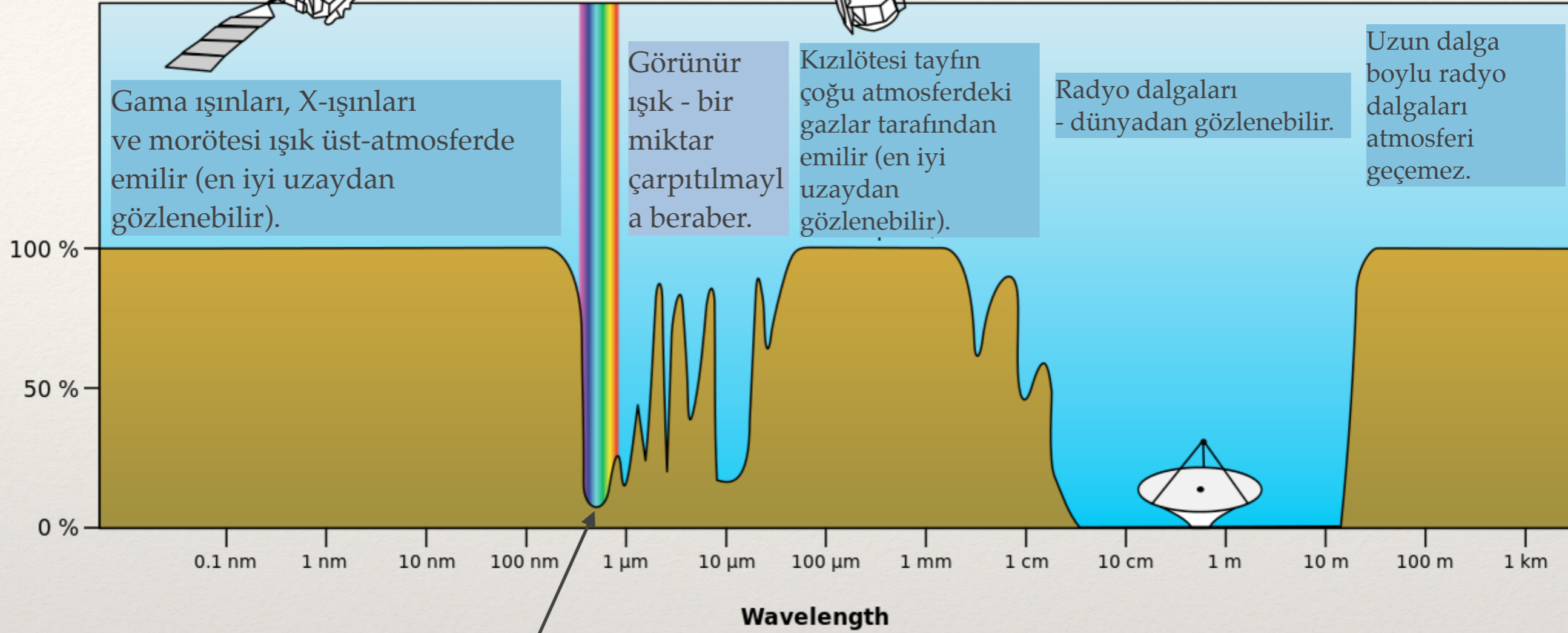
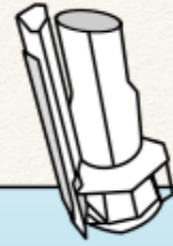
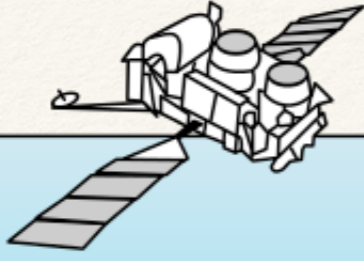


Boris Ya. Zeldovich

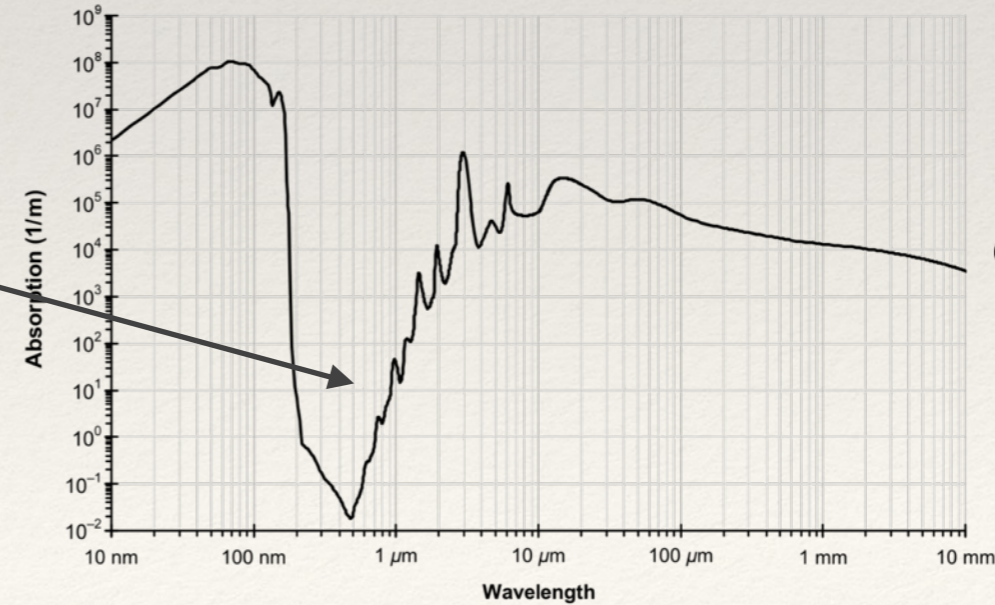
Oktay Guseinov

1914 (Minsk)-1987 (Moskova) 1938 (Bakü)-2009 (Antalya)

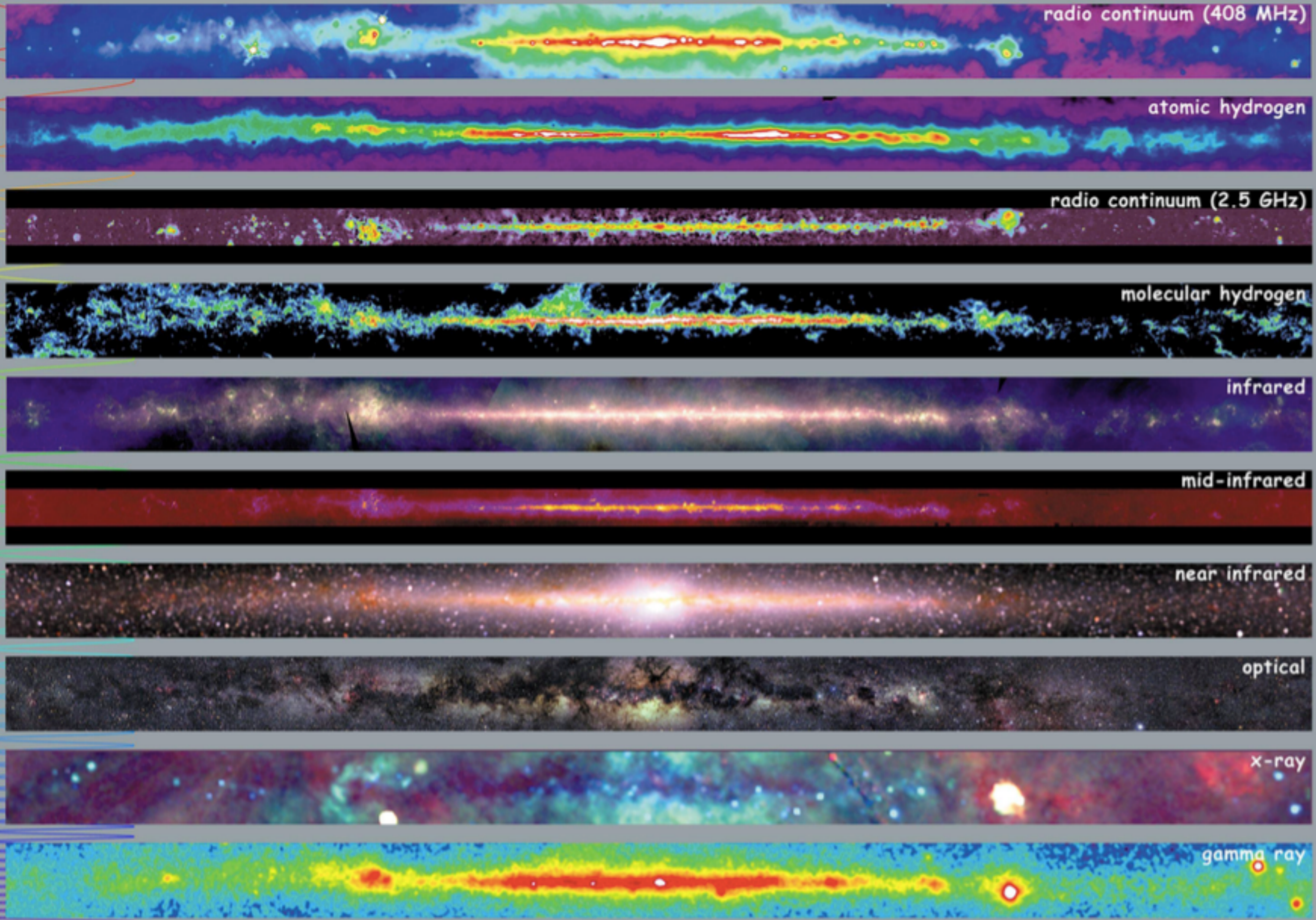
Fotonlar



Hayvanlar 400-700 nm arasını görebiliyor.



Suda ışığın emilimi.

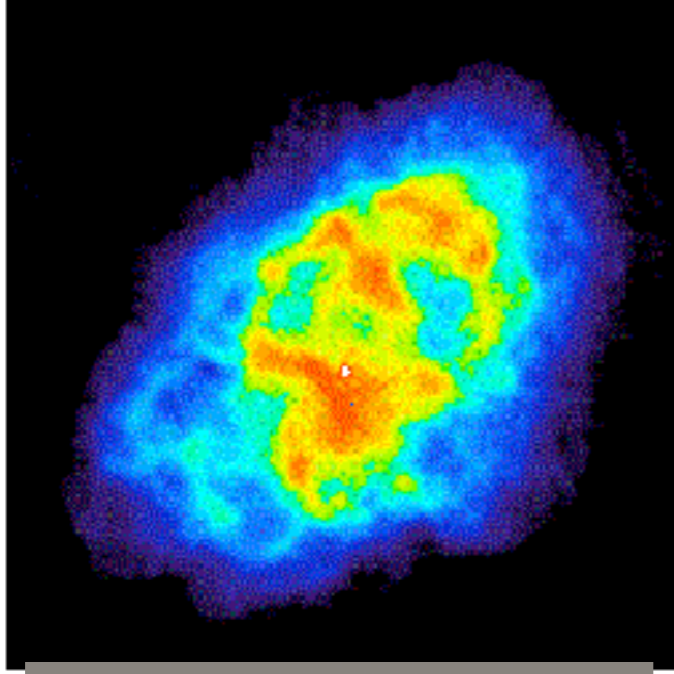


<http://adc.gsfc.nasa.gov/mw>



Multiwavelength Milky Way

Yengeç nebulası: patlamış bir yıldızın kalıntısı (Süpernova)



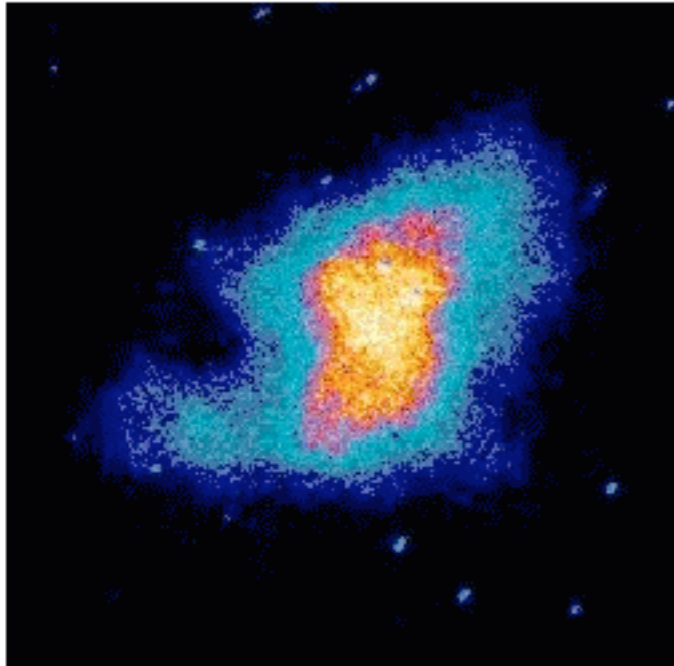
Radyo dalgası (VLA)



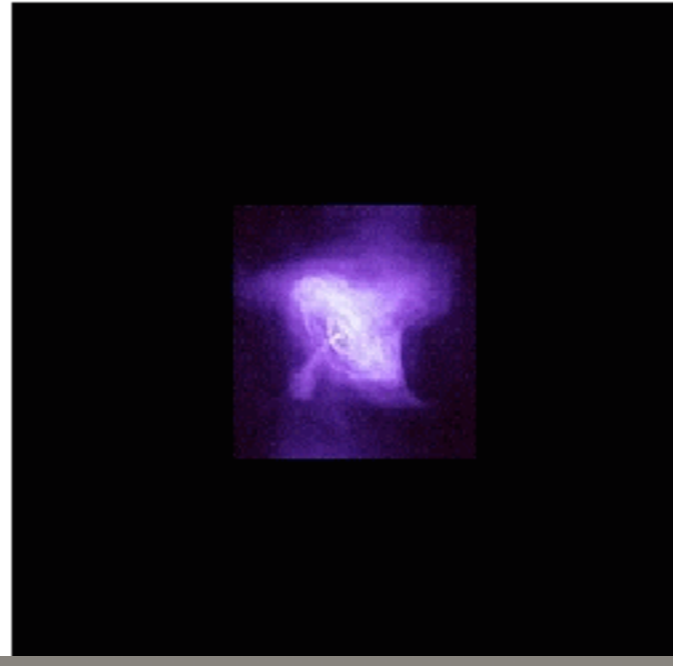
Kızılötesi (Spitzer)



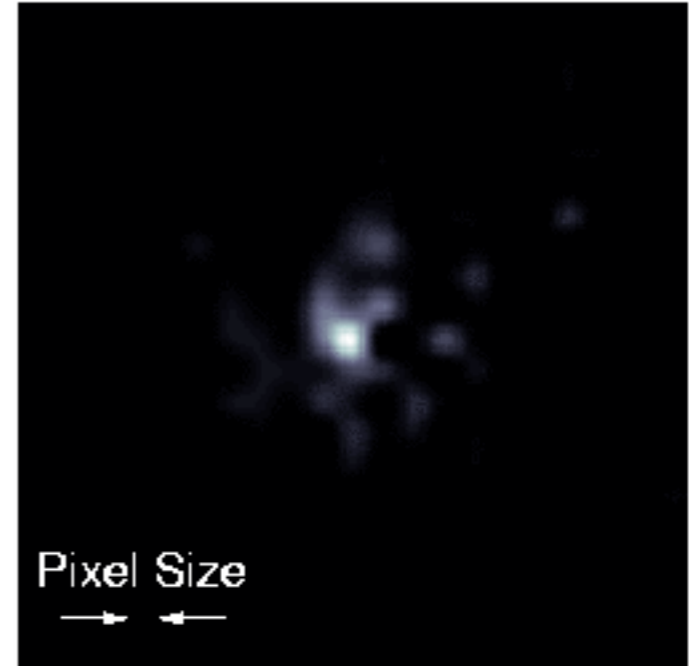
Görünür ışık (Hubble)



Morötesi (Astro-1)



Düşük enerjili X-ışını (Chandra)

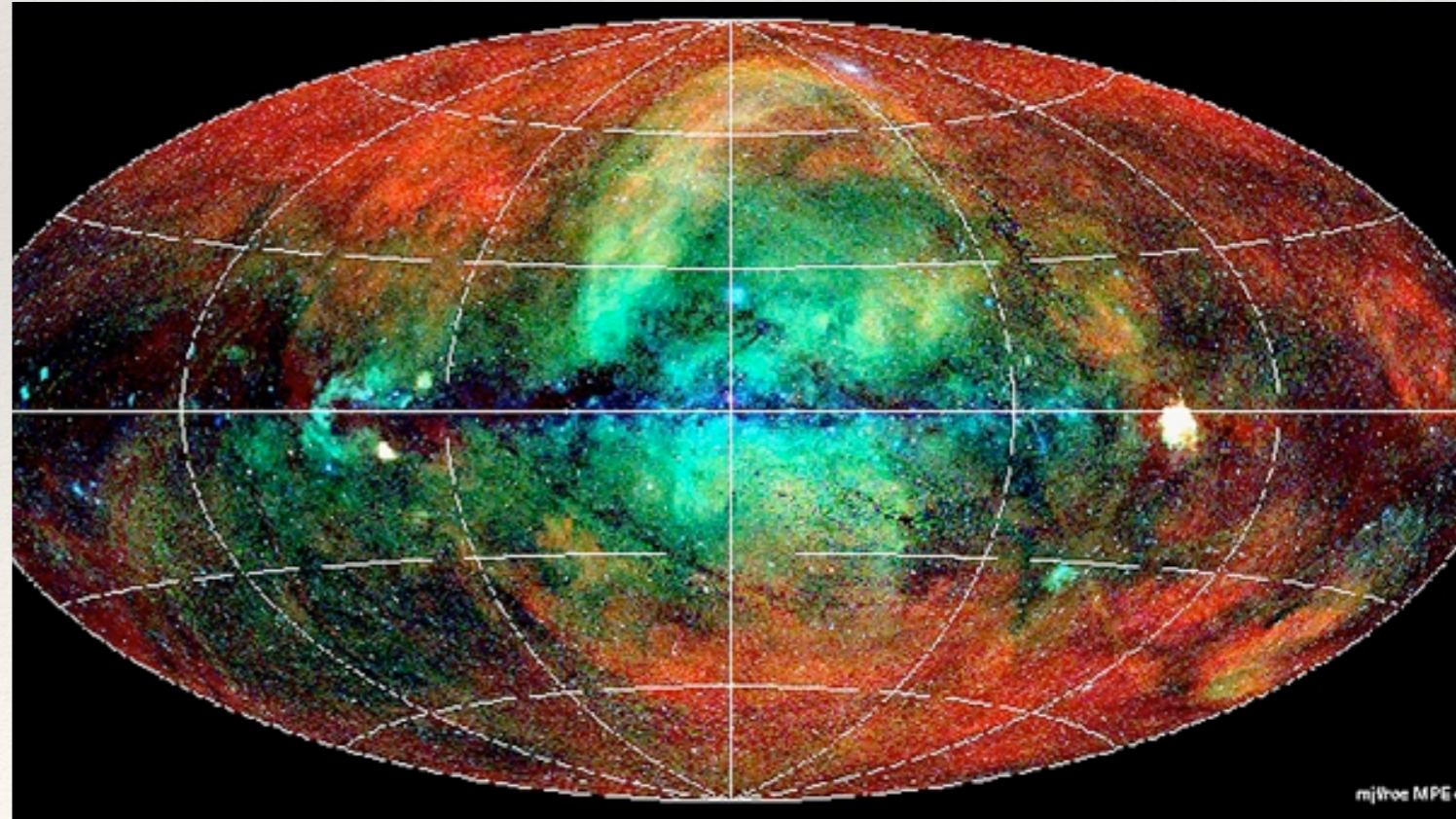


Yüksek enerjili X-ışını (HEFT)

