

Aula 2

Astronomia & Astrofísica & Cosmologia

O Papel do Desenvolvimento Tecnológico na Astronomia

Primórdios da Astronomia

<http://astroweb.iag.usp.br/~aga210/>

Prof. Dra. Sandra dos
Anjos

Depto Astronomia IAGUSP

2023

Astronomia & Astrofísica & Cosmologia

A denominação entre estas 3 áreas que hoje são estudadas paralelamente surge na medida em que avanços tecnológicos e conceituais da física foram ocorrendo.

O objetivo desta aula é deixar claro os objetos de estudo em cada uma destas áreas e os limites de desenvolvimento que cada uma delas foi alcançando.

Astronomia & Astrofísica & Cosmologia

Estuda a posição e movimento dos corpos celestes, bem como suas órbitas.

Uma das principais missões da Astrometria, por exemplo, é determinar um Sistema de Referência “quase absoluto”...

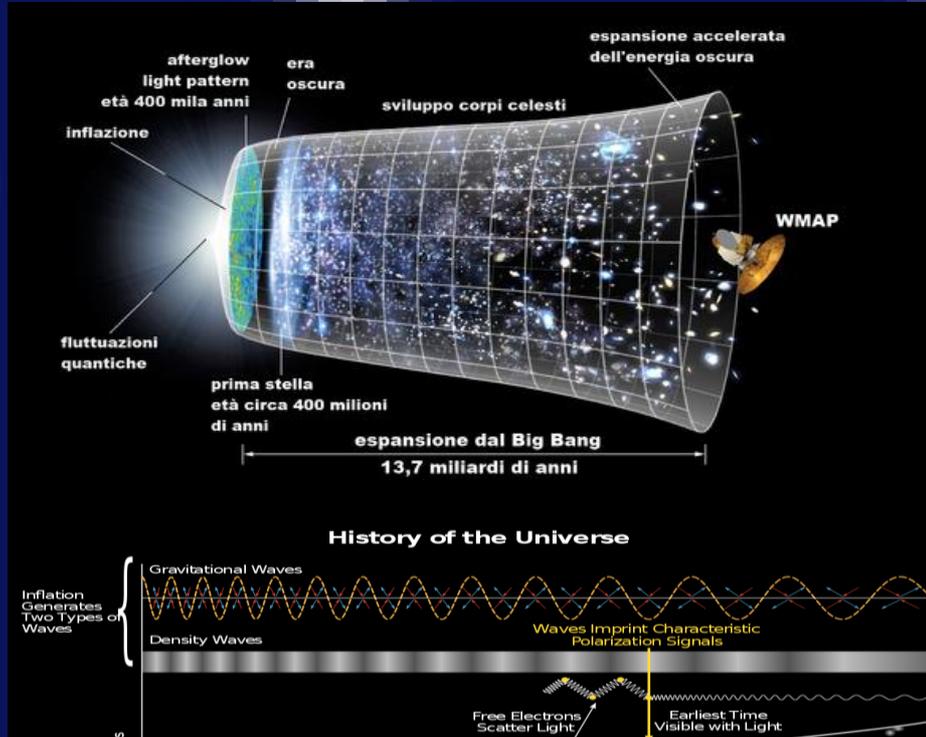
Estuda a natureza física do Universo e do que nele está contido: os planetas, estrelas, galáxias, bem como a natureza e composição do que existe neles, e entre eles - o meio interestelar e o meio intergaláctico.

Física, em grego, a “ciência da mudança”

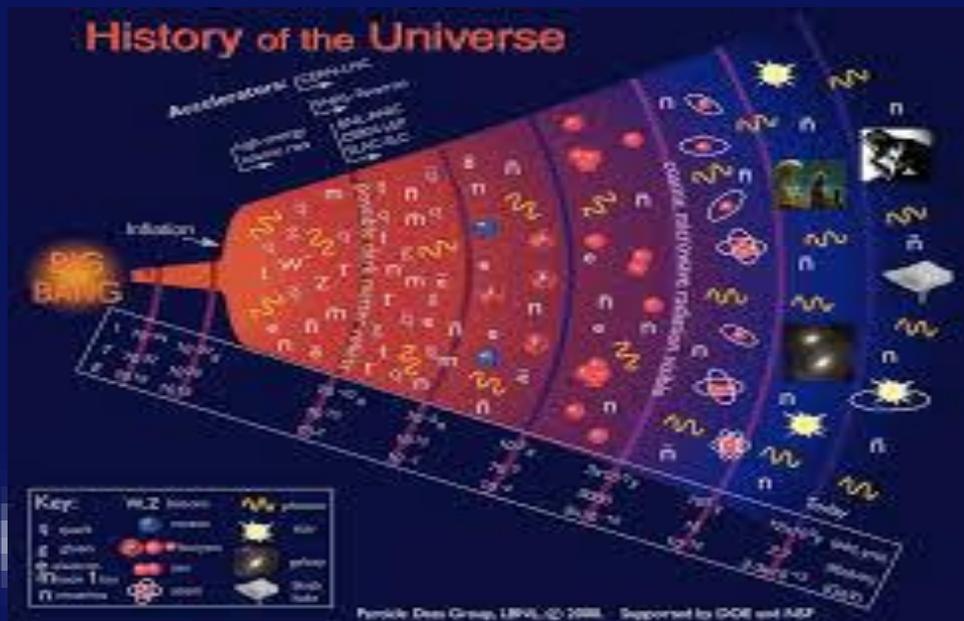
Surge no século 20 como ciência após o reconhecimento da existência de outras galáxias além da Via-Láctea e de que o Universo está se expandindo.

Trata-se então de estudar e compreender a origem e a evolução do Universo, a totalidade do espaço-tempo, da matéria-energia

Astronomia & Astrofísica & Cosmologia



Surge no século 20 como ciência após o reconhecimento da existência de outras galáxias além da Via-Láctea e de que o Universo está se expandindo.



Trata-se então de **estudar e compreender a origem e a evolução do Universo, a totalidade do espaço-tempo, da matéria-energia**

Astrofísica

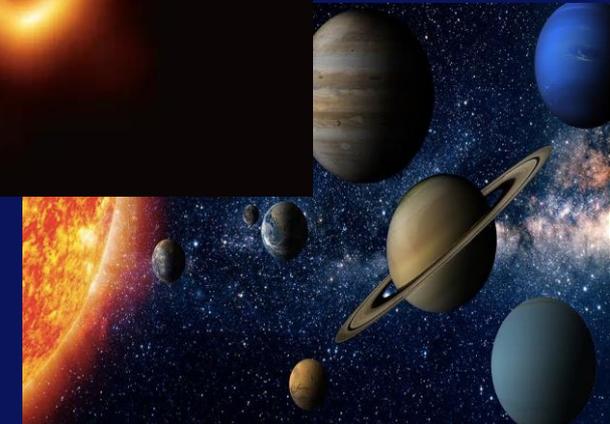
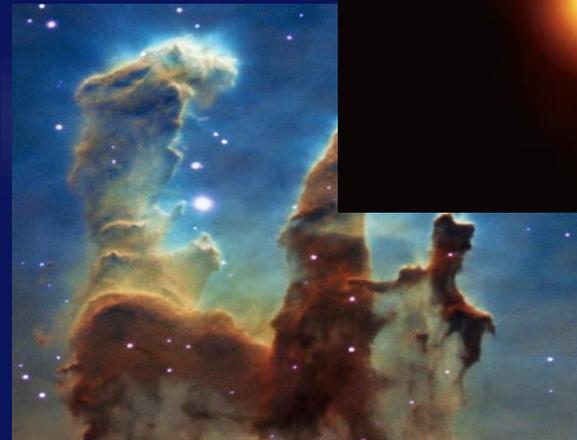
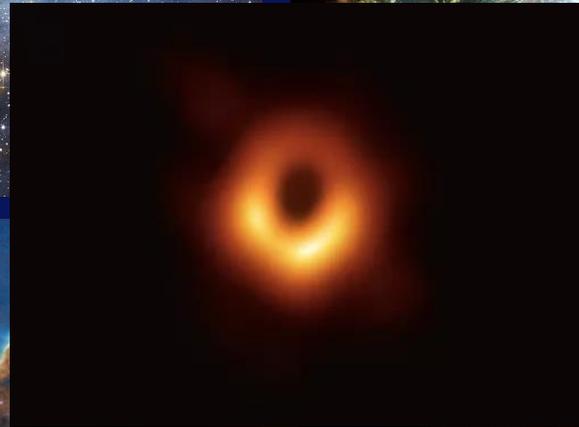
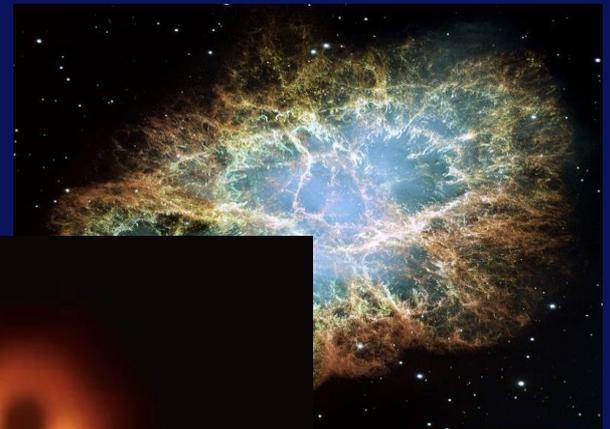
2014 e 2017, abrangem cerca de 2 bilhões de estrelas

