

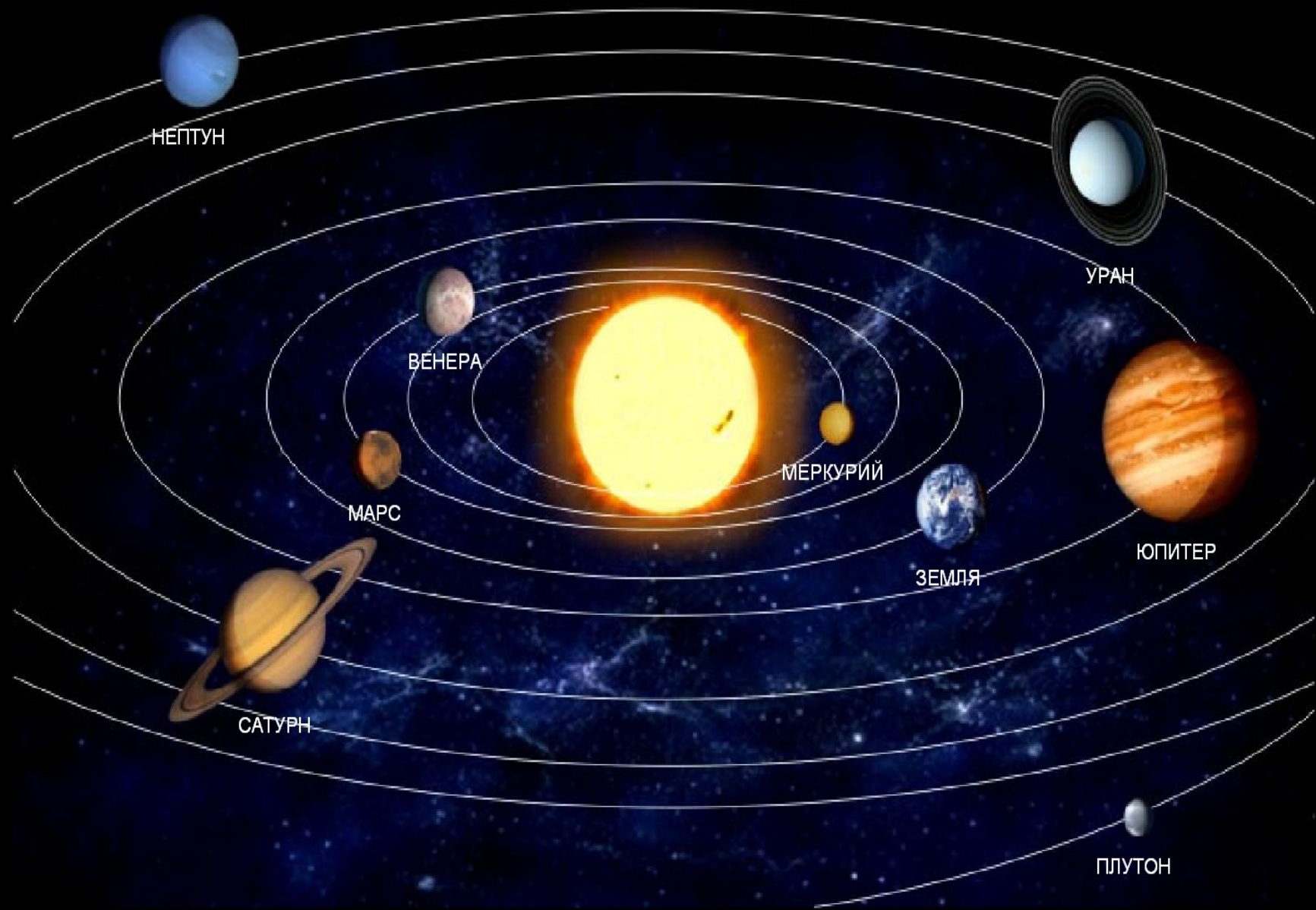
# Природа Солнца и его физические характеристики

Выполнили: Дамкина Н. и Винокурова М.

1. Введение
2. Солнечная система
  - 2.1. Плутон
  - 2.2. Нептун
  - 2.3. Уран
  - 2.4. Сатурн
  - 2.5. Юпитер
  - 2.6. Земля
  - 2.7. Марс
  - 2.8. Венера
  - 2.9. Меркурий
3. Солнце и его физические характеристики
4. Северный ветер
5. Солнечное затмение
6. Библиография







НЕПТУН

УРАН

ВЕНЕРА

МЕРКУРИЙ

ЮПИТЕР

МАРС

ЗЕМЛЯ

САТУРН

ПЛУТО́Н





## ПЛУТОН

Среднее расстояние от Солнца	5 906,4 млн. км
Масса	1,3 10 <sup>22</sup> кг
Плотность	2 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	2 302 км
Минимальная температура поверхности	40 К
Максимальная температура поверхности	50 К
Период вращения вокруг оси	6,39 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	247,9 земных лет

Открыт Клайдом Томбо в 1930.



## ХАРОН

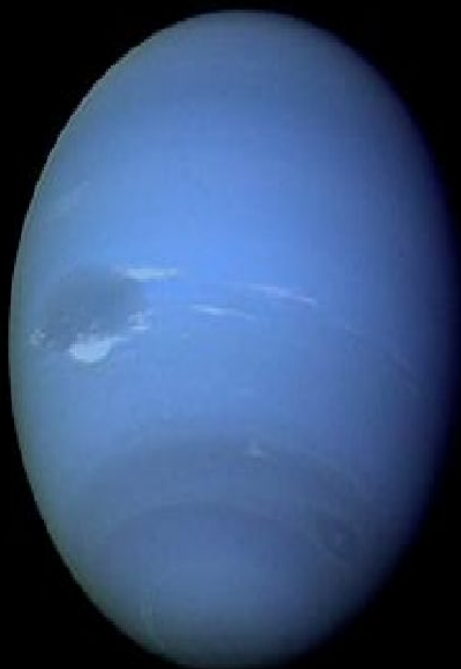
Среднее расстояние до планеты	19 600 км
Экваториальный диаметр	1 186 км
Период обращения вокруг планеты	6,39 земных суток

Открыт Джеймсом Кристи в 1978.

## СПУТНИК



ХАРОН

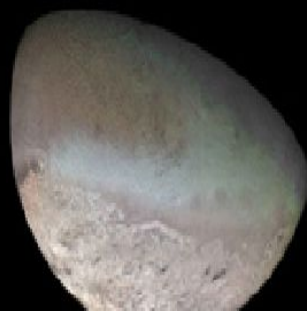


## НЕПТУН

Среднее расстояние от Солнца	4 498,3 млн. км
Масса	$1,02 \cdot 10^{26}$ кг
Плотность	1.76 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	49 528 км
Эффективная температура	59 К
Период вращения вокруг оси	0,67 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	164,8 земных лет

Обнаружен при помощи телескопа Иоганном Галле в 1846 в точке, рассчитанной Урбаном Жаном Жозефом Леверье.

Нептун имеет 13 спутников и 5 колец.



## ТРИТОН

Среднее расстояние до планеты	354 760 км
Экваториальный диаметр	2 707 км
Период обращения вокруг планеты	5,88 земных суток

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ



ТРИТОН



## УРАН

Среднее расстояние от Солнца	2871 млн. км
Масса	$8,68 \cdot 10^{25}$ кг
Плотность	1.30 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	51 118 км
Эффективная температура	57 К
Период вращения вокруг оси	0,72 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	84,02 земных лет

Открыт Уильямом Гершелем в 1781.  
Уран имеет **27** спутников и 11 колец.



## ТИТАНИЯ

Среднее расстояние до планеты	436 298 км
Экваториальный диаметр	1 577,8 км
Период обращения вокруг планеты	8,7 земных суток

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ

	ТИТАНИЯ
	ОБЕРОН
	АРИЭЛЬ
	УМБРИЭЛЬ



## УРАН

Среднее расстояние от Солнца	2871 млн. км
Масса	$8,68 \cdot 10^{25}$ кг
Плотность	1,30 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	51 118 км
Эффективная температура	57 К
Период вращения вокруг оси	0,72 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	84,02 земных лет

Открыт Уильямом Гершелем в 1781.  
Уран имеет **27** спутников и **11** колец.