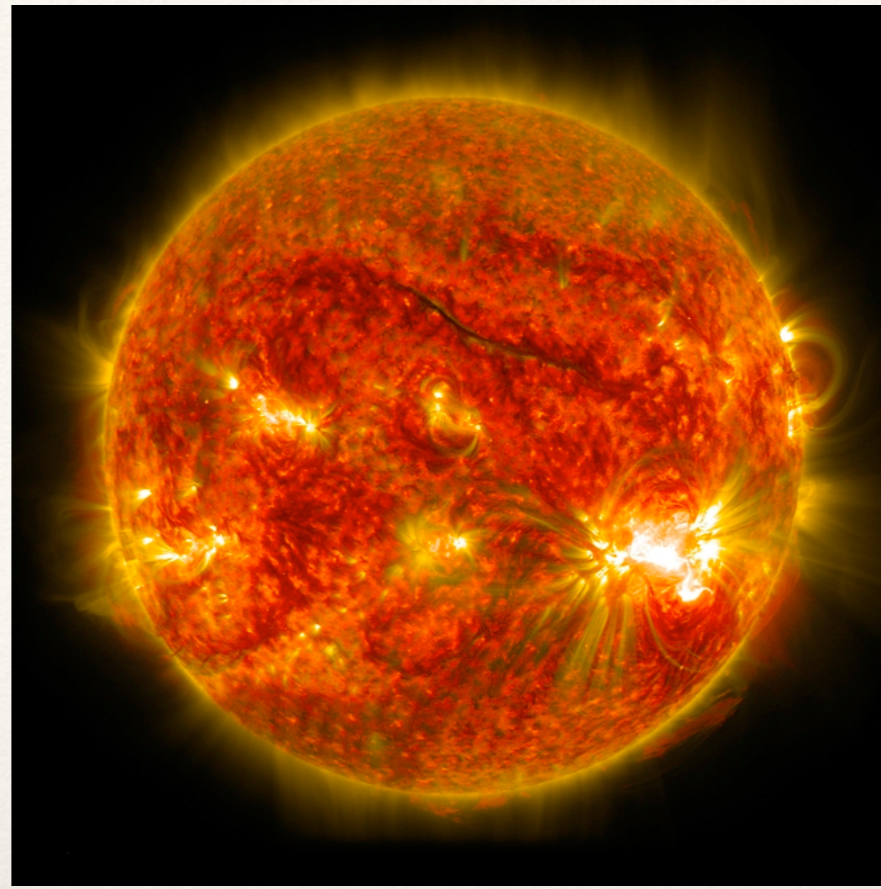


Hakkı Boran Ögelman
1940-2011

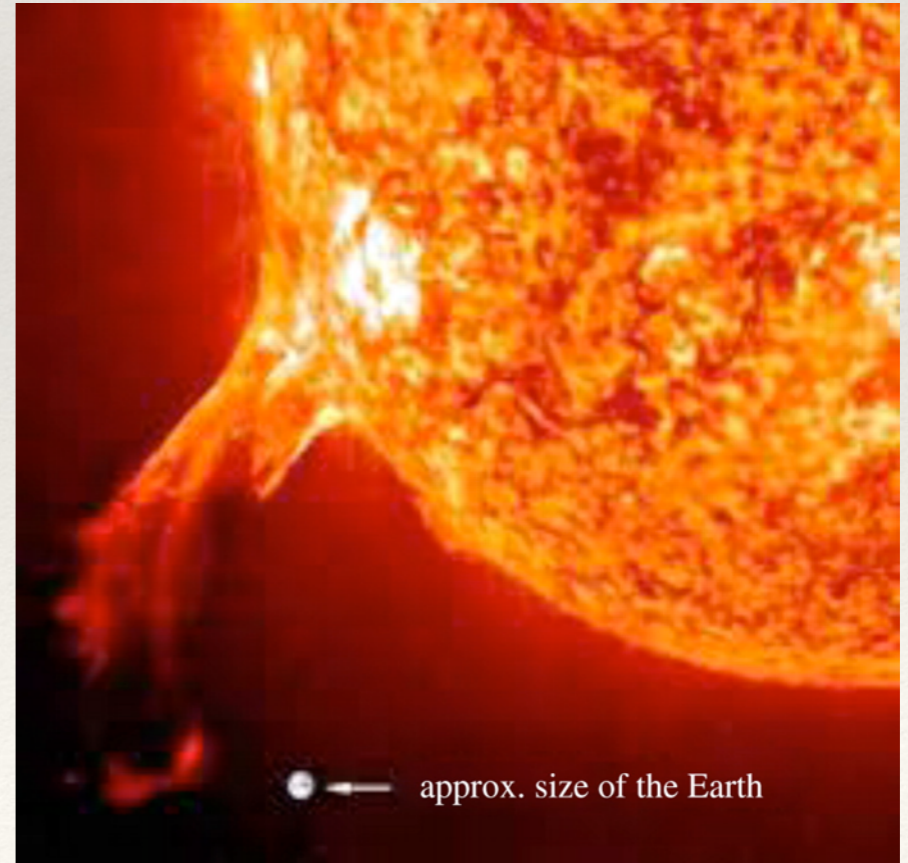
- * 1970:
 - * ODTÜ gama-ışını astronomi grubunu kurdu
 - * ODTÜ güneş enerjisi grubunu kurdu
- * ODTÜ'deyken SAS II uydusuyla göksel cisimlerden ilk gama ışını gözlemlerini yaptı - Yengeç nebulasını ilk kez gama ışınında gözledi - Geminga pulsarını gözledi.
- * Çukurova Üniversitesi fizik bölümü ve Fen-Edebiyat fakültesini kurdu.
- * Max Planck Enstitüsü → ROSAT X-ışını uydusu
- * Wisconsin Üniversitesi
- * ...



26 Ekim 2014
Güneş patlamasının
X-ışınında gözlenmesi

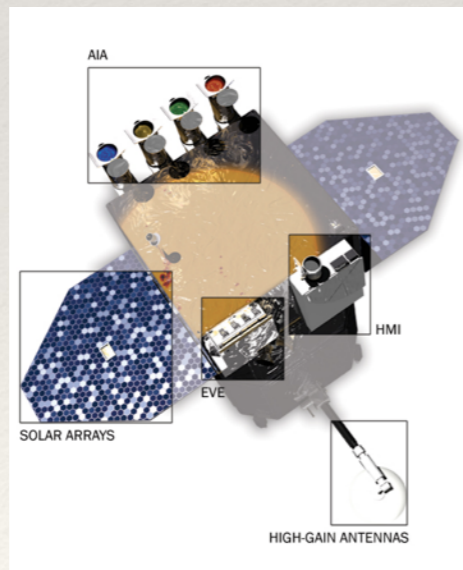


[http://royalsocietypublishing.org/
content/370/1960/774](http://royalsocietypublishing.org/content/370/1960/774)



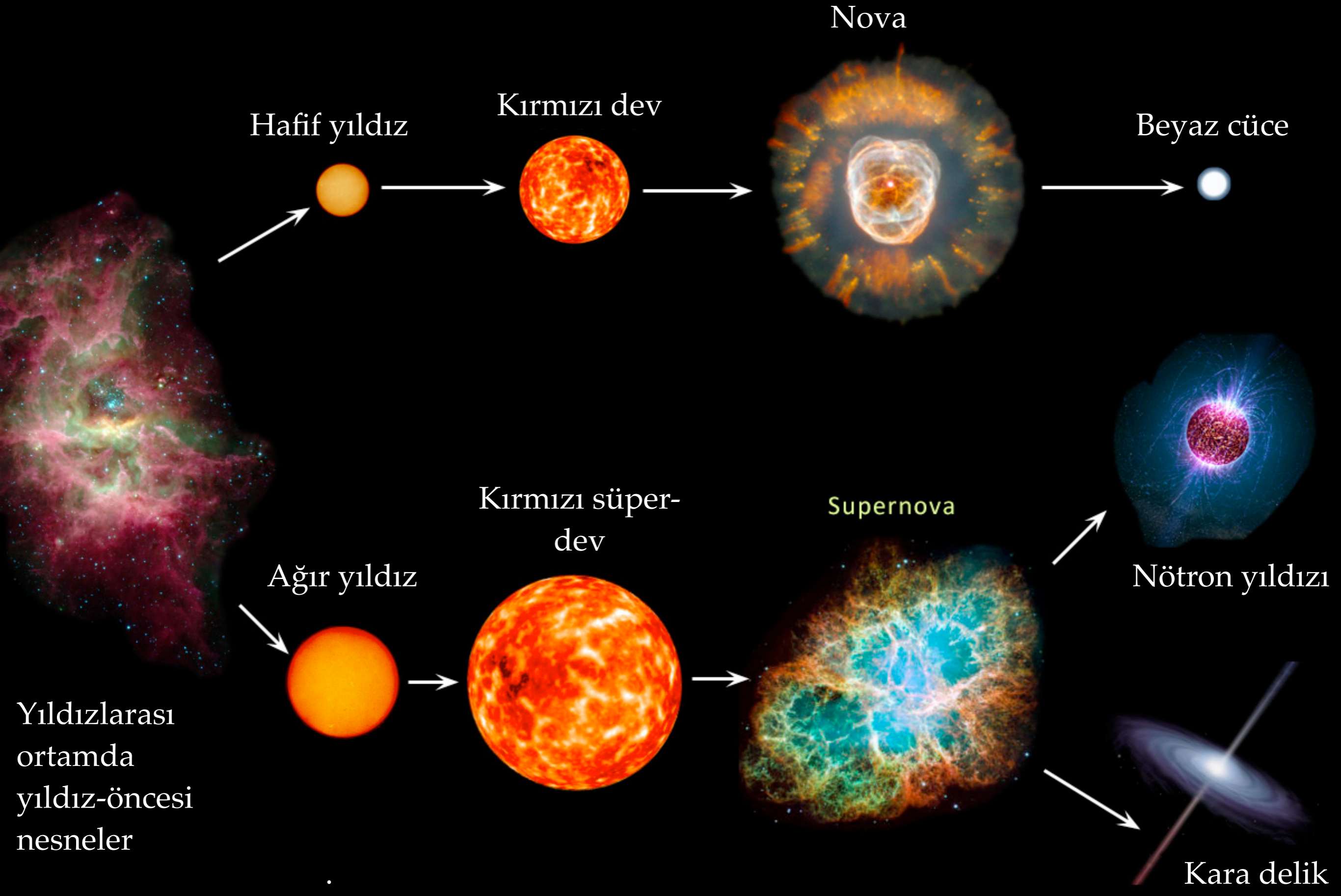
25 Ekim 2014
Güneş patlamasının
Uç morötesinde (131-angstrom) gözlenmesi

Nasa SDO
(Solar Dynamics
Observatory)

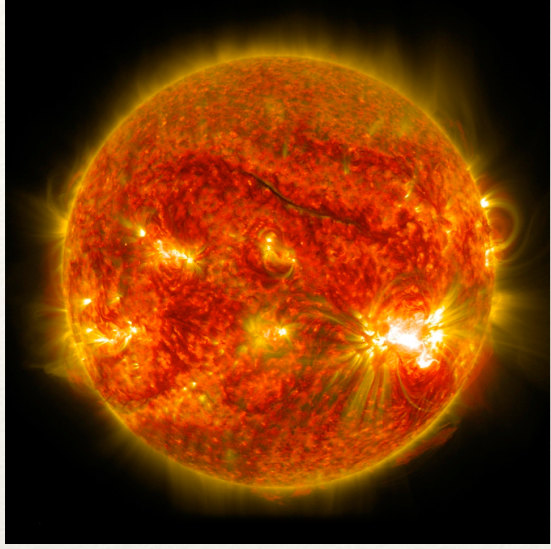


<http://sdo.gsfc.nasa.gov/mission/spacecraft.php>

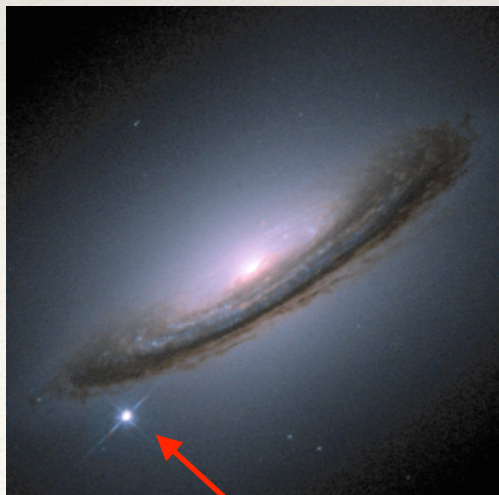
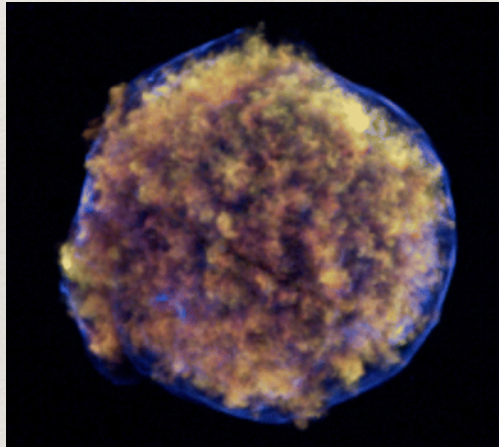
YILDIZLARIN EVRİMİ