Astronomia & Astrofísica & Cosmologia



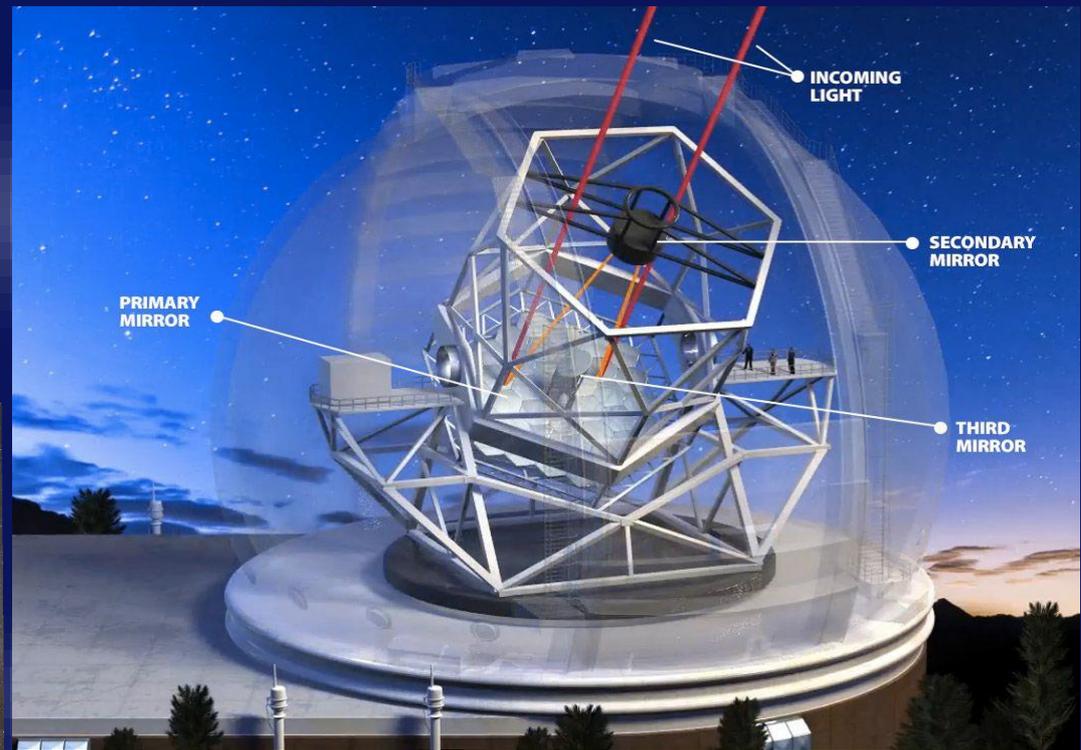
Estuda a natureza física do Universo e do que nele está contido: os planetas, estrelas, galáxias, bem como a natureza e composição do que existe neles, e entre eles - o meio interestelar e o meio intergaláctico. Papel da Gravidade....

Física, em grego, a "ciência da mudança "



Astronomia & **Astrofísica** & Cosmologia

Telescópios de solo maiores e melhores equipados permitem melhor resolução, viabilizando estudos de regiões centrais de galáxias, por ex.!

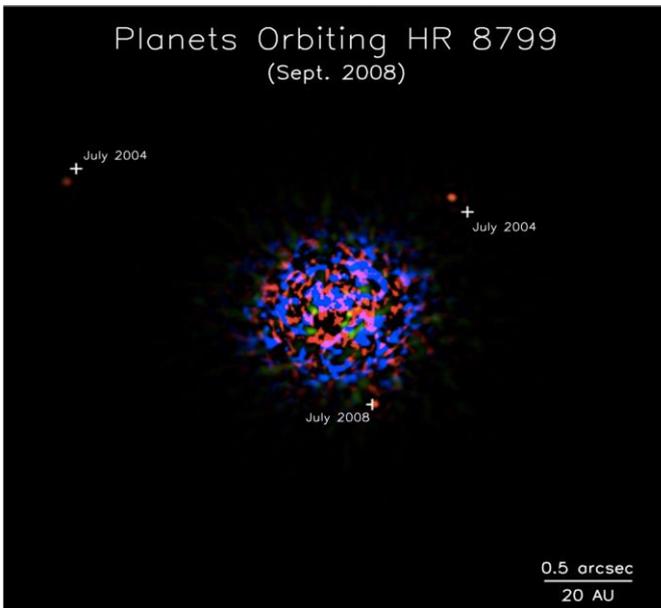


O Observatório Astronômico Keck é equipado com dois telescópios operando no espectro visível e infravermelho próximo. Situa-se no cume do monte Mauna Kea, no Havai.

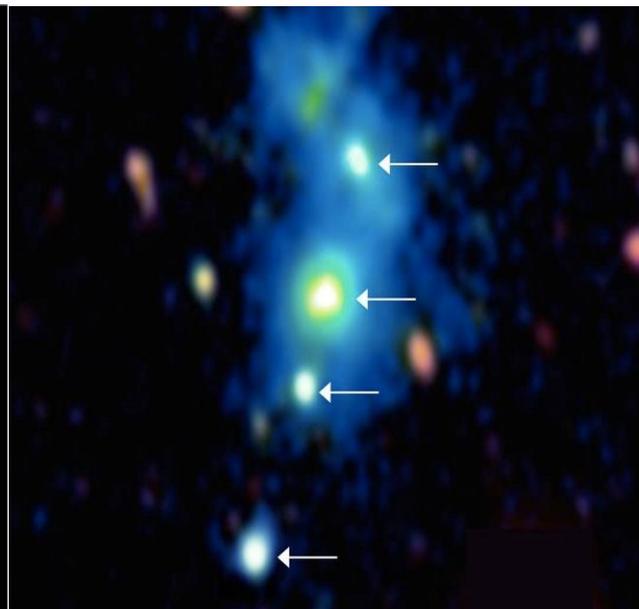
Cada telescópio tem um espelho de dez metros de diâmetro

Telescópio Keck

...algumas descobertas



Imagens diretas de planetas fora do nosso Sistema Solar



Quarteto de Quasares

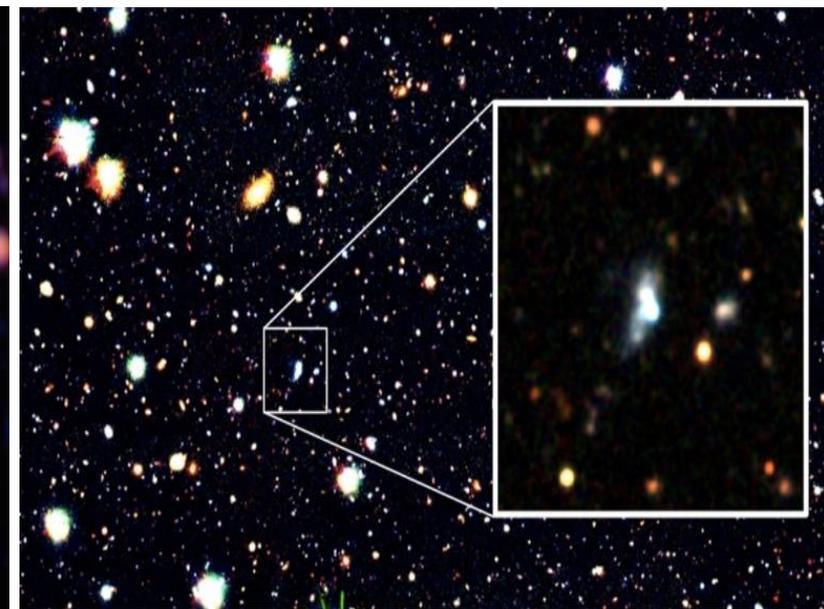


Imagem de uma galáxia próxima, extremamente pobre em metais por ter a mais baixa taxa de abundância de oxigênio. Credit: NAOJ/Kojima et al.



THE UNIVERSITY
OF ARIZONA

Giant Magellan Telescope Center Mirror Segment Cast Blank



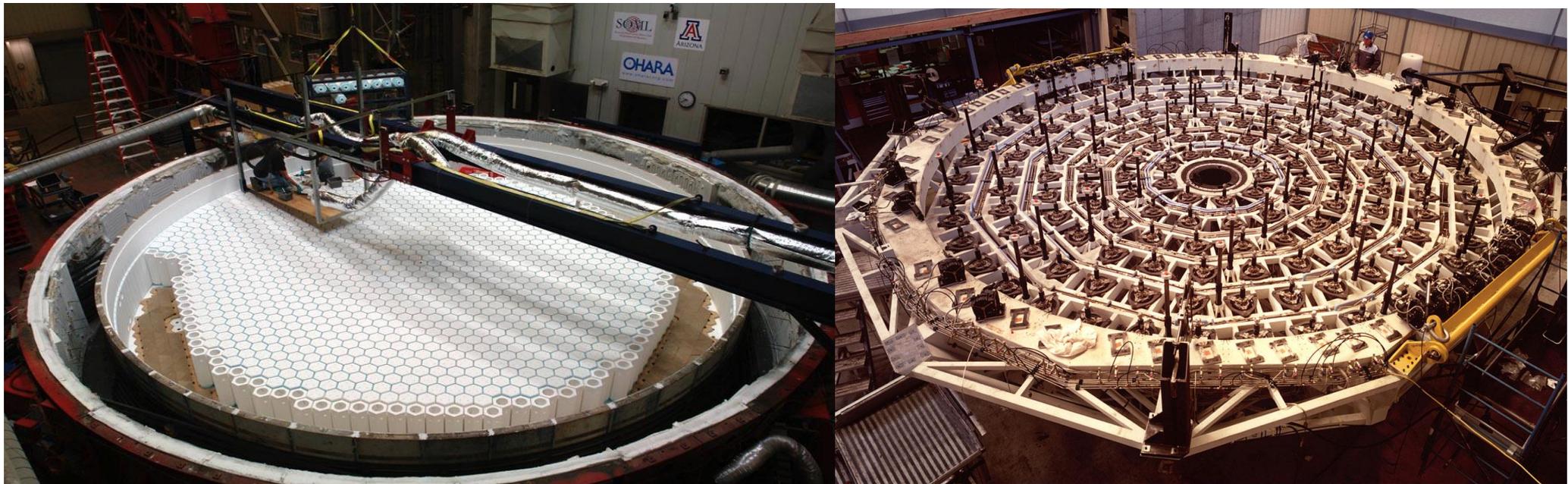
Richard F. Caris Mirror Lab
College of Science Steward Observatory

February 2016

By Frank S. Gacon

Óptica Ativa

...uma técnica que mantém o alinhamento e a forma da imagem modificando a forma do espelho flexível primário para compensar a variação causada pela instabilidade do sistema mecânico



VLT – 8,2m – 150 atuadores – 17 cm de espessura – 22 toneladas

São efetuados contínuos ajustes em escalas de tempo de poucos minutos para que a forma do espelho não se altere, o que poderia causar deformidades na imagem.

Radiotelescópios

O Radiotelescópio de Arecibo, o maior fixo do mundo, e localiza-se em Arecibo, Porto Rico.

A parabólica gigante tem 305 metros de diâmetro e foi construída originalmente em 1963, na cratera de um vulcão extinto, para estudar a ionosfera terrestre.



Ele é operado pela Universidade de Cornell, dos Estados Unidos da América e é a principal ferramenta na busca de vida extraterrestre, através do projecto SETI@home

Radiotelescópios

Sistemas em rede -> interferometria: diversas configurações



VLA-Very Large Array

Interferômetro com 27 antenas,
cada uma com 25m de diametro.

