

[www.astronomy2009.org](http://www.astronomy2009.org)



Международна година  
на АСТРОНОМИЯТА

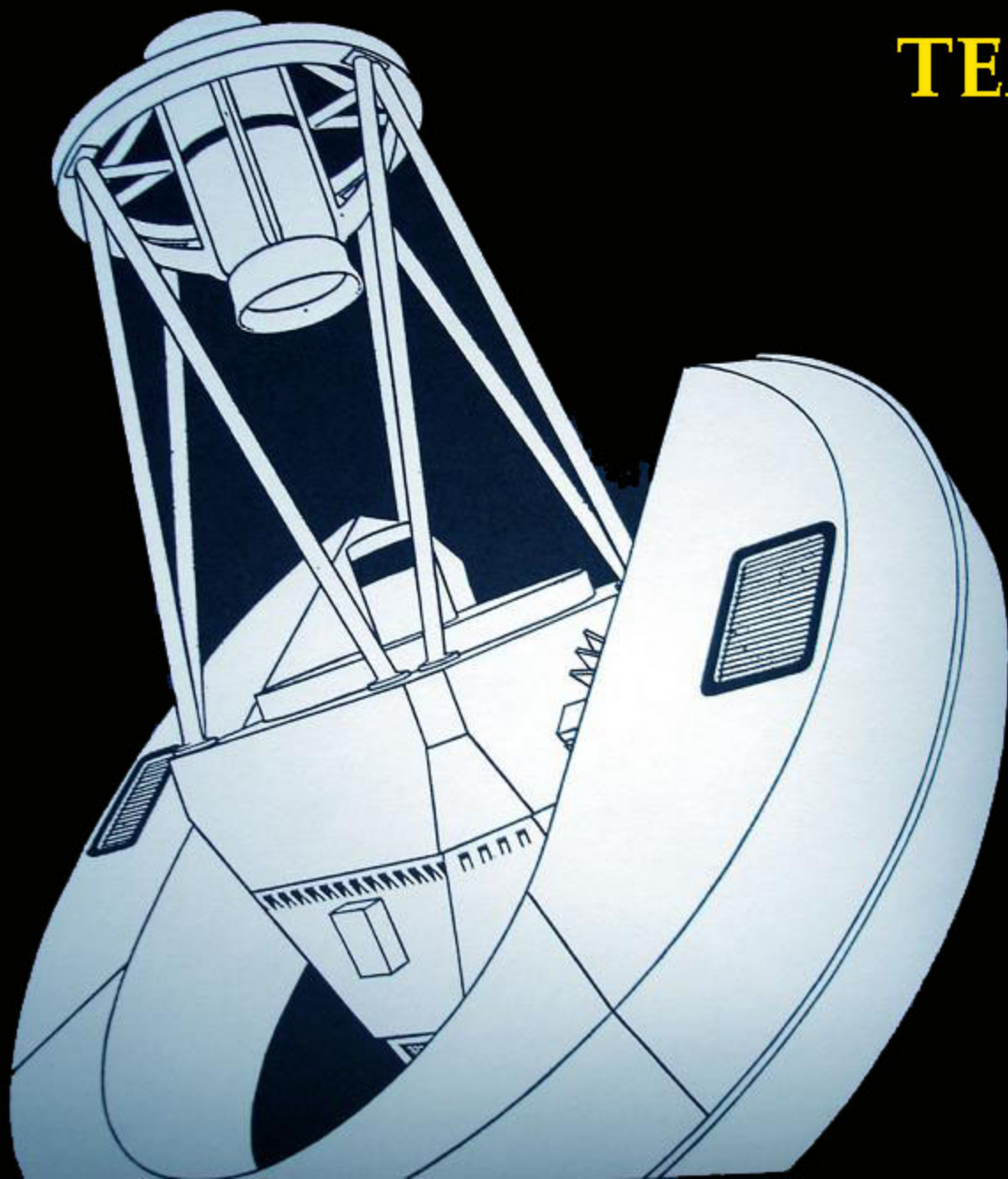
2009



INTERNATIONAL YEAR OF  
ASTRONOMY  
2009

# ТЕЛЕСКОПИТЕ НА XX ВЕК

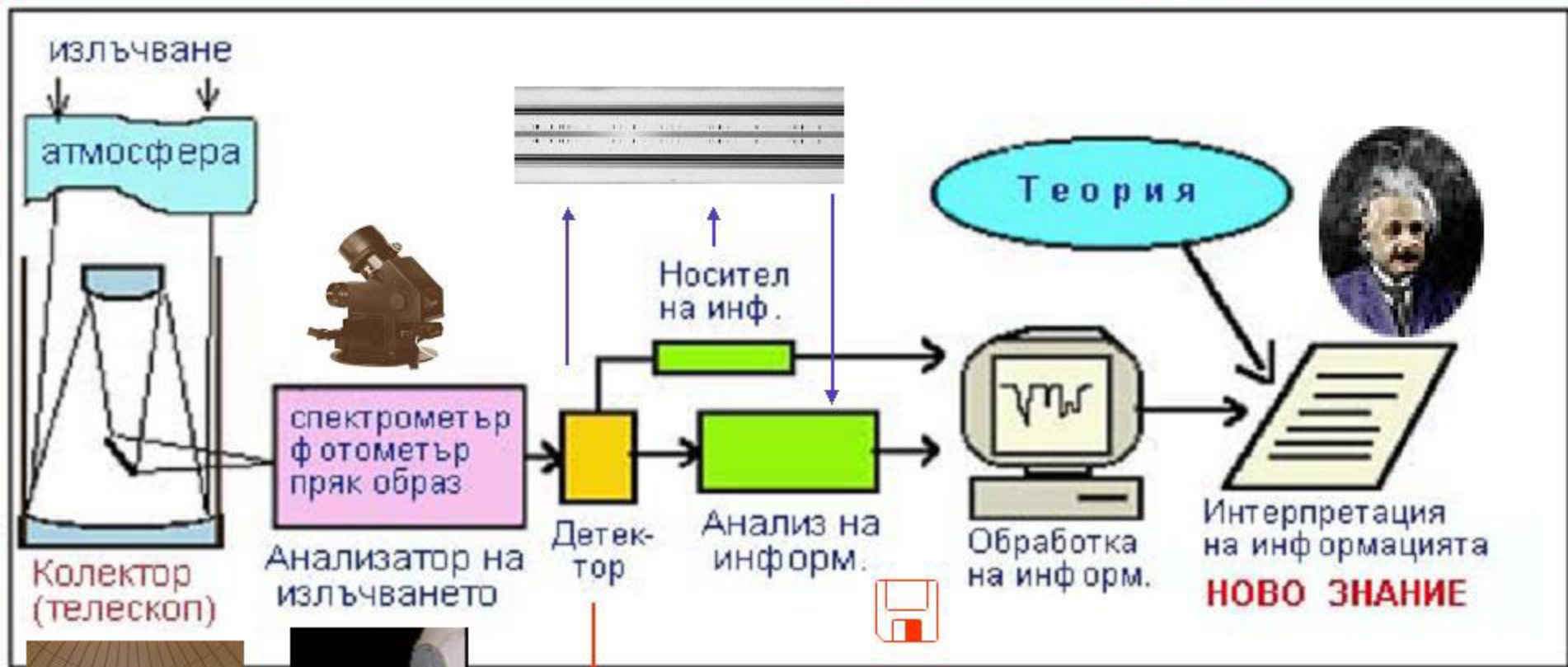
Част 1



Ст.н.с. Д. Колев  
ИА БАН, НАО  
[dzkolev@abv.bg](mailto:dzkolev@abv.bg)

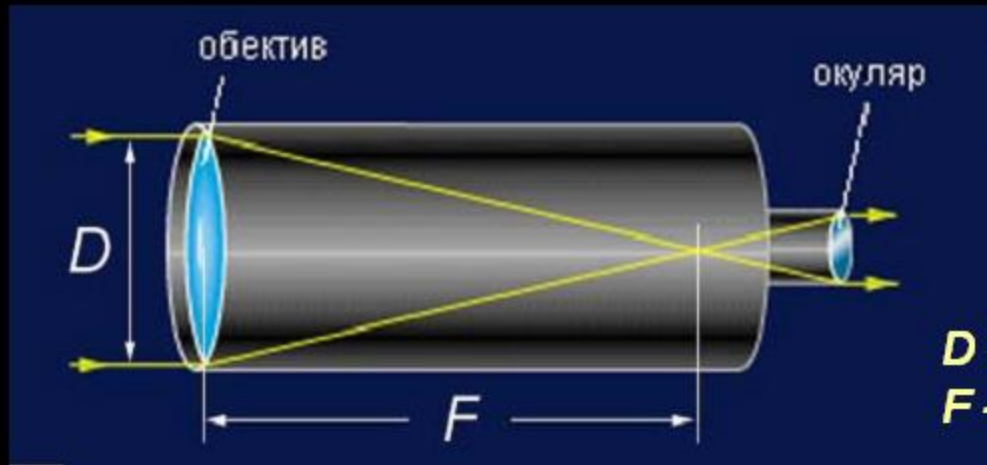


# Астрофизическото изследване и неговият инструментариум



Астрономията (във всичките си раздели) е наблюдателна наука, основана на анализ на достигналата до нас светлина от небесните тела. За целта се използва разнообразен инструментариум, в началото на който стои *телескопът* - колектор на светлина и проектор на изображението.

# Принципни схеми на телескопите



Рефрактор (лещов телескоп)

$D$  - диаметър на обектива  
 $F$  - фокус; фокално разстояние

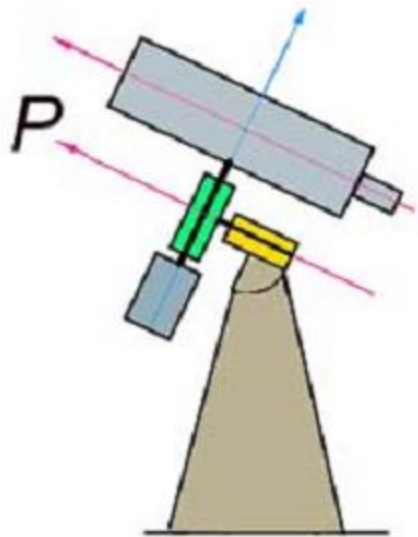
$D/F$  - относителен отвор

Рефлектор (огледален телескоп)

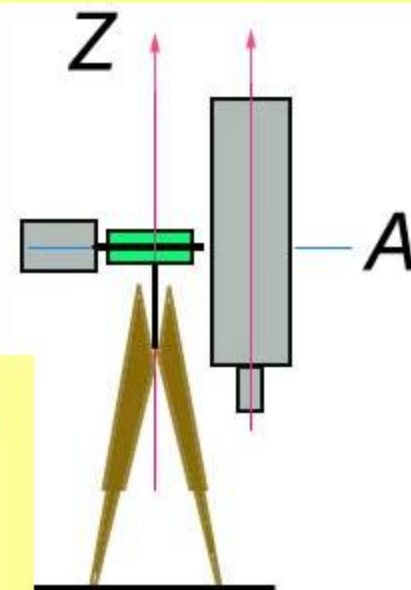


# Типове монтировки на телескопи

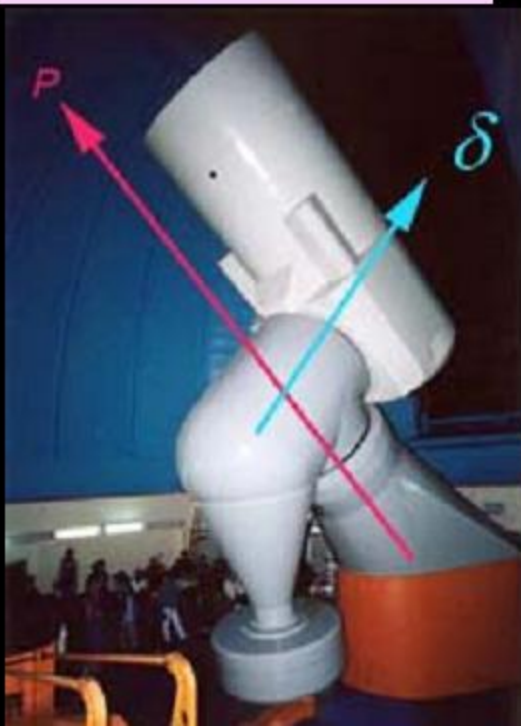
Екваториална  
P - полюс



Алт-азимутална  
Z - зенит  
A - азимут



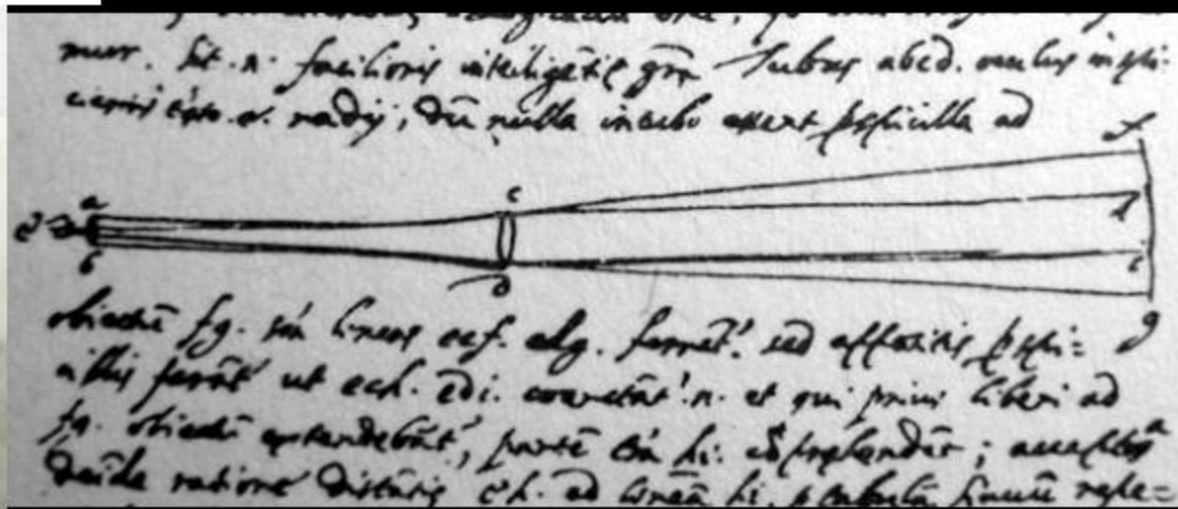
2-м телескопи на  
различна монтировка



## Началото: Галилей

$D = 4.0$  и  $4.5$  см,  
 $F = 50$  и  $125$  см  
 $\Gamma = 3x$  и  $34x$

Първата оптическа схема на телескоп  
[Галилей, "Звезден вестник", 1610]