## ОБЕРОН

Среднее расстояние до планеты	589 519 км
Экваториальный диаметр	1 522,8 км
Период обращения вокруг планеты	13,46 земных суток

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ

-  ТИТАНИЯ
-  **ОБЕРОН**
-  АРИЭЛЬ
-  УМБРИЭЛЬ





## УРАН

Среднее расстояние от Солнца	2871 млн. км
Масса	$8,68 \cdot 10^{25}$ кг
Плотность	1.30 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	51 118 км
Эффективная температура	57 К
Период вращения вокруг оси	0,72 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	84,02 земных лет

Открыт Уильямом Гершелем в 1781.  
Уран имеет **27** спутников и **11** колец.



### АРИЭЛЬ

Среднее расстояние до планеты	190 945 км
Экваториальный диаметр	1 158 км
Период обращения вокруг планеты	2,52 земных суток

### КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ

	ТИТАНИЯ
	ОБЕРОН
	АРИЭЛЬ
	УМБРИЭЛЬ



## УРАН

Среднее расстояние от Солнца	2871 млн. км
Масса	$8,68 \cdot 10^{25}$ кг
Плотность	1.30 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	51 118 км
Эффективная температура	57 К
Период вращения вокруг оси	0,72 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	84,02 земных лет

Открыт Уильямом Гершелем в 1781.  
Уран имеет **27** спутников и 11 колец.



## УМБРИЭЛЬ

Среднее расстояние до планеты	265 998 км
Экваториальный диаметр	1 169,4 км
Период обращения вокруг планеты	4,14 земных суток

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ



ТИТАНИЯ

ОБЕРОН

АРИЭЛЬ

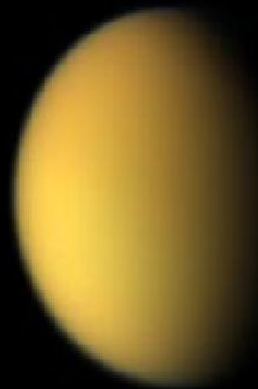
УМБРИЭЛЬ



## САТУРН

Среднее расстояние от Солнца	1 426,7 млн. км
Масса	5,68 10 <sup>26</sup> кг
Плотность	0,7 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	120 536 км
Эффективная температура	95 К
Период вращения вокруг оси	0,44 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	29,4 земных лет

Известен людям с древности.  
Сатурн имеет 47 спутников (июль 2005) и 8 колец.



## ТИТАН

Среднее расстояние до планеты	1 221 830 км
Экваториальный диаметр	5 150 км
Период обращения вокруг планеты	15,95 земных суток

Открыт Христианом Гюйгенсом в 1655.

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ

	ТИТАН
	РЕЯ
	ЯПЕТ
	ДИОНА
	ТЕФИЯ



### САТУРН

Среднее расстояние от Солнца	1 426,7 млн. км
Масса	5,68 10 <sup>26</sup> кг
Плотность	0.7 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	120 536 км
Эффективная температура	95 К
Период вращения вокруг оси	0,44 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	29,4 земных лет

Известен людям с древности.  
Сатурн имеет 47 спутников (июль 2005) и 8 колец.



### РЕЯ

Среднее расстояние до планеты	527 040 км
Экваториальный диаметр	1 548 км
Период обращения вокруг планеты	4,52 земных суток

Открыта Джованни Кассини в 1672.

### КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ



ТИТАН



РЕЯ



ЯПЕТ



ДИОНА



ТЕФИЯ

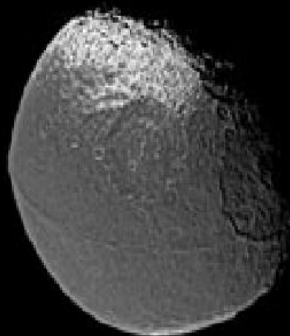




### САТУРН

Среднее расстояние от Солнца	1 426,7 млн. км
Масса	5,68 10 <sup>26</sup> кг
Плотность	0.7 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	120 536 км
Эффективная температура	95 К
Период вращения вокруг оси	0,44 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	29,4 земных лет

Известен людям с древности.  
Сатурн имеет 47 спутников (июль 2005) и 8 колец.



### ЯПЕТ

Среднее расстояние до планеты	3 561 300 км
Экваториальный диаметр	1 436 км
Период обращения вокруг планеты	79,33 земных суток

Открыт Джованни Кассини в 1671.

### КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ



ТИТАН



РЕЯ



ЯПЕТ



ДИОНА



ТЕФИЯ



## САТУРН

Среднее расстояние от Солнца	1 426,7 млн. км
Масса	5,68 10 <sup>26</sup> кг
Плотность	0.7 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	120 536 км
Эффективная температура	95 К
Период вращения вокруг оси	0,44 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	29,4 земных лет

Известен людям с древности.

Сатурн имеет 47 спутников (июль 2005) и 8 колец.



## ДИОНА

Среднее расстояние до планеты	377 400 км
Экваториальный диаметр	1 118 км
Период обращения вокруг планеты	2,74 земных суток

Открыта Джованни Кассини в 1684.

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ



ТИТАН



РЕЯ



ЯПЕТ



ДИОНА



ТЕФИЯ



## САТУРН

Среднее расстояние от Солнца	1 426,7 млн. км
Масса	5,68 10 <sup>26</sup> кг
Плотность	0.7 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	120 536 км
Эффективная температура	95 К
Период вращения вокруг оси	0,44 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	29,4 земных лет

Известен людям с древности.  
Сатурн имеет **47** спутников (июль 2005) и **8** колец.



## ТЕФИЯ

Среднее расстояние до планеты	294 660 км
Экваториальный диаметр	1 060 км
Период обращения вокруг планеты	1,89 земных суток

Открыта Джованни Кассини в 1684.

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ

	ТИТАН
	РЕЯ
	ЯПЕТ
	ДИОНА
	ТЕФИЯ



## ЮПИТЕР

Среднее расстояние от Солнца	778,4 млн. км
Масса	$1,9 \cdot 10^{27}$ кг
Плотность	1.33 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	142 984 км
Эффективная температура	125 К
Период вращения вокруг оси	0,41 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	11,86 земных лет

Известен людям с древности.

Юпитер имеет **63** спутника и **4** кольца.



## ГАНИМЕД

Среднее расстояние до планеты	1 070 000 км
Экваториальный диаметр	5 262 км
Период обращения вокруг планеты	7,15 земных суток

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ

	ГАНИМЕД
	КАЛЛИСТО
	ИО
	ЕВРОПА





## ЮПИТЕР

Среднее расстояние от Солнца	778,4 млн. км
Масса	$1,9 \cdot 10^{27}$ кг
Плотность	1.33 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	142 984 км
Эффективная температура	125 К
Период вращения вокруг оси	0,41 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	11,86 земных лет

Известен людям с древности.

Юпитер имеет **63** спутника и **4** кольца.



## КАЛЛИСТО

Среднее расстояние до планеты	1 883 000 км
Экваториальный диаметр	4 821 км
Период обращения вокруг планеты	16,69 земных суток

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ



ГАНИМЕД



КАЛЛИСТО



ИО



ЕВРОПА



## ЮПИТЕР

Среднее расстояние от Солнца	778,4 млн. км
Масса	$1,9 \cdot 10^{27}$ кг
Плотность	1.33 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	142 984 км
Эффективная температура	125 К
Период вращения вокруг оси	0,41 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	11,86 земных лет

Известен людям с древности.

Юпитер имеет **63** спутника и **4** кольца.



### ИО

Среднее расстояние до планеты	422 000 км
Экваториальный диаметр	3 643 км
Период обращения вокруг планеты	1,77 земных суток

### КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ



ГАНИМЕД



КАЛЛИСТО



ИО



ЕВРОПА



## ЮПИТЕР

Среднее расстояние от Солнца	778,4 млн. км
Масса	$1,9 \cdot 10^{27}$ кг
Плотность	1,33 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	142 984 км
Эффективная температура	125 К
Период вращения вокруг оси	0,41 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	11,86 земных лет

Известен людям с древности.  
Юпитер имеет **63** спутника и **4** кольца.