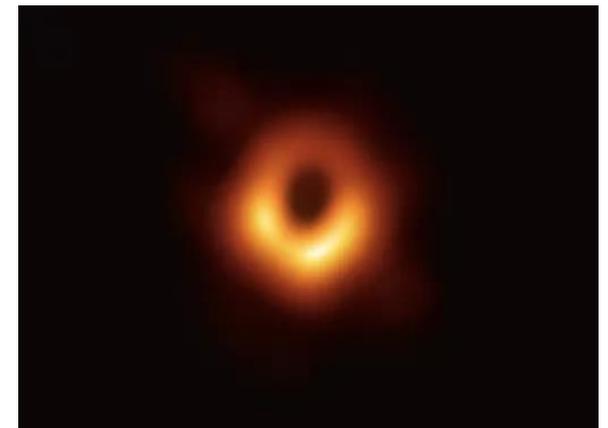
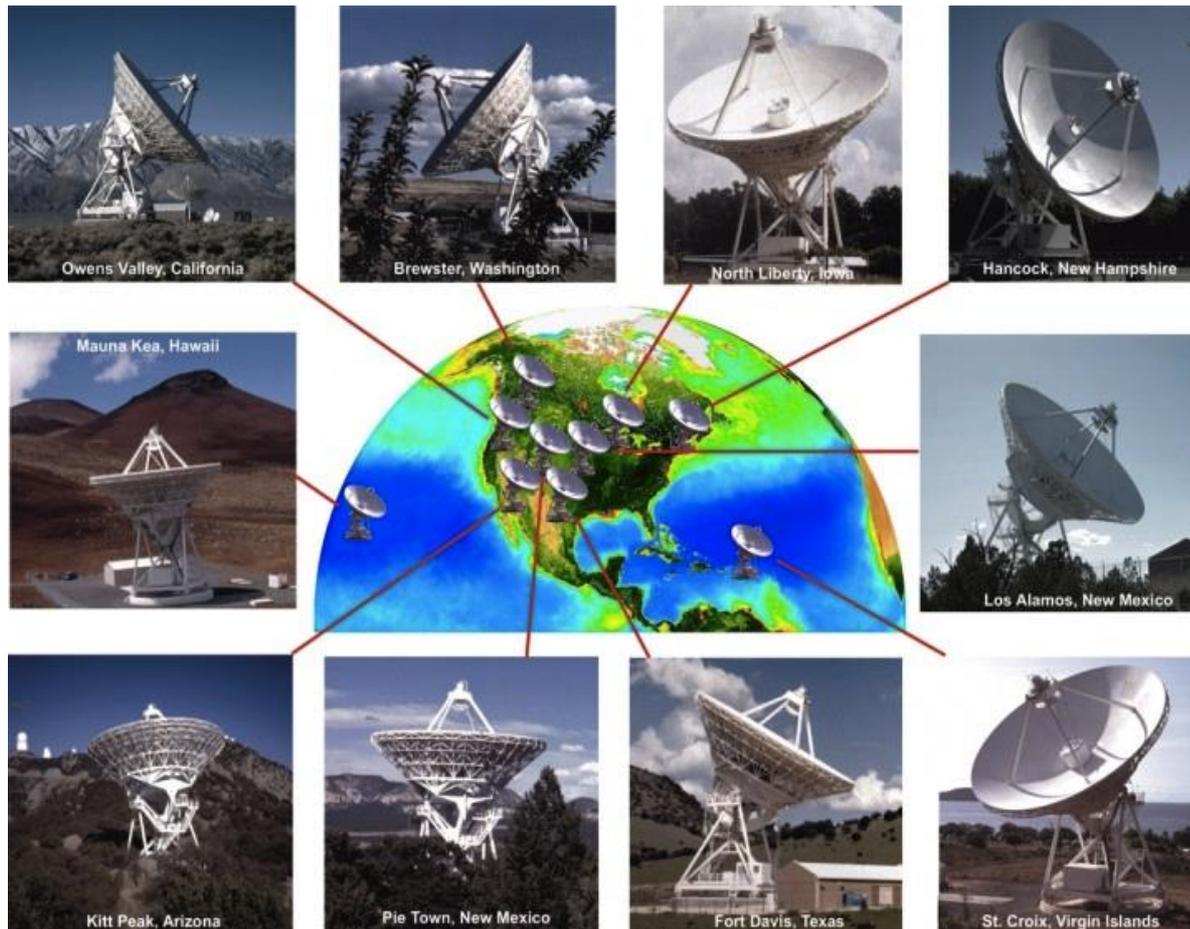


<- MMA-Multimilimeter Array

Interferômetro com 40 antenas,
cada uma com 8m de diametro,
sensível a comprimentos de onda
de 0,3 a 3 milímetros.

VLBA

Very Long Baseline Array é um sistema de dez radiotelescópios que são operados remotamente a partir de seu centro de operações que está localizado em Socorro, Novo México, como parte do National Radio Astronomy Observatory.



ESA – Agência Espacial Européia

Observatórios Orbitais em diferentes comprimentos de onda permitem estudar enorme diversidade de fenômenos

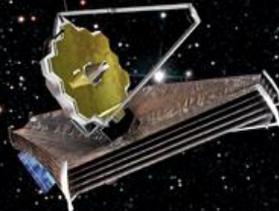
planck
Looking back
at the dawn of time



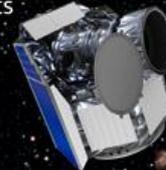
herschel
Unveiling the cool
and dusty Universe



jwst
Observing the first light



cheops
Sizing and first characterisation
of exoplanets



gaia
Surveying a billion stars



euclid
Exploring the dark Universe



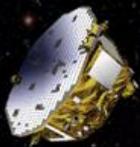
hst
Expanding the frontiers
of the visible Universe



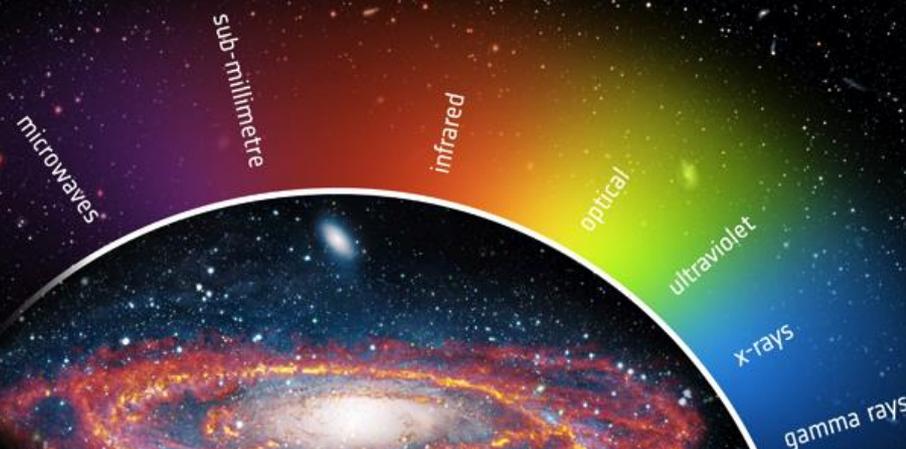
xmm-newton
Seeing deeply into the hot
and violent Universe



**lisa
pathfinder**
Testing the technology
for gravitational
wave detection



integral
Seeking out the extremes
of the Universe



Telescópios Espaciais - "Projeto Grandes Observatórios Espaciais"

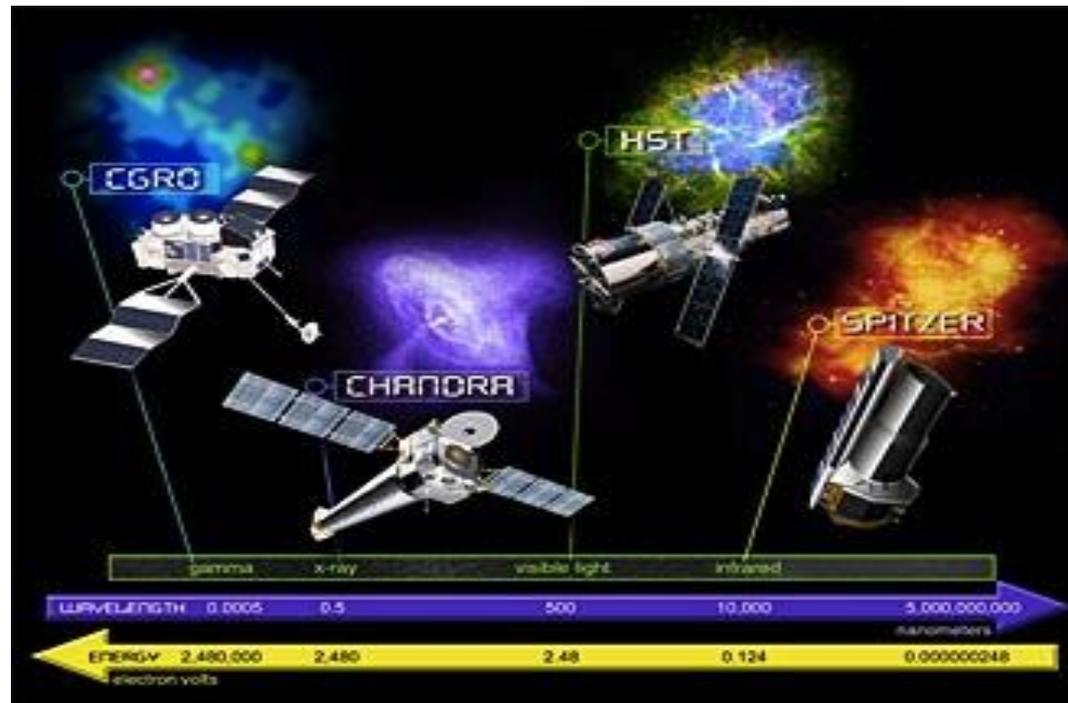
4 Observatórios Orbitais, cada um dedicado a observar em um determinado comprimento de onda

Compton–Raios-Gama CGRO; julho 1991-2000.