Галилей, 1609 г. -  
първите рефрактори "перспективи"

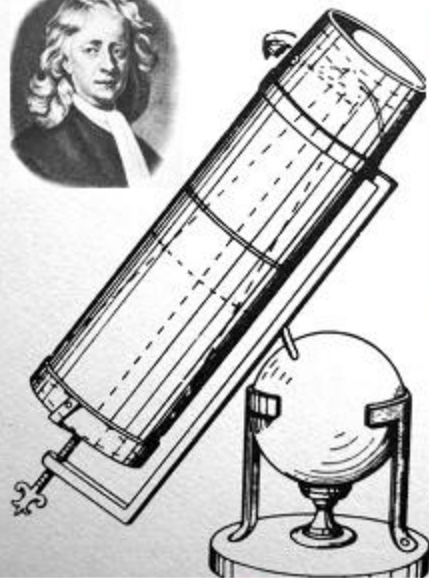
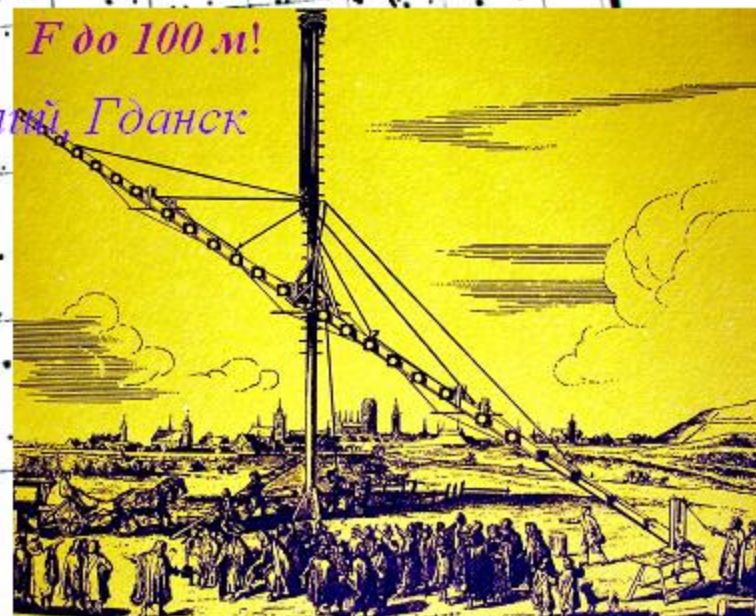


Галилей пръв използва изобретеният от Ханс Липершей през 1608 г. в Холандия далекоглед за наблюдение на небесни обекти. Терминът "телескоп" измисля малко по-късно Демизиани - член на Римската Академия на "Рисооките"

# Наследниците на Галилей:

Въздушните рефрактори на XVII в -  $D$  до 30 см,  $F$  до 100 м!

телескопи на Ян Хевелій, Гданск

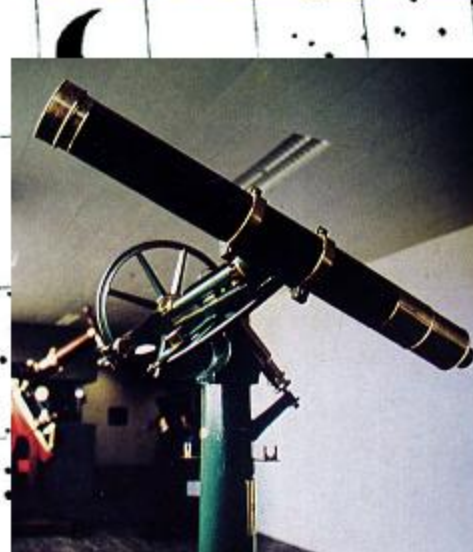


$D= 2.5- 3.5$  см,  
 $F= 6.5-16$  см

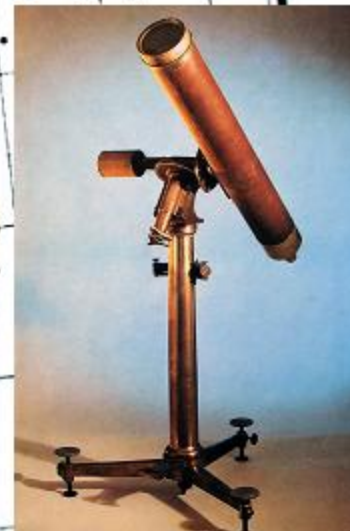
1721 г Хадли  
 $D=15$  см,  
 $F=158$  см

1671 г.

Нютон - първи рефлектори



Телескопи на Аргеландер и Фраунхофер  
(BD каталог) (първа екват. монтаж.)





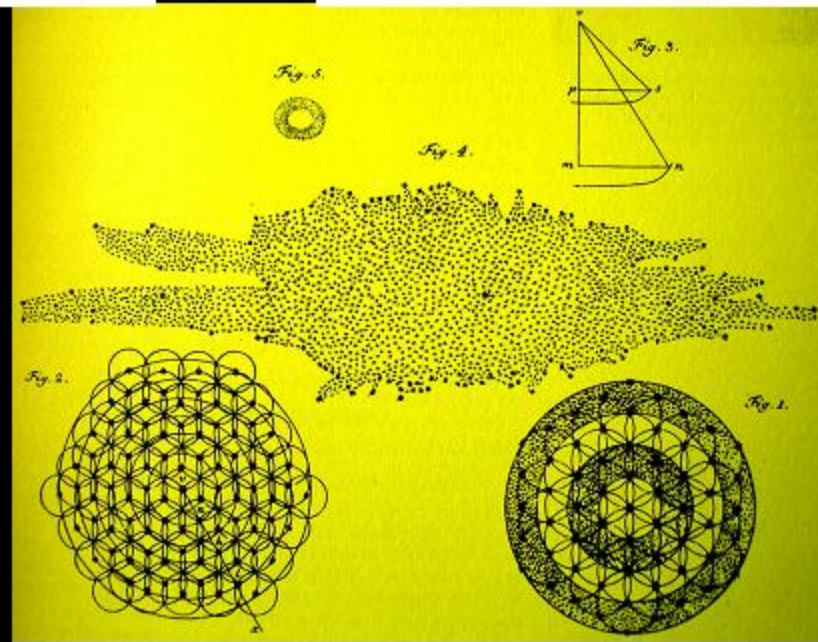
## Телескопът на Хершел (1738-1822)

## Вселената на Хершел



1789

Огледало:  
 $75\% \text{ Cu} + 25\% \text{ Sn}$   
 $D = 122 \text{ cm}$   
 $d = 9 \text{ cm}$   
 $P = 1 \text{ m}$   
 Тръба:  $L = 14 \text{ m}$   
 Монтировка:  
 Алт-Азимутална



## Изпреварили времето: гигантите на миналото

1845



Огледало:  
 $D = 182 \text{ cm}$   
 $d = 15 \text{ cm}$   
 Общо тегло:  
 $> 15 \text{ t}$   
 Тръба:  $L = 18 \text{ m}$   
 Монтировка:  
 Алт  
 (по азимут -  $12^\circ$ )

## Телескопът на У. Парсонс (лорд Рос) (1800-1867)





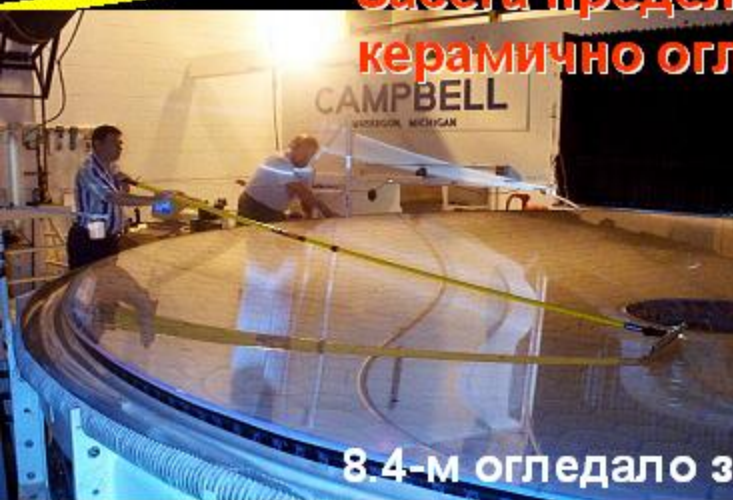
# Гиганти: рефрактори срещу рефлектори

Производството на  
леци с диаметър  $D > 1$  м  
е невъзможно заради  
огъването на стъклото  
и нееднородности!



91 см рефрактор на Лик

Засега пределът за единично стъкло-  
керамично огледало е над 8 м!

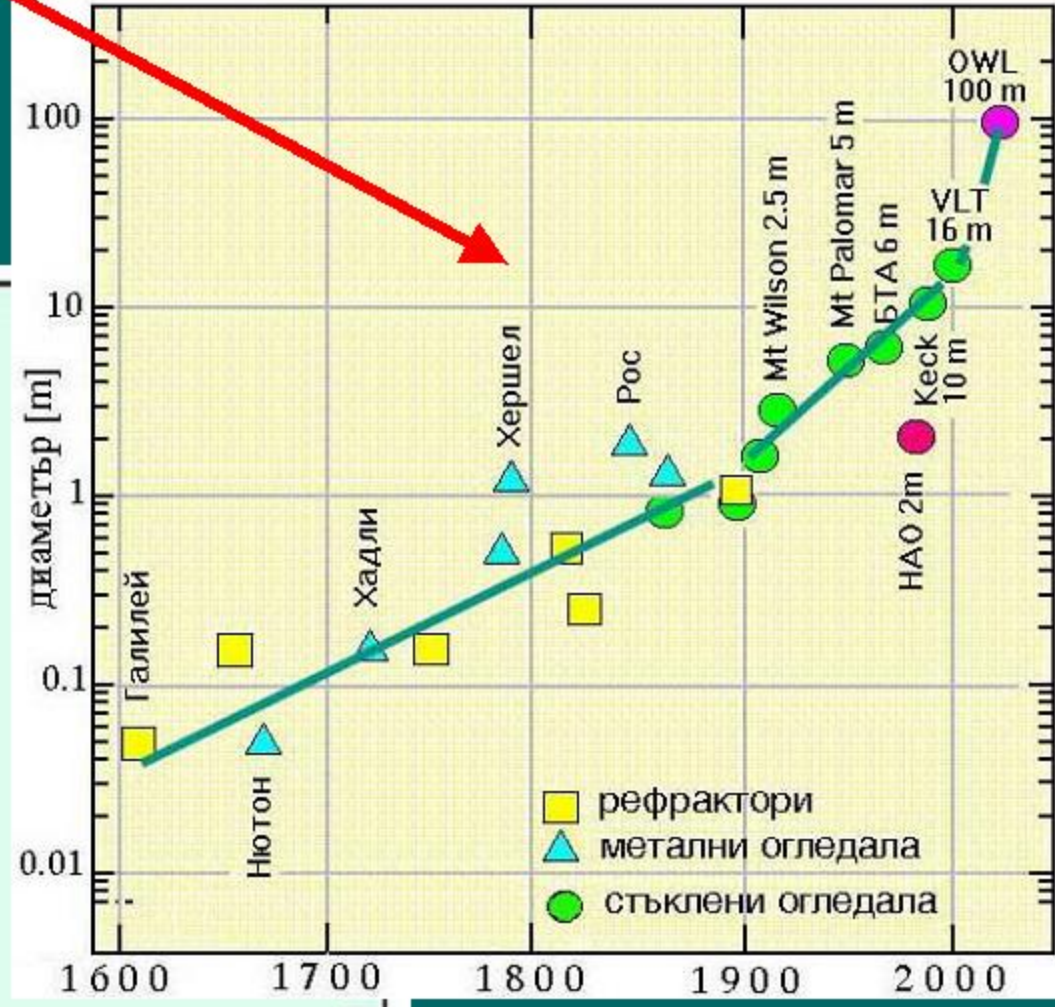
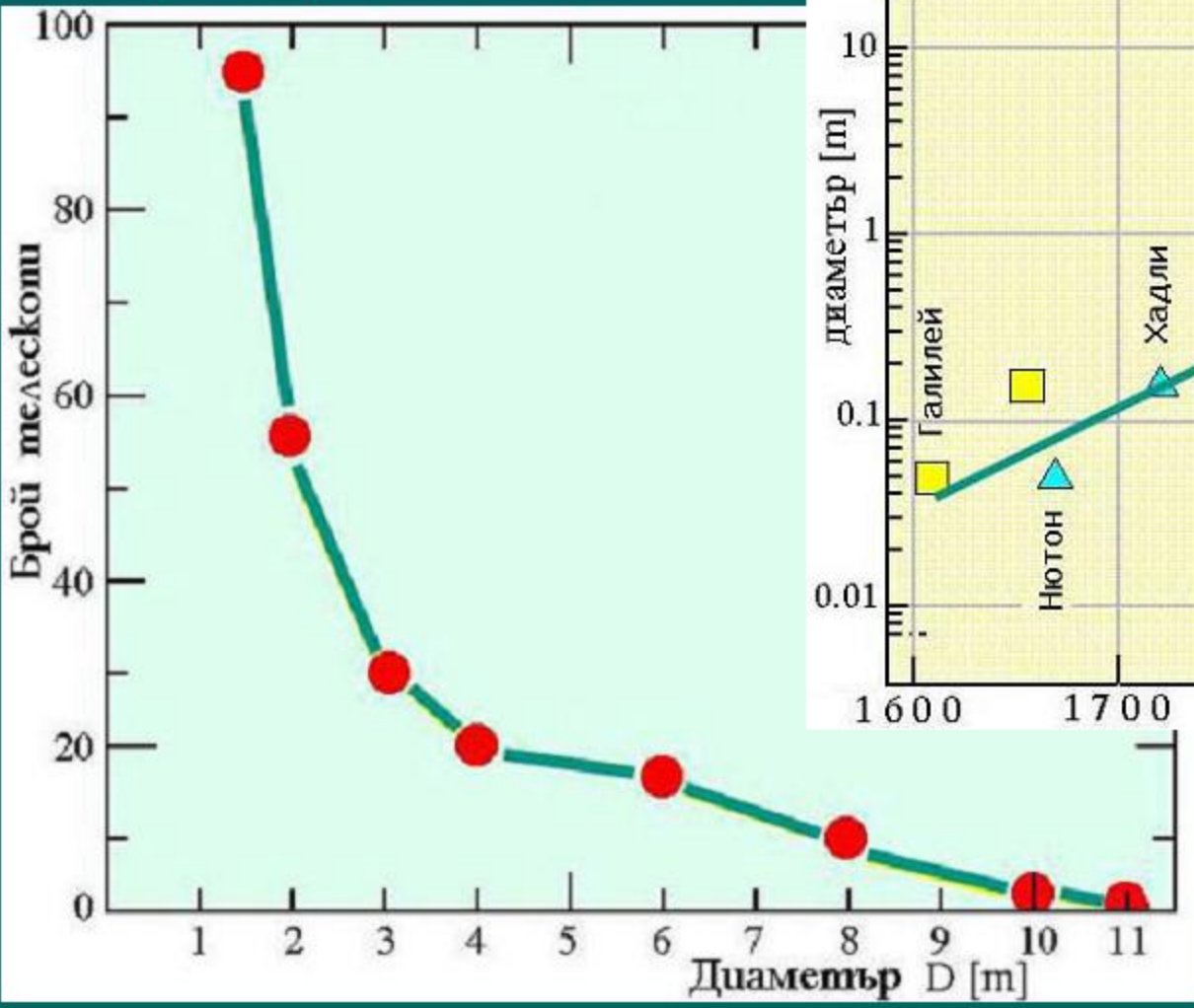