## ЕВРОПА

Среднее расстояние до планеты	671 000 км
Экваториальный диаметр	3 122 км
Период обращения вокруг планеты	3,55 земных суток

## КРУПНЕЙШИЕ СПУТНИКИ

-  ГАНИМЕД
-  КАЛЛИСТО
-  ИО
-  ЕВРОПА





## ЗЕМЛЯ

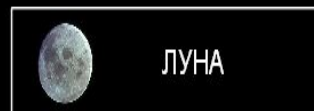
Среднее расстояние от Солнца	149,6 млн. км
Масса	$5,974 \cdot 10^{24}$ кг
Плотность	5,52 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	12 756 км
Минимальная температура поверхности	185 К
Максимальная температура поверхности	331 К
Период вращения вокруг оси	0,997 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	365,24 земных суток



## ЛУНА

Среднее расстояние до планеты	384 403 км
Экваториальный диаметр	3 474,8 км
Период обращения вокруг оси	23,72 земных суток
Период обращения	23,72

## СПУТНИК



ЛУНА





### МАРС

Среднее расстояние от Солнца	227,9 млн. км
Масса	6,41 10 <sup>23</sup> кг
Плотность	3,94 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	6 794 км
Минимальная температура поверхности	186 К
Максимальная температура поверхности	268 К
Период вращения вокруг оси	1,026 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	686,9 земных суток

Известен людям с древности.  
 Марс имеет 2 спутника



### ФОБОС

Среднее расстояние до планеты	6 000 км
Размеры	26,8 x 22,4 x 18,4 км
Период обращения вокруг планеты	0,32 земных суток

### СПУТНИКИ



Открыт Асафом Уолденом в 1877



### МАРС

Среднее расстояние от Солнца	227,9 млн. км
Масса	6,41 10 <sup>23</sup> кг
Плотность	3,94 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	6 794 км
Минимальная температура поверхности	186 К
Максимальная температура поверхности	268 К
Период вращения вокруг оси	1,026 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	686,9 земных суток

Известен людям с древности.  
 Марс имеет 2 спутника

### ДЕЙМОС

Среднее расстояние до планеты 20 000 км

Размеры 15 x 12,2 x 10,4 км

Период обращения вокруг планеты 1,26 земных суток



### СПУТНИКИ



ФОБОС



ДЕЙМОС



## ВЕНЕРА

Среднее расстояние от Солнца	108,2 млн. км
Масса	$4,87 \cdot 10^{24}$ кг
Плотность	5,24 г/см <sup>3</sup>
Экваториальный диаметр	12 103 км
Минимальная температура поверхности	670 К
Максимальная температура поверхности	800 К
Период вращения вокруг оси	243 земных суток
Период обращения вокруг Солнца	224,7 земных суток

Известна людям с древности.





## МЕРКУРИЙ

Среднее расстояние от Солнца

**58** млн. км

Масса

**3,3**  $10^{23}$  кг

Плотность

**5,43** г/см<sup>3</sup>

Экваториальный диаметр

**4 879** км

Минимальная температура поверхности

**100** К

Максимальная температура поверхности

**700** К

Период вращения вокруг оси

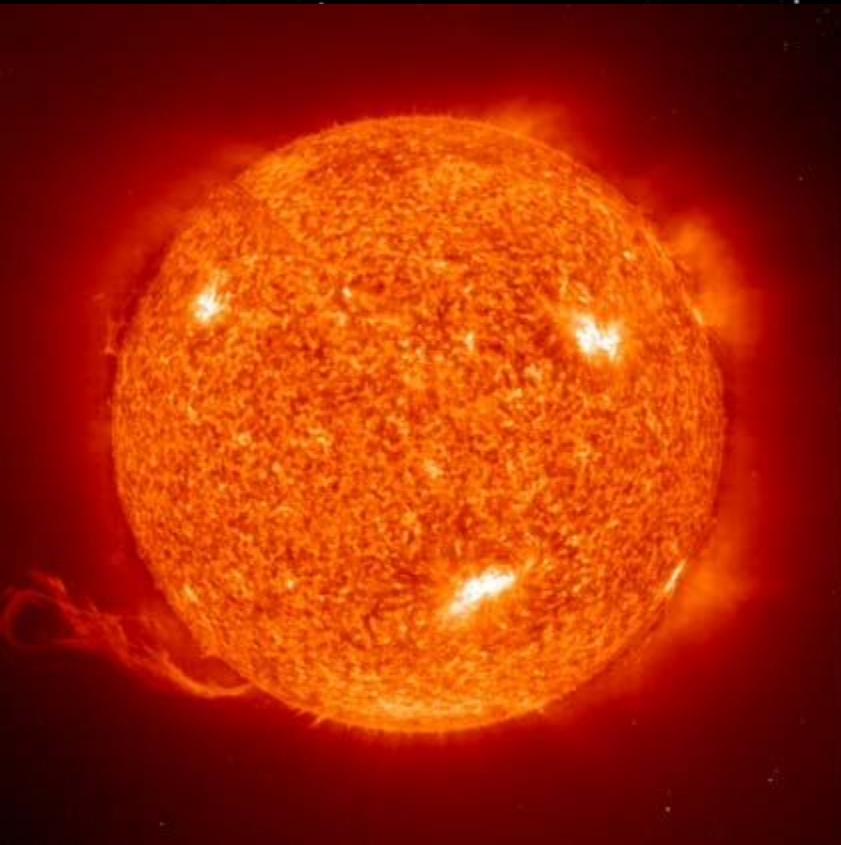
**58,6** земных суток

Период обращения вокруг Солнца

**88** земных суток

Известен людям с древности.





Изображение  
Солнца,  
полученное 14  
сентября 1997 года  
с борта  
беспилотной  
космической  
обсерватории SOHO  
(Solar and Heliospheric  
Observatory)  
Европейского  
космического  
агентства и НАСА  
(США)

СОЛНЦЕ, центральное тело Солнечной системы, раскаленный плазменный шар, типичная звезда-карлик спектрального класса G2; масса  $M_{\odot} \sim 2 \cdot 10^{30}$  кг, радиус  $R_{\odot} = 696$  т. км, средняя плотность  $1,416 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, светимость  $L_{\odot} = 3,86 \cdot 10^{23}$  кВт, эффективная температура поверхности (фотосферы) ок. 6000 К

Период вращения (синодический) изменяется от 27 сут на экваторе до 32 сут у полюсов, ускорение свободного падения  $274 \text{ м/с}^2$ .

Химический состав, определенный из анализа солнечного спектра: водород — ок. 90%, гелий — 10%, остальные элементы — менее 0,1% (по числу атомов).