Missão: objetos de altas energias

Spitzer – Infra-vermelho – 2003

Missão: estrelas frias; exoplanetas, nuvens de poeira



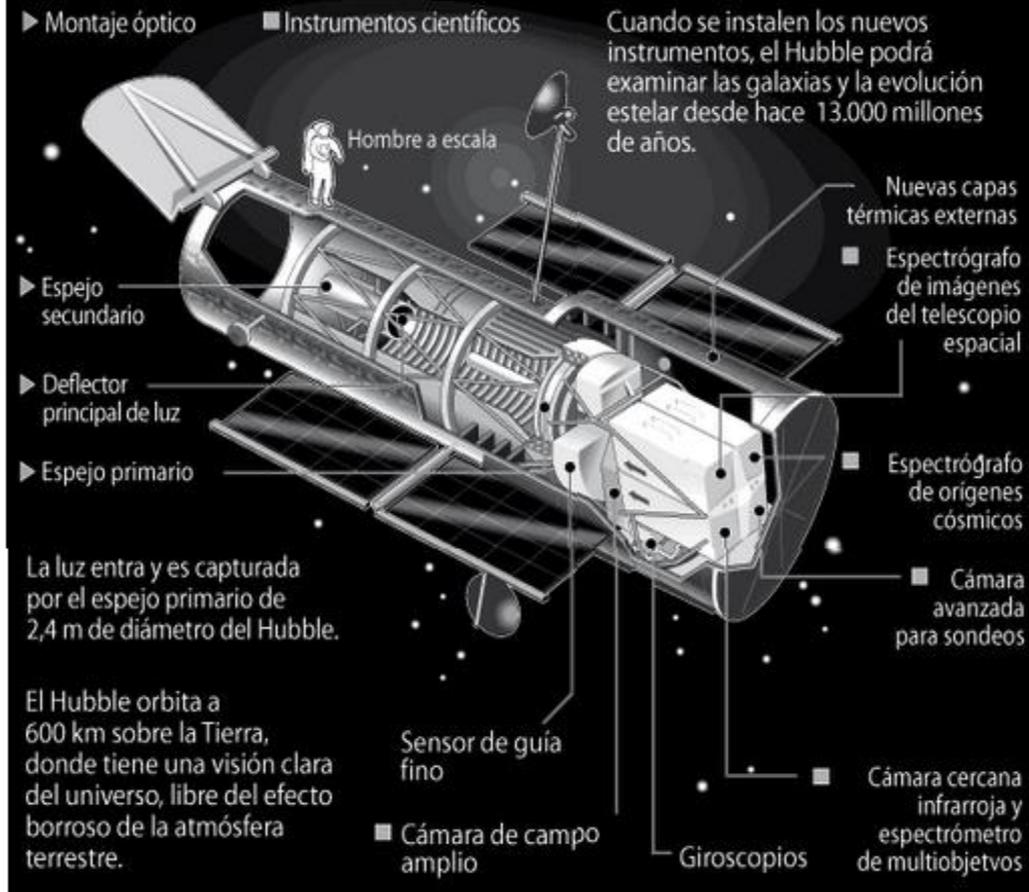
Chandra – Raios-X – CXO; 1999

Missão: detecção de Buracos Negros, Quasares e gás a altíssimas temperaturas

Telescópio Espacial Hubble – 1990

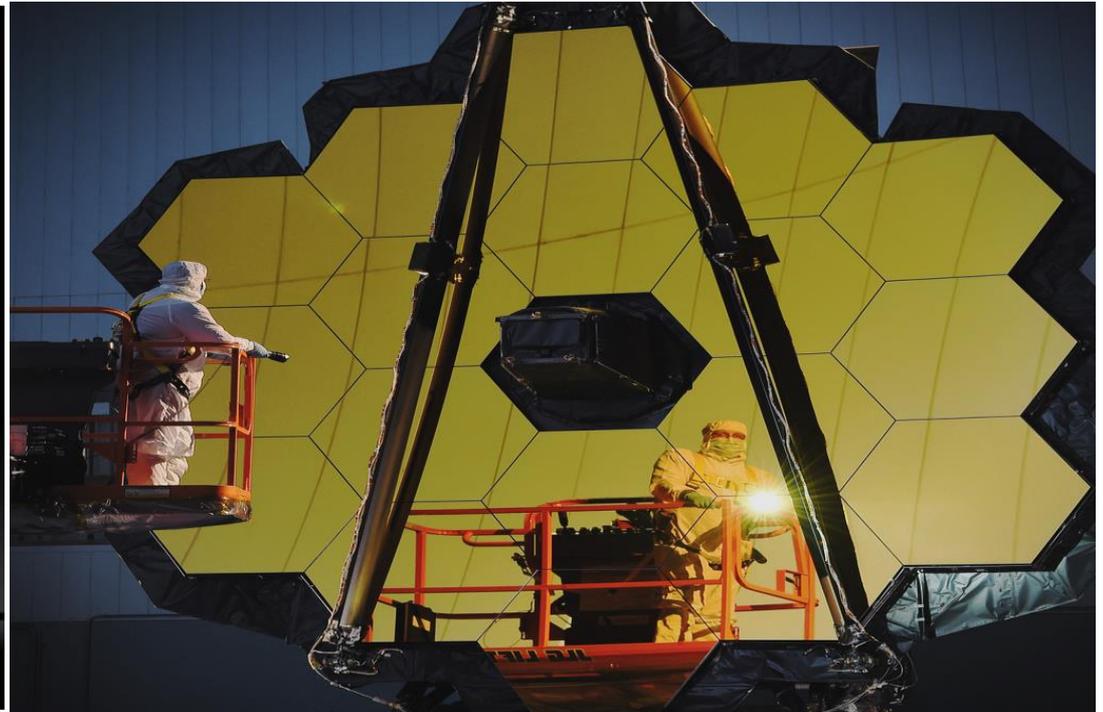
...luz visível e infravermelho

Visto do Ônibus Espacial Atlantis



Medição de distâncias de Cefeidas (Cte Hubble); Observação de supernovas distantes (aceleração do universo); Os espectros e imagens de alta resolução estabelecem a prevalência de buracos negros no centro de galáxias; estudo da dinâmica da colisão cometa shuemaker com Júpiter; exoplanetas...entre outros

Telescópio Espacial James Webb (JWST) – Infra Vermelho ...o maior até então, e que substituirá o Spitzer



- Custo: 10 bilhões USD (2016)
- Data de lançamento: Dezembro de 2021

O telescópio espacial James Webb

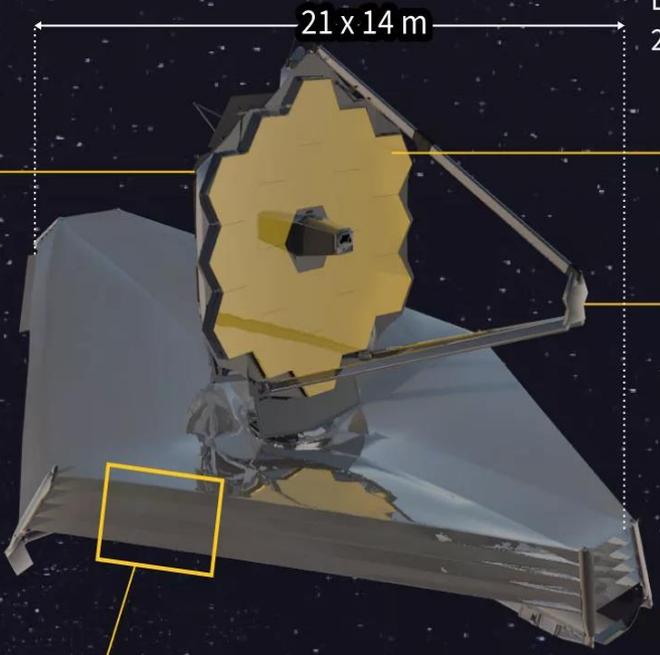
O sucessor do Hubble captou imagens sem precedentes

OBJETIVOS DA MISSÃO (10 ANOS)

- Estudar outros sistemas planetários e buscar rastros de vida
- Observar a formação e a evolução das estrelas e galáxias
- Buscar as galáxias formadas durante o início do universo

LANÇADO em 25/dez./2021
ABRIU completamente seu **ESCUDO TÉRMICO** em 4 de janeiro de 2022
Em **ÓRBITA ESTÁVEL** desde 24 de janeiro

Instrumentos:
câmeras
e espectrógrafos
que precisam de temperaturas muito baixas para funcionar



Espelho primário
Diâmetro: 6,5 m
18 segmentos

Espelho secundário
0,74 m

Peso
6,2 toneladas

NASA, ESA, CSA

Telescópio no IR

6.5 m de diâmetro com um espelho primário feito de 18 segmentos separados que se desdobram e se ajustam à forma após o lançamento.

ESCUDO TÉRMICO

5 camadas de 0,05 a 0,025 mm de espessura

Camada interna
-235 °C

Camada externa
125 °C

Luz solar

ÓRBITA

Em 24 de janeiro de 2022 chegou a seu ponto de observação, a cerca de 1,5 milhão de km da Terra