8.4-м огледало за Големия бинокулярен телескоп LBT

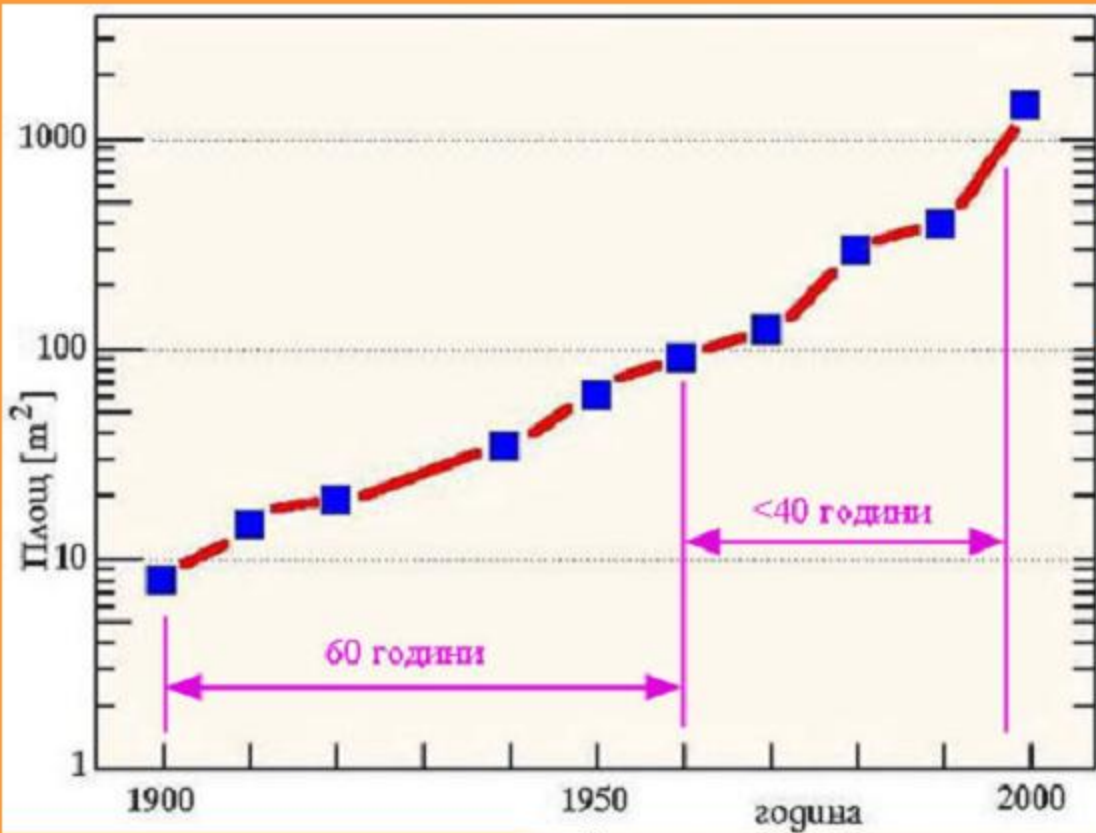


# Как е нараствал размерът на телескопите с времето?

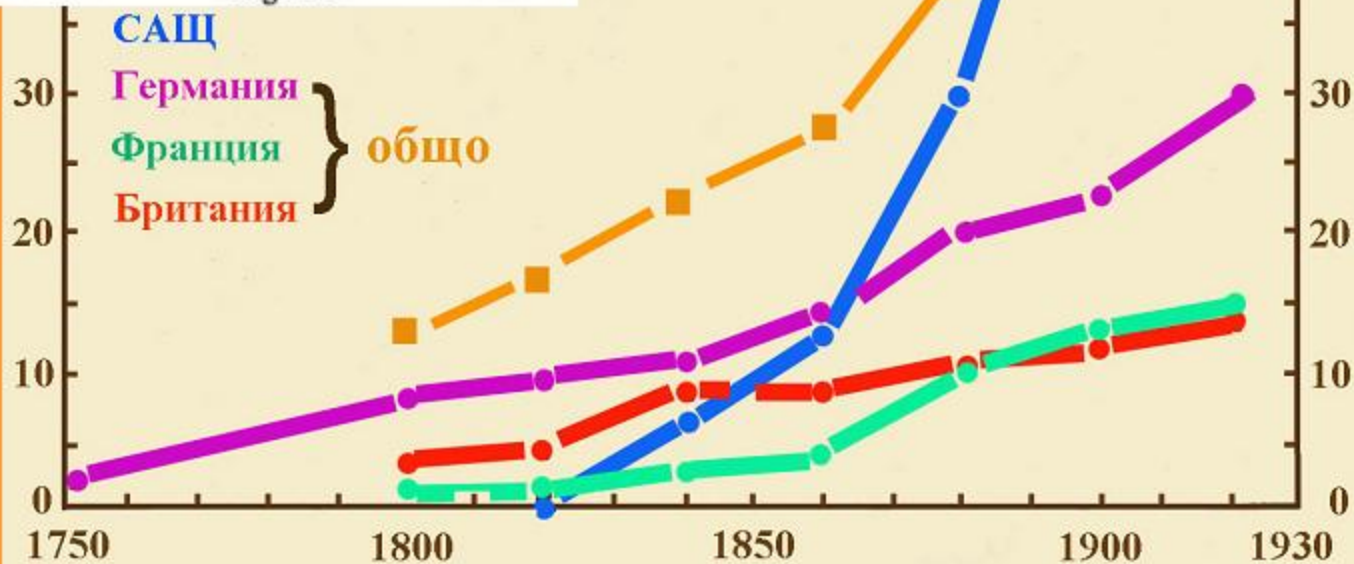
Брой в края на XX век



## Обща площ на астрономическите огледала



## Брой на действащите обсерватории



# Сравнения...



MMT,  
Magellan

D=6.5 m  
S=10.6



ESO, CFHT, NTT  
Calar Alto, APO

D=3.6 m  
S=3.2



Siding Spring,  
ESO, Calar Alto  
Grece , etc.

D=2.3m  
S=1.3

NAO, OHP, Pick du Midi,  
Ondrzejow, Shemakha,  
Terskol

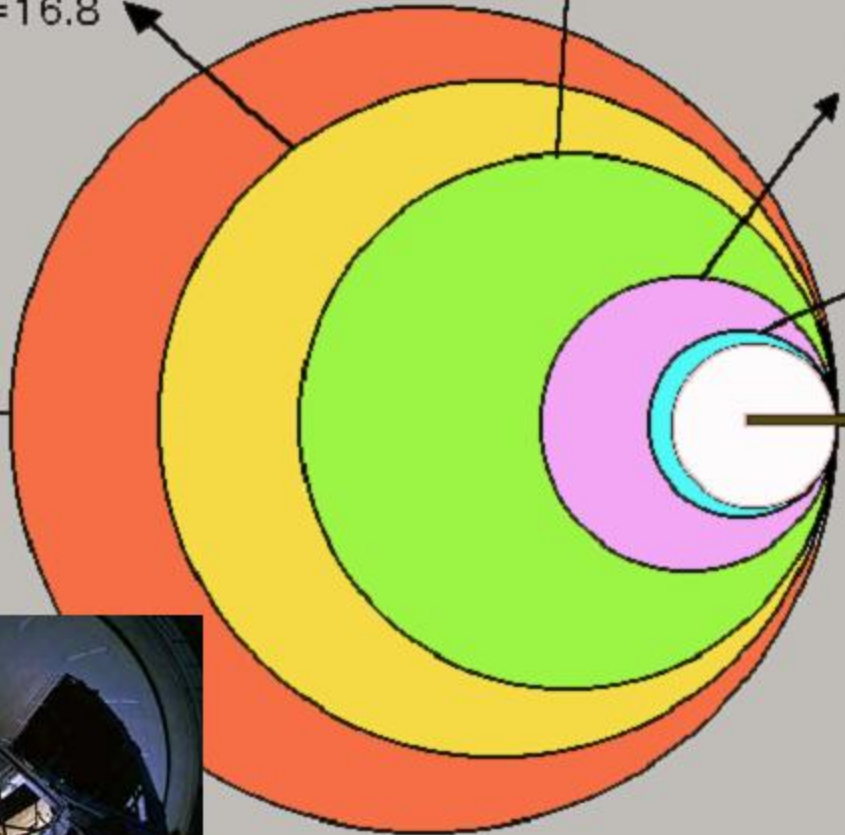
2m  
S=1

VLT, Subaru,  
Gemini

D=8.2 m  
S=16.8

Keck, HET

D= 10m  
S=25





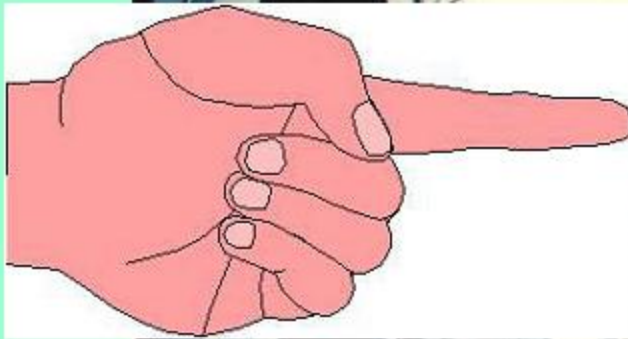
HAO 2-m

5-m прями  
фокус



... the Keck's hole!

vs.



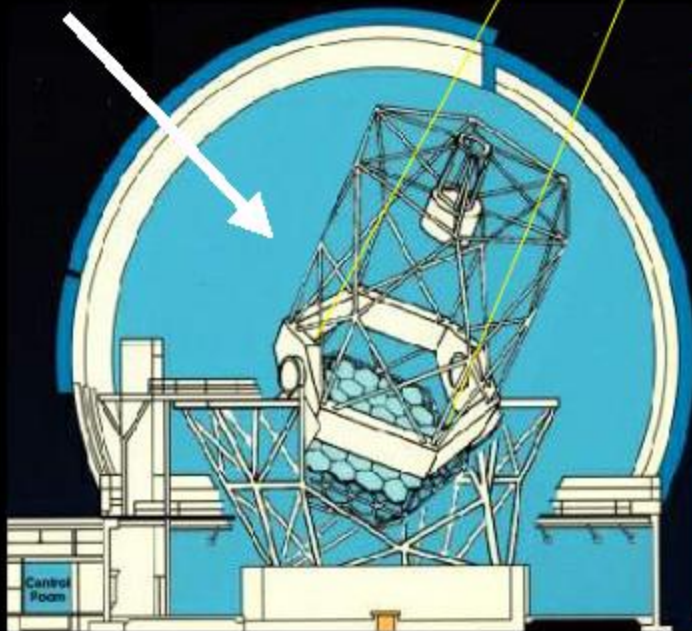
# Колко енергия е в основата на знанието ни за Вселената?