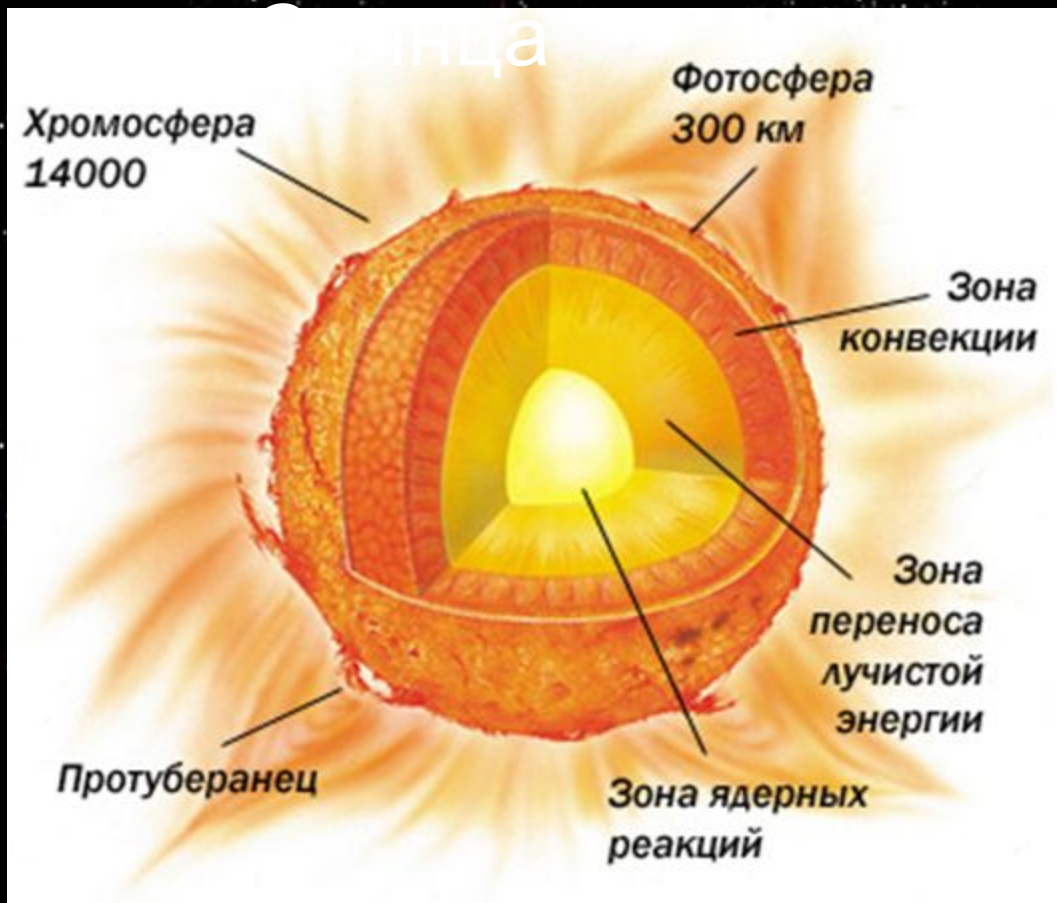


Источник солнечной энергии —  
ядерные превращения водорода в  
гелий в центральной области  
Солнца, где температура 15 млн. К.  
Энергия из недр переносится  
излучением, а затем во внешнем  
слое толщиной ок.  $0,2 R_{\odot}$  —  
конвекцией.



# Строение

## Солнца

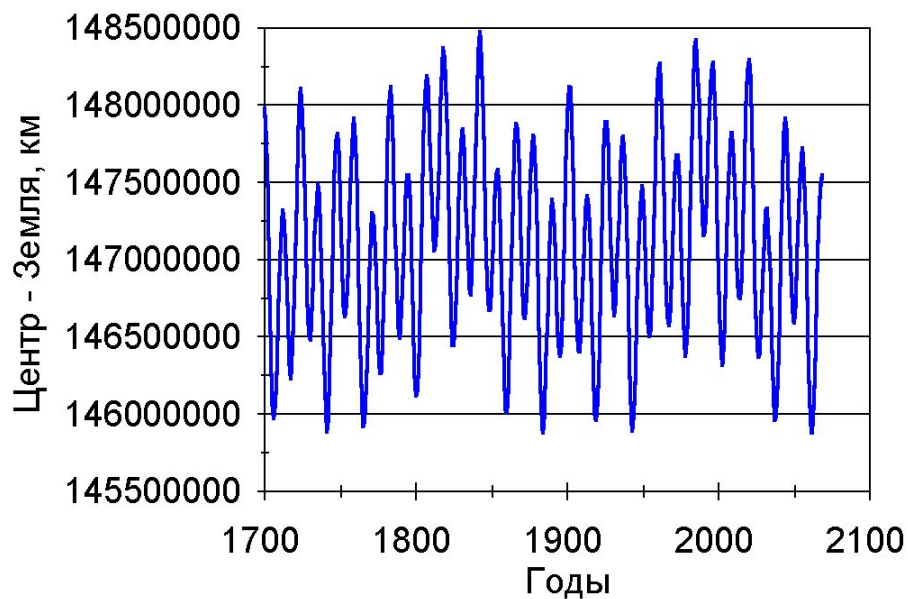


Солнце излучает энергию в широком диапазоне. Солнце является переменной звездой, т.е. таким объектом, физические характеристики которого, например, светимость изменяются во времени.

Изменение физических характеристик Солнца имеют весьма сложный характер. Ниже приведены результаты расчетов, показывающих, что за время существования Солнца на главной последовательности его радиус увеличился на 4%, а светимость на 60%. Эти расчеты целесообразно учитывать в рассуждениях и моделировании эволюции климата. К физической изменчивости Солнца относятся и все процессы, связанные с Солнечной активностью.



Положение Солнца на диаграмме температура – светимость. Схема.

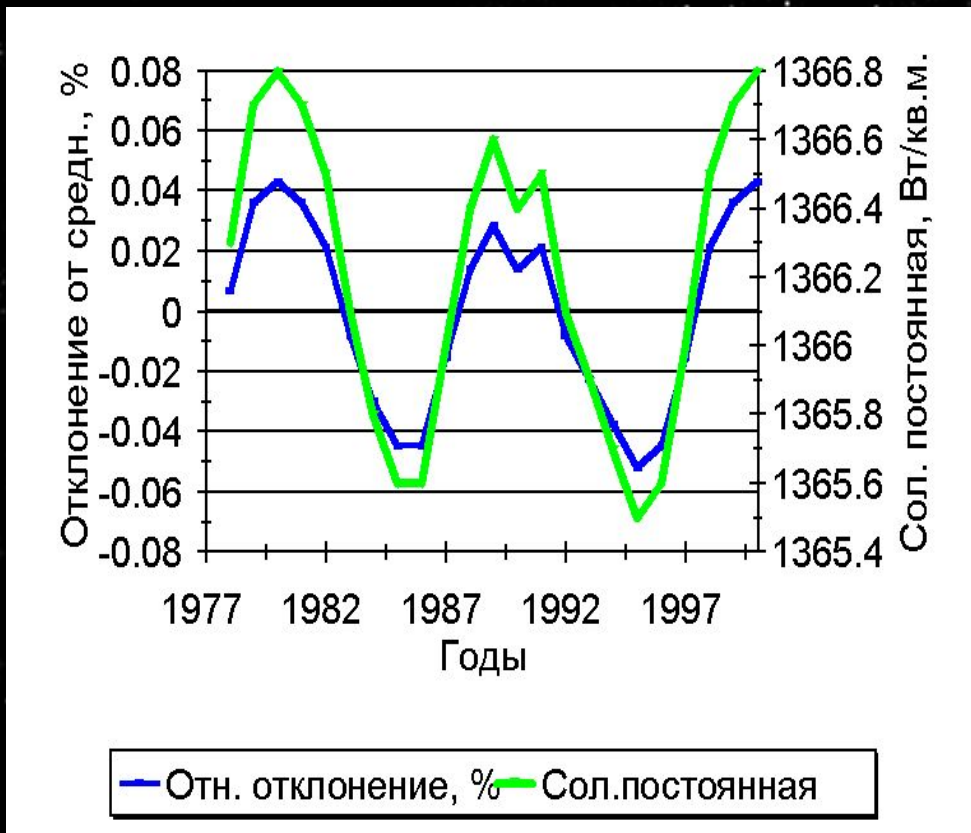


Расстояние от центра масс  
Солнечной системы до Земли, км.

За триста лет Земля удалилась от Солнца – в 1700 году это расстояние составляло 147080000 км, в 2000 году – 147102000 км.



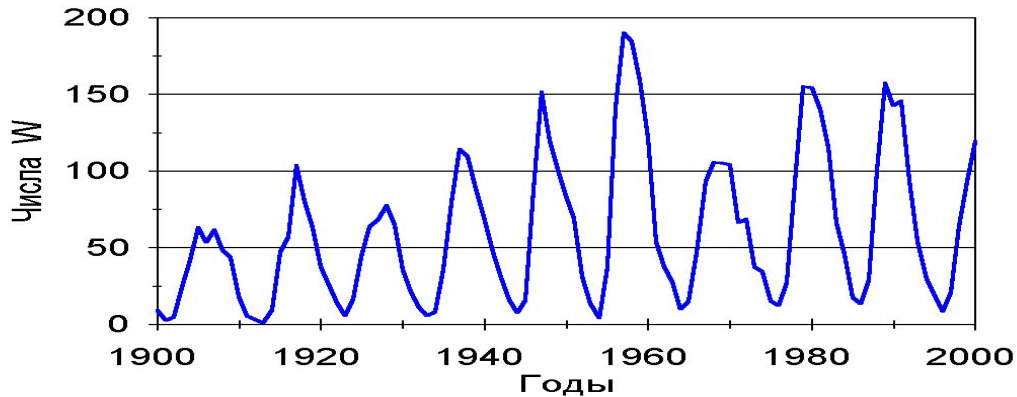
Количество энергии Солнца, испускаемое во всем диапазоне и получаемое по нормали единичной площадкой на границе земной атмосферы для среднего расстояния от Земли до Солнца в единицу времени, называется Солнечной постоянной. Величина Солнечной постоянной  $S$ .