Terra

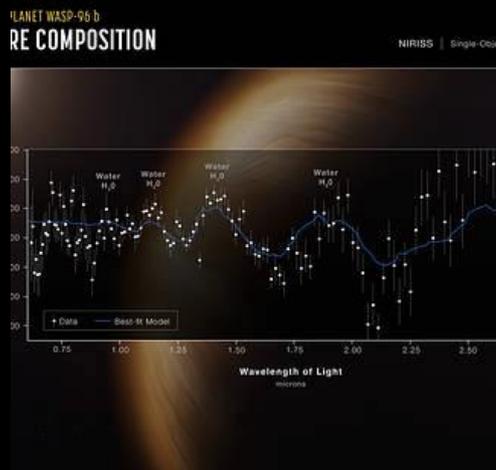
Lua

Órbita do James Webb

Sol

Sem escala

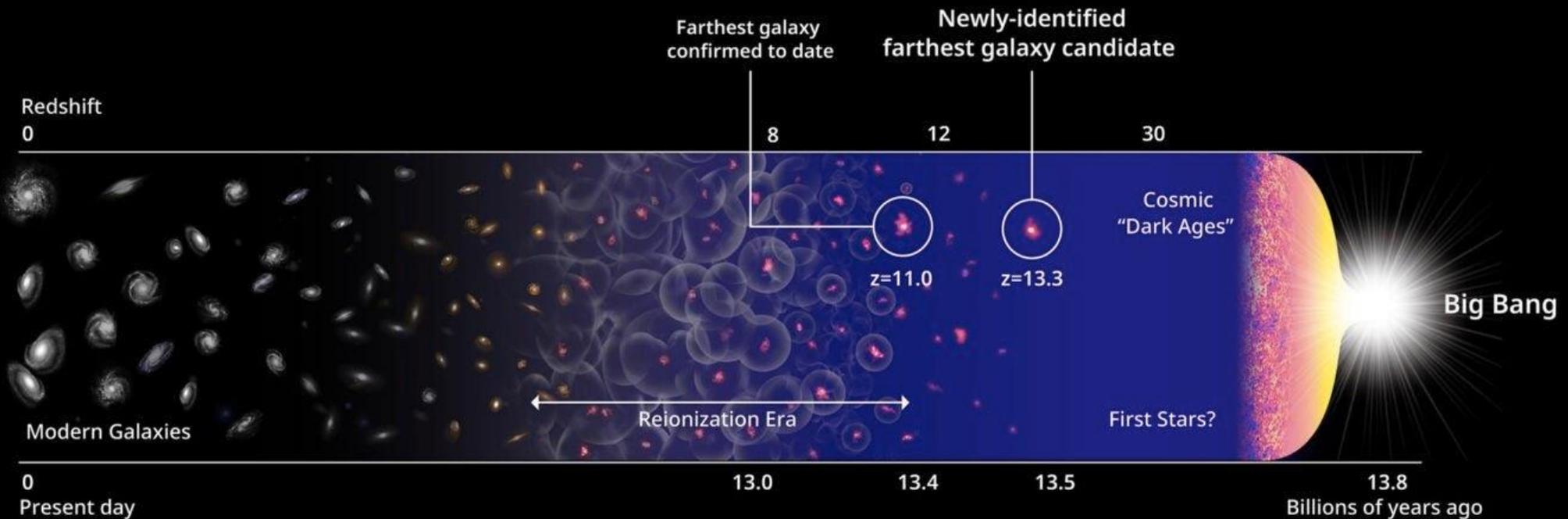
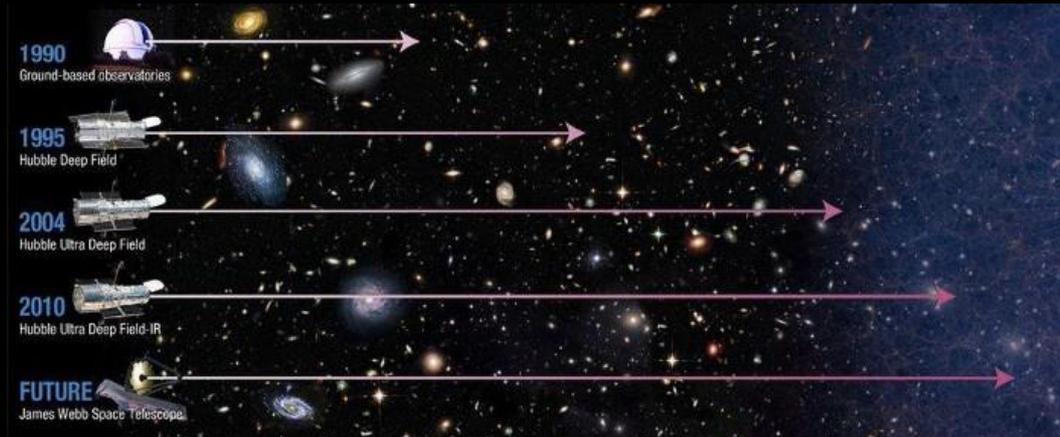
James Webb



Atmosfera de um exoplaneta mostra assinaturas de água

James Webb

<https://www.youtube.com/watch?v=Lf4EDcjMtmw>



Sondas Espaciais

Naves não tripuladas, com o objetivo de realizar exploração remota de planetas, satélites, asteróides, cometas, meio interplanetário do **Sistema Solar**.

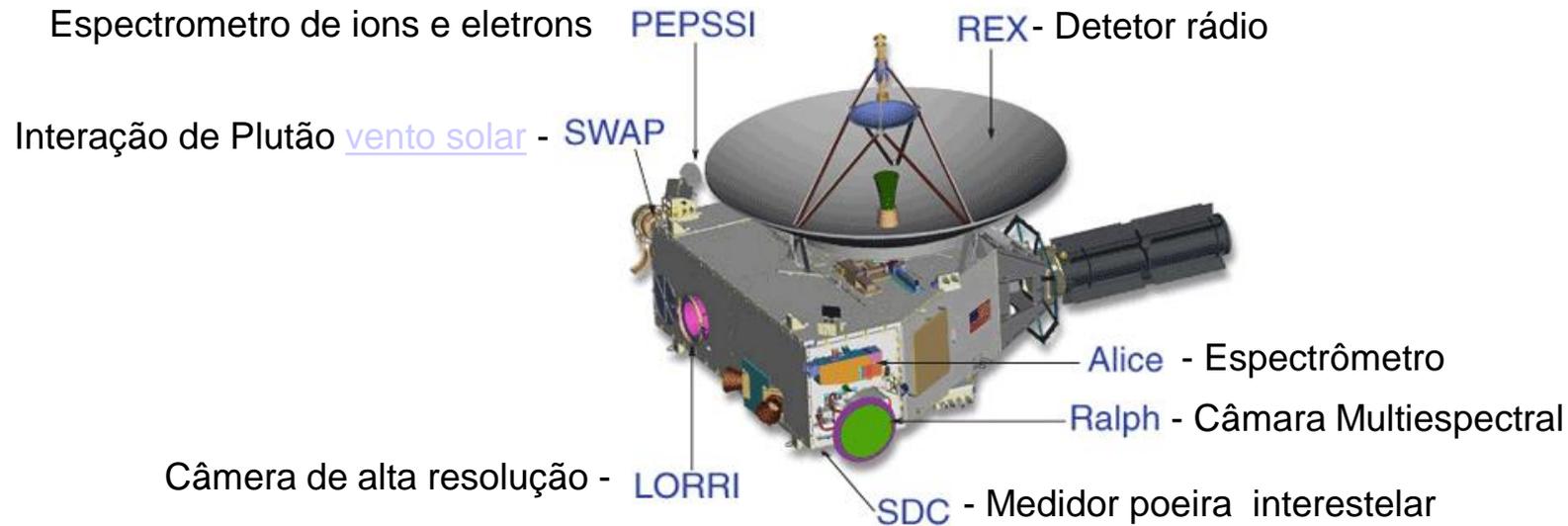
- As sondas mais modernas tem equipamentos sofisticados como telescópios, espectrógrafos e recursos de telemetria, que permitem estudar à distância características físico-químicas e obter imagens do meio ambiente.

Sonda New Horizon (2006)

Missão: Plutão-Caronte e Cinturão de Kuiper

...a mais complexa viajando no S.S e atualmente em curso...

Custo U\$ 700 milhões



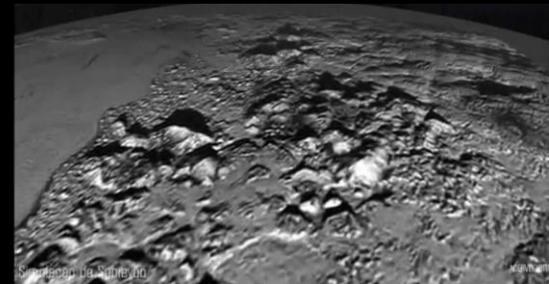
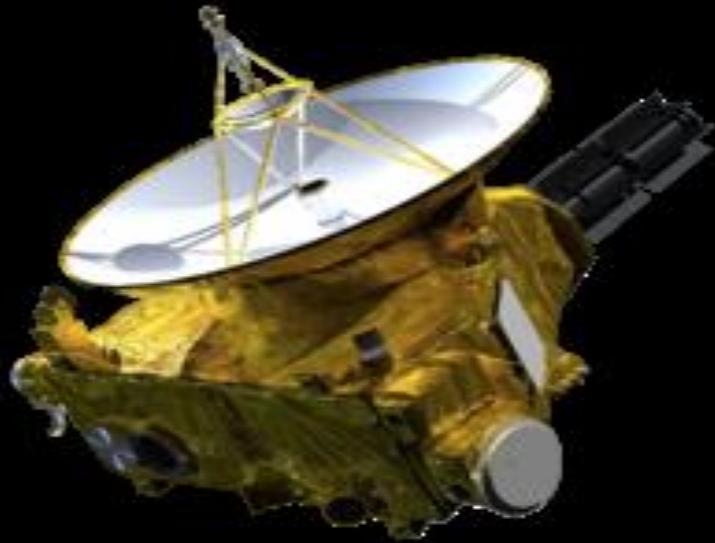
Equipada com foguete monopropulsor; gerador termoelétrico de radioisótopos; antena parabólica de 2,5 metros de diâmetro; propelente hidrazina.

Comunicações com a sonda deverão ser efetuadas na banda X da **faixa de micro-ondas**; transferência de dados deverá ser de 1 a 2 KByte/s para se comunicar com uma rede de antenas do espaço profundo (DSN) de 70 metros da NASA.

Navegação realizada com câmeras voltadas para as estrelas-guia estão montadas nas laterais da sonda

<https://eyes.nasa.gov/dsn/dsn.html>

A sonda sobrevoou Plutão em 14 de julho de 2015 após **nove anos e meio de viagem interplanetária**, alcançando o seu ponto mais próximo da superfície do planeta, cerca de 12 500 km de distância a uma velocidade de 45.000 km/h.