Това е “средният” телескоп на ХХ век с размер 12 м, работил по 300 нощи от по 12 часа през тези 100 години

Една звезда като Вега ( $V=0^m$ ) дава на Земята поток от

$$2 \cdot 10^{-12} \text{ W/cm}^2\text{sec}$$

Наблюдавайки само Вега “средният” телескоп ще събере за 100 г. енергия общо  $10^{-3} \text{ kWh}$  !

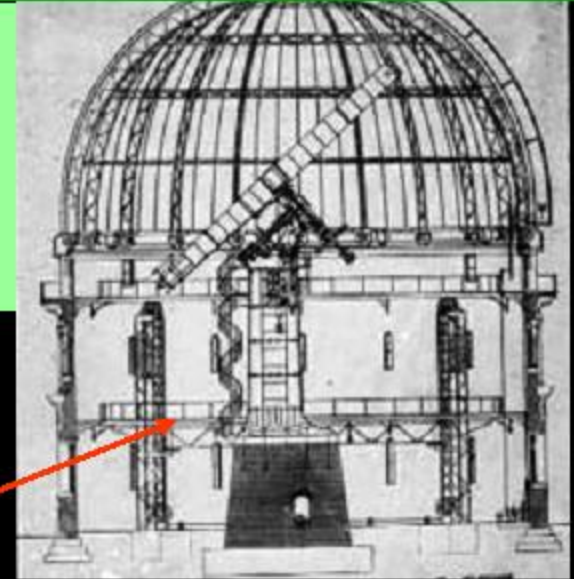


Но астрообектите обикновено са много по-слаби, така че общата енергия, събрана от ВСИЧКИ телескопи по света през века не надвишава  $10^{-5} \text{ kWh}$ , което е достатъчно само за затопляне на кафена чашка вода с ... 0.1 C !

# Примери на различни типове телескопи

1-м рефрактор Yerkes(1897 г) на **екваториална немска монтировка**

**Огромни размери : 13-м  
висока колона, издържаща  
8 тона - 18.5-м дълга тръба  
с диаметър в средата 1.3 м!  
Неудобен за работа**

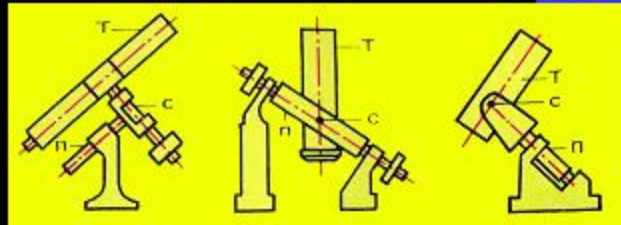


**3.5-4 м рефлектори (70-те и 80-  
те години) в Calar Alto, ESO,  
CFHT, AAT, Kitt Peak, Cerro  
Tololo и т.н. -  
английска екваториална  
монтировка - подкова**

**3.5-м рефлектор в Apache  
Point, САЩ (1993 г), алт-  
азимутална монтировка**

**300-400 т!**

**30 т!!**



4 м СТЮ

# Типове монтировки на телескопи

Екваториална американска - вилка

“+” : компактна, лека

“-” : полюс- трудно достъпен



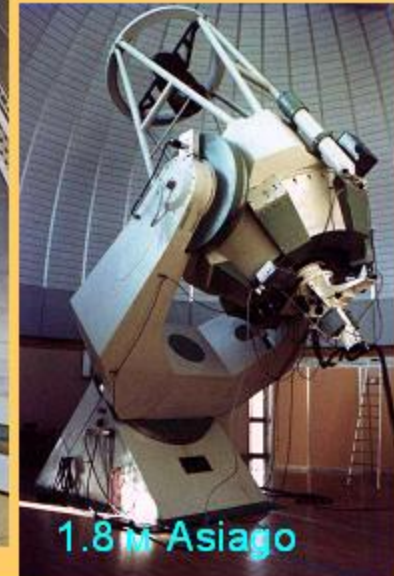
1.5 м Mt Wilson (1908)



1.2/1.8 м Palomar  
Шмидт (1950)



1.5 м USNO



1.8 м Asiago



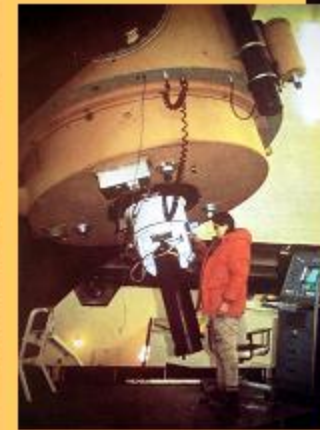
3 м Lick (1959)



2.5 м *du Pont*,  
LasCampanas (1976)



2.6 м 3ТШ,  
КрАО (1961)



2.2 м UHHT,  
Mauna Kea (1970)



0.5 м APO



# Типове монтировки на телескопи



2.16 м Китай

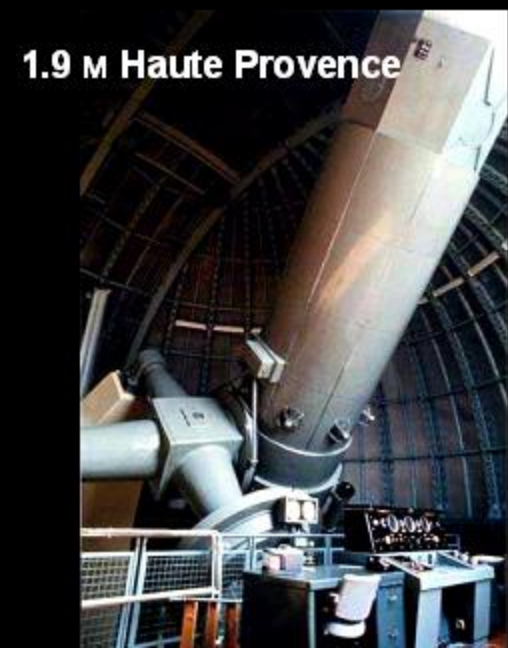


2.5 м Mt Wilson, 1917



5 м Mt Palomar

Английска екваториална и модификациите -  
“люлка” и “подкова”



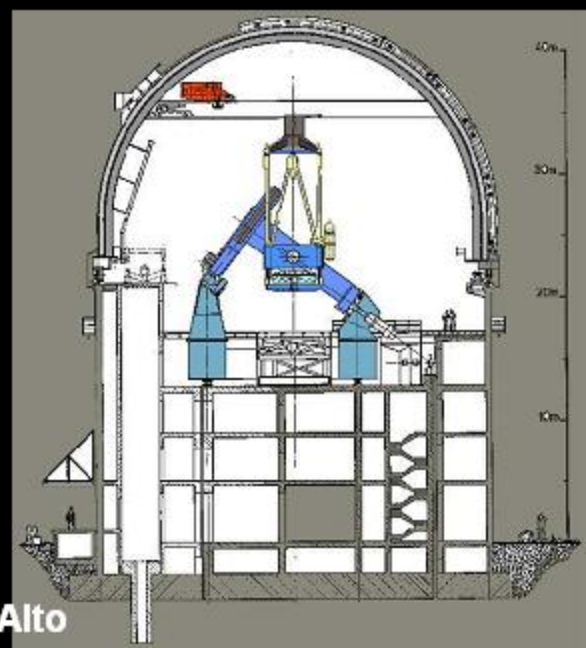
1.9 м Haute Provence



1.2 м Париж, 1872



3.5 м Calar Alto



# Колко е животът на един телескоп ?

(примерът на 120-см, F/6 Нютон телескоп в Париж)



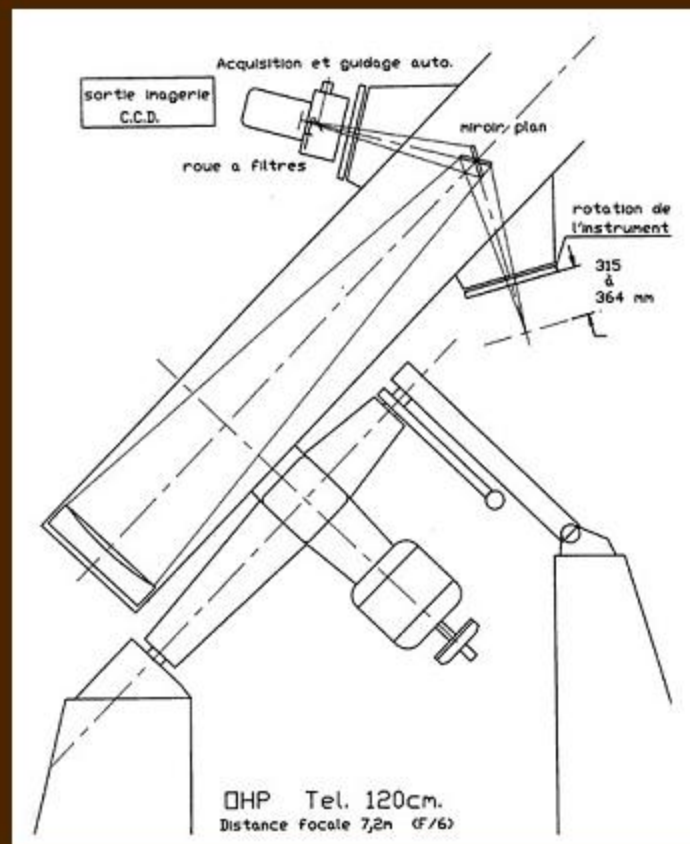
1988 - CCD  
TK 1Kx1K



1872

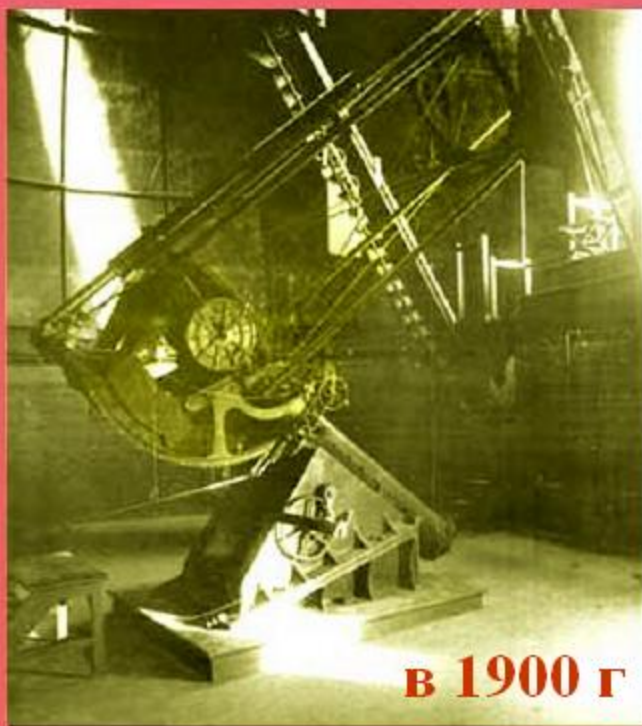


От 1943 - в *Haute Provence*,  
когато започва вторият  
му живот за астрофизични  
наблюдения.

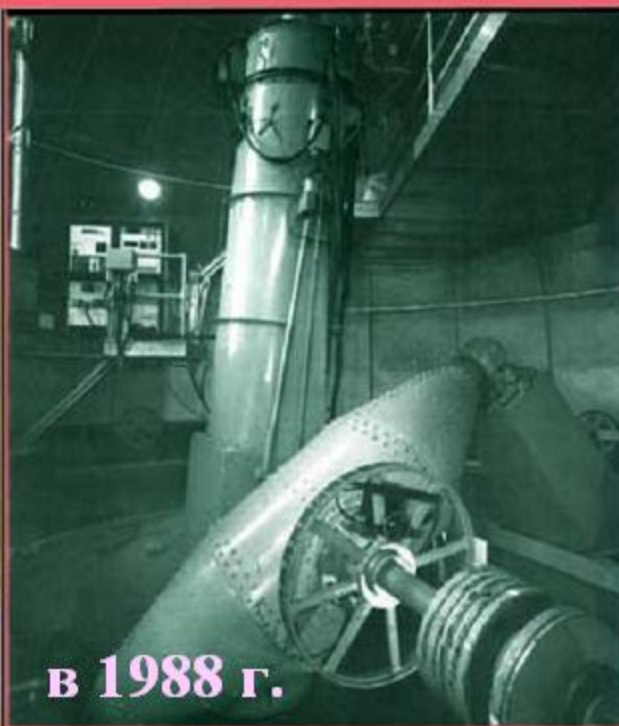


## Наследство: Обсерватория Лик, Маунт Хамилтон. Калифорния

Първият съвременен рефлексор, 90-см *Crossley* телескоп в Лик, Маунт Хамилтон, Калифорния, 1897 г.