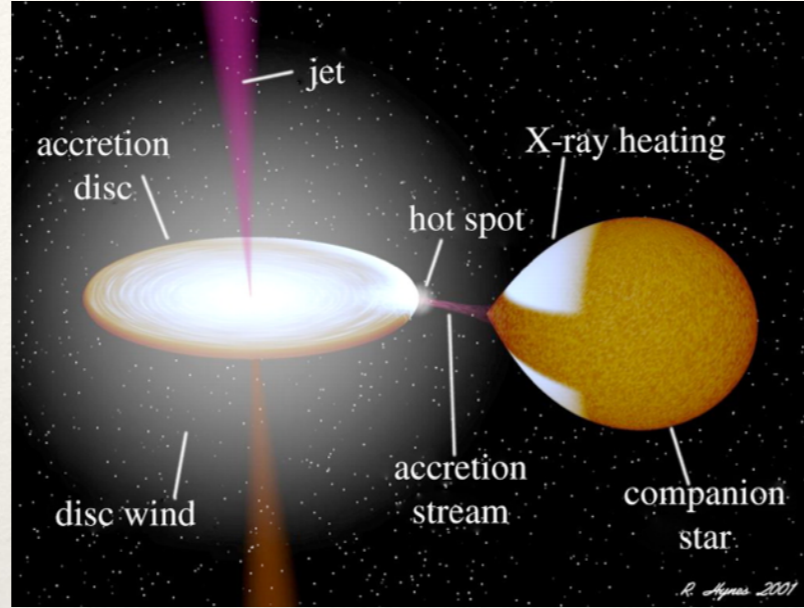
Güneş patlamaları
ve patlayan yıldızlar



Tip Ia Supernova



Çift yıldız sistemlerinde beyaz
cüceler, nötron yıldızları ve kara
delikler



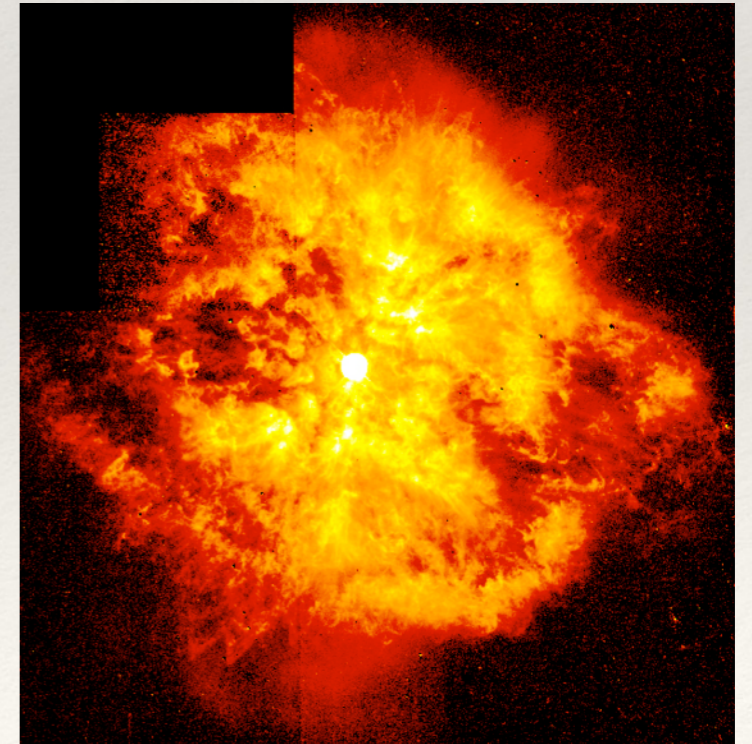
Core-collapse supernova

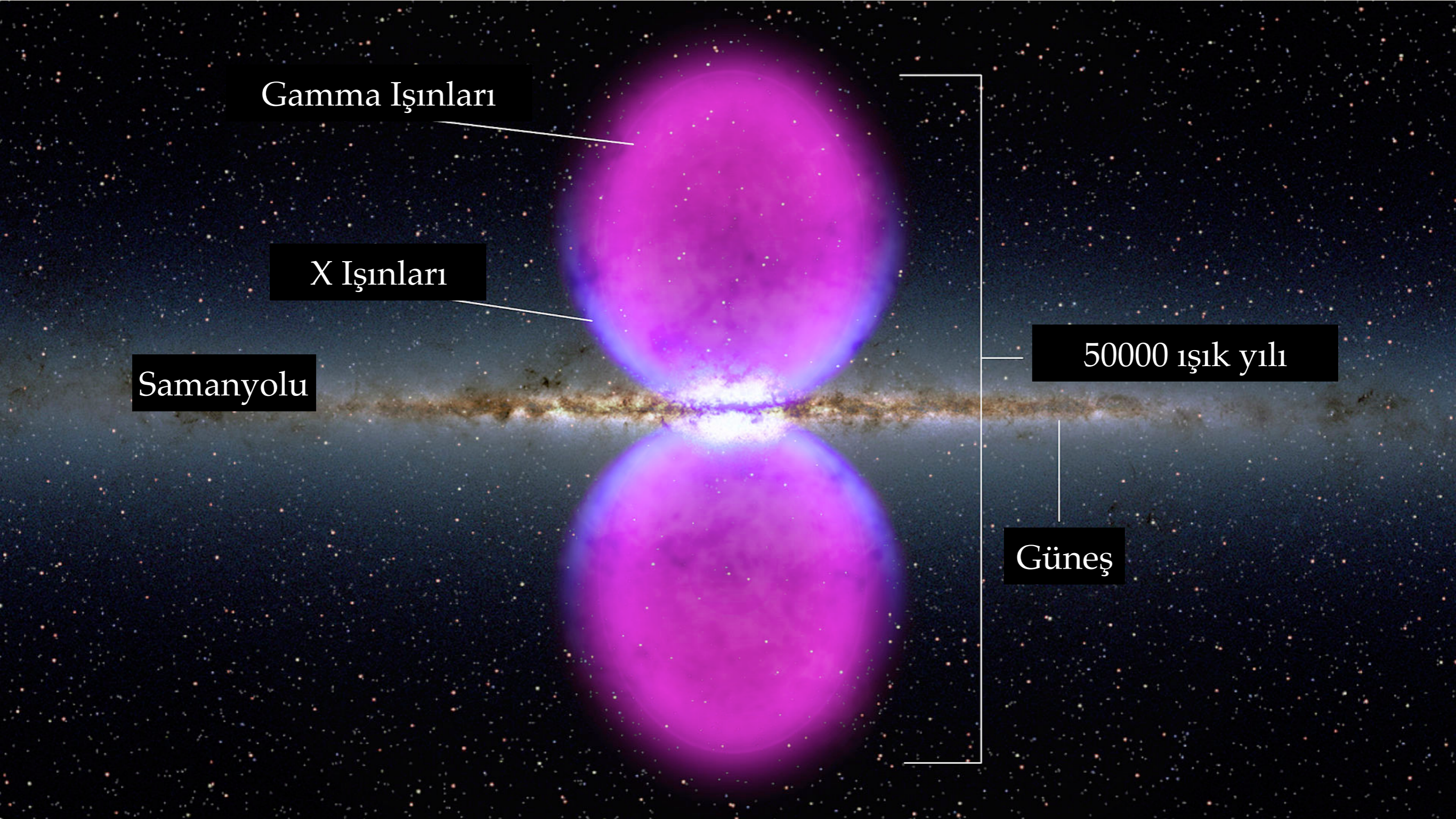


Magnetarlar, yumuşak gama
ışını patlamaları, QED limiti



gama ışını patlamaları

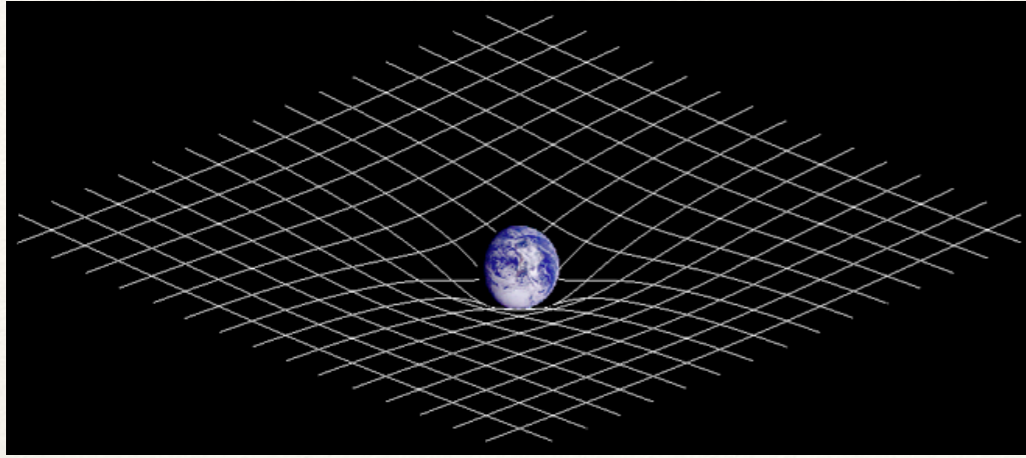




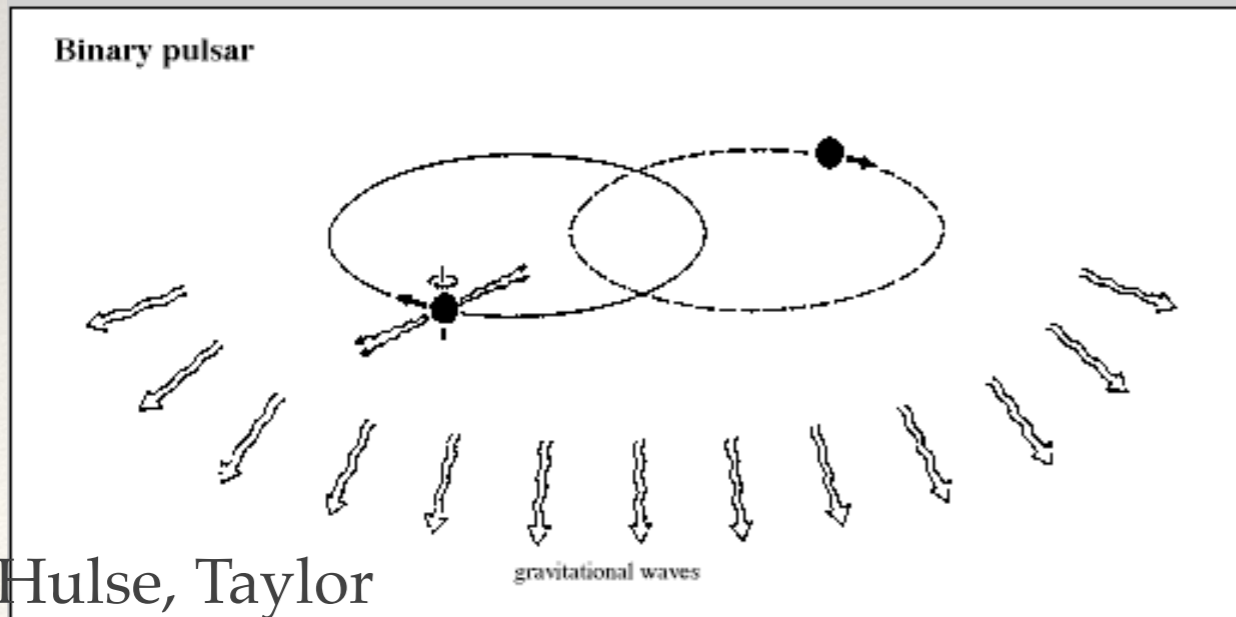
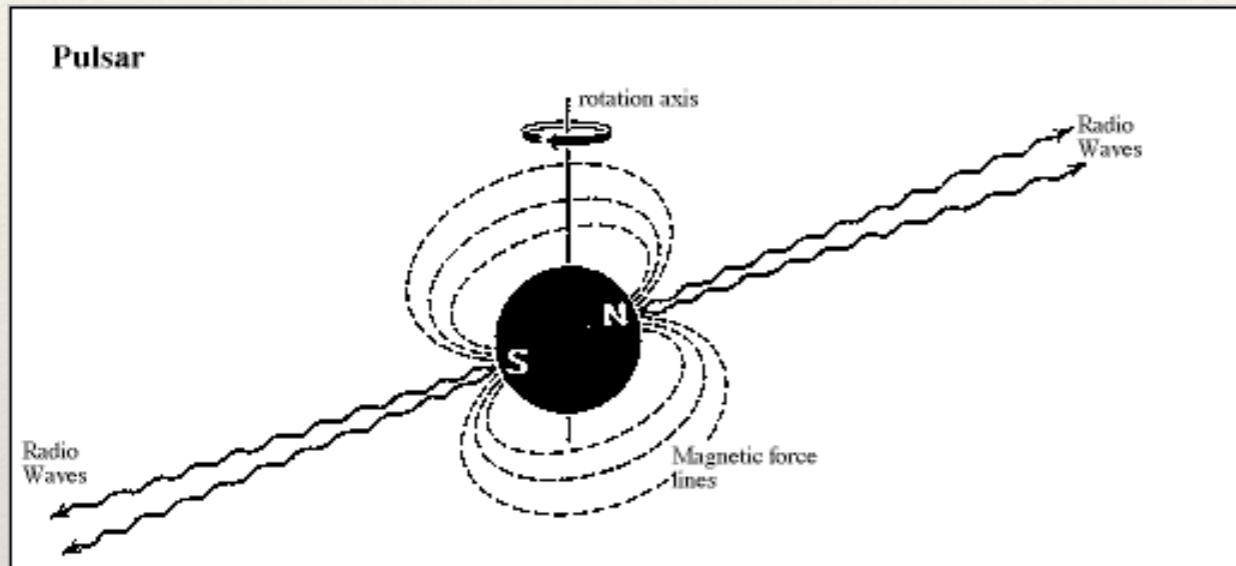
Credit: NASA's Goddard Space Flight Center

Galaksimizin merkezindeki kara-delikten veya milyonlarca yıl önceki yıldız oluşumlarından.

Kütleçekim Dalgaları

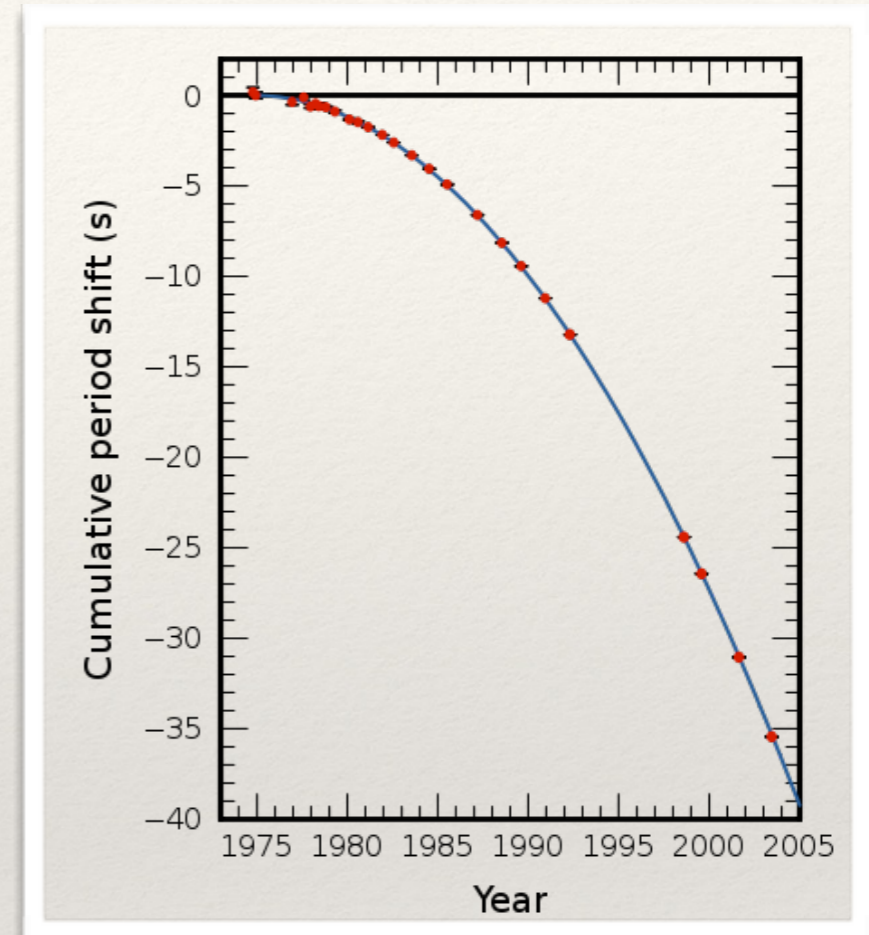


$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$



Hulse, Taylor

1993 Nobel

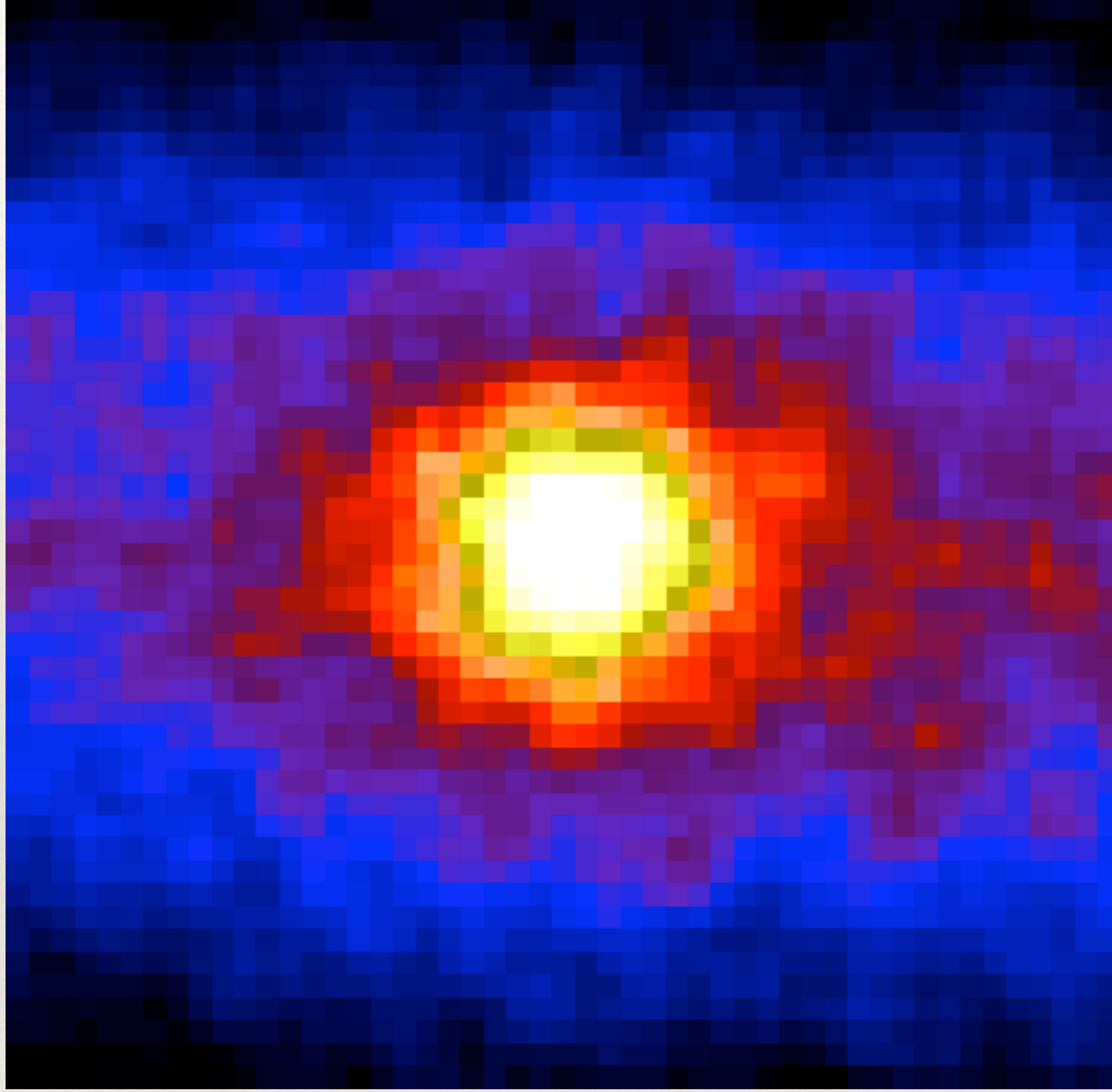


—> Radyo dalgaları gözlemleriyle kütle çekim dalgalarının kanıtı....

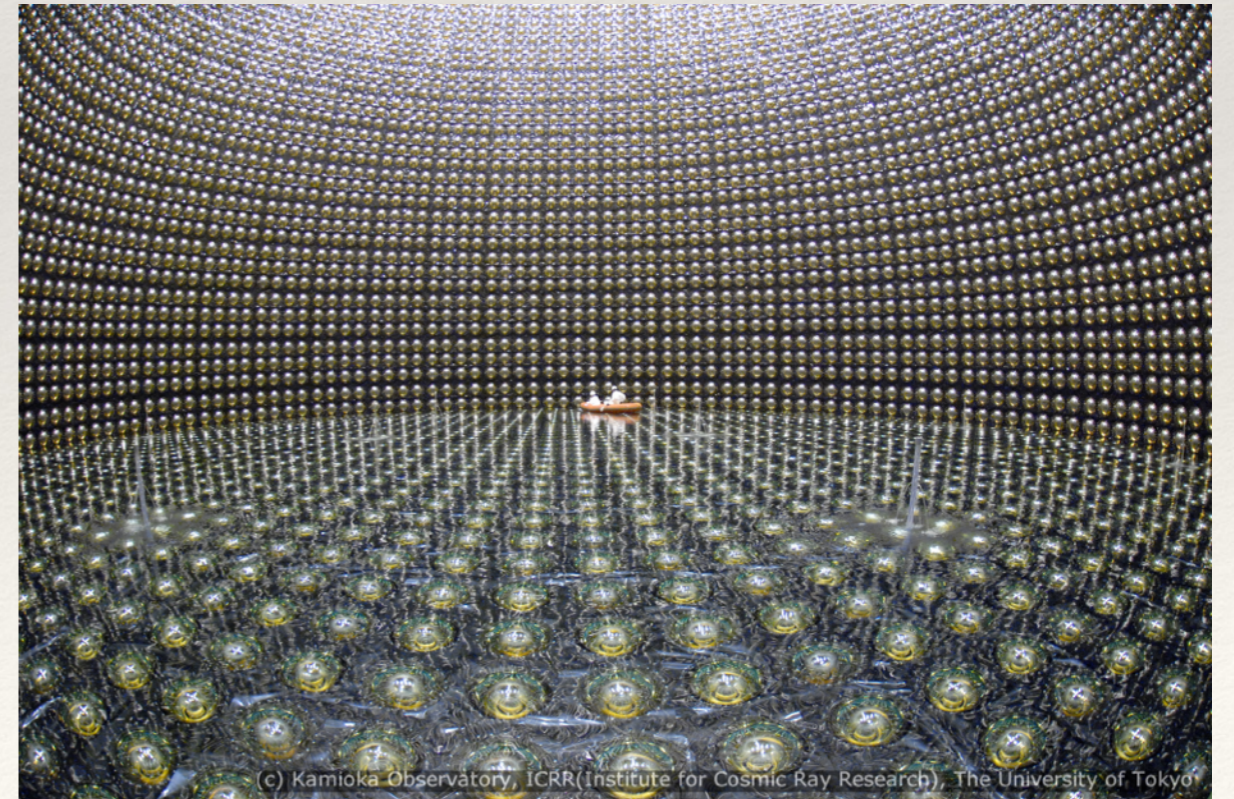
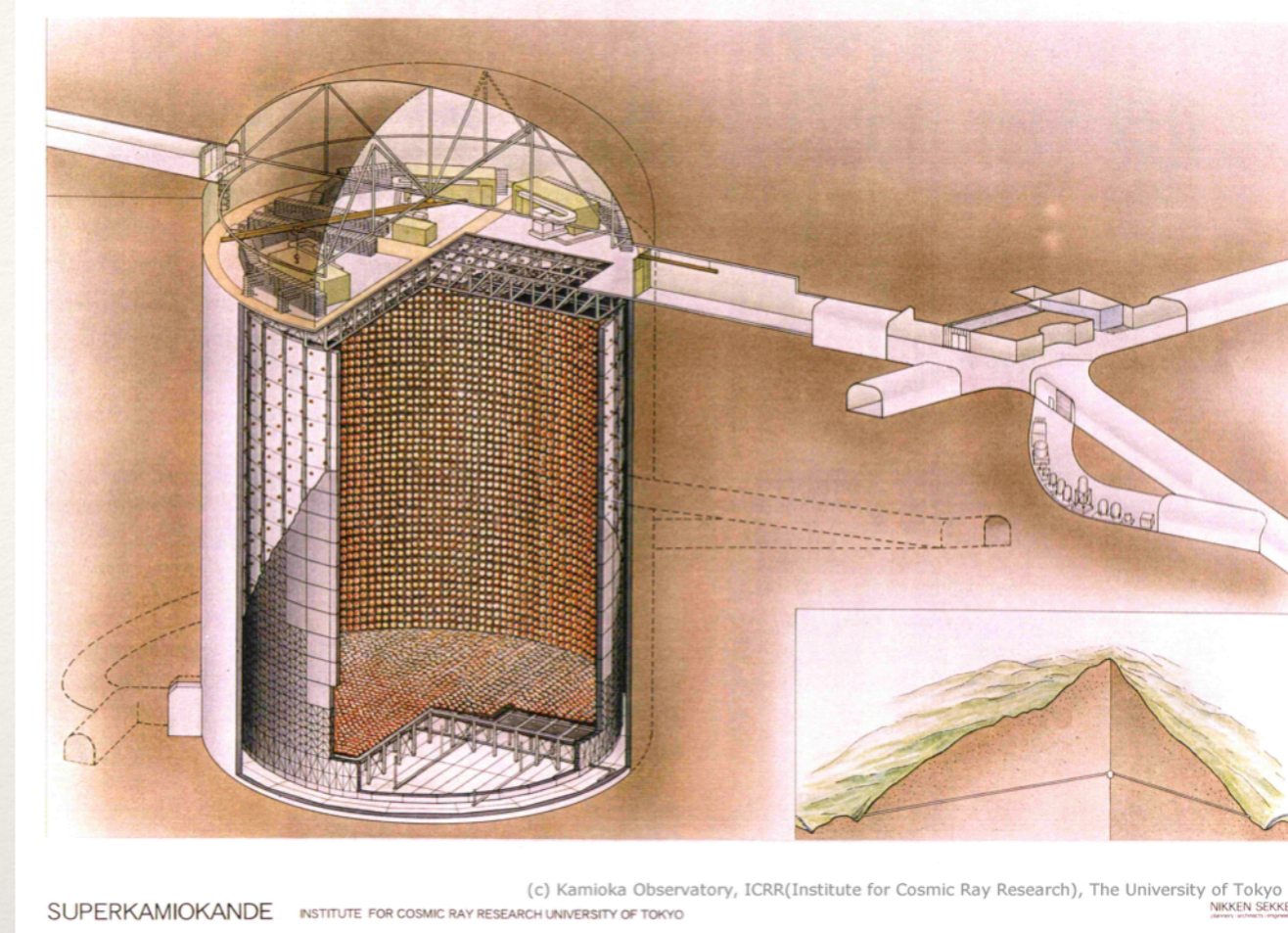
—> Ama bu kütleçekim dalgalarının parçacık yapısını (eğer varsa) bize göstermeye yeterli değil.

Nötrinolar

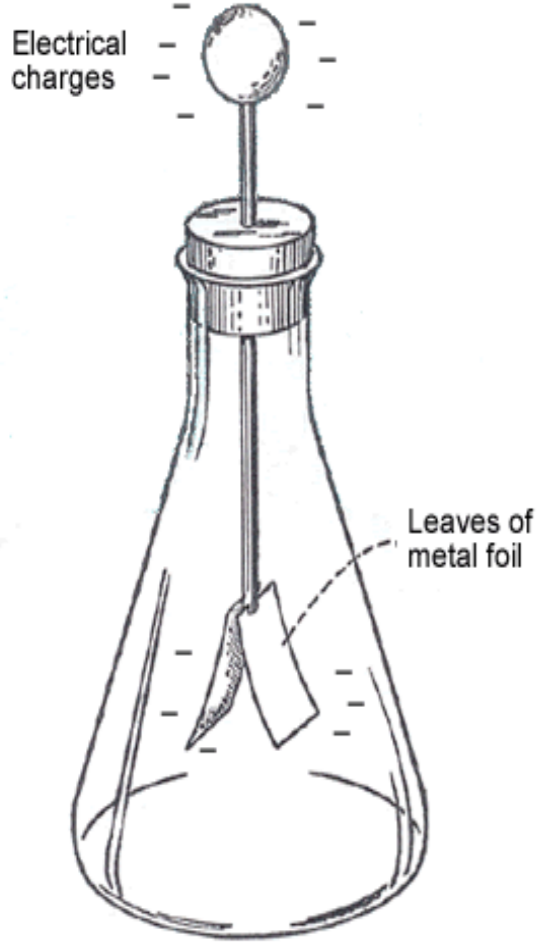
(Ayrıntılar Umut'un dersinde..)



Güneşin nötrinolarla çekilmiş 'resmi'



Kozmik Parçacıklar



vakum daha iyi hale getirilirse kapanma hızı azalıyor
→ ionizasyon. (1879 Crookes)

1896: Becquerel: radyoaktivitenin keşfi.

1785
Coulomb:
elektroskopun yaprakları kendi kendine kapanıyor

iyonlaşma miktarı
 α elektroskopun yapraklarının kapanma hızı (iyi izole edildiği zaman bile).
→ elektroskop radyasyon seviyesi ölçmek için kullanılırdı.

inanç: havanın ionizasyonu sadece topraktaki radyoaktif maddelerden veya bunların ürettiği radyoaktif gazlardandır.

Kozmik Parçacıklar



Ölçülen:

3.5×10^6 ions/m³
330 m'de.