Objetivos Científicos:

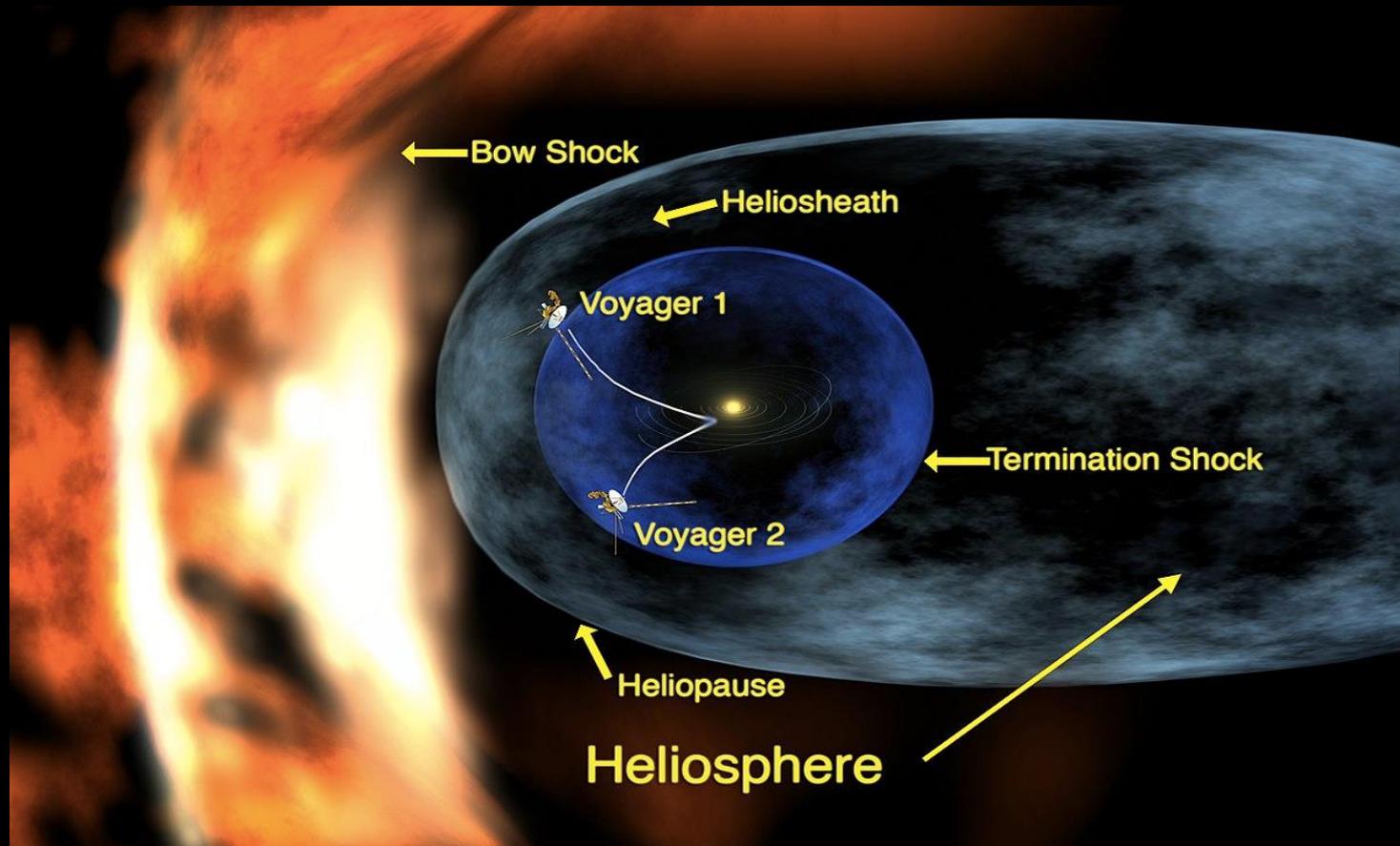
Estudar **geologia, morfologia, composição atmosférica e de superfície, bem como a interação com o vento solar de Plutão e Caronte.**

Cinturão de Kuiper e confins do Sistema Solar fora dos limites da Heliosfera.

Os primeiros dados enviados da atmosfera mostraram que ela é composta principalmente de **nitrogênio** e, mais próximo à superfície, de **metano**

A Voy 1 é a sonda que se encontra mais distante da Terra e a primeira que deve alcançar a proximidade com a Nuvem de Oort em uma escala de 300 anos.

Lançada em 1977, a Voy-1 em 09/2013 alcançou uma **distância da ordem de 20 bilhões de km**, a uma velocidade de 61920 km/h



A Voyager 1 foi a primeira nave espacial a cruzar a heliosfera, a fronteira onde as influências fora do nosso sistema solar são mais fortes do que as do nosso Sol.

Primórdios da Astronomia

Qual a origem da base científica da nossa civilização?

O “**embrião**” da ciência moderna já estava presente nos trabalhos de Newton, e se já estava ali, foi **herdado** dos **povos antigos** e deveria também estar presente nos trabalhos de Galileu, Copérnico e outros que contribuíram para a Revolução Científica ocorrida no Séc. XVII.

Devemos então recuar ainda mais no tempo para encontrar os elementos singulares que acompanharam o surgimento deste “**embrião**”

A herança científica e as bases do método científico...!

Que área do conhecimento seria a mais adequada para acompanhar o desenvolvimento deste “embrião” ?

De todas as áreas disponíveis, a que tem incomparavelmente maior desenvolvimento, mais reconhecidamente moderna e que mantém maior continuidade com o passado é a da **Astronomia Matemática**.

Onde podemos identificar os **elementos singulares** que acompanharam o surgimento do “embrião” da ciência moderna associado a **Astronomia Matemática....?**

Povos da Mesopotâmia (4000 a.C – 1900 a.C)

Oriente Médio, hoje, Iraque.



Os registros mais antigos das origens da astronomia também se deve aos povos da Mesopotâmia.

Primeiro registro escrito com nome de objeto celeste data da ordem de 2500 a.C

-> “Mul-Mul” (“estrela” para os Sumérios)

-> “Plêiades” (aglomerado de estrelas)

- A observação do céu, do **deslocamento do Sol** em relação ao horizonte, sua **relação com a claridade e a escuridão**, as **fases da Lua**, **eclípsés**, fazem com que estas observações marquem a passagem e ciclos do tempo e organizem a vida cotidiana, funcionando como relógios naturais.

A mudança dos astros no céu anunciava **mudanças no tempo** como a chegada do inverno, verão, e permitia fazer planejamento para o plantio e a colheita.

Era possível fazer **previsões** do futuro, já que acreditavam que os deuses do céu tinham o poder da colheita, da chuva e mesmo da vida.

As observações do Céu e necessidades do dia-a-dia engatilharam muitas “ferramentas” intelectuais até hoje utilizadas

Legado dos Babilônios

O comprimento do ano → medido acuradamente 3.000 a.C

Estabelecem “Sistemas de Valores” de números inteiros e fracionários

Calendário de 360 dias, com 30 dias por mês + 1 mes extra com 5.25 dias
360 posições do Sol no horizonte até encerrar um ciclo (= 1 ano)

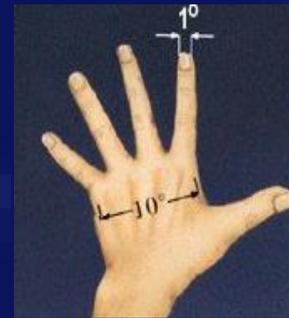
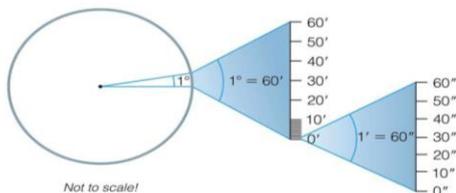
Sistema de medidas angular → 360 graus em 1 círculo

Sistema sexagesimal → 60, número significativo: divisível 360 e 12 meses do ano

Cada grau = 60 partes – 1 parte = 1 arcmin → 1 arcmin = 60 arcsec

Manutenção do mesmo sistema para o tempo → 1h = 60m; 1m=60s; 1h=3600s

- Full circle = 360°
- $1^\circ = 60'$ (arcminutes)
- $1' = 60''$ (arcseconds)



(12 falanges x 5 dedos = 60)

Curiosidade: faziam cálculos astronômicos sem recorrer a geometria.

Eram excepcionais em operações quantitativas-**aritmética**

Curiosamente...

- Descobertas arqueológicas tem sugerido que **observações astronômicas** eram realizadas pelos povos da pré-história e que o conhecimento destas observações era **elaborado de forma independente em várias partes do mundo.**

Egípcios

- Economia era essencialmente **agrícola** e regida pelas enchentes do Nilo.
Mas conheciam os **eclípses** (3000 a.C)

Índios Equatorianos

Determinaram que se localizavam no equador e que obviamente a **Terra era redonda** (2000 a.C)

Chineses

Muito foi perdido devido ao decreto imperial em 213 a.C.

Registro mais antigo remonta ao século IX a.C, mas sabe-se que previam eclipses, calendário de 365 dias, **catalogavam estrelas** com precisão e registravam aquelas que tinham **aumento e diminuição da luminosidade** (variabilidade) – as hoje conhecidas “Estrelas Novas”

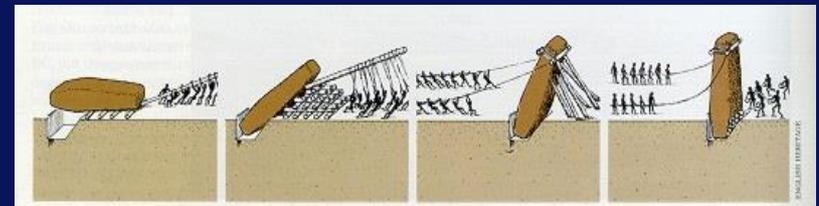
Na Inglaterra...o caso de Stonehenge

Monumento construído em 3 fases no período de 3100 a.C – 2075 a.C.

Estudos mais recentes “sugerem” tratar-se de um observatório astronômico que podia prever eclipses e estações do ano e que também era usado como local religioso.



A avenida principal que parte do centro do monumento aponta para o local no horizonte em que o Sol nasce no dia mais longo do verão (solstício).