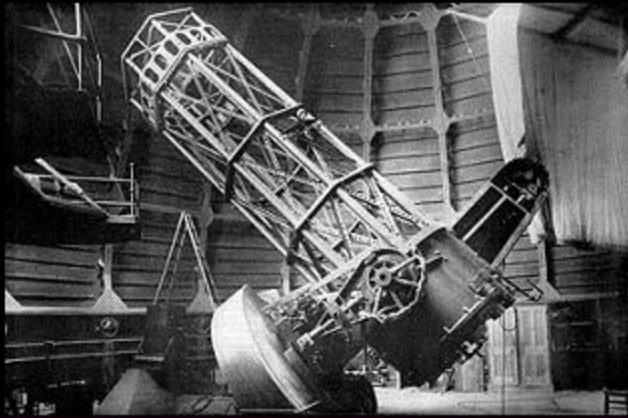
**В 1900 Г**



**В 1988 Г.**

**Първи системни  
фотографични  
наблюдения в  
света!**

## Наследство: Обсерваторията Маунт Уилсън, Калифорния



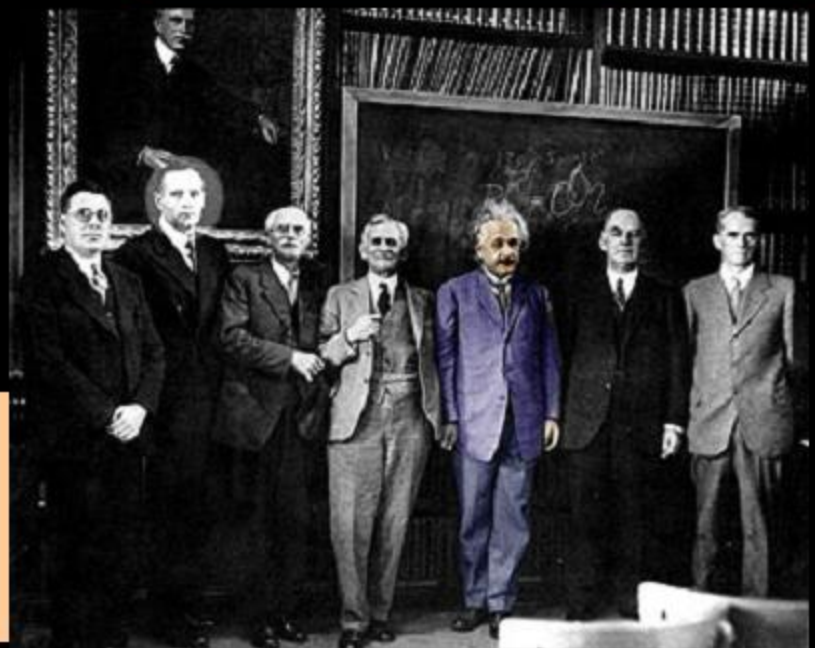
1.5-м телескоп (1908 г.)



2.5-м телескоп (1917 г.)

Със сигурност - най-заслужилата обсерватория на ХХ век! Доказано съществуването на ДРУГИ ГАЛАКТИКИ и на РАЗШИРЕНИЕТО НА ВСЕЛЕНАТА!

А. Айнщайн в Мт Уилсън (1931 г.), 5 г. след откриването на извънгалактичните мъглявини от Е. Хъбъл (втория отляво)



# Наследство: Обсерватория Маунт Паломар, Калифорния



**5-м телескоп Хейл 1929 -1947 г**  
**Най-голям до 1975 г**  
**Подвижна част- тегло: 530 т**  
**Огледало: 13 т.**  
**Купол: 42 м, 1000 т**

**Наследство: - Специална Астрофизическа Обсерватория (САО  
РАН) - Кавказ, Русия**



**6-м БТА  
1975 г.**

**Общо тегло:  
около 850 т.  
"Тръба": 18м, 280  
т;  
купол - 40 м  
Огледало:  
заготовка 70 т,  
крайно тегло  
42.5 т.**

**Точност на насочване - 5"**



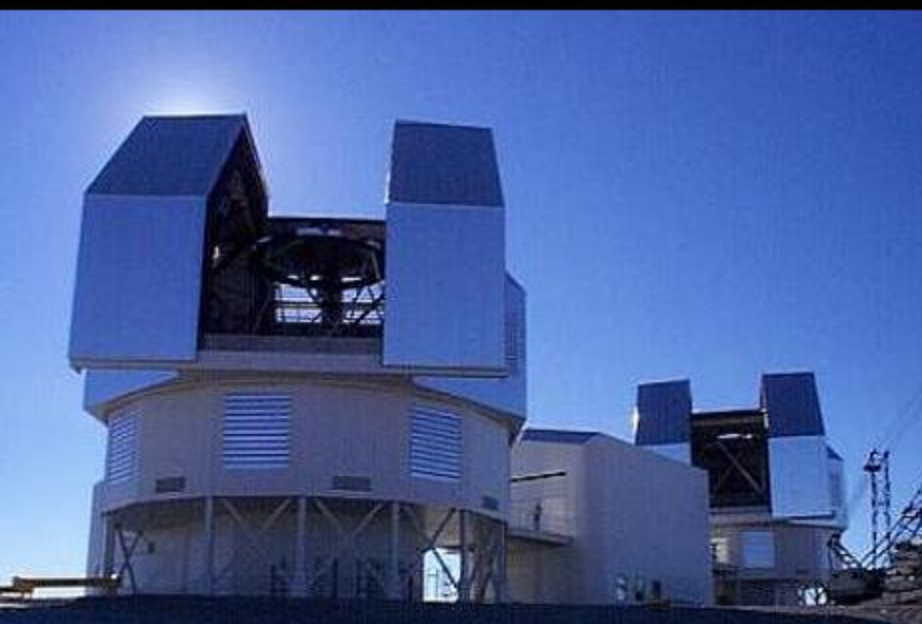
**Прототипът на всички следващи големи алт-азимутални телескопи (идея и първи разчети на монтировката - Николай Г. Пономарев, 1942 г!)**



Кое определя  
**къде точно** да  
се “излеят”



*Pic du Midi, Пиренеите, Франция*



*Las Campanas, Чили, двата 6.5-м Magellan*

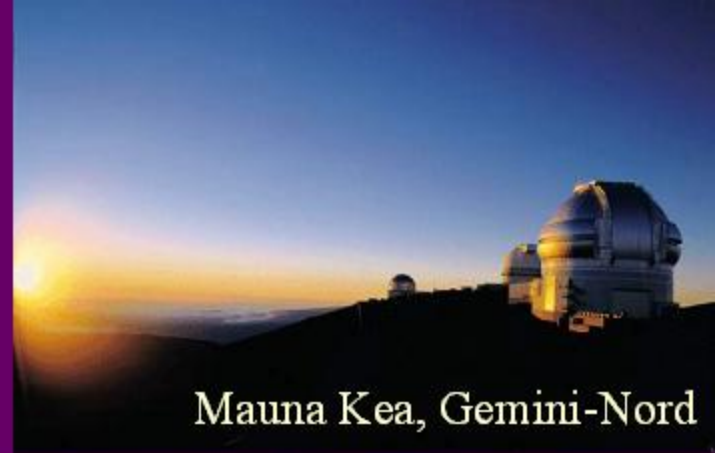




Pic du Midi



HAO "Рожен"