Yükseldikçe ölçülen düşüş doğal radyoaktiviteden beklenenden daha fazla. → O zamanlar bilinen en derine ilerleyebilen radyasyon türü gama ışınlarıydı.

Measured:

6×10^6 ions/m³ deniz seviyesinde.

**varsayım:
yerden gelen radyasyon?**

**Wulf 1909
(bilim adamı ve cizvit papazı.)**

Kozmik Parçacıklar

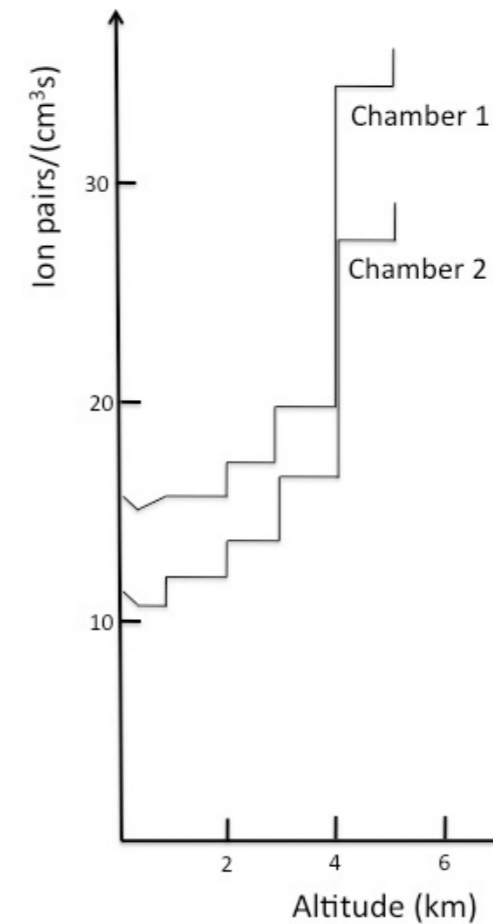
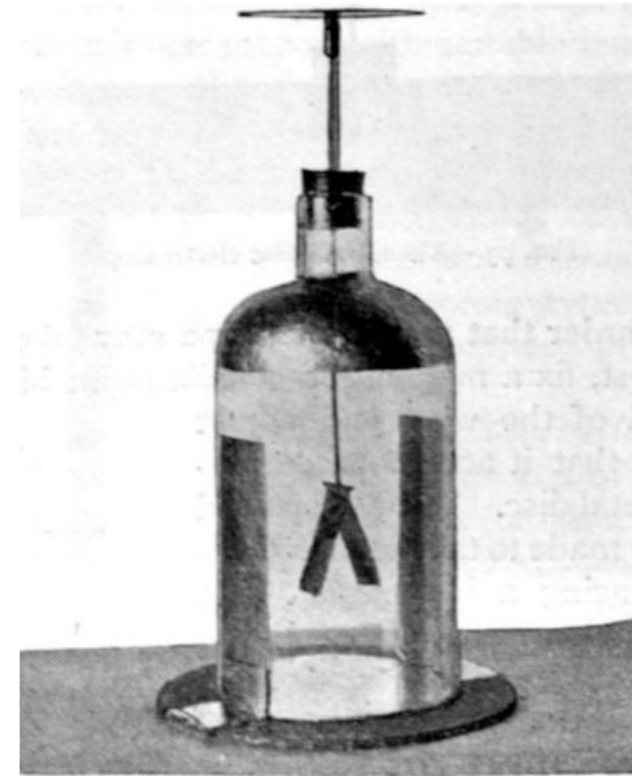
- Pacini 1911:
 - İonizasyon hızını deniz seviyesinde, suyun altında, dağ yüksekliklerinde,... ölçtü.



Radyasyonun su altında azalmasından, radyasyonun en azından bir kısmının yerden gelmediği sonucuna vardı.

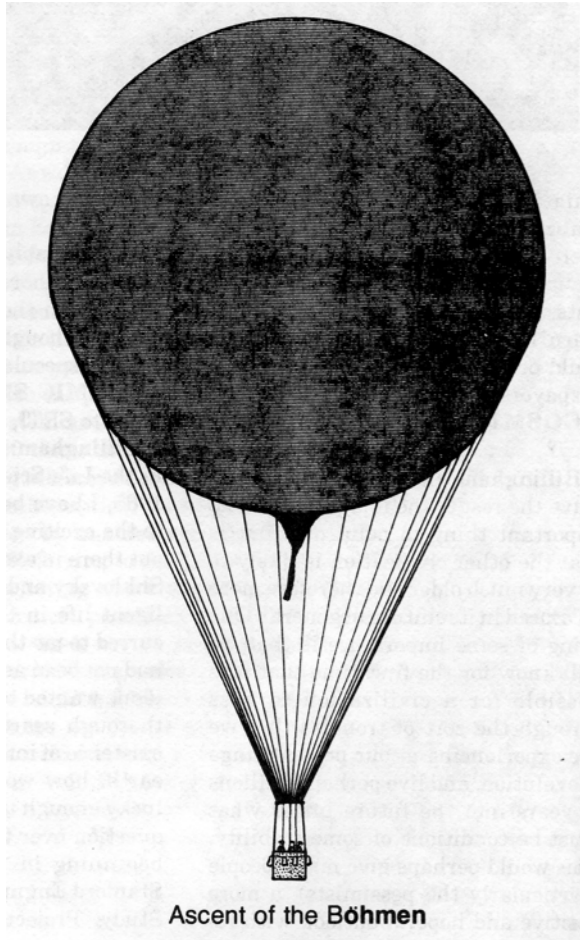


Victor Francis Hess
Ağustos 1912 – 5350 metre

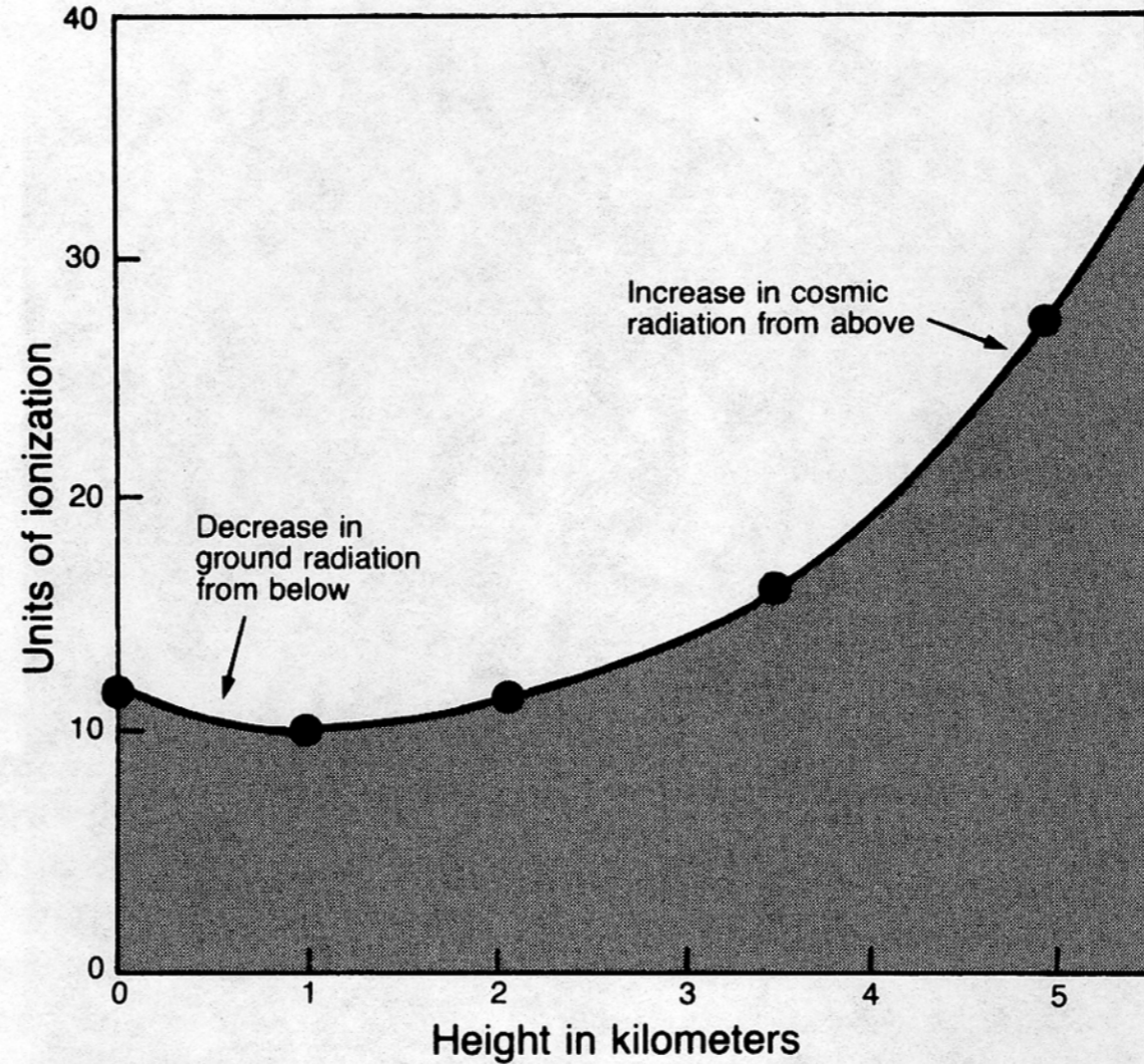


P. Carlson, A. De Angelis,
Eur. Phys. J. H 35, 309 (2011)

Hess ve daha sonra Kolhörster in 1912, 1913-1914

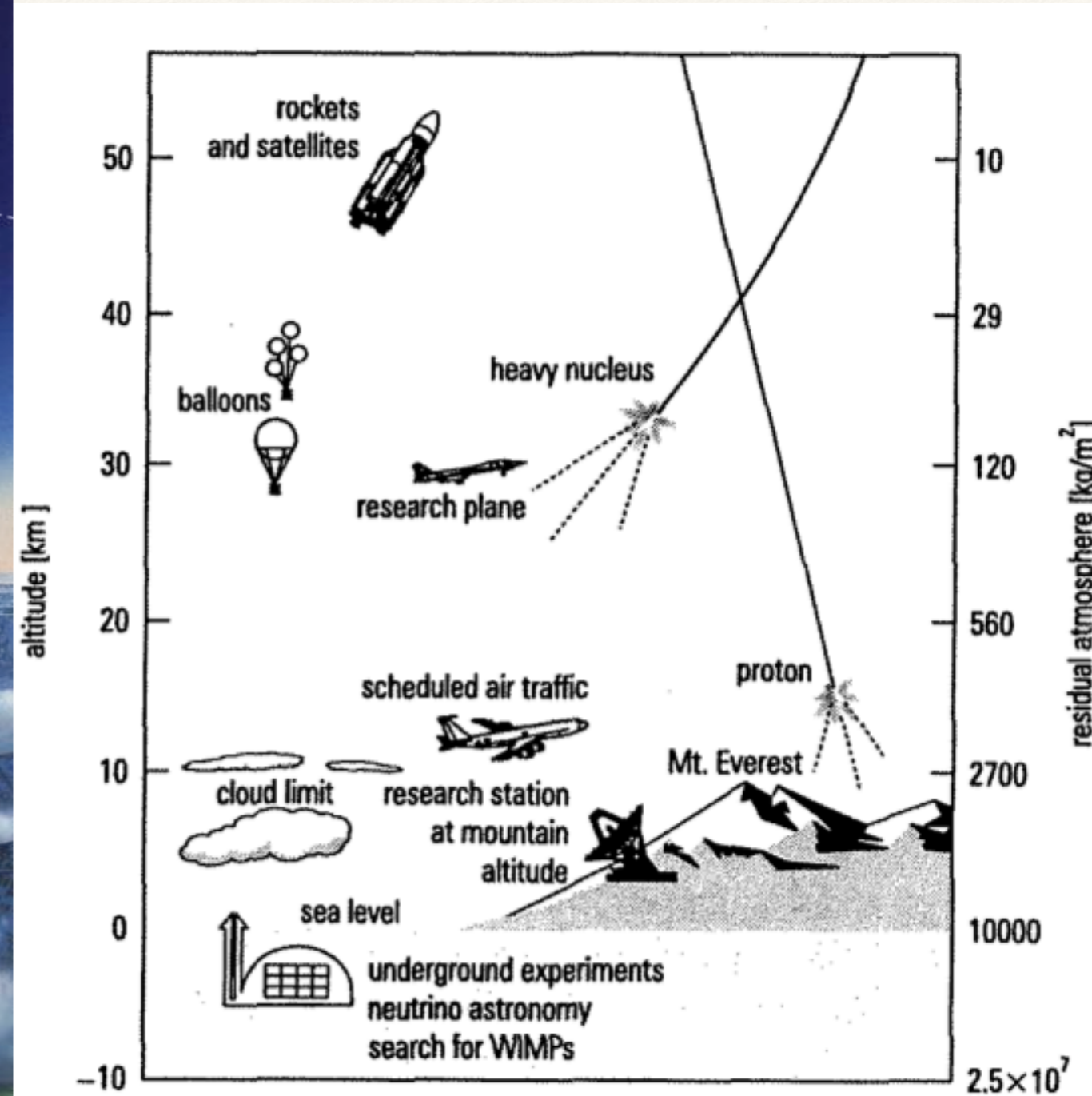
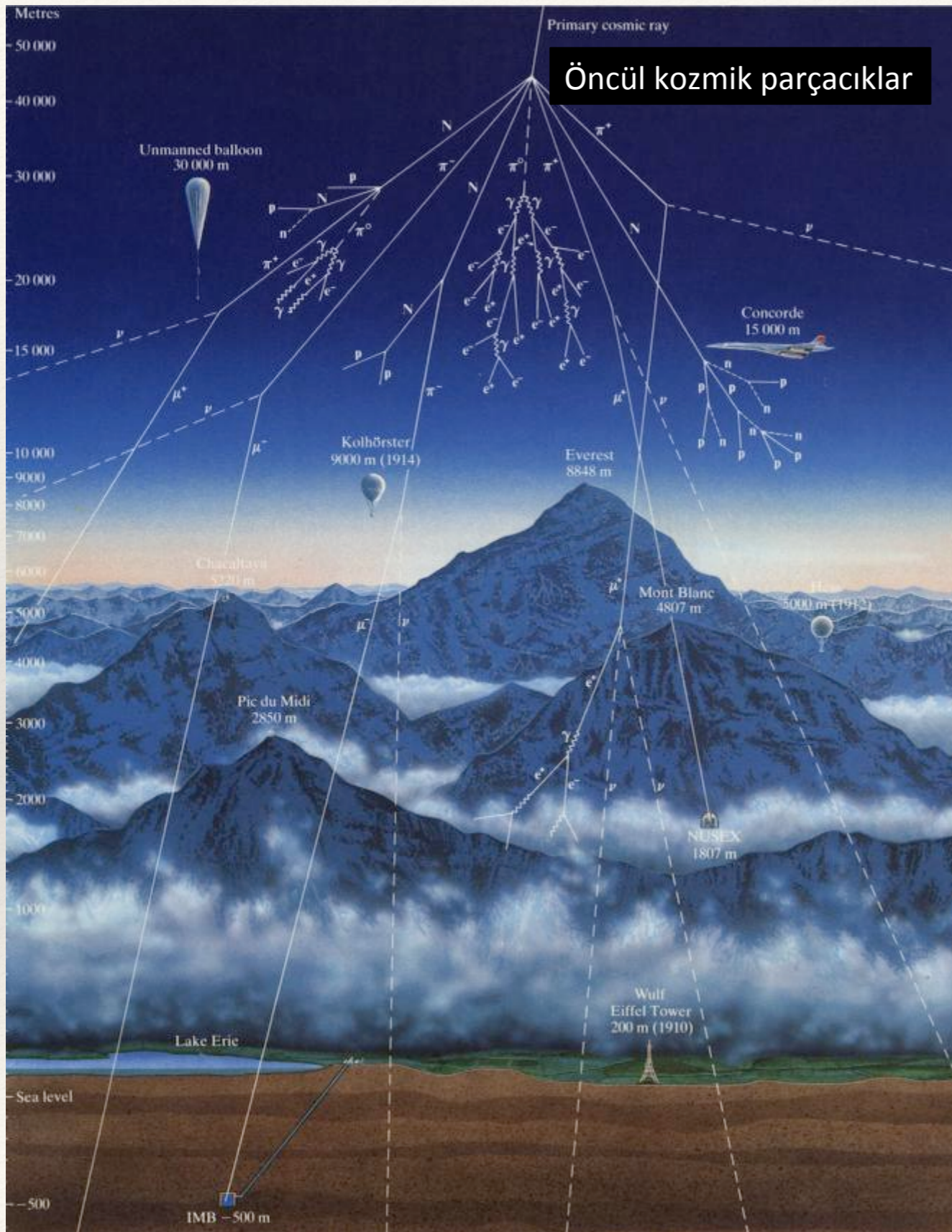


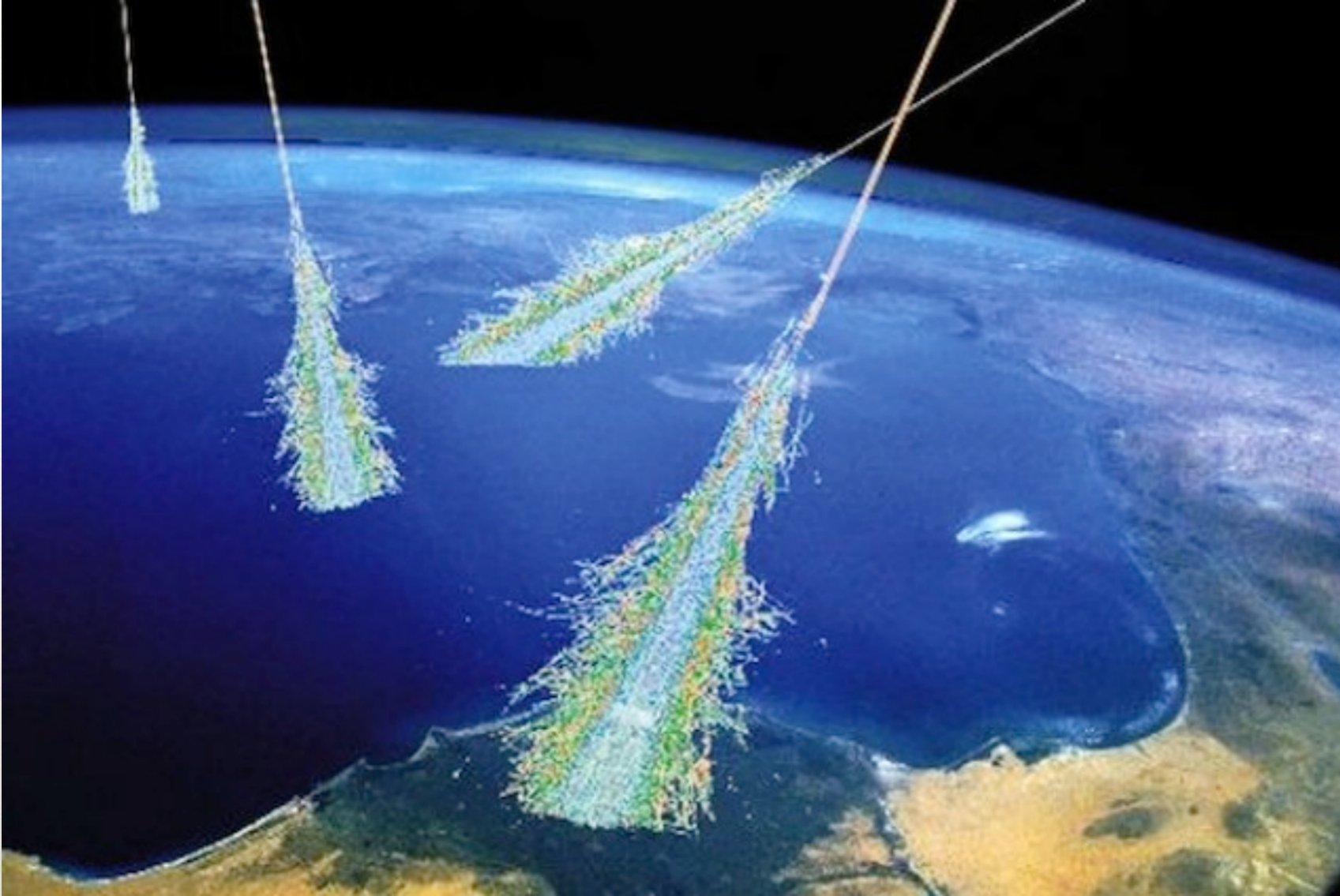
Ölçümler gündüz, gece, ve bir Güneş tutulması sırasında yapıldı
→ kozmik parçacıkların kaynağı Güneş değil.



Readings on ionization chamber Victor Hess carried aloft in the Böhmen. Above four kilometers the ionization rose rapidly indicating "that rays of very great penetrating power are entering our atmosphere from above". These cosmic rays contain the only modern samples of matter from outside our solar system which can be investigated directly.