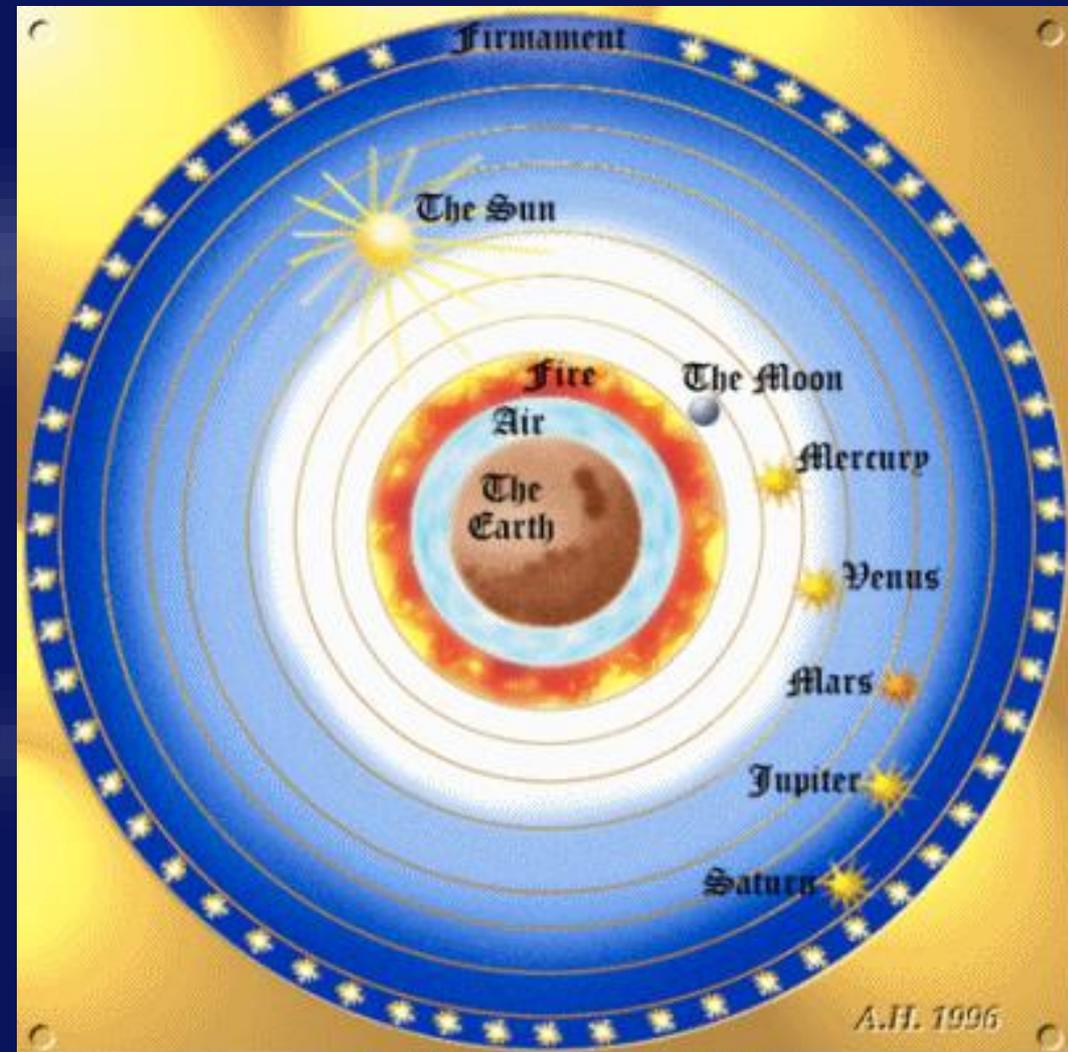
Gregos

Civilização Grega mais antiga floresce na ilha de Creta, entre 5000 a 2000 a.C.

A mitologia das Constelações é atribuída a Cultura Minoica, em Creta.

Surge conceito de Esfera Celeste e esfera cristalina incrustada de estrelas com a Terra no centro

Aquí nasce o pensamento formal crítico, método de inquérito e argumentação, que leva ao entendimento de questões.



Astrônomos, matemáticos, engenheiros da Grécia Antiga

...e exemplos de contribuição intelectual

Tales de Mileto (624 a.C – 546 a.C)

Um dos 7 sábios da Grécia Antiga
Contribuições aos Fundamentos da
geometria e trigonometria

"Indagação racional leva ao
entendimento"

Pitágoras (571 a.C – 479 a.C)

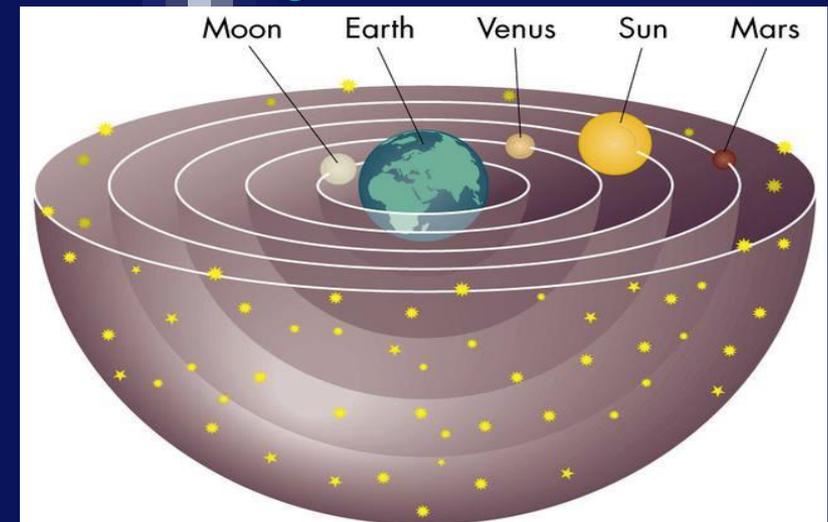
Fundador da geometria, trigonometria
Acreditava na **esfericidade da Terra**
e Lua, e que planetas, Sol e Lua
eram transportados por esferas
separadas

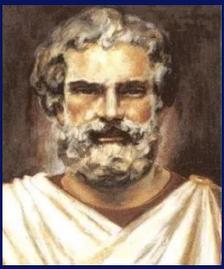
"A realidade pode ser representada
por números"...

Aristóteles* (384 - 322 a.C)

Modelo Geocêntrico do
Cosmos por **dedução** e não por
observação (=Platão)

Universo é esférico, finito, com
estrutura ordenada onde
encontramos 5 elementos: éter,
terra, água, ar e fogo, **cada qual
em seu "lugar natural"**



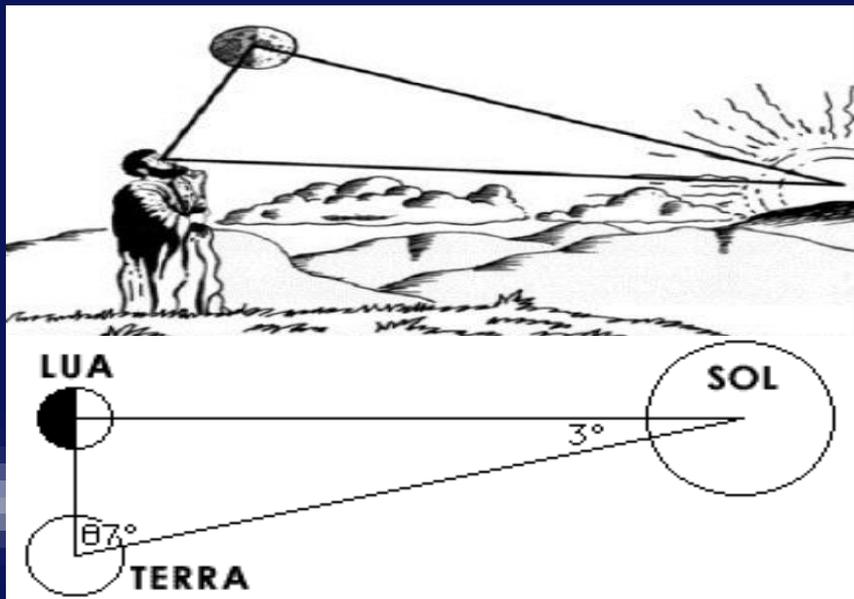


Aristarco de Samos (310- 230 a.C)

Alternativa ao Modelo Geocêntrico
Modelo Heliocêntrico !! não teve impacto na época

Classifica as estrelas em "Classes de Brilho"

Determinou tamanhos e distâncias do Sol e da Lua usando trigonometria.

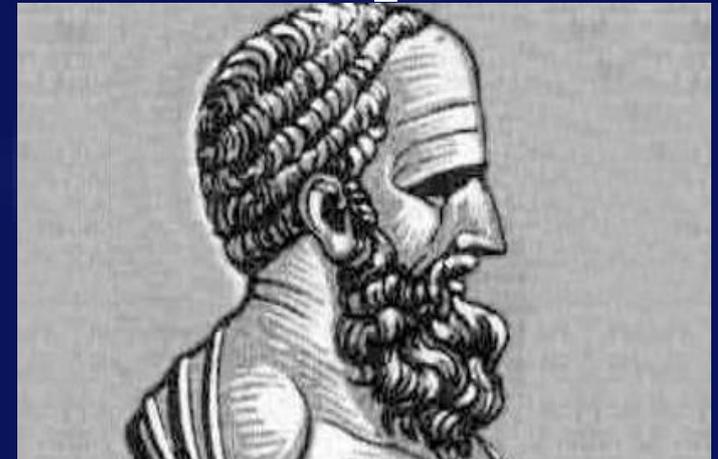


Hiparco* (190 a.C – 120 a.C)

- Introduz o conceito de grandeza associado ao brilho aparente das estrelas - **Sistema de Magnitudes**

Cria o astrolábio, entre outros, e descobre a precessão dos equinócios

Considerado uma figura de transição entre astronomia babilônica e a obra de Ptolomeu →



Arquimedes - (Siracusa, 287 a.C. – 212 a.C.)

Um dos principais cientistas da antiguidade, era filósofo, matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo. Contribuiu com inúmeros inventos como a alavanca, o parafuso de Arquimedes, cálculo de volume de sólidos irregulares e contribuições a matemática (cálculo do pi), entre outros.

A **máquina de Anticítera** - o primeiro computador do mundo. Artefato supostamente datado de 87 a.C e supostamente planejado por Arquimedes, foi resgatado em 1901 por mergulhadores. Estudos atuais sofisticados e minuciosos revelaram ser uma máquina que preve ciclos astronômicos, eclipses e representa mecanicamente a órbita da Lua, de outros planetas do Sistema Solar e do próprio Sol.



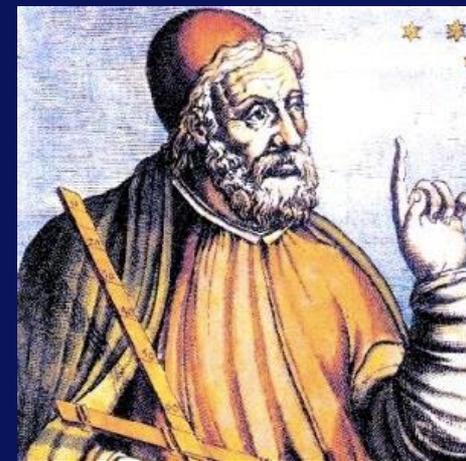
<https://www.youtube.com/watch?v=uWNBRnuzsTg>

Replica do Mecanismo – Museu Catavento (SP)

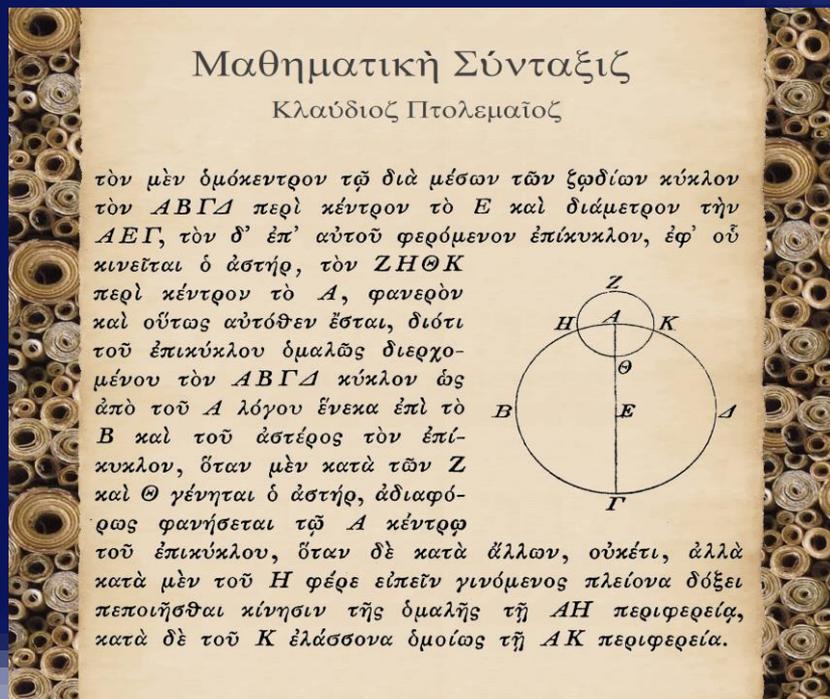


Cláudio Ptolomeu (85-165 d.C – cientista greco-egipcio)

...aquí se identifica o “ embrião ” da ciência moderna...