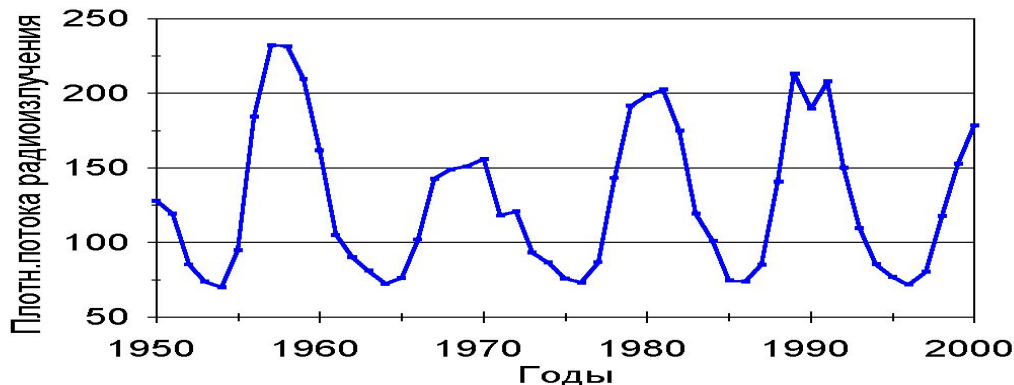
Временной ход солнечной постоянной, графическое усреднение



Количественно явления солнечной активности характеризуют условными индексами, например относительными числами солнечных пятен (числа Вольфа) или потоком радиоизлучения на волне 10.7 см. (частота 2800 МГц). Солнечная активность имеет устойчивый волнообразный, пульсационный характер.

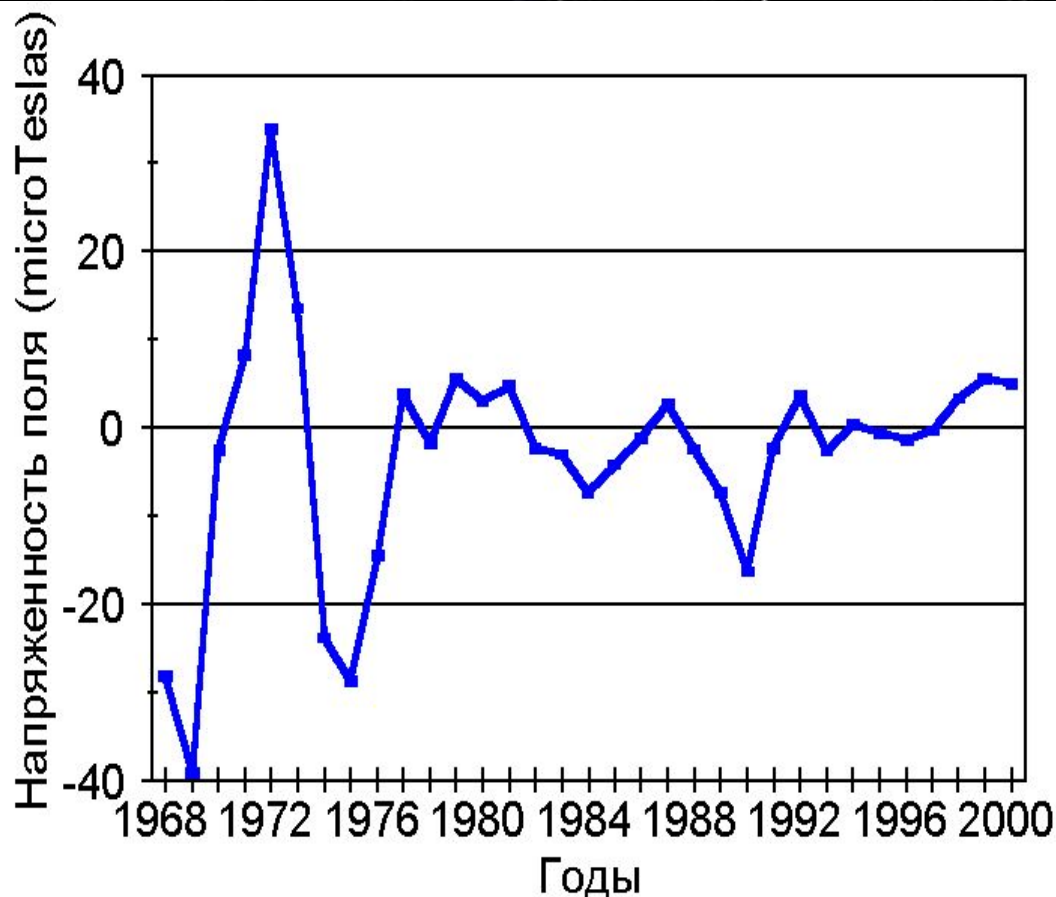


Временной ход среднегодовых значений чисел Вольфа за 1900 – 2000 годы



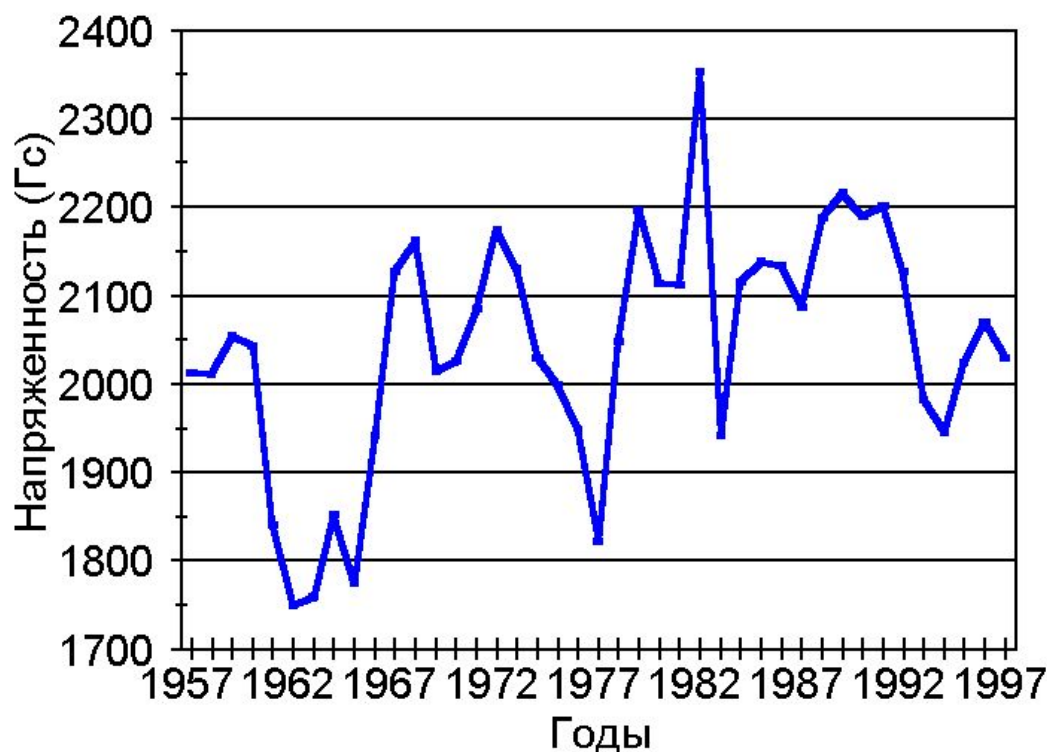
Поток радиоизлучения 2800 МГц в единицах sfu.

Представление о том, что у Солнца есть постоянное дипольное магнитное поле, возникло в позапрошлом столетии. Практические наблюдения и измерения магнитных полей на Солнце начаты в 1908 году Хэлом, систематические измерения выполняются с 1968 года в обсерваториях КрАО и Stanford.