Kozmik Parçacıklar

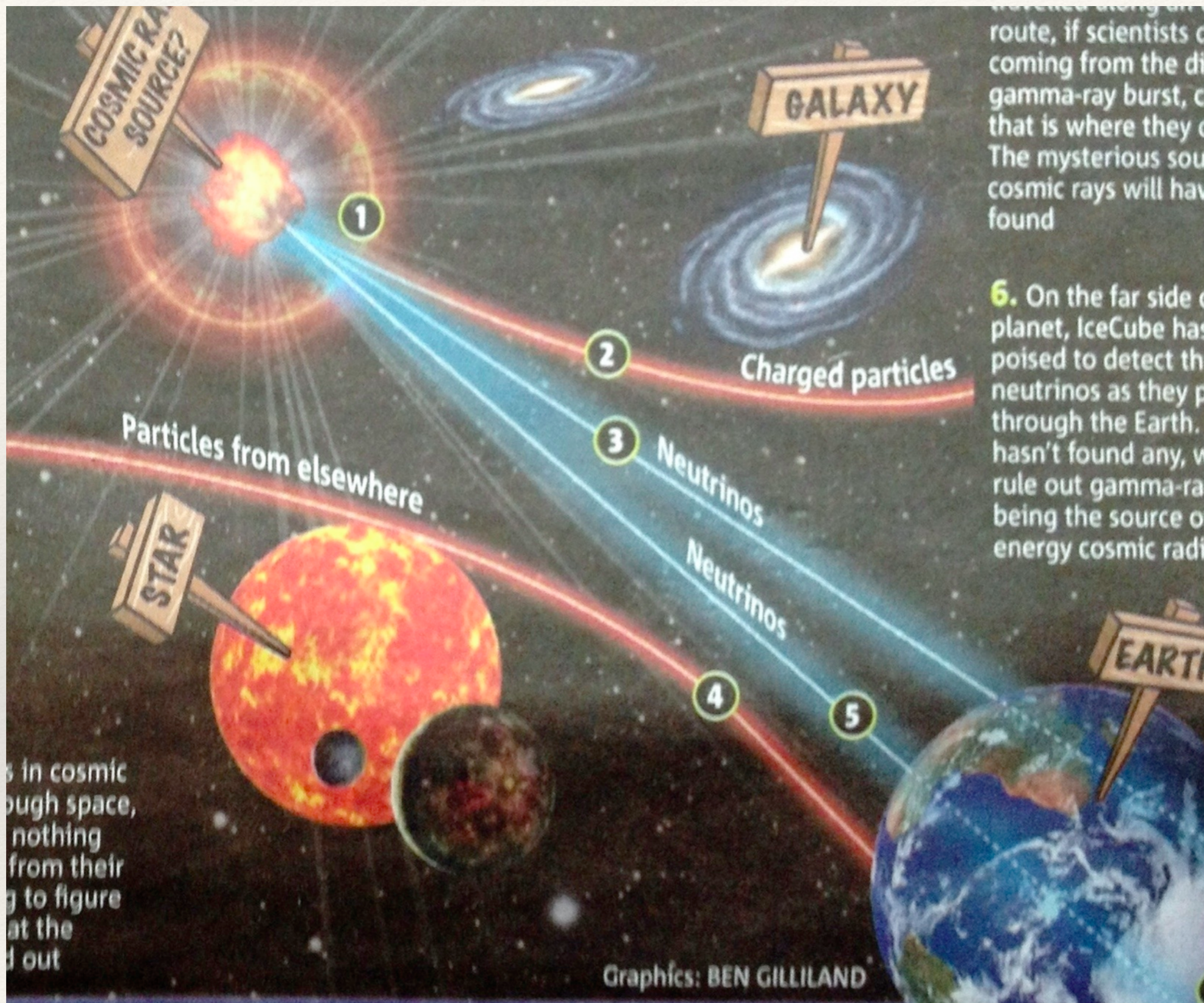




Simon Swordy (U. Chicago), NASA

Akıllı telefonlarınızı kozmik ışın detektörü parçalarına çevirebilirsiniz:

<http://arstechnica.com/science/2014/10/cosmic-ray-particle-shower-theres-an-app-for-that/>

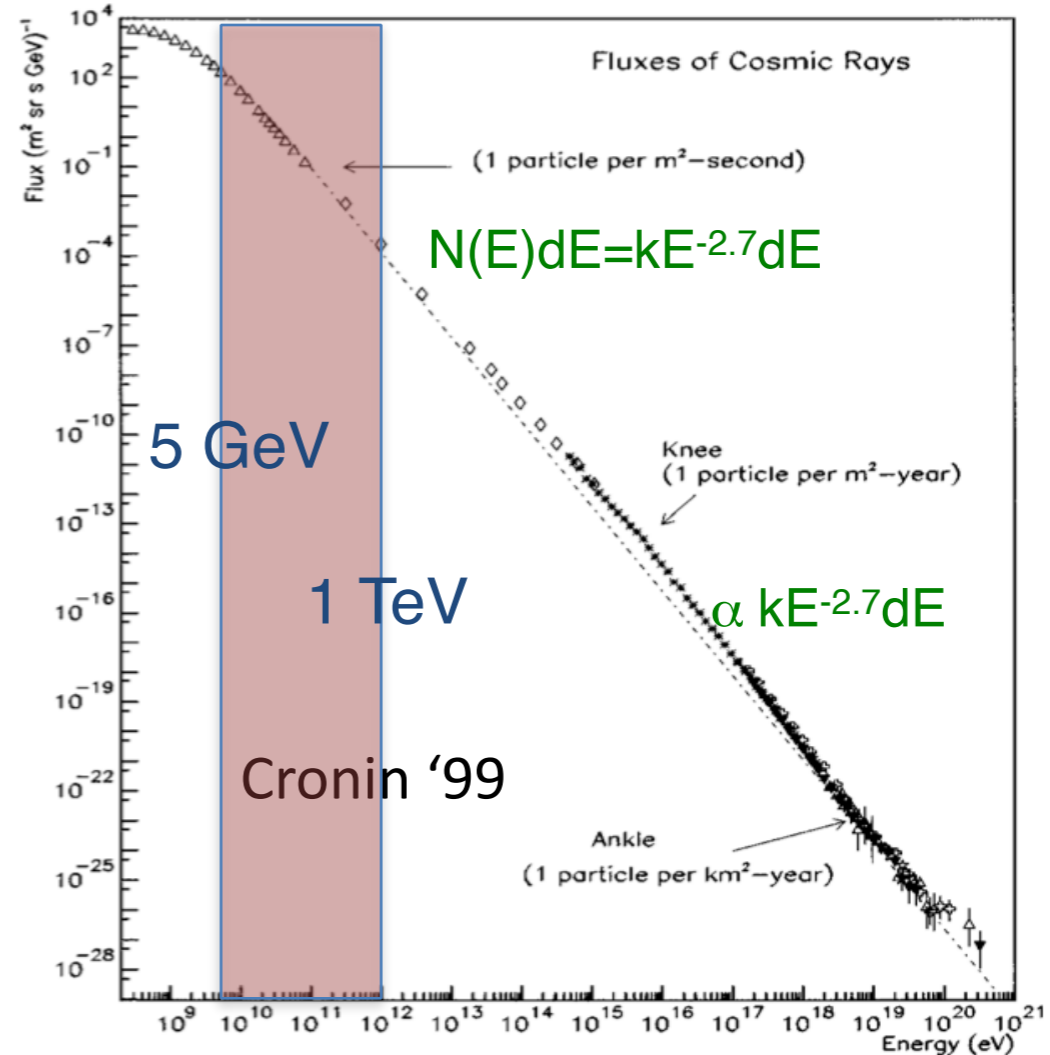
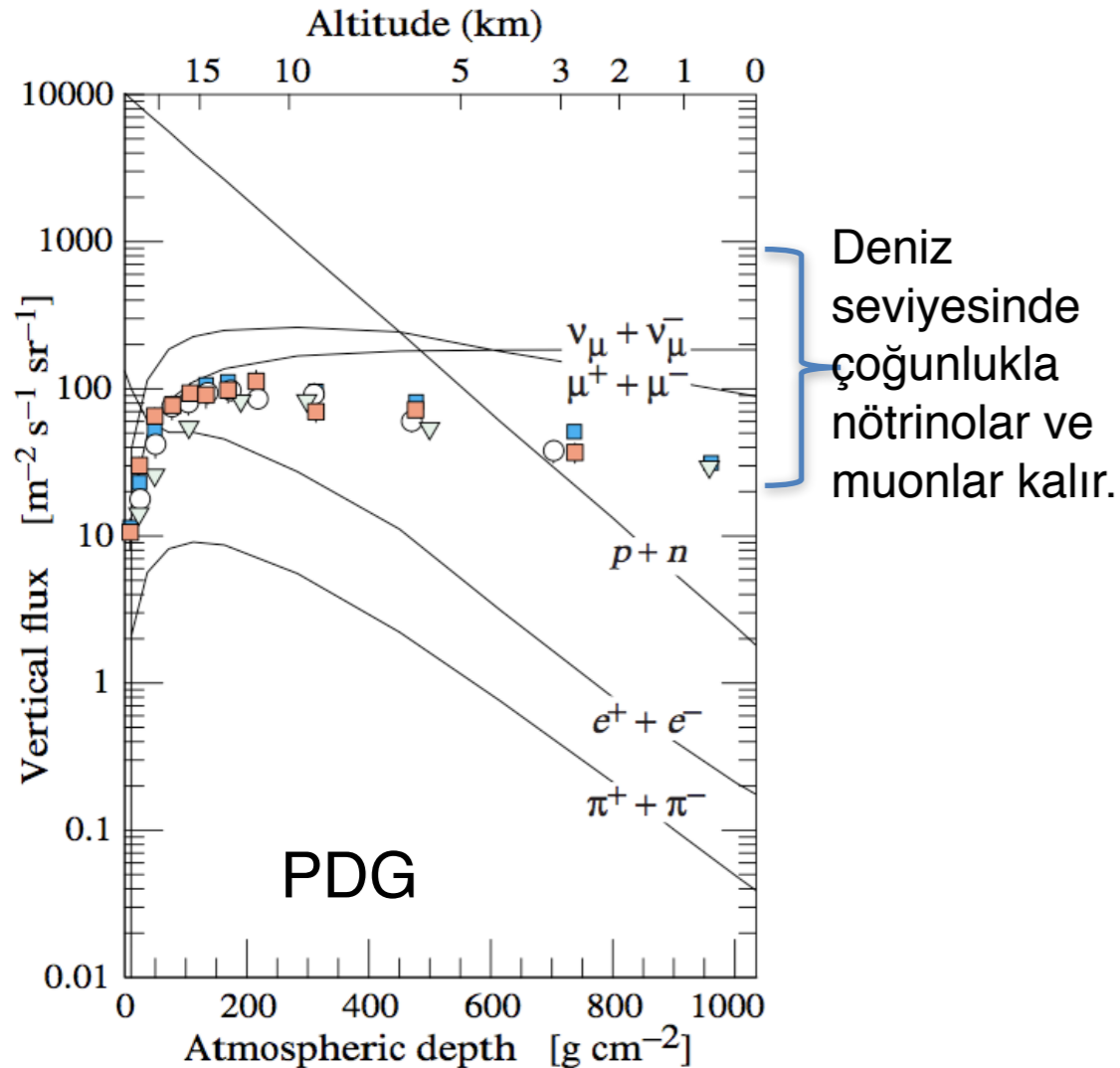


Metro newspaper

<https://thecuriousastronomer.files.wordpress.com/2012/05/>

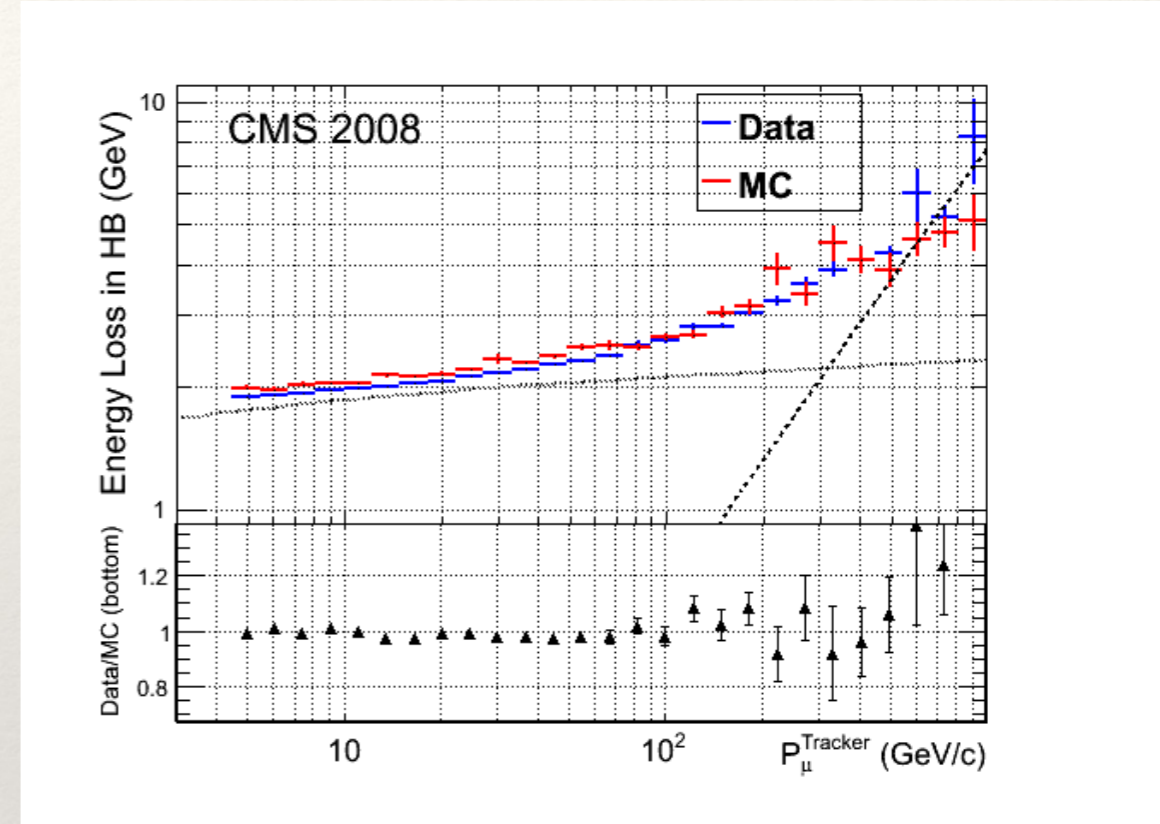
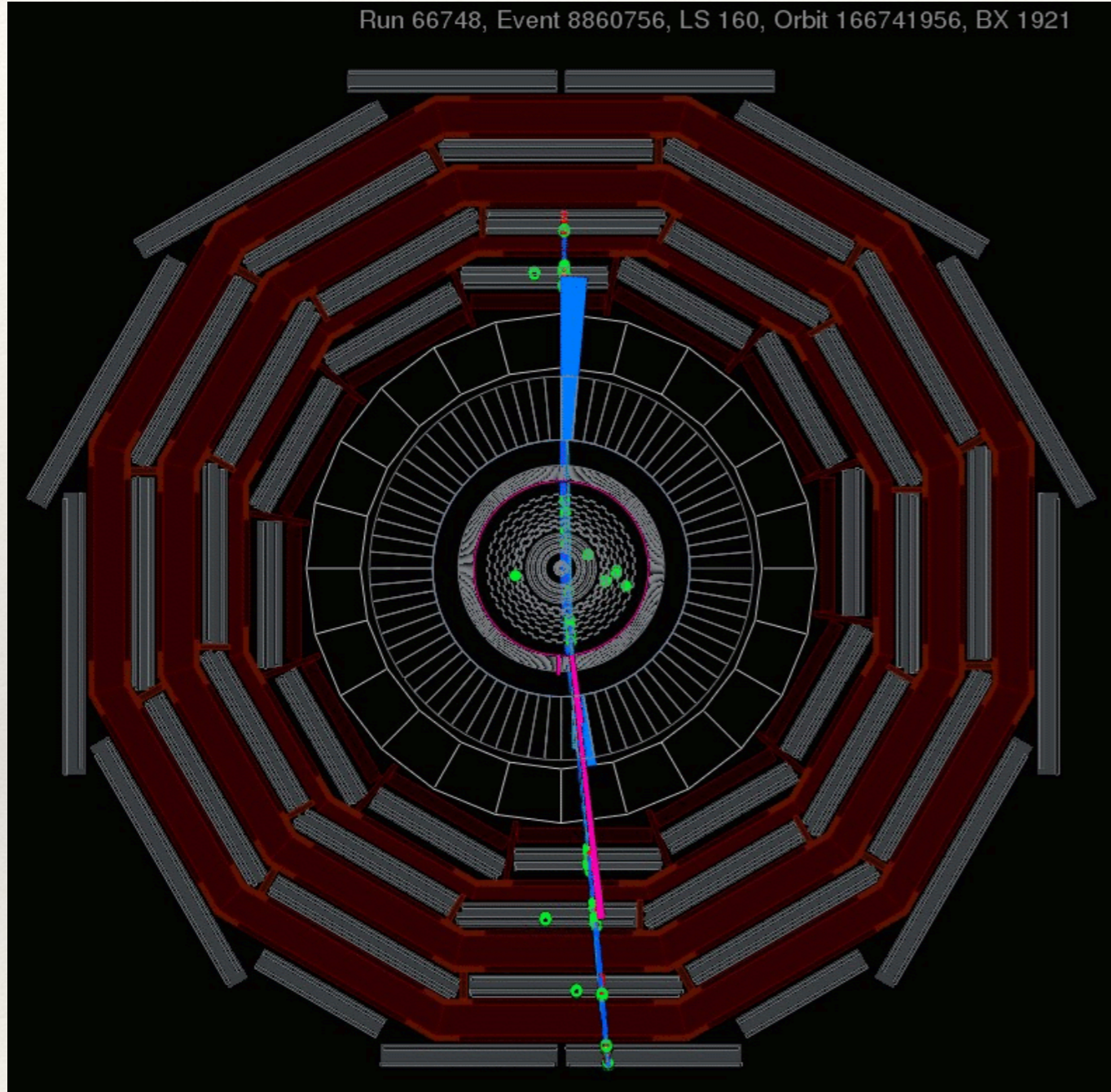
Kozmik Işınlr

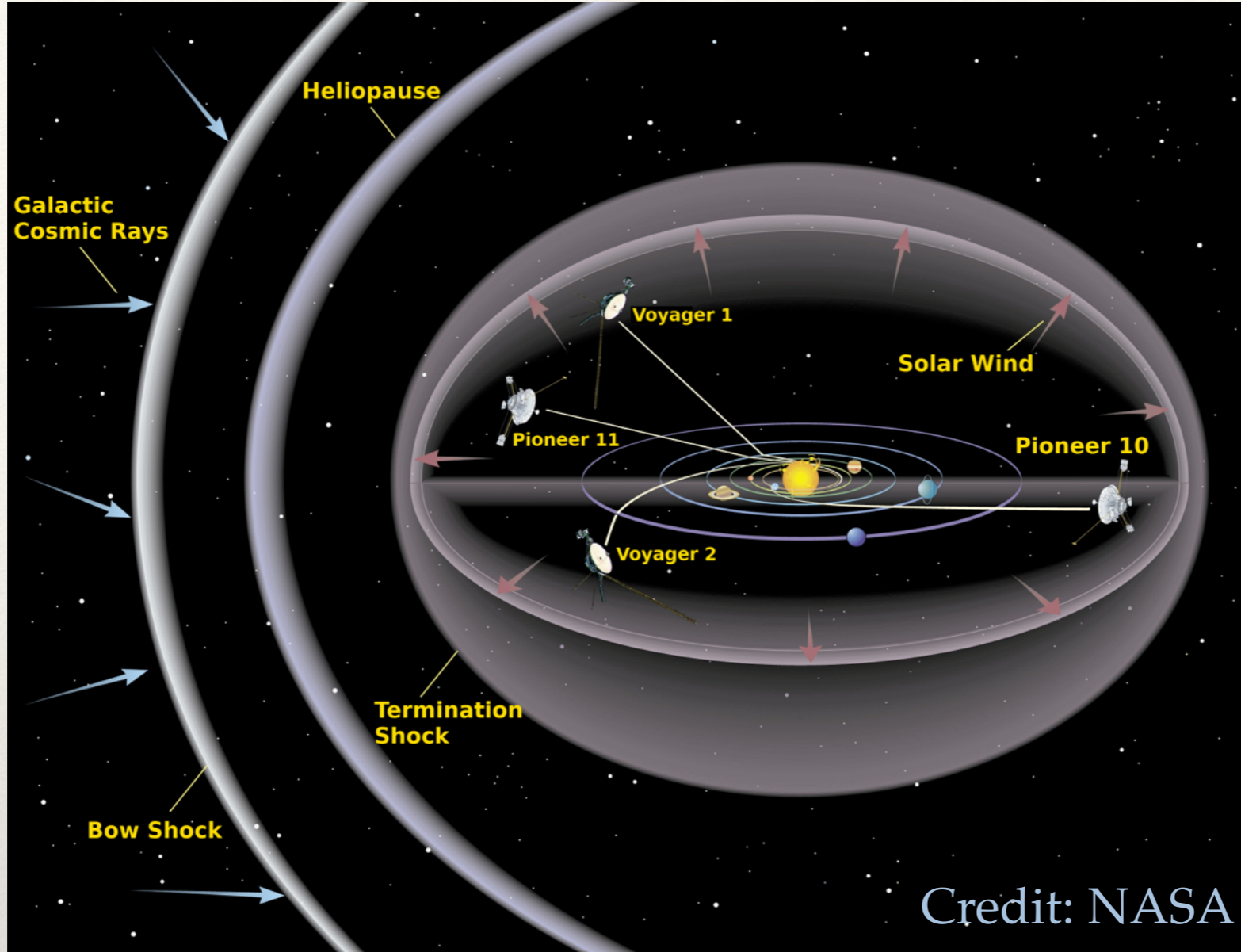
- Öncül kozmik parçacıklar: Astrofiziksel nesnelere hızlandırılıyor (olasılıkla Süpernovalar, Nötron yıldızları, Kara delikler, aktif galaksi çekirdekleri, Güneş).
 - Protonlar (86%), α -parçacıkları (11%), uranyuma kadar çekirdekler (1%), elektronlar (2%) + yıldızlararası ortamla etkileşimle oluşan az sayıda pozitron ve antiprotonlar.
 - Nötr parçacıklar: fotonlar, (anti-)nötrinolar



Detektör Kalibrasyonu İçin Kozmik Muonlar

Örnek uygulama





Örnek uygulama

* Güneş aktif —> Manyetik alanı güçlenir —> Manyetik alan elektrik yüklü kozmik parçacıkları güneş sisteminin dışına saptırır.