Almagesto (Grande Síntese): Uma coleção de 13 livros sobre Astronomia, Geometria e Trigonometria, e que a despeito de ser ainda um Modelo Geocêntrico e, equivocadamente, a **descrição Matemática** é considerada um monumento intelectual, já que pela primeira vez na história da Humanidade são utilizadas equações matemáticas para descrever a natureza, o movimento planetário!



A partir deste período que a Astronomia Antiga cria um vínculo com a Astronomia Moderna, identificada como **Astronomia Matemática** e permite, então, o rápido domínio do conhecimento da natureza

Ciência Babilônica x Ciência Grega

- Uso de técnicas quantitativas e numéricas, manipulação sofisticada dos números, cálculo

- Curioso é que apesar de toda maestria no que se refere ao cálculo, não se encontra na Babilônia nenhum elemento do método de argumentação lógica (Euclides).

- Também eram quase “ignorantes” e incompetentes em questões de geometria

- Posição em relação $\sqrt{2}$ que calcularam com grande precisão

- Uso de técnicas científicas envolvendo lógica, geometria, pictórica, intuição...

- Na grandiosidade da Lógica e Geometria de Euclides, está totalmente ausente o conhecimento mais aprofundado do cálculo.

- Posição em relação $\sqrt{2}$ que demonstraram que era um número irracional

Curiosidade

Experiência recolhida no **campo da educação** mostra que nossa população é formada pelos que mostram e os que não mostram vocação para a matemática.

É um problema crucial que existe a muito tempo para ser atribuído simplesmente ao mau ensino ministrado nas escolas.

Será que os gregos e babilônios existentes entre nós são incapazes de se comunicar ?

Será que se os “visualistas” e os que pensam “verbalmente” fossem os equivalentes modernos dos velhos tipos, seria necessário ter professores e métodos correspondente ao seu exato “grupo sanguíneo matemático”?

Se houve na antiguidade um encontro entre civilizações que permitiu a “fecundação cruzada” das culturas babilônica-grega, seria o caso de providenciar treinamento profissional especializado?

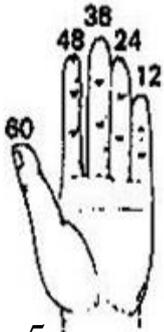
Fonte: **A Ciência Desde a Babilônia; Derek de Solla Price (1976); pg. 32**

Medidas eram realizadas as ferramentas disponíveis... as mãos e o cérebro!

Mão esquerda

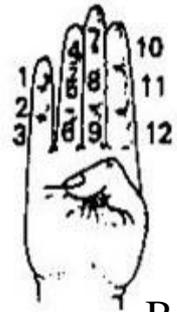
Mão direita

Contagem dos dedos, cada um valendo uma dúzia.



Base 5

Sistema de contagem sexagesimal.



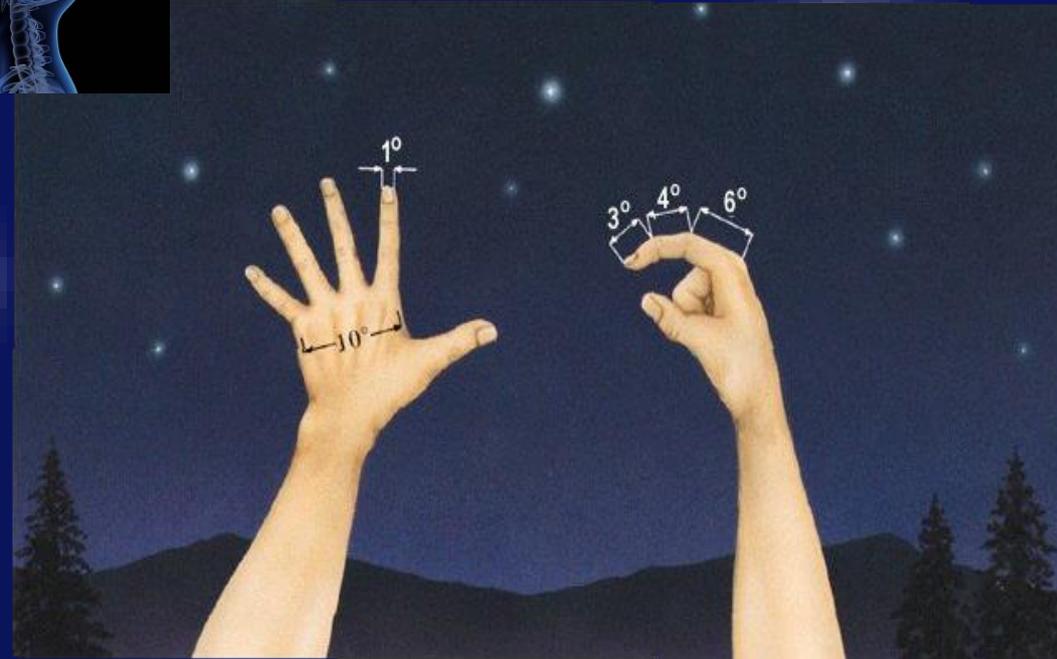
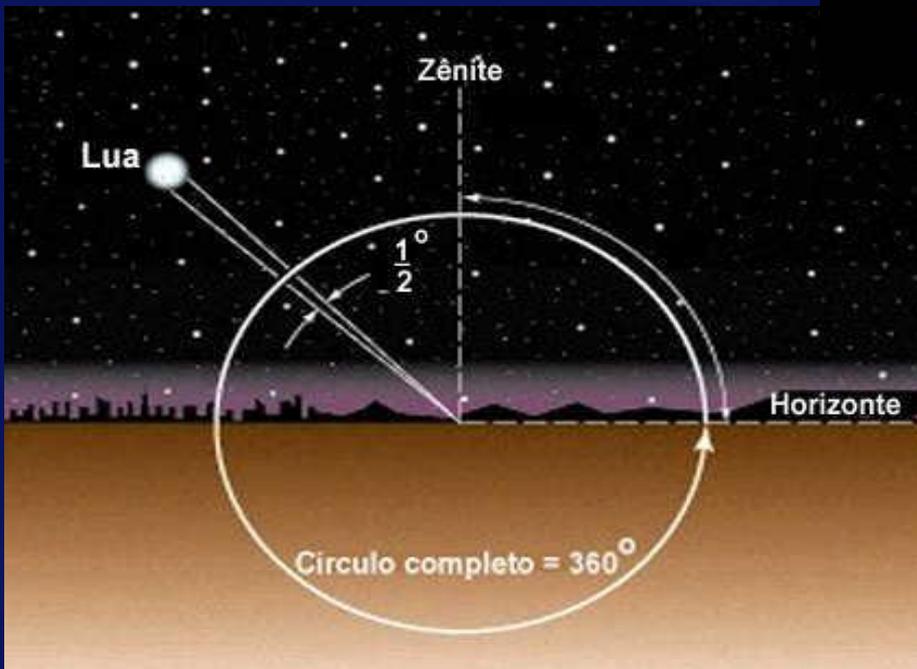
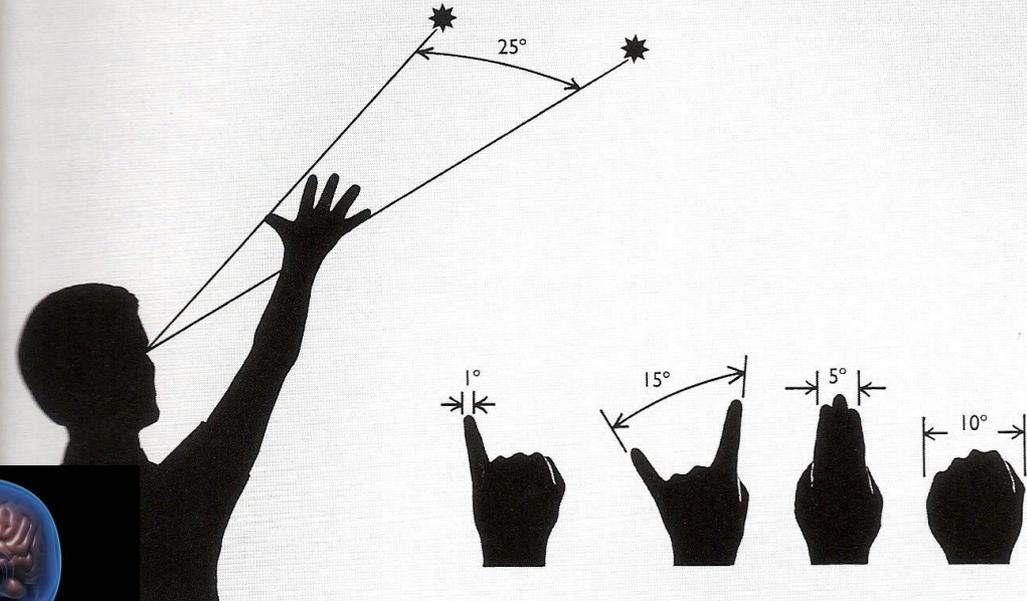
Base 12

Contagem das falanges pelo polegar oposto, cada.

Número 60 era especialmente significativo (12 falanges x 5 dedos = 60)



MIDIENDO DISTANCIAS ANGULARES EN EL CIELO CON LA MANO





Quando foi mesmo que ocorreu a globalização?