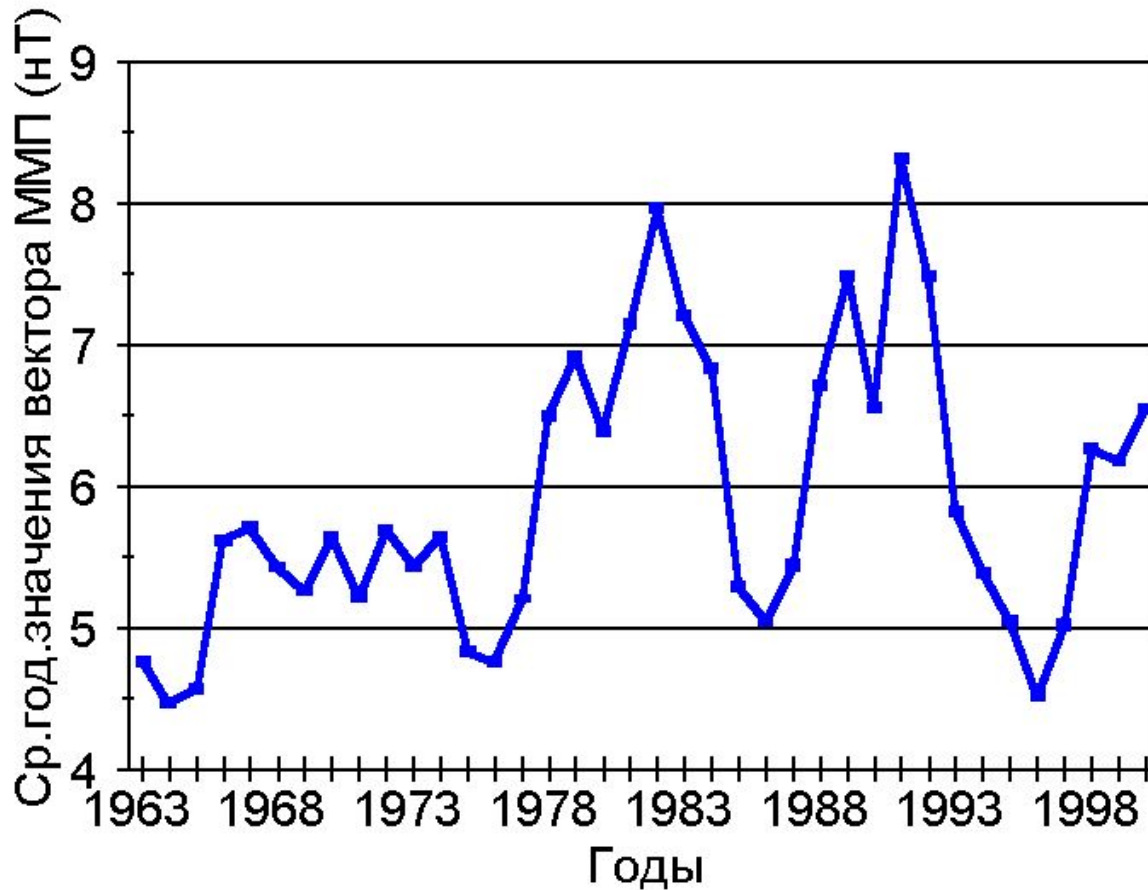
Временные вариации среднегодовых значений напряженности общего магнитного поля Солнца. 1968 – 1976 годы по материалам обсерватории КрАО, 1977 – 2000 годы по материалам обсерватории Stanford.

Предметом особых наблюдений и исследований являются магнитные поля солнечных пятен. Пятнам присущи наиболее сильные поля, напряженность коих достигает 5000 эрстед. Эти поля подчиняются определенным законам изменения полярности с циклом солнечной активности. При наблюдениях таких полей регистрируют их полярность и напряженность.



Временные вариации среднегодовых значений напряженности магнитного поля солнечных пятен (полярность северная) за 1957 – 1997 годы по материалам наблюдений обсерватории Пулково

Солнечное магнитное поле, выносимое расширяющейся плазмой, образует межпланетное магнитное поле.



Среднегодовые значения вектора межпланетного магнитного поля.



# Строение звезд

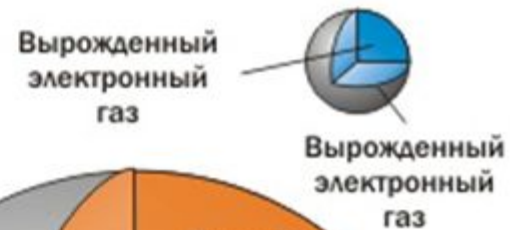
Звезда класса F

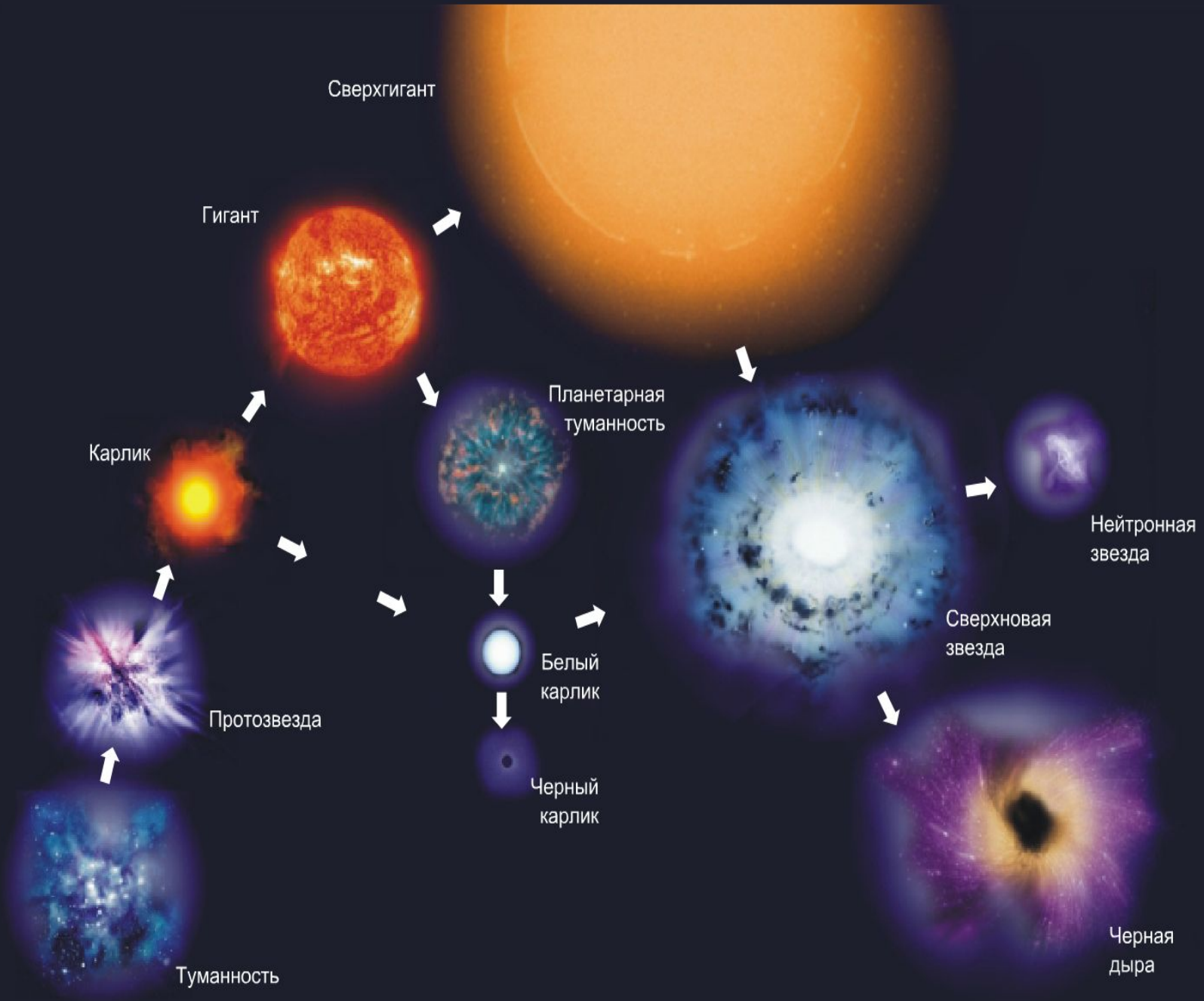


Солнце



Белый карлик





Сверхгигант

## Туманность

Началом эволюции звёзд служат галактические молекулярные облака (ГМО) массой до миллиона солнечных и объёмом до сотен кубических световых лет, из которых образуются большие скопления и группы скоплений звёзд, либо глобулы - компактные облака газа массой до сотни солнечных, из которых образуются небольшие скопления. Эти относительно холодные облака под действием гравитации постепенно сжимаются в отдельные сгустки, из которых образуются протозвёзды.