* Güneşin manyetik alanı zamanla zayıflıyacak gibi —> Mars'a gitmek insanlar için iyice zorlaşabilir (astronotların yolculuk için %20 daha az zamanı olabilir).

<http://news.agu.org/press-release/increasing-cosmic-radiation-may-boost-danger-for-manned-missions-to-mars/>

CERN Cloud (Cosmics Leaving Outdoor Droplets)

Deneyi

CERN PS



- * Kozmik ışınlar ve bulut oluşumu arasındaki ilişki
- * aerosollar ve iklim üzerindeki etkileri

hava molekülleriyle hareket eden büyüyüp bulutların oluşumunu sağlayan damlacıklara dönüşebilen tanecikler.

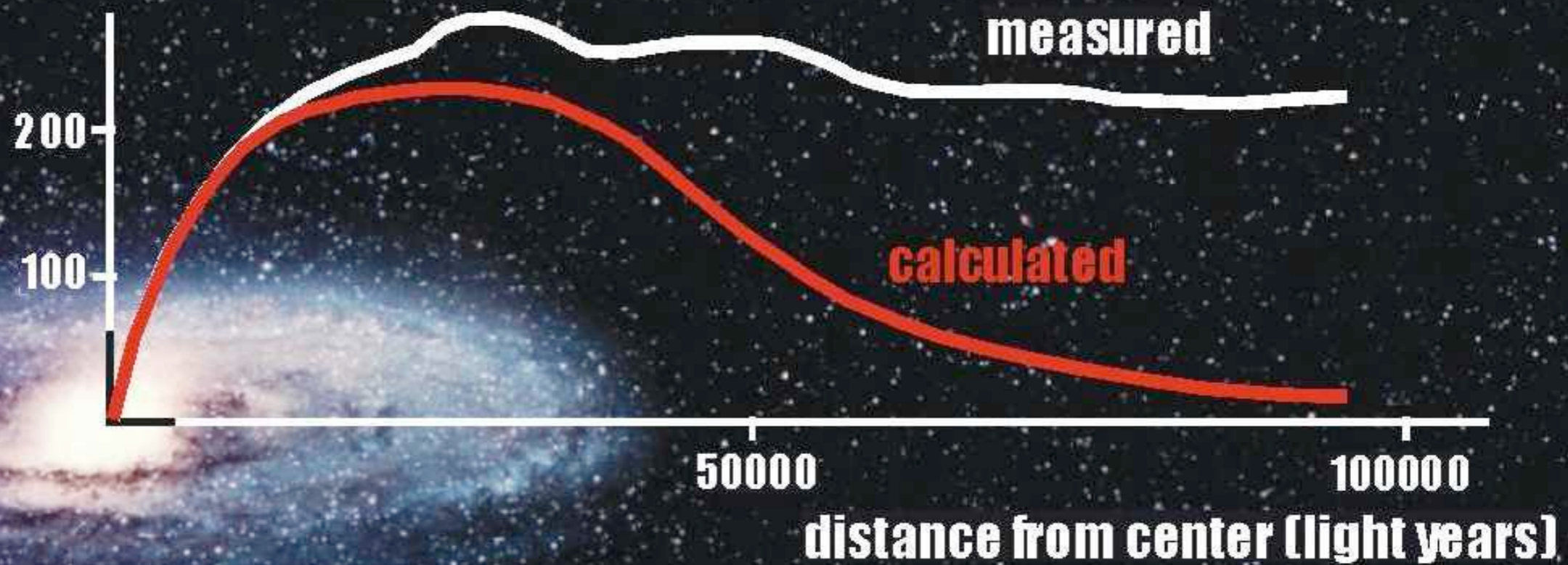
- * aerosol oluşumu α iklim
- * aerosol oluşumu çok iyi anlaşılmış değil.

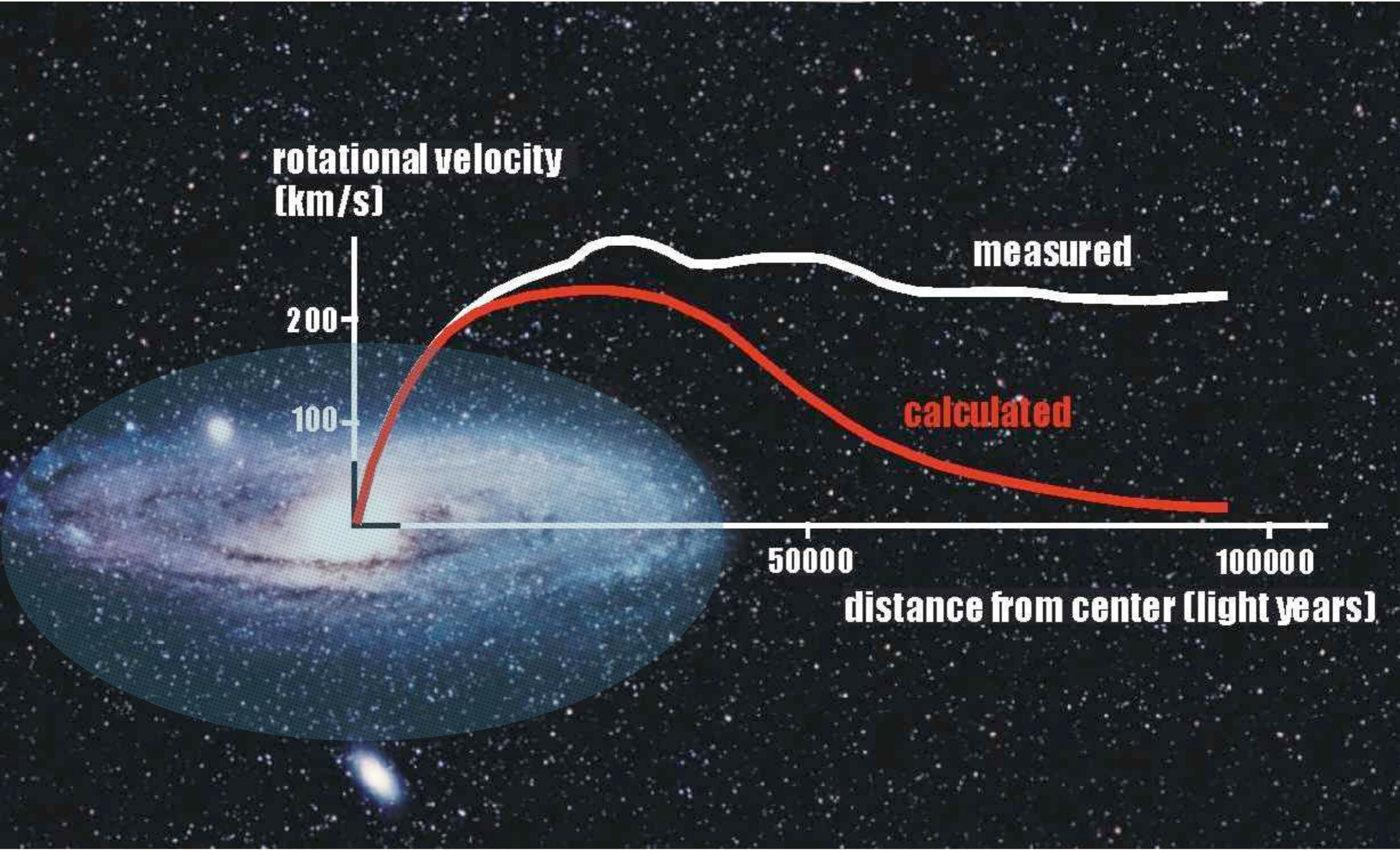
CERN PS yapay kozmik ışınlarını (=pionlar) (yer ve stratosfer arasını taklit ederek) ==> bulut odası

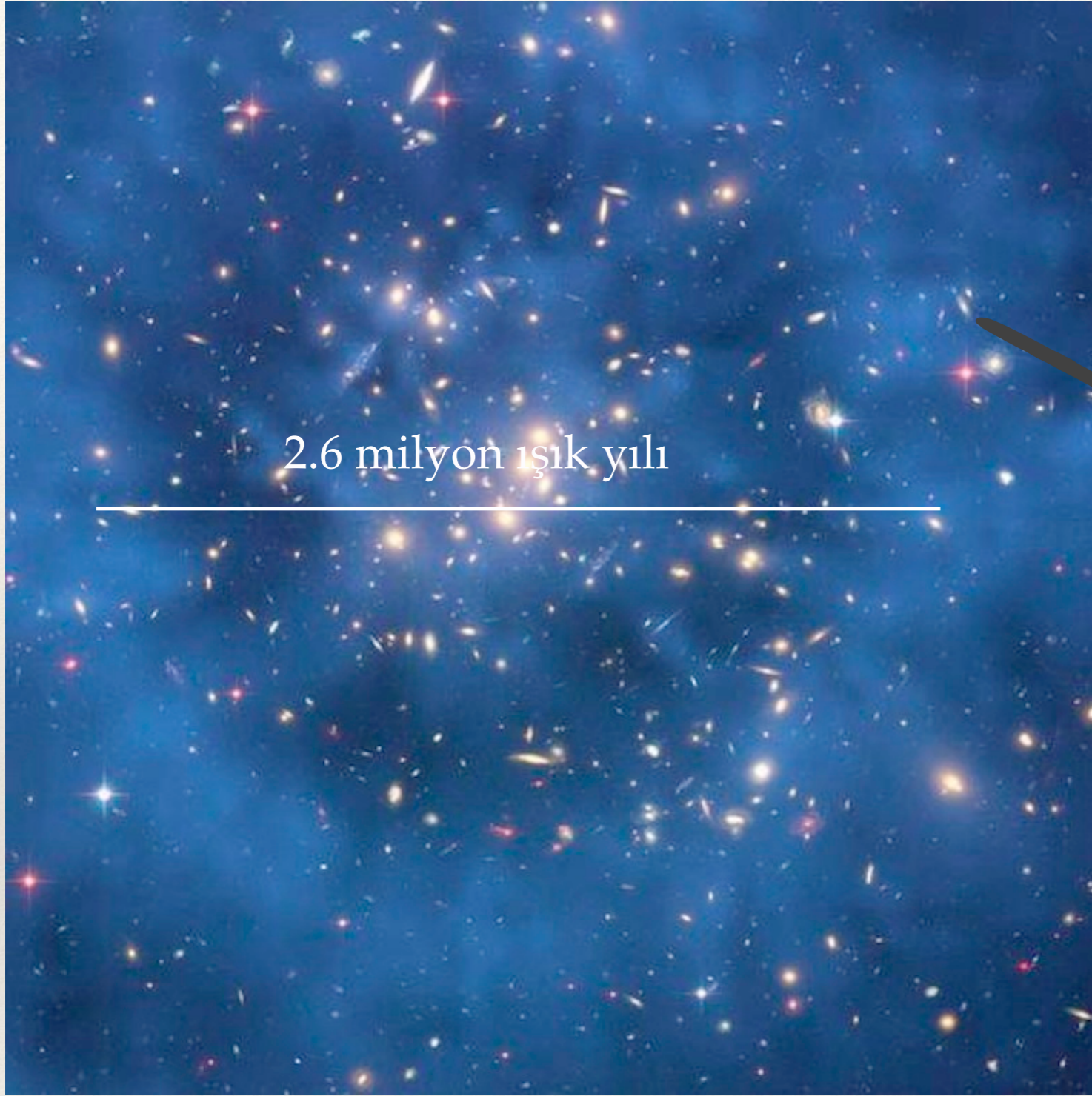
ilk önemli keşifler

- * Kozmik ışınların belli aerosolların oluşumuna önemli bir etkisi yok
- * Küçük miktarlarda amin buharı sülfürik asitle birleşerek aerosolları oluşturuyor (atmosferde gözlenen oranlarda.)

**rotational velocity
[km/s]**







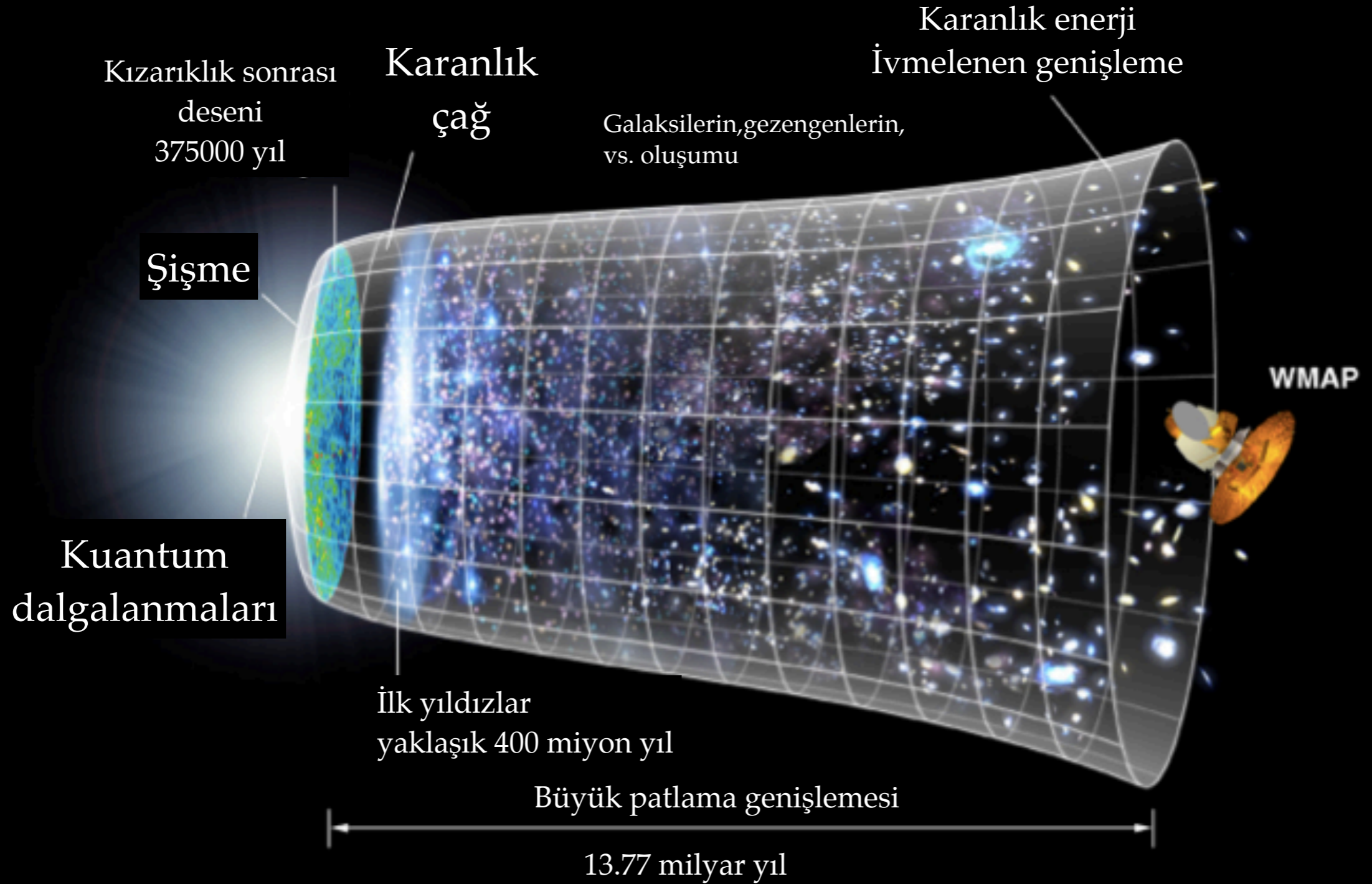
Hubble Uzay Teleskobu
ZwC10024+1652 galaksi kümesi

2.6 milyon ışık yılı

Karanlık madde halkası?
iki galaksi kümesinin çarpışmasıyla
oluşmuş olabilir?
Karanlık madde için en güçlü
kanıtlardan biri sayılıyor.

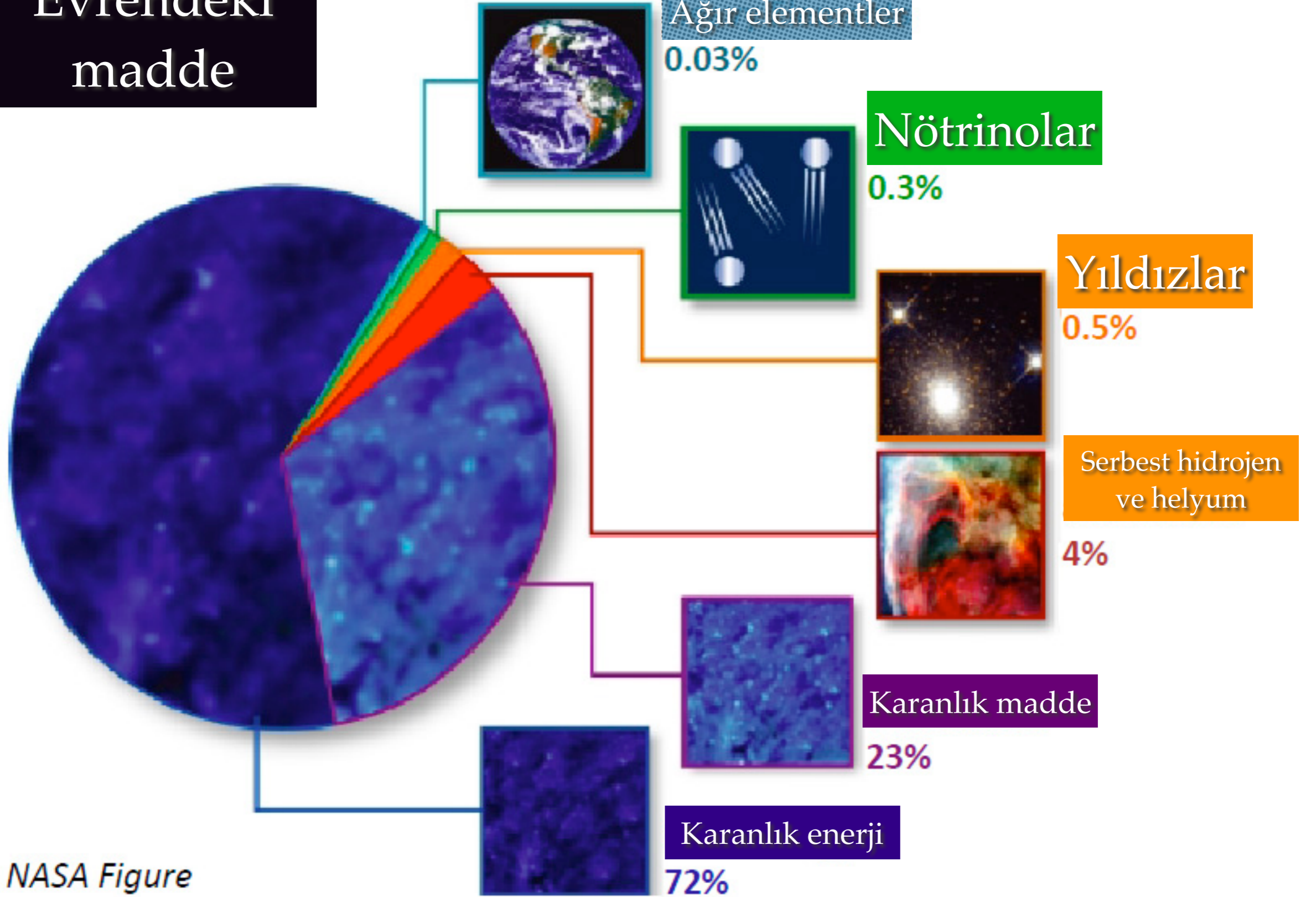
Credit: ESA / Hubble

Hiçlikten Bir Evren



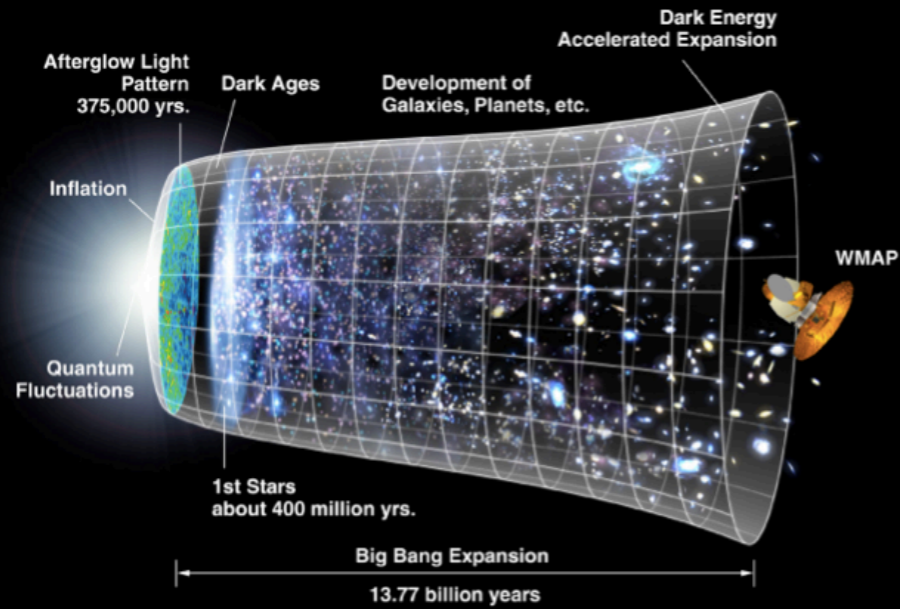
Evrendeki madde

'basit, anlayabildiğimiz' maddenin %99'u
—> plazma



NASA Figure

Mikrodalga fon ışıması 1a tipi supernova gözlemleri evrenin büyük ölçek gözlemleri



En basit kabul edilmiş varsayım:
boşluk enerji yoğunluğu (ya da kozmolojik sabit)
evrenin enerjisinin baskın parçası olması
(karanlık enerji → negatif basınçlı kütleçekim)

Aşırı 'ince ayar'
gerektiren bir varsayım!

boşluğun ağırlığı!