Mauna Kea, Gemini-Nord

**Обсерваториите трябва да са:**

**1) по възможност по-близо до екватора;**

**2) достатъчно високо над плътния слой въздух;**

**3) с ниско общо и светлинно замърсяване на средата!**



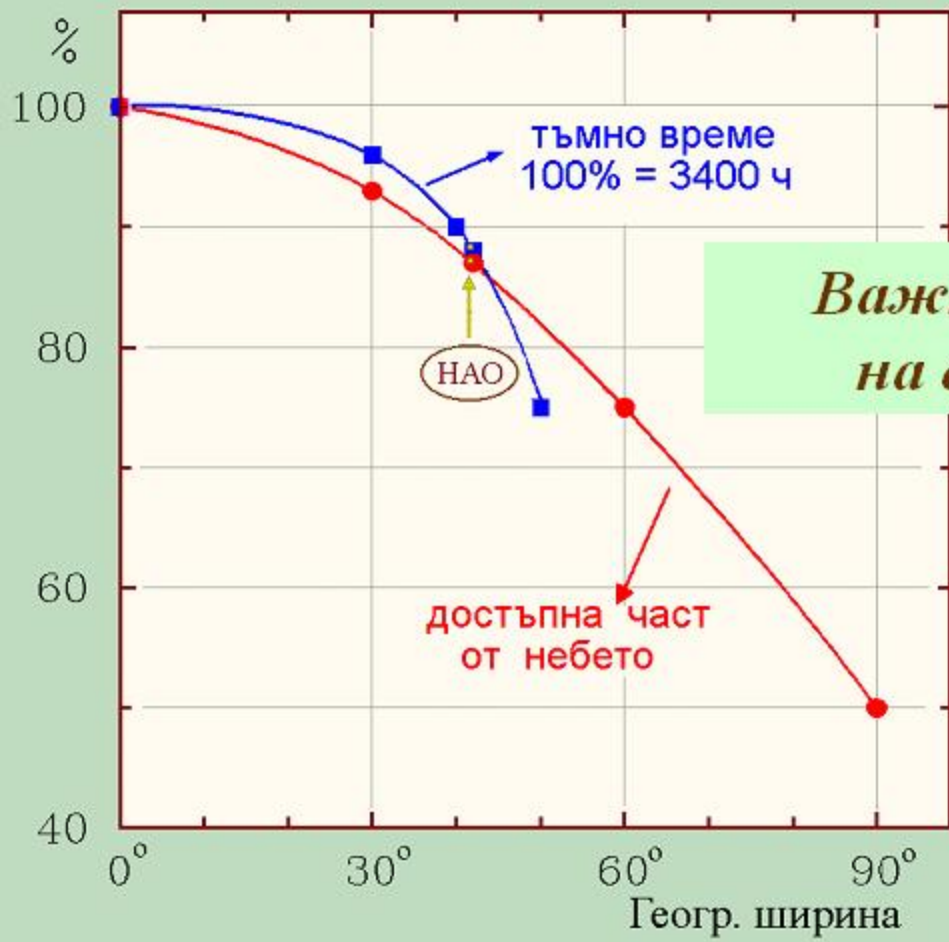
Kitt Peak



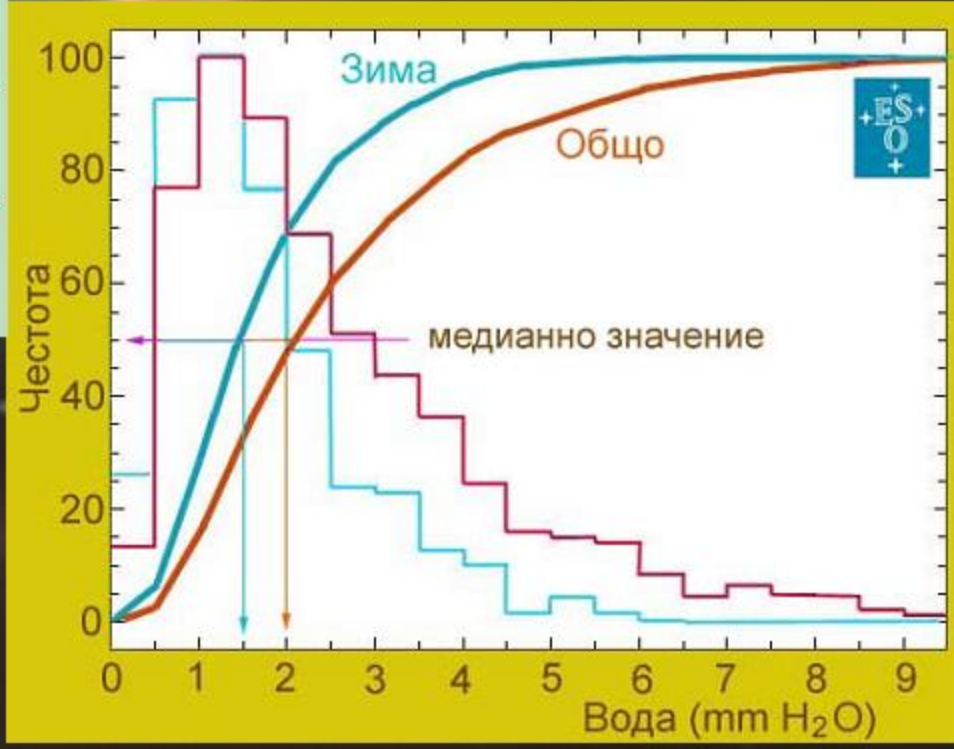
Calar Alto



# ЗАЩО?



Важни характеристики  
на една обсерватория



Влага във въздуха за ЕЮО -  
Ла Сила, Чили

**Обсерватория Lick,**  
*Mount Hamilton, 1300 м н.в., 1880*



**СТЮ - Cerro Tololo, 2200 м н.в.,**  
**Chile, от 70-те г на XX в.**

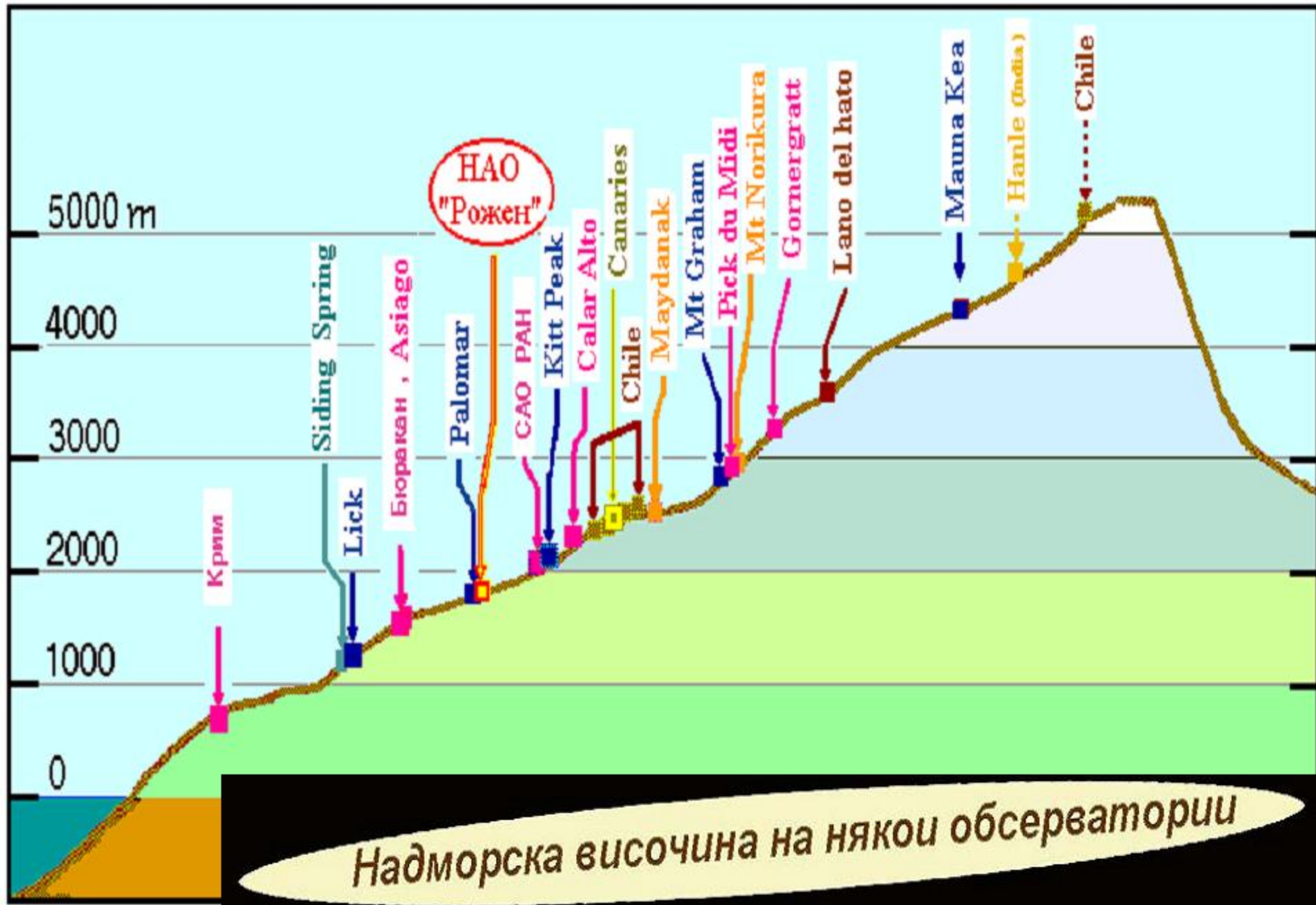


**Roque de los muchachos, 2400 м н.в.,**  
**La Palma, Canary, от 80-те г на XX в.**

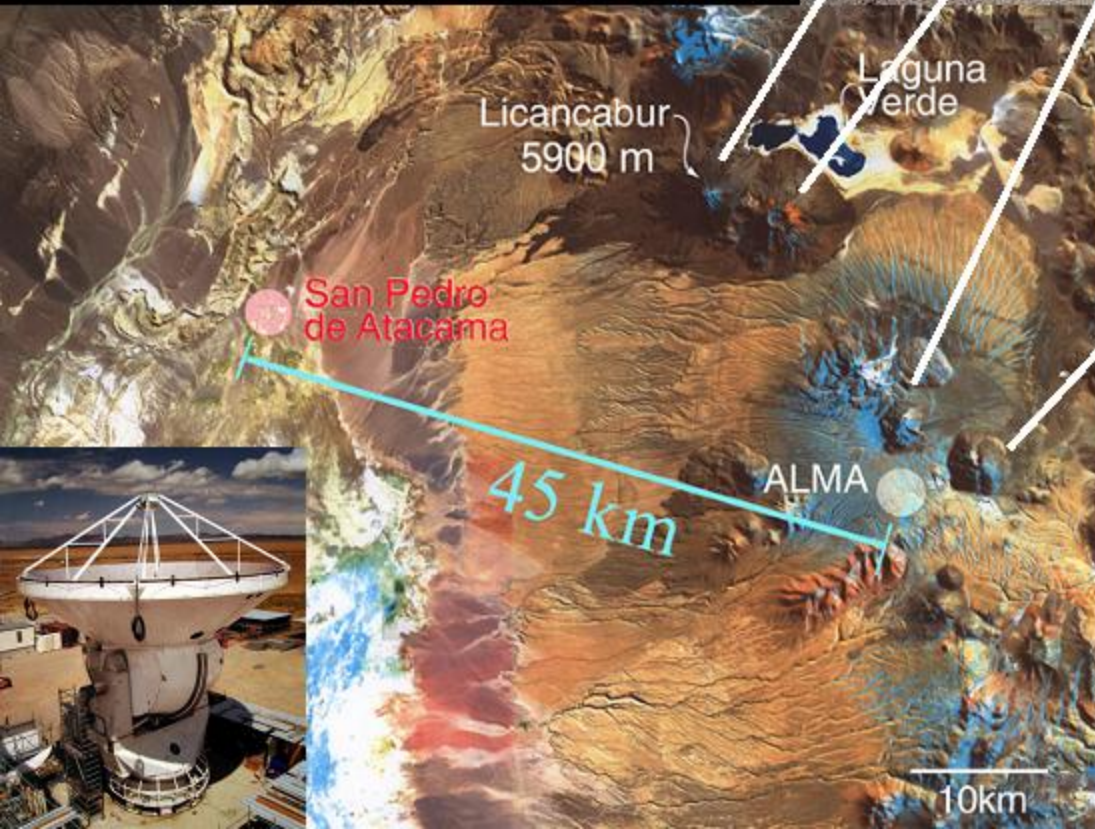
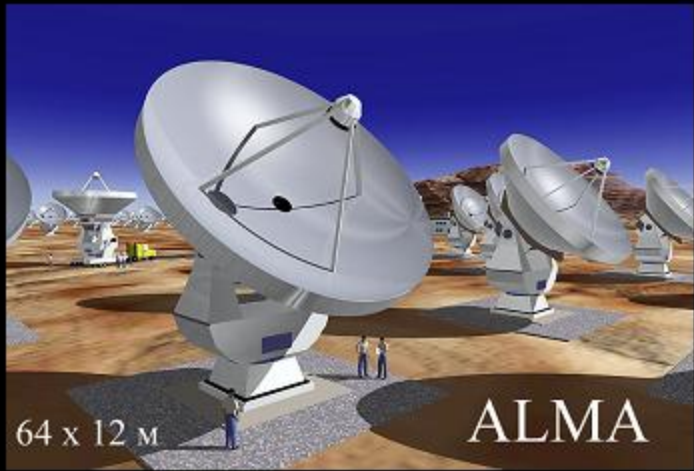


**VLT на Cerro Paranal, 2630 м н.в.**  
**от края на XX в.**





# Платото *Chajnantor*, пустыня Атакама, Чили (5000 м н.в.)



# Температурен профил и пропускане на атмосферата

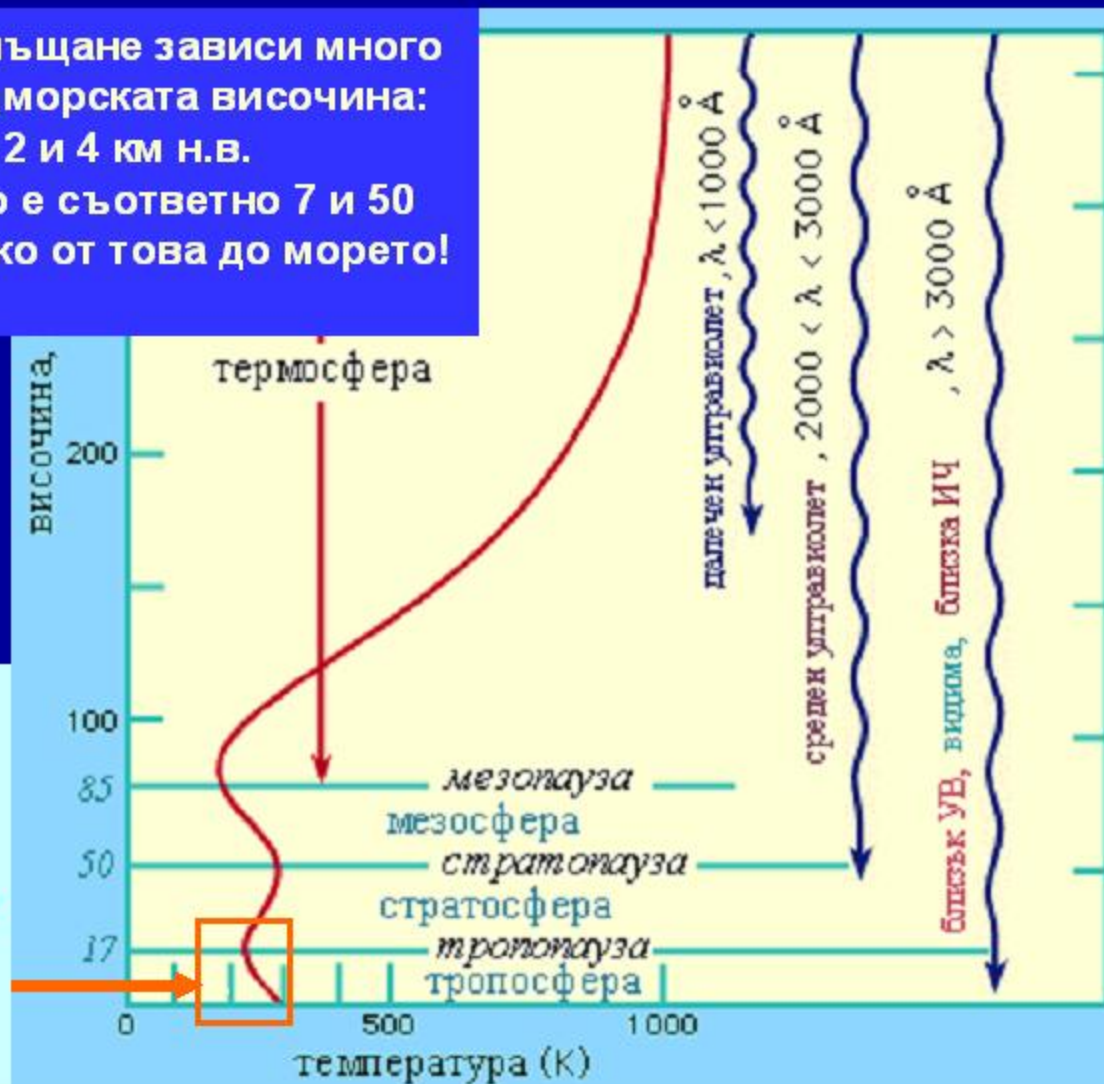
Атмосферата не пропуска ултравиолетовите лъчи и много интервали в **инфрачервената** област на спектъра!



Общото поглъщане зависи много силно от надморската височина: на височина 2 и 4 км н.в. поглъщането е съответно 7 и 50 пъти по-малко от това до морето!



На малки височини (<10 км) температурата намалява с височината. При **инверсия** се получава обратното: по-високите слоеве са по-топли, турбуленцията се потиска и **изображението в телескопа е по-добро!**



# Аеро-обсерватории



**Обсерватория “Gerard P. Kuiper” (от 1975 г.):**  
**0.91 м** касегрен с проектиране на фокуса в работна  
кабина (*специални мерки за работа при ниски, до  $-55^{\circ}$   
температури!*) на *Lockheed C-141*; височина на полета  
12 км (*само 1% от атмосферата над телескопа!*);  
пневматично окачване, “инфрачервено” оборудване;  
около 80 полета/год по 7-8 часа продължителност;  
**Екипаж:** полетен - 3; технически - 3; научен - до 5.

люк на  
телескопа

**Обсерватория SOFIA -**  
*Stratospheric Observatory*  
*for Infrared Astronomy*  
(САЩ-Германия, 2001):  
**2.5 м** на *Boeing 747-SP*;