Карлик

Нейтронная звезда

карлик

Черная дыра

Туманность



## Протозвезда



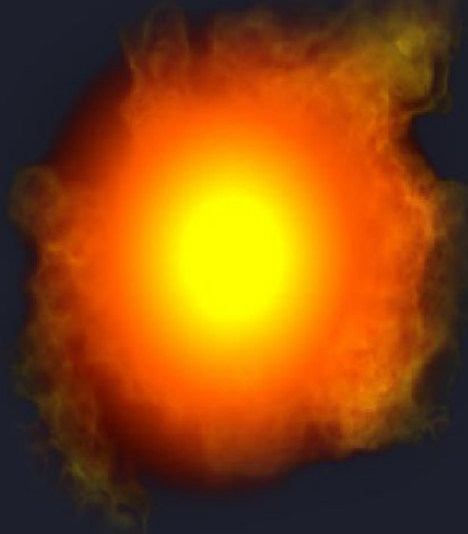
Обособленные сгустки холодного газа, на которые распадается сжимающаяся туманность, называют протозвездами. Непрозрачная для всех, кроме инфракрасного, излучений протозвезда продолжает сжиматься и больше не фрагментирует. Во время сжатия протозвезда нагревается, однако проходящее сквозь неё инфракрасное излучение уносит излишки теплоты, поэтому давление внутри сжимающейся протозвезды не увеличивается. Протозвезда, уменьшаясь, становится всё непрозрачнее для инфракрасного излучения, и постепенно переходит во второй этап развития, начиная нагреваться изнутри. Сжатие замедляется. С ростом температуры газ в недрах протозвезды превращается в плазму, а при нескольких миллионах градусов начинаются термоядерные реакции. Сжатие прекращается и протозвезда становится звездой-карликом.

онная  
а



Сверхгигант

## Карлик



Звезда, только что родившаяся из протозвезды, называется карликом из-за относительно малых по сравнению с гигантами размеров. В зависимости от температуры, звезды-карлики на этом этапе развития бывают желтыми, оранжевыми, красными. Наше Солнце - желтый карлик. Во время термоядерных реакций водород превращается в гелий. Если масса карлика меньше половины солнечной, то он сожмётся в гелиевый белый карлик с водородной оболочкой. При большей массе карлика по мере исчерпания водорода ядро продолжает сжиматься, выделяя при этом лучистую энергию. Эта энергия нагревает внешние слои звезды, и они начинают расширяться. Карлик разрастается до огромных размеров (в сотни раз) и становится гигантом.

нейтронная звезда

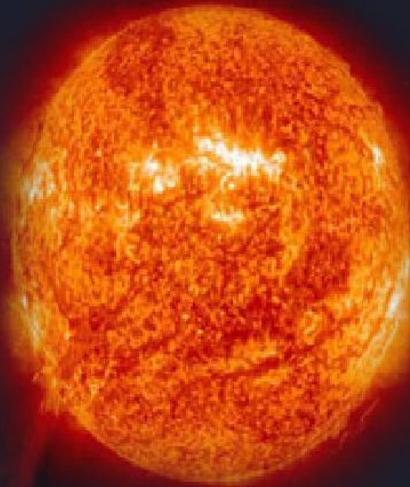
карлик

Туманность

Черная дыра



## Гигант



Размеры гигантов могут достигать тысячи солнечных, а массы - десятков. От массы гиганта зависит его дальнейшая эволюция. Чем тяжелее звезда, тем быстрее идут в её недрах ядерные реакции и тем горячее она. Самые горячие гиганты - голубые и бело-голубые (Ригель, Спика), самые холодные - красные (Арктур, Альдебаран). Время жизни гигантов относительно мало - до нескольких сотен миллионов лет. По мере сжатия ядра достигается температура, достаточная для синтеза углерода. Если масса звезды не превосходит 8 солнечных, то возрастающее давление ядра уравнивает сжатие, и ядро становится углеродно-кислородным белым карликом. Внешние слои гиганта сбрасываются и превращаются в планетарную туманность. При больших массах гигантов возможно два случая: если температура ядра достаточна для синтеза кислорода и более тяжёлых элементов, то звезда продолжает расширяться и превращается в сверхгигант. Если же температура недостаточна, то ядро стремительно сжимается. Выделяющаяся при этом энергия многократно больше энергии, выделяющейся при термоядерных реакциях, и внешняя оболочка звезды разлетается за несколько микросекунд - происходит взрыв сверхновой звезды.

онная  
а

Сверхгигант

## Сверхгигант

Термоядерные реакции в сверхгигантах продолжаются вплоть до синтеза железа. Синтез ядер более тяжёлых элементов происходит не с выделением энергии, а с поглощением, в результате чего, так же как и в случае массивных гигантов, происходит взрыв сверхновой. Разделение звёзд на гиганты и сверхгиганты условное; крупные звёзды (Бетельгейзе, Антарес и др.) часто относят как к гигантам, так и к сверхгигантам. По диаметру некоторые сверхгиганты в 400-800 раз больше Солнца.

Карли

Нейтронная звезда

ая

карлик

Черная дыра

Туманность



Сверхгигант

## Планетарная туманность

Система из звезды (ядро туманности) и окружающей её газовой оболочки. Название отражает их внешнее сходство с дисками внешних планет (Сатурн, Уран и др.). Оболочка - ионизированное газовое облако, имеющее массу около 0,1 солнечных, медленно расширяется под давлением нагретого газа, постепенно разрежаясь и уменьшая свечение вплоть до невидимости. За это время радиус ядра туманности уменьшается от 10 до 0,03 солнечных. После этого давление вырожденного газа уравнивает гравитацию, и ядро становится белым карликом.



Карл



карлик

Нейтронная звезда

Туманность

Черная дыра



Сверхгигант

## Белый карлик



В белых карликах не происходит термоядерных реакций, и их яркое излучение вызвано только тепловым движением атомов. Со временем белые карлики остывают, становятся жёлтыми, красными и, в конце концов, чёрными. В случае аккреции на поверхность белого карлика вещества с соседних звёзд он может потерять равновесие и превратиться в нейтронную звезду - со вспышкой сверхновой или без неё.

Карлик



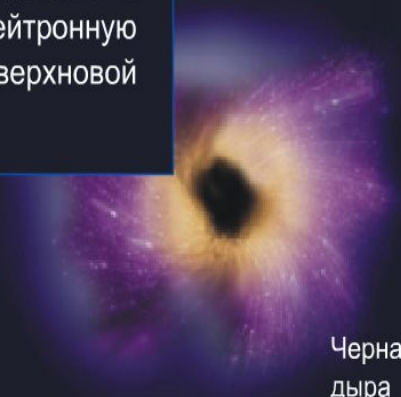
Туманность

карлик



Нейтронная звезда

Сверхновая звезда



Черная дыра

Сверхгигант

## Чёрный карлик

Чёрные карлики - конечный этап эволюции звёзд с массой, близкой к солнечной, наступающий после окончательного остывания белого карлика и исчерпания им энергии, необходимой для свечения.