Parçacık fiziği boşluğunun yarattığı kozmolojik sabit 10^{120} daha fazla enerji yoğunluğu veriyor (Zeldovich 1968):

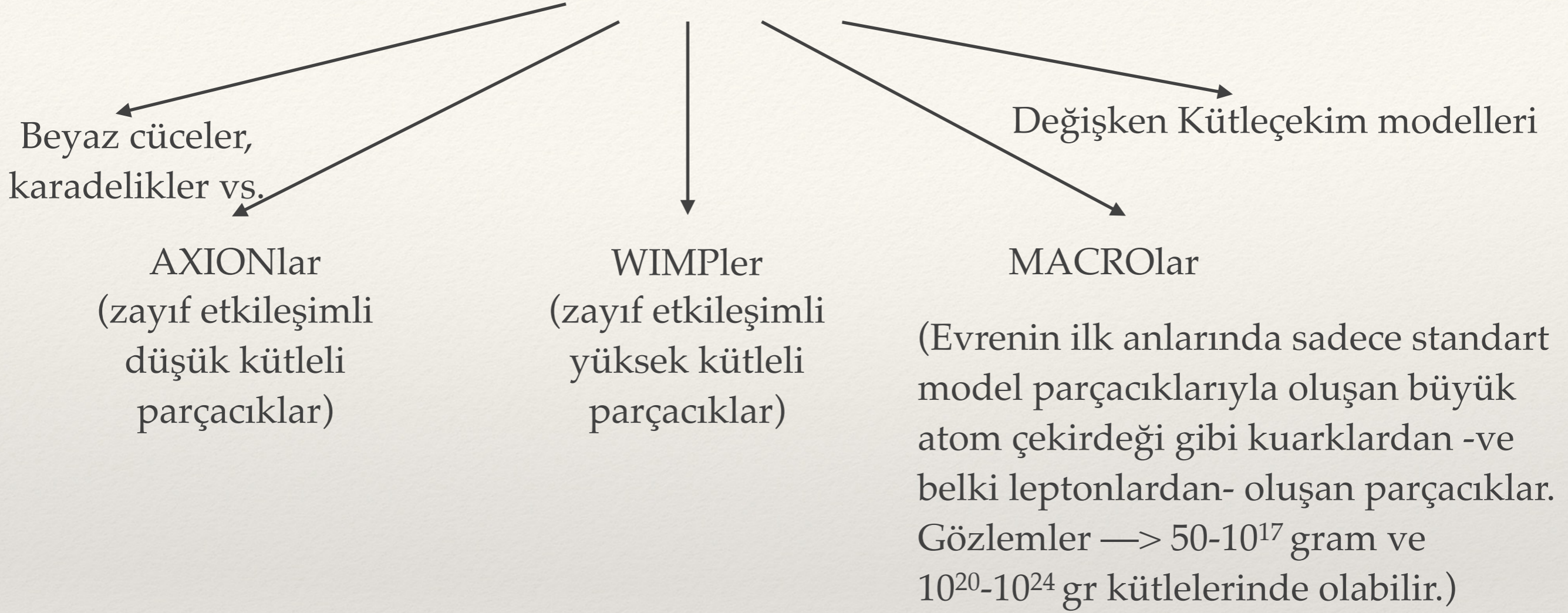
Kuantum alan teorisi → renormalizasyon

ama tam gereken (çok küçük) kozmolojik sabiti verecek kadar.

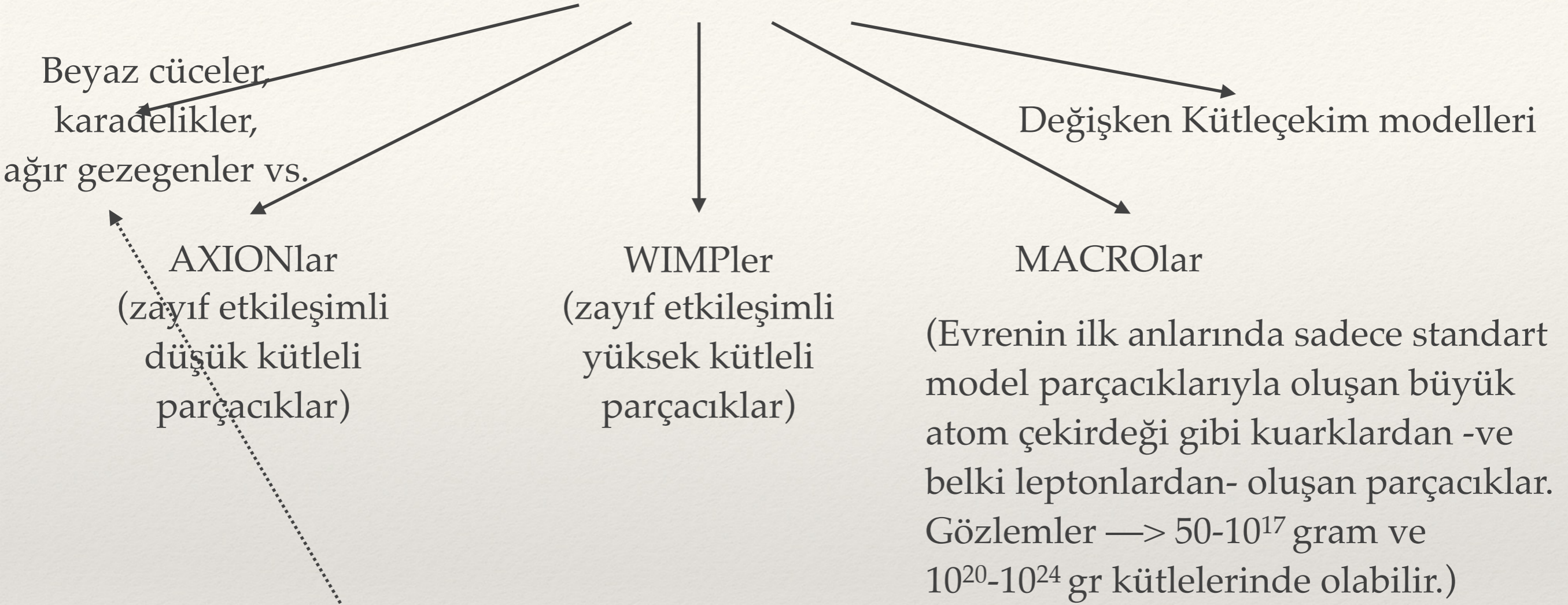
→ Ya da bunu yapabilecek ağır ekstra parçacıklar (süpersimetri fikri, Zeldovich 1968)

→ Ama bu fikir matematiksel model haline getirildiğinde de değişik tür ince ayarlar gerektiriyor.

Karanlık Madde



Karanlık Madde



Karanlık maddeyi açıklayacak kadar madde yok.

Karanlık Madde

Beyaz cüceler,
karadelikler vs.

Değişken Kütleçekim modelleri

AXIONlar

(zayıf etkileşimli
düşük kütleli
parçacıklar)

WIMPLer

(zayıf etkileşimli
yüksek kütleli
parçacıklar)

MACROlar

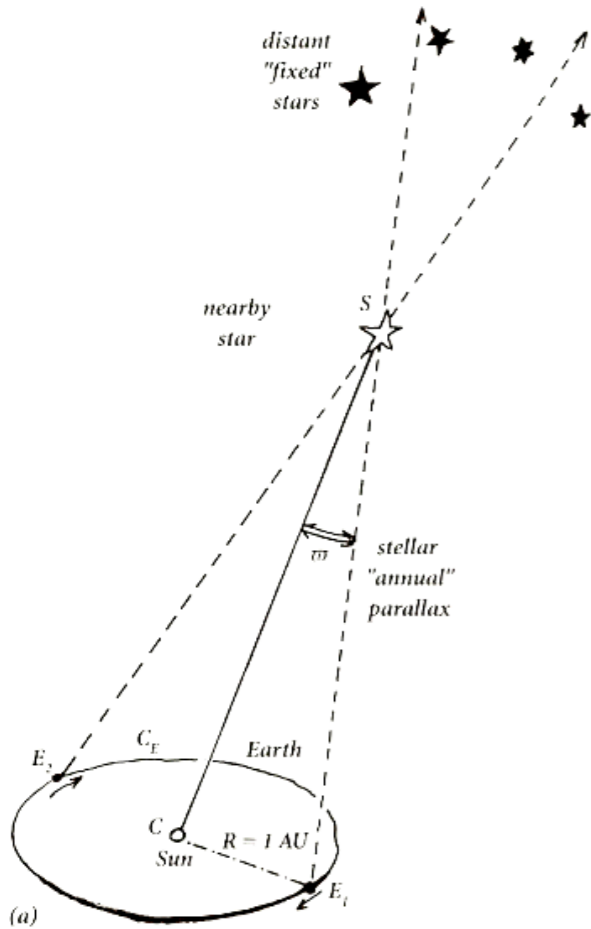
(Evrenin ilk anlarında sadece standart model parçacıklarıyla oluşan büyük atom çekirdeği gibi kuarklardan -ve belki leptonlardan- oluşan parçacıklar. Gözlemler \rightarrow $50-10^{17}$ gram ve $10^{20}-10^{24}$ gr kütlelerinde olabilir.)

\rightarrow 30 yıldır hiçbir kanıt yok!
 \rightarrow Parçacık deneylerinden de bir ipucu yok!

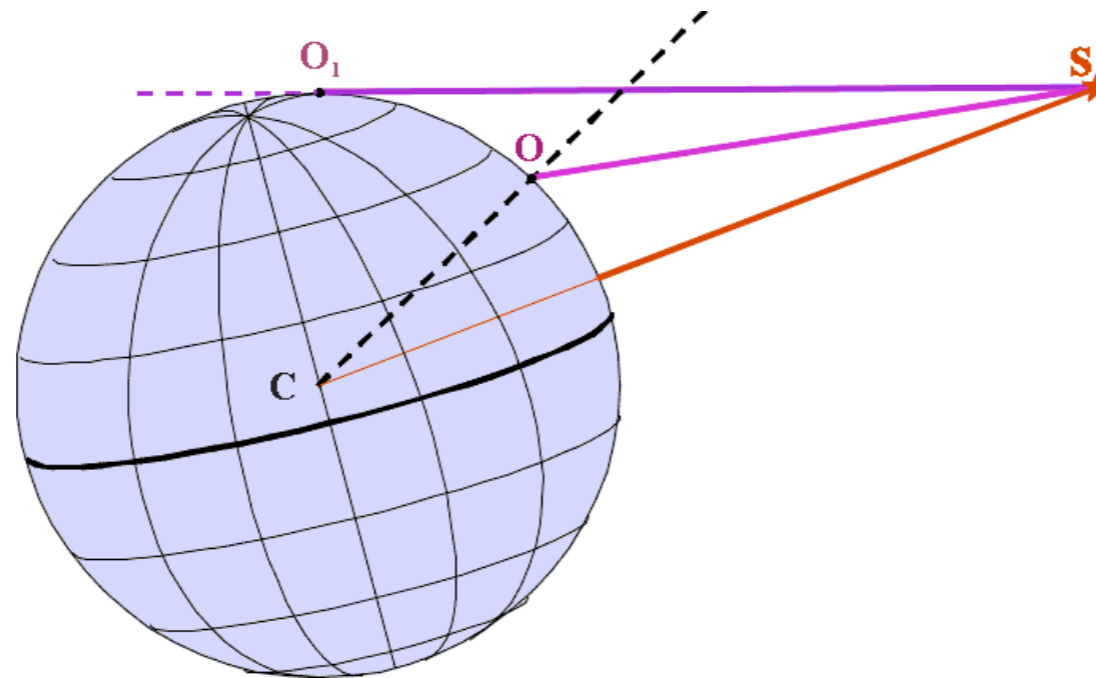
En popüler.
Süpersimetri modellerinin
bir tahmini - ama süpersimetrinin
varlığına dair hiç bir kanıt yok.

M.Ö. 310 - 230 Samos'lu Aristarkos

- Güneş'i (bilinen) evrenin merkezine koyan 'model'i geliştirdi.
 - Bu 'model'de Dünya Güneş'in çevresinde dönüyordu.
 - (Bilinen) gezegenleri Güneş'e göre doğru sıraya koydu.
 - Yıldızların çok uzakta olduğunu speküle etti → görülebilir parallax (üçgenleme?) yok.
 - Dünya merkezli model gezegensel parallaxla (diurnal) uygun bu yüzden yıldızsal parallax yok.



parallax yöntemi



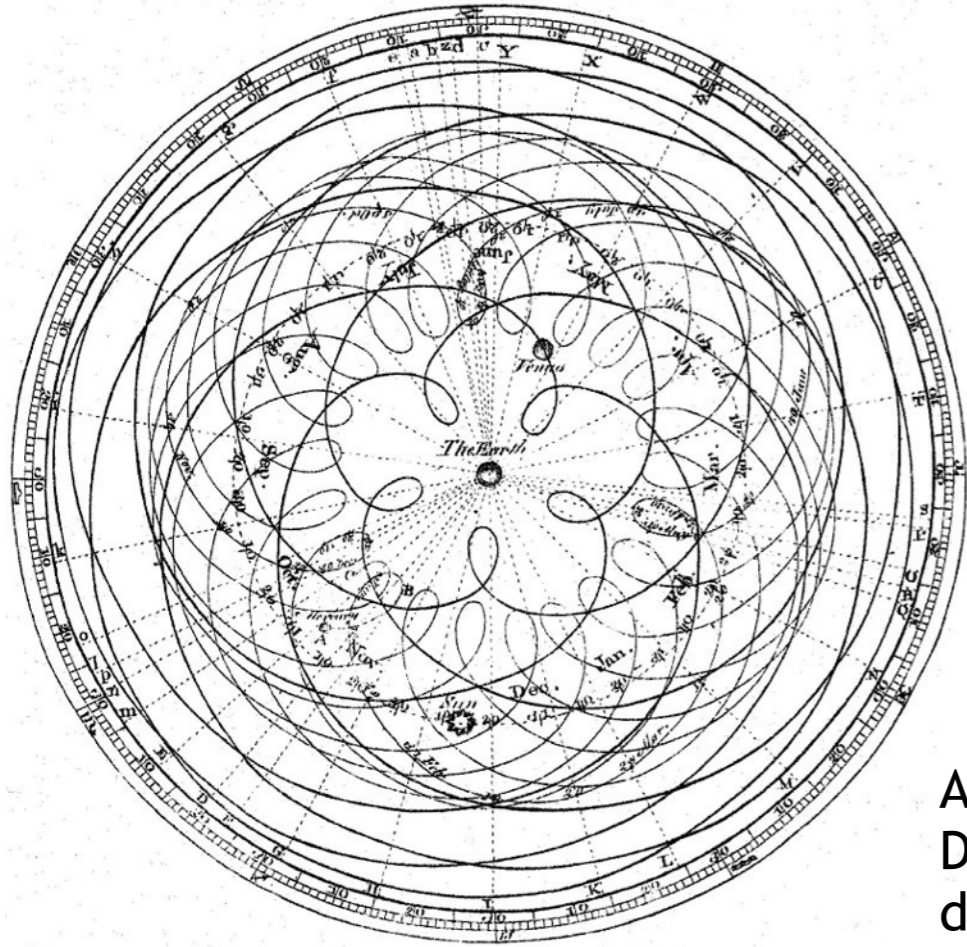
diurnal parallax



M.Ö. 310 - 230 Samos'lu Aristarkos

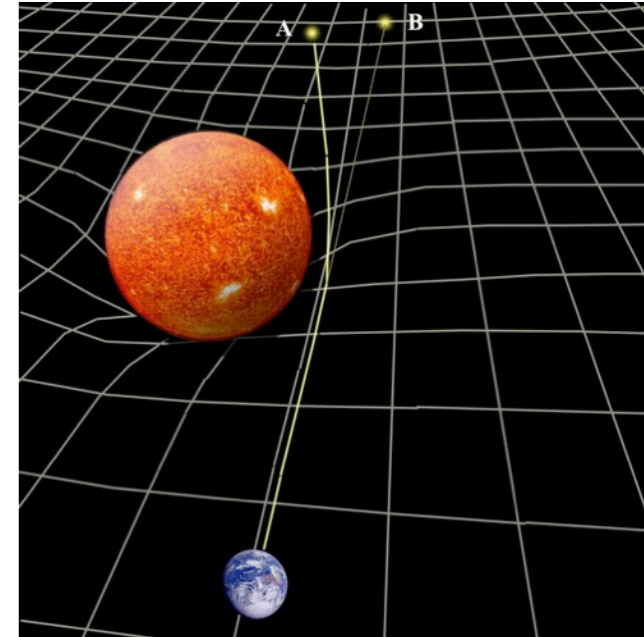
Aristarkos'un astronomi üzerine fikirleri Aristo'nun ve Plutarkos'un fikirlerinden (kavramsal yapının yanlışlığından) dolayı genel olarak reddedilmişti (≈1500 yıl boyunca).

Günümüzün yanlış çevreveleri neler ?