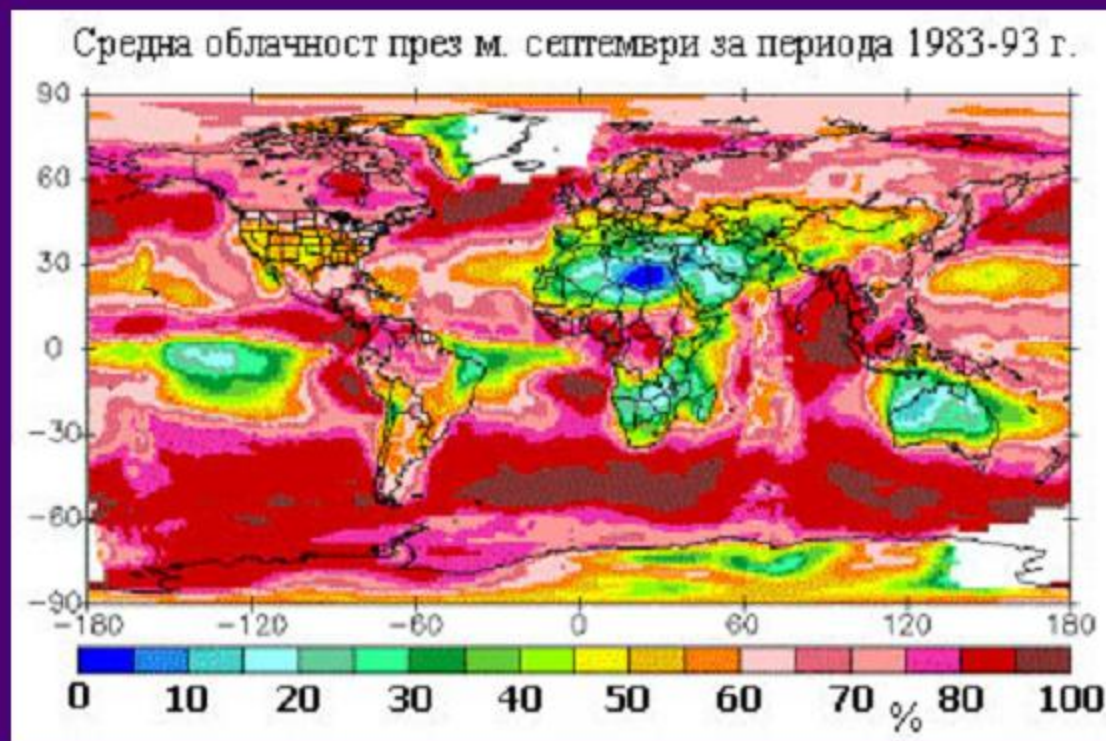




# Астроклимат и местоположение на обсерваториите

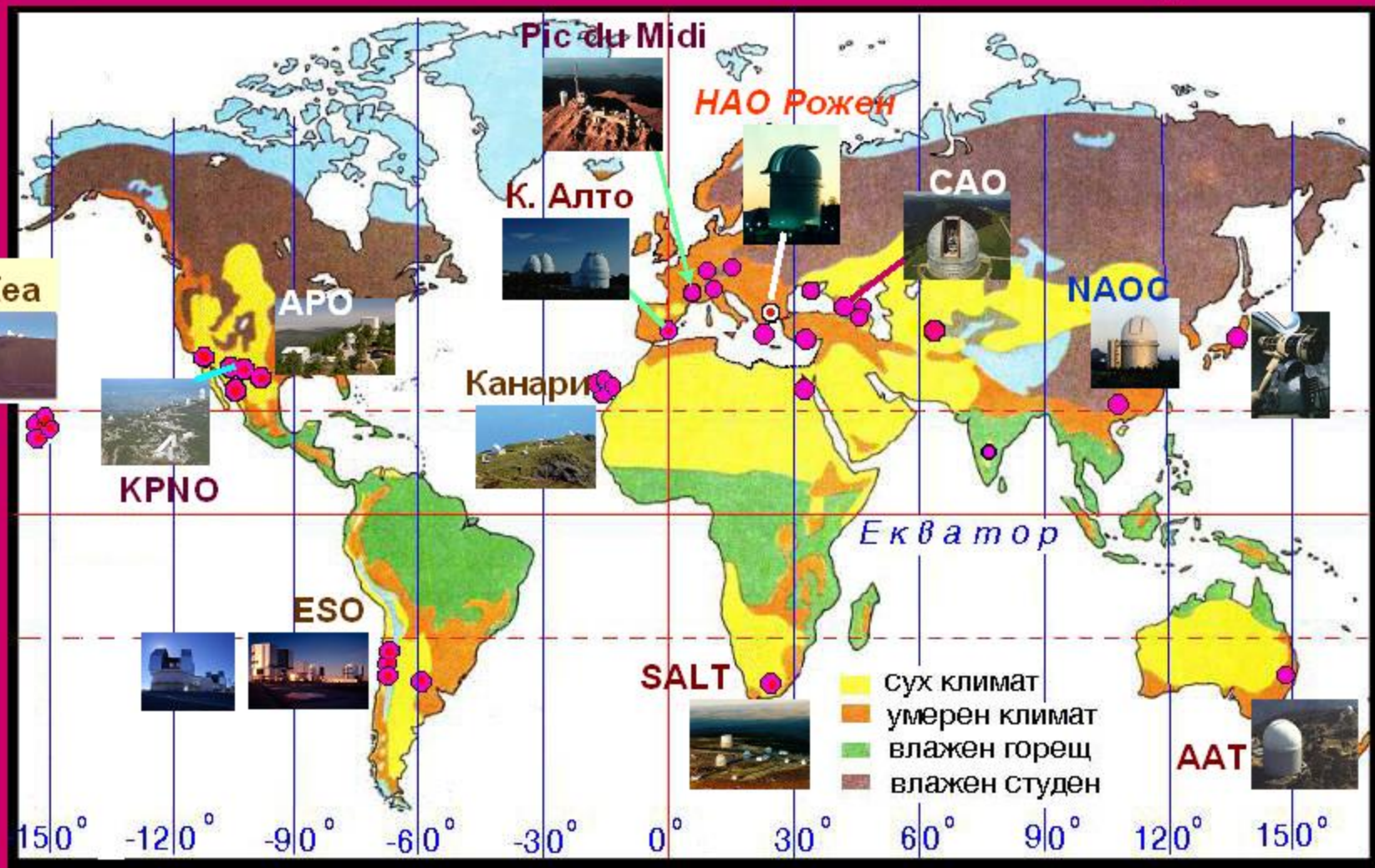
“Астроклиматът” на една обсерватория характеризира “качеството” на небето и включва: количество ясно нощно време, ветрове и влажност на въздуха, спокойствие (турболентност) и прозрачност на атмосферата. За даден географски пояс обикновено тези характеристики са доста постоянни. Нашата страна е малка по площ и изцяло попада в геоклиматичен пояс със “средни” астроклиматични показатели. Обикновено, по-южните места са с по-добър астроклимат.

За съжаление, едновременното удовлетворяване на всички критерии за добро място за астрономически наблюдения просто не се среща! Например, ниската облачност над Сахара не се придружава от други подходящи параметри.



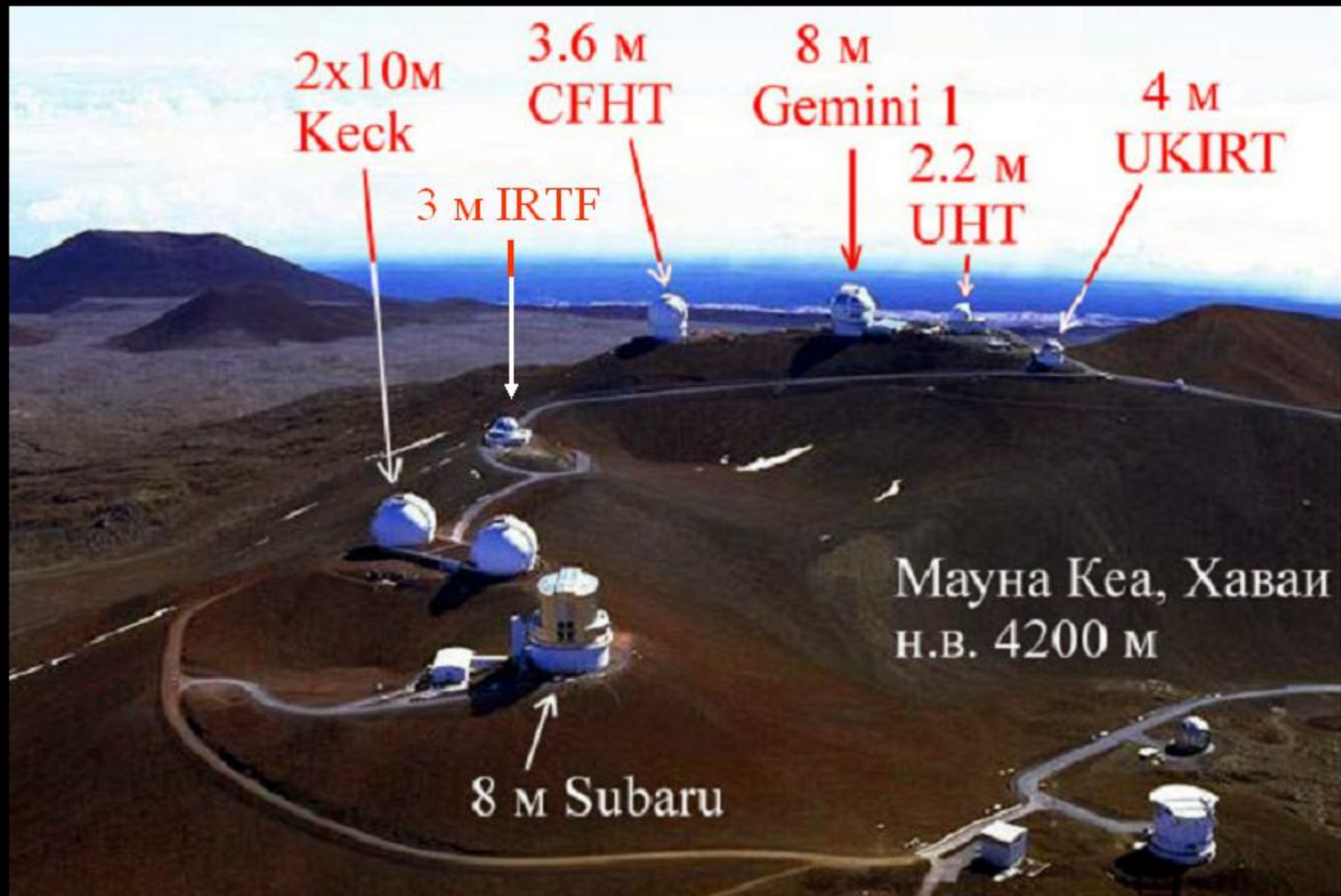


# География на астрономическите обсерватории



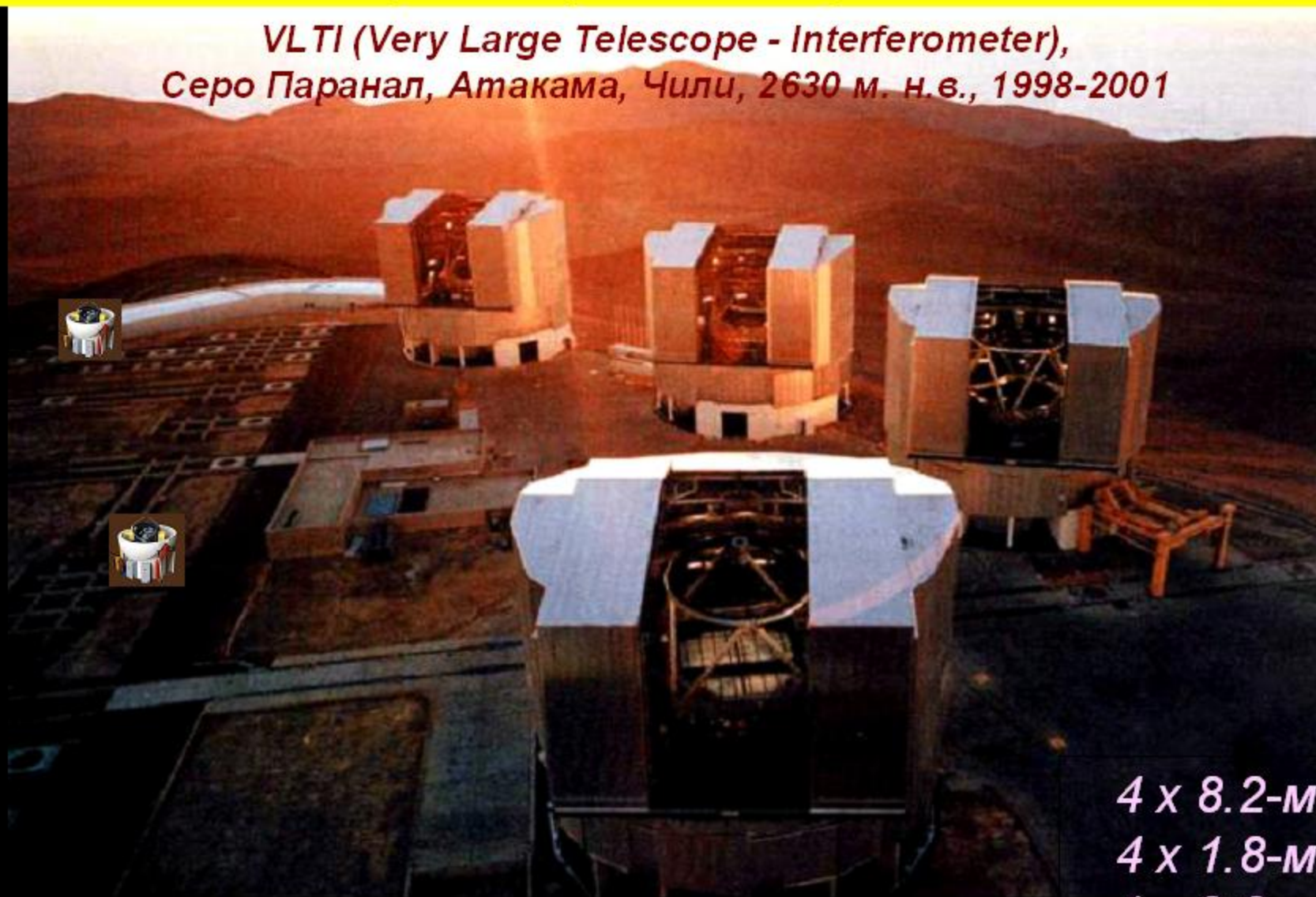


# “Топ-обсерватории” от края на XX век



# “Топ-обсерватории” от края на XX век

VLTI (Very Large Telescope - Interferometer),  
Серо Паранал, Атакама, Чили, 2630 м. н.в., 1998-2001



4 x 8.2-м

4 x 1.8-м

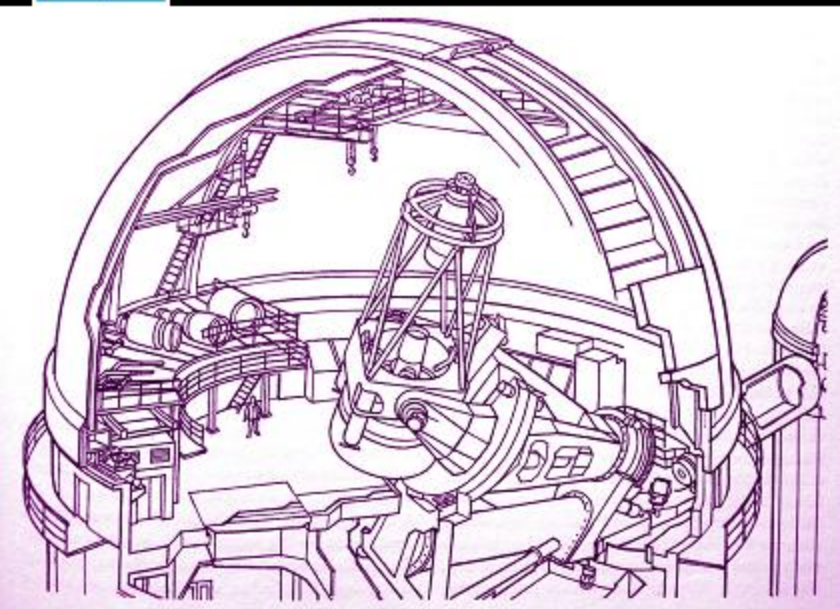
1 x 2.6-м

1 x 4-м



# “Топ-обсерватории” на XX век

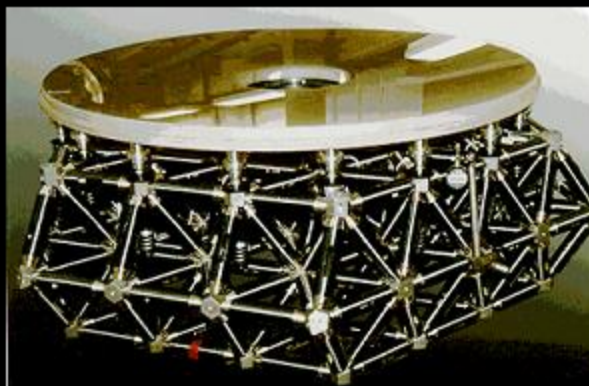
ЕЮО, La Silla, Чили, 2400 м.н.в., 1977-1990