Карлик

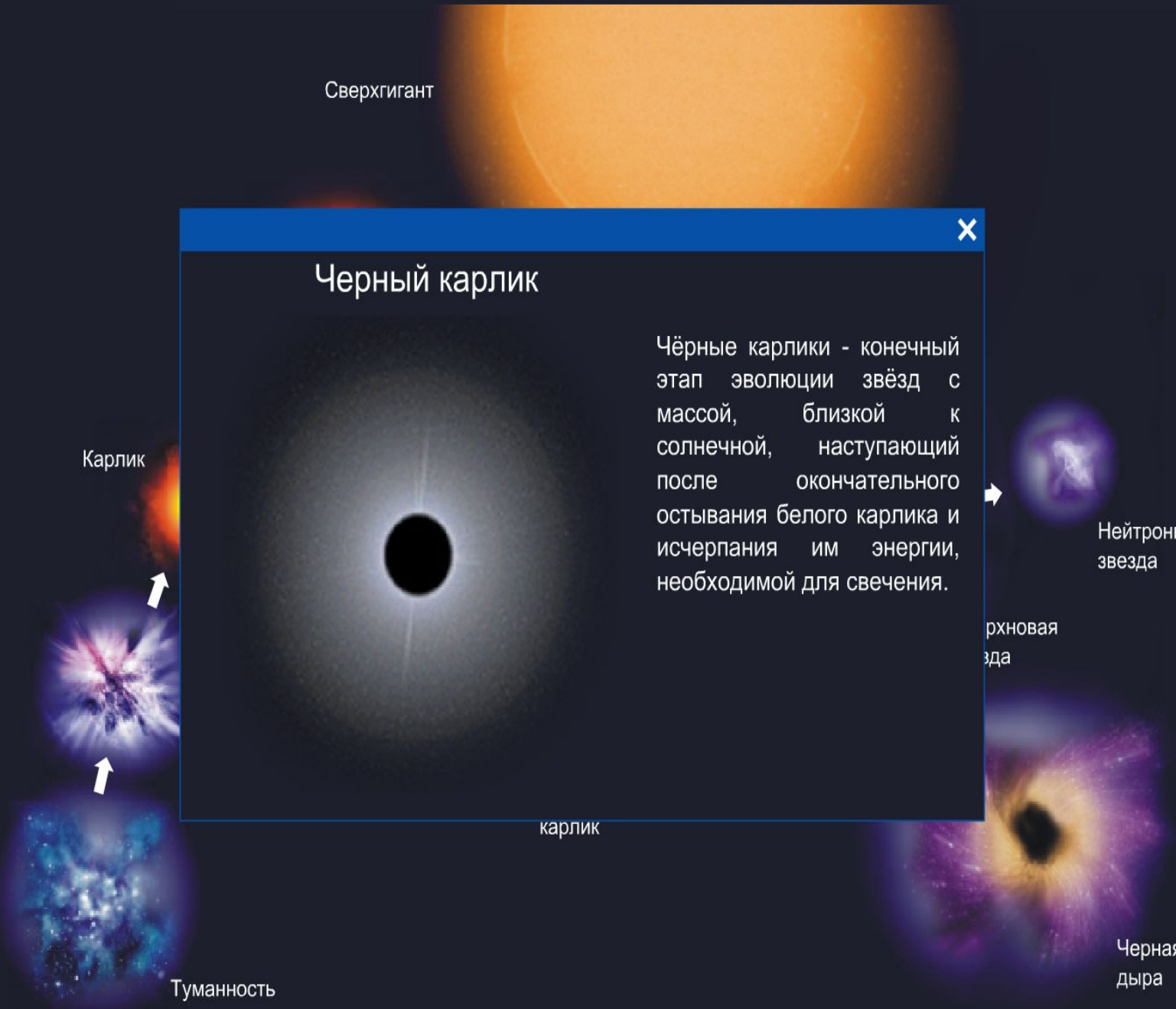
Нейтронная звезда

Сверхновая звезда

карлик

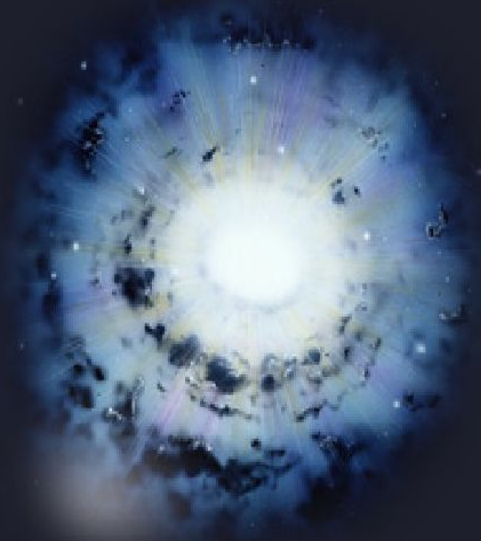
Черная дыра

Туманность



Сверхгигант

## Сверхновая звезда



Сверхновые звёзды делятся на два типа. Первый из них - результат аккреции вещества на поверхность белых карликов. Сверхновые второго типа образуются в процессе стремительного сжатия ядра гигантов и сверхгигантов - коллапса. Свечение звезды на несколько дней увеличивается в миллионы раз и может превысить общую светимость всех звёзд галактики. В самом ядре, по мере сжатия, протоны сливаются с электронами, превращаясь в нейтроны. Если масса ядра меньше 2,7 солнечных, то давление нейтронов уравнивает гравитацию и образуется нейтронная звезда в первой стадии развития - пульсар. При больших массах ядра продолжают неограниченно сжиматься и превращаются в чёрные дыры. В нашей Галактике вспышки сверхновых наблюдаются примерно раз в 30 лет.

нейтронная  
звезда

Туманность

Черная  
дыра



Сверхгигант

## Нейтронная звезда

Нейтронная звезда образуется из ядер массивных звёзд после исчерпания в них ядерного горючего. За доли секунды вещество сжимается до ядерных плотностей, при этом протоны и электроны сливаются в нейтроны. Резко возрастает частота вращения и магнитное поле, в результате чего звезда становится пульсаром - излучает импульсы электромагнитной энергии в радиодиапазоне. За несколько миллионов лет нейтронные звёзды замедляют вращение и перестают пульсировать. В случае увеличения массы нейтронной звезды выше 3 солнечных (например, при аккреции с соседних звёзд) она может потерять равновесие и сжаться в чёрную дыру.

Нейтронная звезда

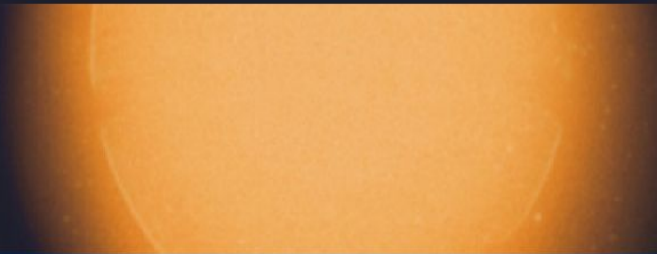
карлик

Туманность

Черная дыра



Сверхгигант



### Черная дыра

Чёрные дыры - конечный этап эволюции массивных звёзд, результат гравитационного коллапса. Гравитационное поле чёрных дыр настолько велико, что вторая космическая скорость на их поверхности должна была бы превышать скорость света, поэтому чёрные дыры не может покинуть ни вещество, ни излучение. Чёрные дыры можно обнаружить по рентгеновскому излучению, исходящему от вещества, с огромным ускорением падающего на их поверхность. Такие источники излучения в настоящее время обнаружены в центрах галактик.

Кар.

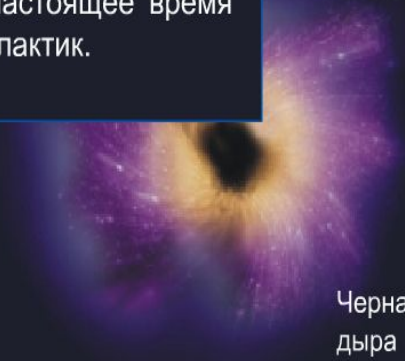


карлик

Нейтронная звезда



Черная дыра



Туманность











# Библиография:

1. Грибб А. А. «КСЕ лабораторных знаний»
2. Найдыш В. М. «КСЕ»
3. Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия 2009
4. Хокин «Черные дыры»
5. Эйгенсон М.С. «Солнце, погода и климат»
6. Эйгенсон М.С. «Очерки физико-географических проявлений солнечной активности»
7. Rishbeth H. «The centenary of solar-terrestrial physics.»
8. Галкин А.И., Куклин Г.В., Пономарев Е.А., «Солнечно-земная физика - новая наука»
9. Вальдмайер М. «Результаты и проблемы исследования Солнца»
10. Витинский Ю.И. «Цикличность и прогнозы солнечной активности»
11. Nieves Ortiz de Adler, Ana G. Elias, Jose R. Manzano, «Solar cycle length variation.»
12. Брандж Дж., Ходж П. «Астрофизика солнечной системы.»
13. Макарова Е.А., Харитонов А.В. «Распределение энергии в спектре Солнца и солнечная постоянная»
14. Макарова Е.А., Харитонов А.В., Казачевская Т.В. «Поток солнечного излучения»
15. Fröhlich C. and Lean J. «The Sun's total irradiance: Cycles and trends in the past two decades and associated climate change uncertainties»
16. Sveshnikov M.L. «Variations of the solar radius from transits of Mercury through the Sun's disk» и многие другие