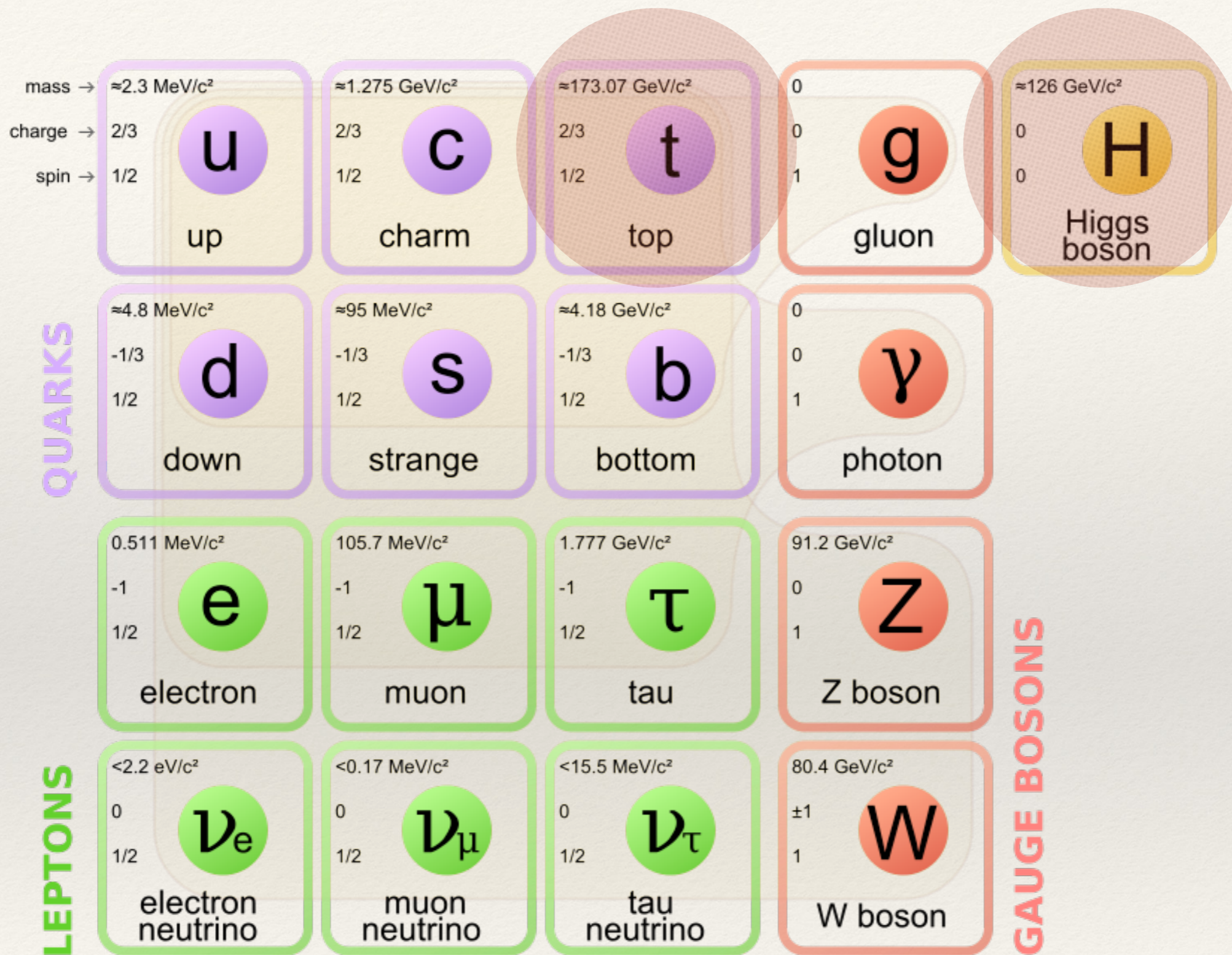


==> akademik dünyada Kepler'e kadar inanılan epicycle modeli!
O zaman bilinen gezegenlerin yörüngelerini çok iyi ama çok komplike bir şekilde sayısal olarak açıklayabiliyordu.
Matematiksel olarak güzel olarak nitelendiriliyordu ve bu modelde açıklanamayacak gözlemler oldukça epicycle sayısı arttırılıyordu....

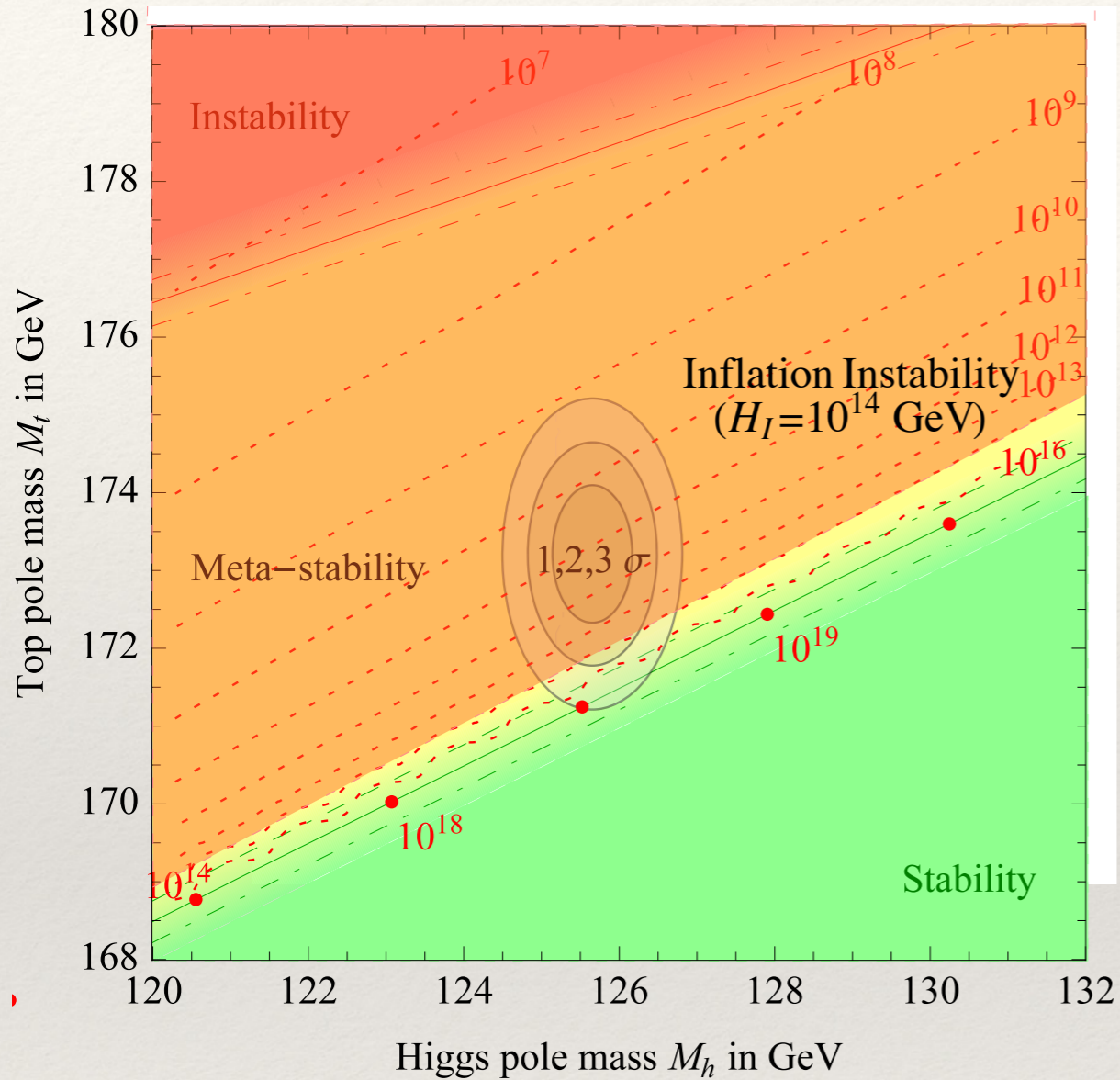
Ama yine de en az M.Ö. 300'den beri Dünya'nın Güneş'in çevresinde döndüğü biliniyor*.



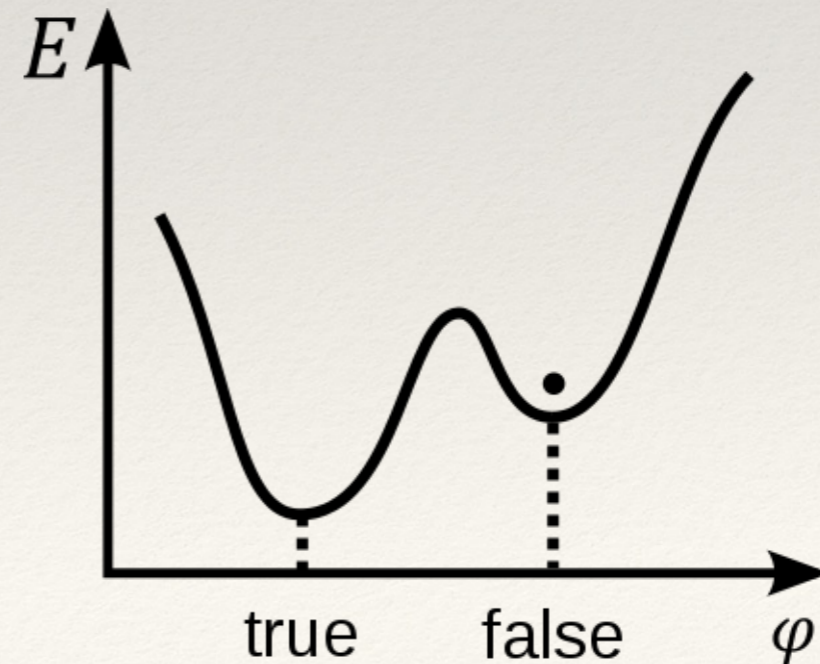
* "Dünya Güneş'in çevresinde ≠ Güneş Dünya'nın çevres'nde dönüyor" doğru değil (yani herşey 'göreceli değil'). Genel görecelilik bize daha fazla kütleyle sahip nesnelerin 'tercih edilen' bir konumda olduğunu gösterdi.



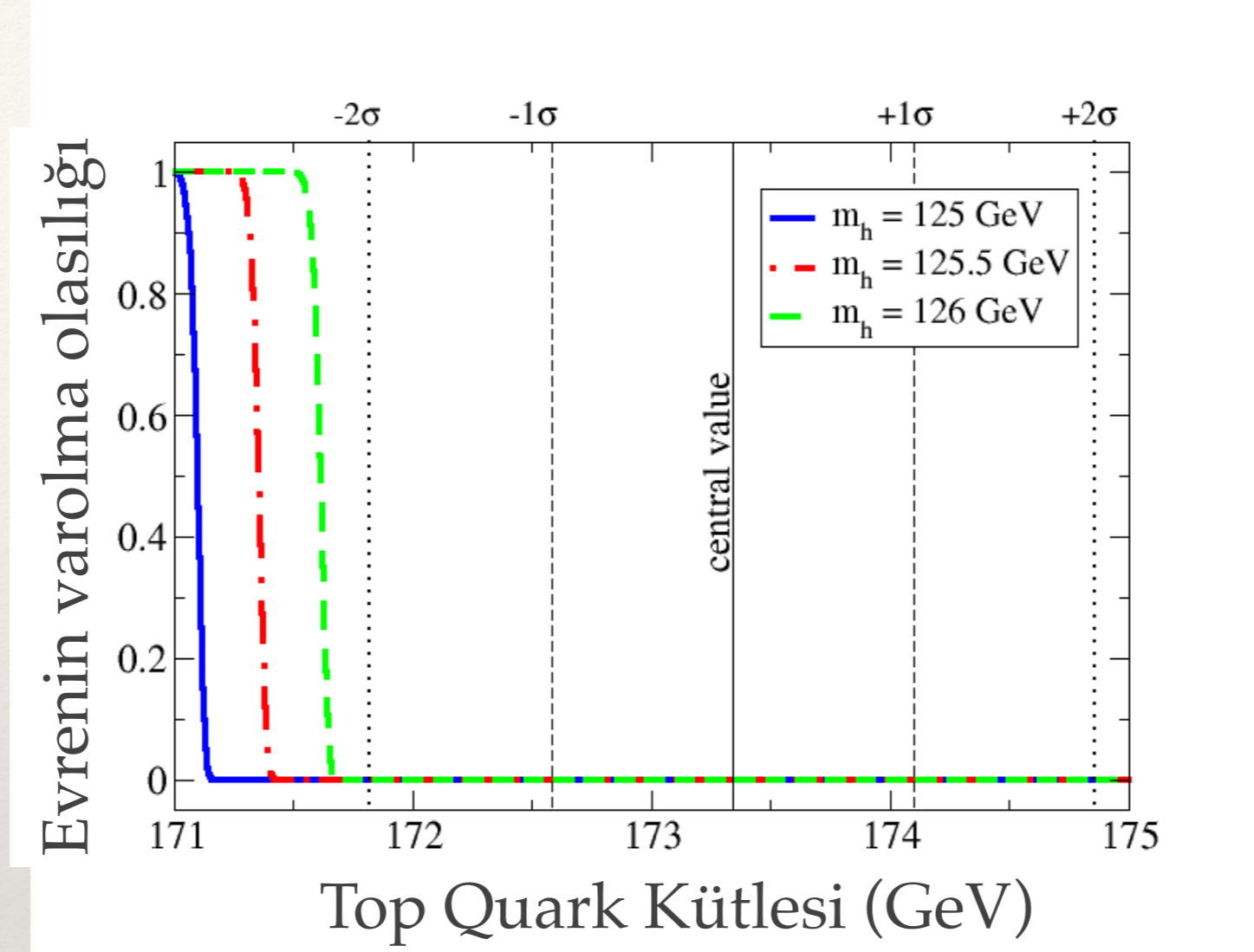
Higgs Bozonu, Top Kuark ve Varlık



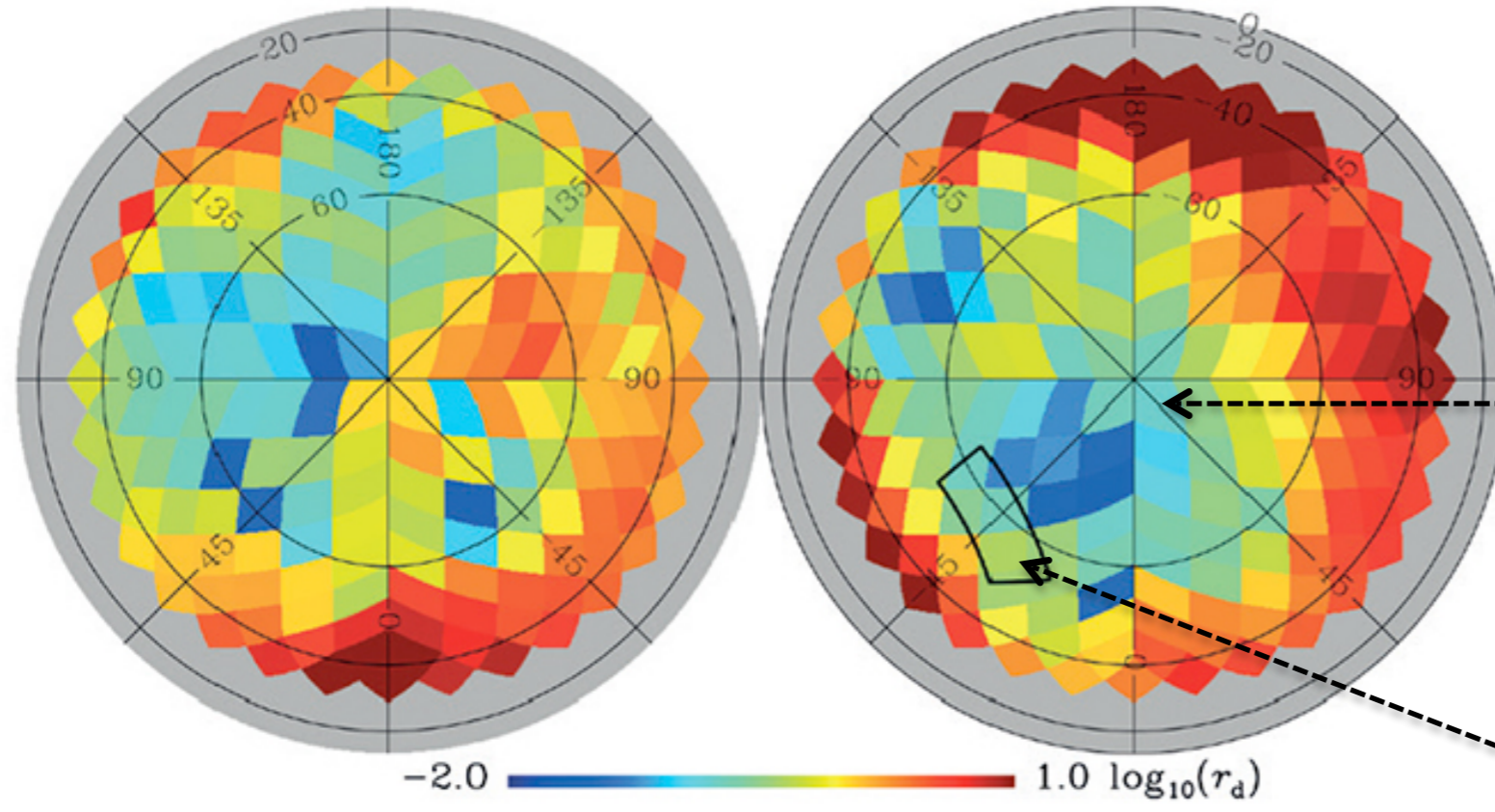
BICEP2 sonuçları \rightarrow büyük Hubble değerleri
 \Rightarrow Higgs alanının büyük genlikle salınımı
 \Rightarrow Vakumun boznumu!!



Higgs Bozonu, Top Kuark ve Varlık



BICEP2 sonucu doğru olsaydı, ya evren yoktu, ya da vakumu durağan tutabilmek için yeni fizik gerekirdi. Ama BICEP2 sonucunun büyük olasılıkla yanlış.
Planck verileri —>



galaksimizin güney kutbunda
haha az toz var.

BICEP2'nin gözlediği kısım tozlu.

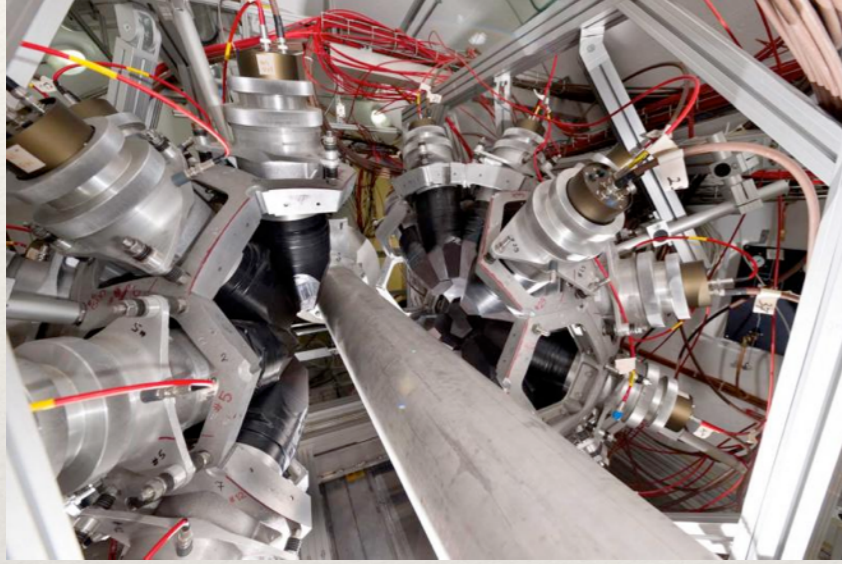
Galaktik kuzey
yarım küre

Galaktik güney
yarım küre

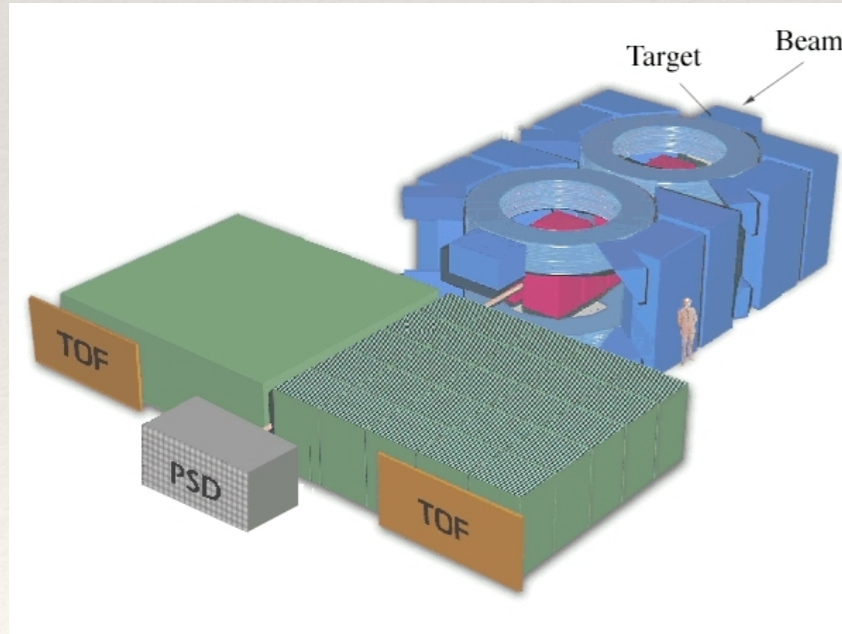
CERN ve Astroparçacık Fiziği



CAST - solar axions



ISOLDE, n-TOF - nükleer astrofizik
(elementlerin sentezi ve yıldızlar)



NA-61 - kozmik ışınlar (air showers)

- + CERN Deneyleri, astroparçacıkçı üretimi
- + detektör testleri, yapımı, AR-GE, ...

Çözülmemiş Sorular (ve tahminen sadece hızlandırıcılarla çözülemeyecek sorunlar)

- ❖ Kozmik ışınların kaynağı
- ❖ Nötrino salınımları
- ❖ Magnetarlar
- ❖ Gama ışını patlamaları
- ❖ Kozmolojik sabit
- ❖ Karanlık madde
- ❖ Karanlık enerji
- ❖ Madde -antimadde asimetrisi
- ❖ Kuantum kromodinamiği ve elektrozayıf teorilerin birleştirilmesi 10^{16} GeV (hızlandırıcılarda olanaklı değil)
- ❖ Kütleçekim ve diğer kuvvetlerin birleştirilmesi.
- ❖