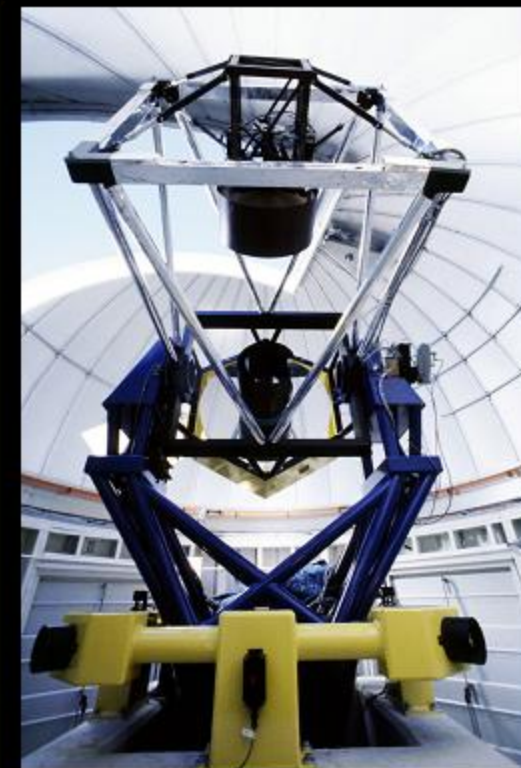
*3.6 (+1.5 CAT), 3.5 м NTT,  
2.2, 1.5, 1.3-м и др.  
телескопи*

# Предпоставки за строежа на големи телескопи

1. Развитие на технологиите - тънки, гъвкави и по-леки огледала



2. Активен контрол на изображението



3. Нови монтировки - Алт-азимутална

4. Международна кооперация

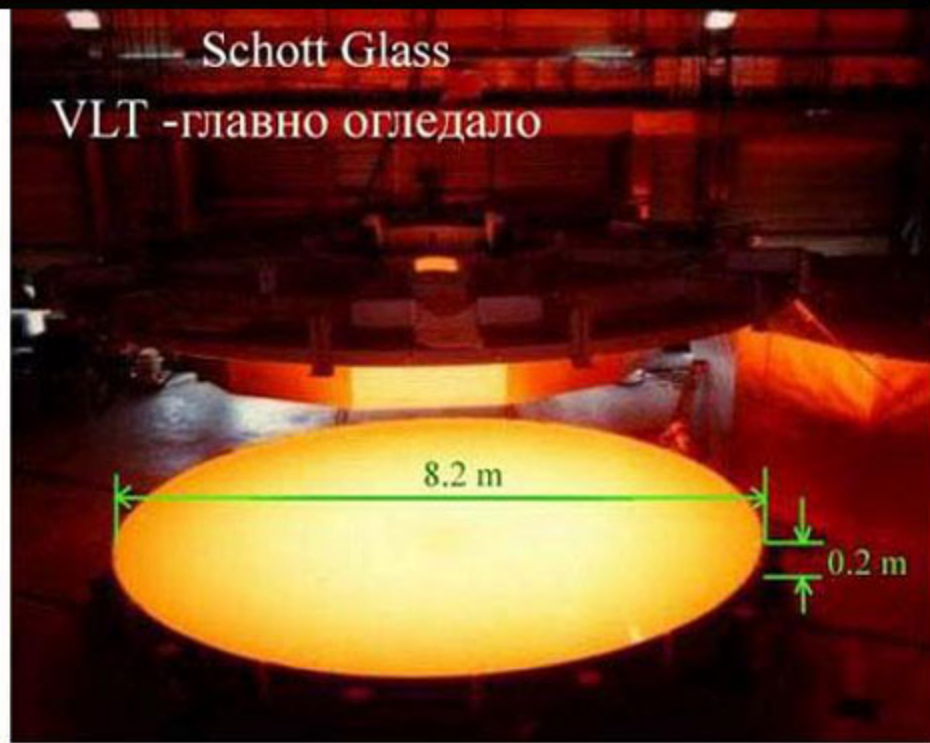


## Сравнение на “старата” и “нова” технологии за отливане на астрономически огледала

5- m Hale телескоп на Паломар  
отливка на Corning Glass



Schott Glass  
VLT -главно огледало

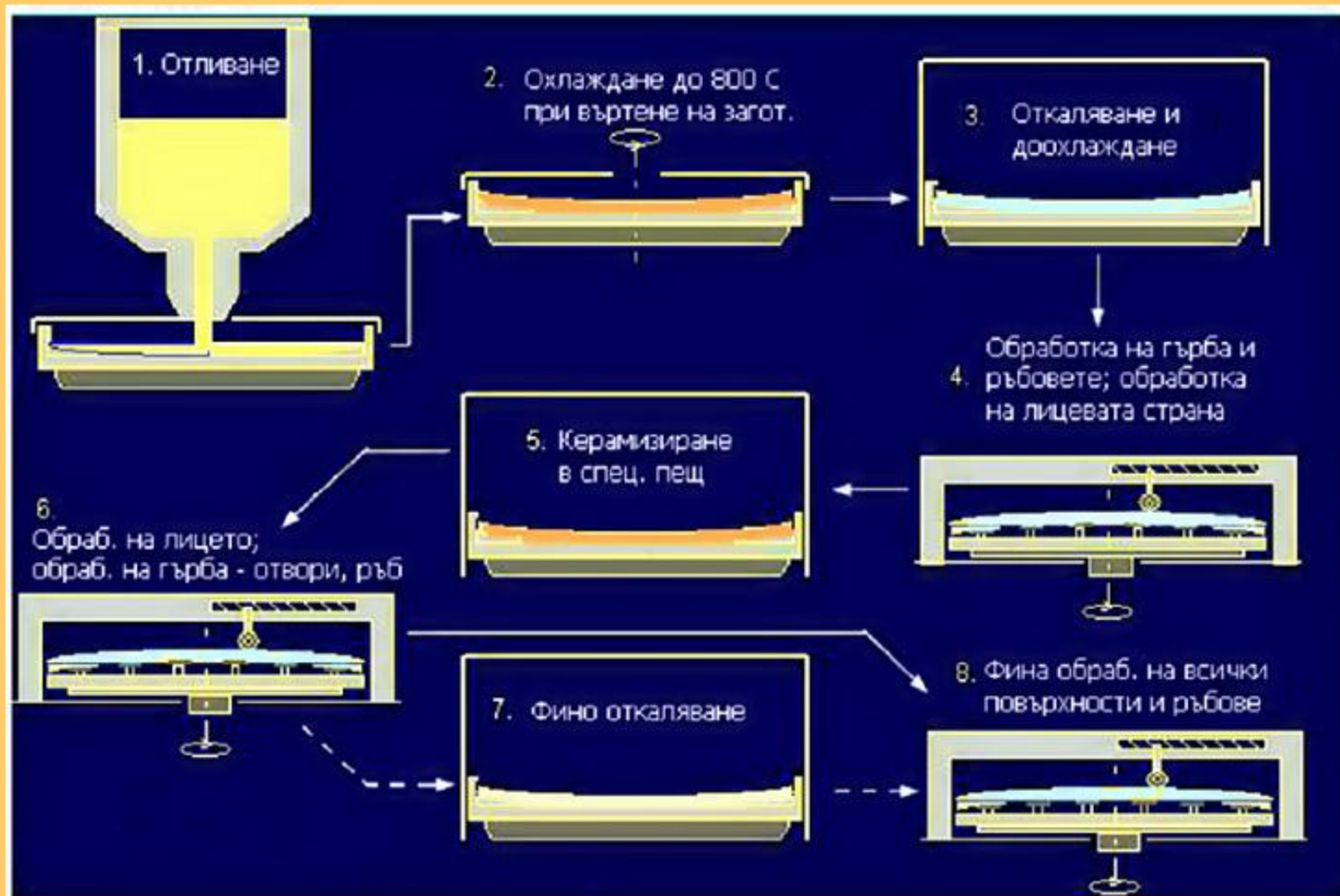


Отливката за 5-м телескоп е правена в 1934-36 г. от PIREX, оребрена от задната страна за облекчаване на теглото - така то е 20 т, вместо поне 30т!  
Отношението диаметър/дебелина е “класическо” - 1:7

Огледалата за 8-м VLT са **тънки** (1:41) мениски от ZERODUR и тежат само 20 т (вместо поне 80 т, ако бяха “класически”!  
Отплетени са в 90-те години.

## Схема на производството на заготовки за големи огледала

Производството на огледала за съвременните големи телескопи е сложен и отговорен процес, достъпен само за 5-6 фирми в света. Особено важен е етапът на керамизиране на заготовката в специални пещи.



# 8.1-м огледала на *Corning Glass* за *Gemini North* и *South*



Спичане на заготовката в пещта



Почистване в процеса на полиране



Плутон и спътникът му Харон, заснети с Gemini N през 2001 г.

0.7"



Отполирано огледало



# Телескопи от края на ХХ в.



11-м HET

11-м Hobby-Eberly



2-м НАО "Рожен"



3.9-м KPNO

2.6м ЗТШ



2-м робот-тел.



2-м робот-тел.



8.3-м SUBARU

2x10-м Keck



8.1-м GEMINI-S



4.2-м WHT



# Телескопът - една голяма МАШИНА!

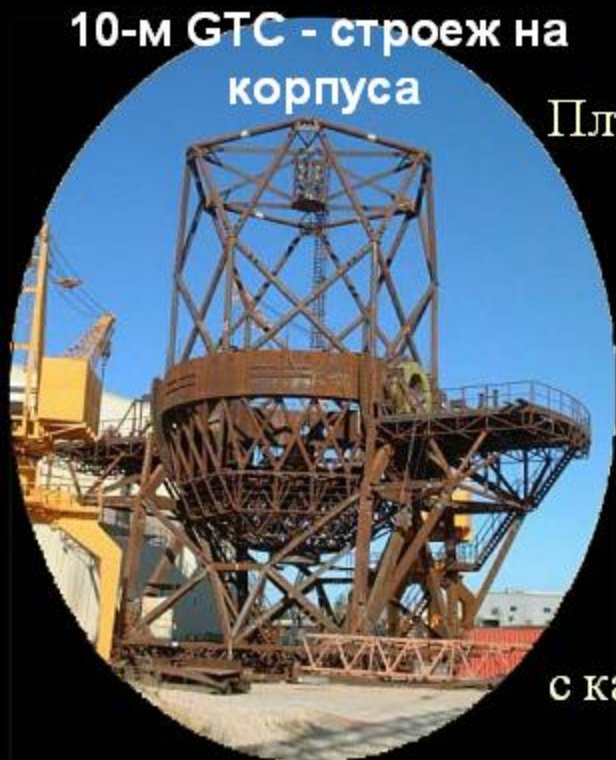


8 m VLT

Камера ISAAC  
2 т, 5 млн DM



10-м GTC - строеж на  
корпуса



## СЪВРЕМЕНЕН ТЕЛЕСКОП:

Плътно или съставно тънко огледало; концентрация 80% в 0.1"; активна корекция на светл. фронт; алт-азимутален; ниска отворена охлаждаема кула; място над 2300 - 2500 м с минимална влага; апаратура с големи сечения на сноповете и диелектрични високоотразяващи покрития, влакнеста оптика, CCD >2Кx2К, квалифициран и високоплатен щат, използващ максимално 270-330 ясни нощи/год с качество на изображение под 1''

Телескоп	Поко- ление	V пред	Поле (°)	Пр оница емост, кпс	Цена, М\$
1 м Шмидт	II	21	6x6	15	0.5-1
5 м Хейл; 6 м БТА	II	24	0.3	60	20-25 ?
2.5 - 4 м	III	24 - 25	1-2	60	2 -15
8 м (16 м)	IV	27-(28)	(0.02)- 0.5	100-(200)	200 (800)
2.4 м КТ “ХЪБЪЛ”	IV	26 - 29	-	100?	1500

Характерни данни за  
телескопите на XX век

Телескоп	Покол.	D/F	F [m]	Мащаб ["/mm]	Поле [']	Поле [mm]	Тегло, огледало [t]	Тегло, подв. части [t]	Точн. на познц. [']
6 м CAO	II	1/30	180	1	3	160	43	750	5
2 м HAO	III	1/8 1/36	15 70	13 3	60 3	300 10	2.5	60	5
3.5 NTT	IV	1/12	40	5	15	180	3.5	30	1
8 м VLT (ESO)	IV	1/15 1/74 1/32	120 600 250	2 0.4 1	30 0.5 2	1100 90 150	15	250	1
9.8 Keck	IV	1/15	150	1.5	20	900	14.5	300	1