



# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЫ

Профессор

Засов Анатолий Владимирович

# ОТКУДА АСТРОНОМЫ УЗНАЛИ О МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЕ?

Можно ли увидеть ее следы глазом или в  
небольшой телескоп?



Бетельгейзе

Беллатрикс

Саиф

Ригель

- Туманность Ориона
- Открыта:
- Фабри́ де Пейрэск
- 1610
  
- Расстояние 1300 св.лет
- Диаметр ~ 20 св.лет

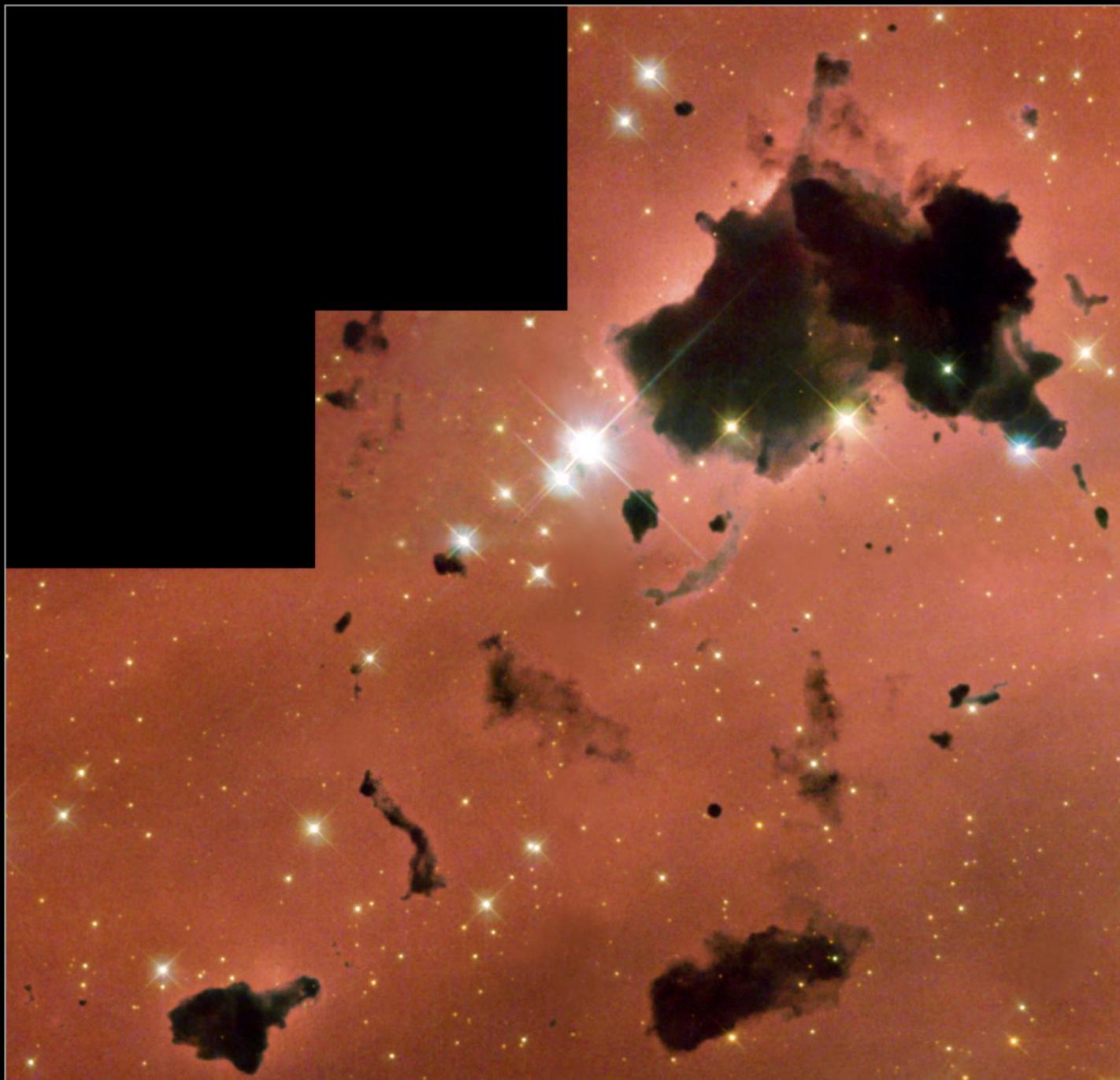








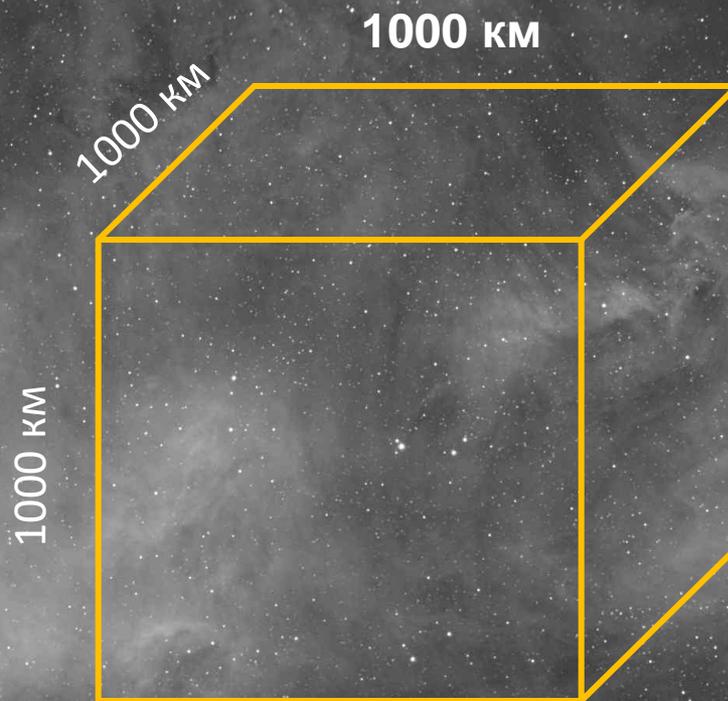
Thackeray's Globules in IC 2944



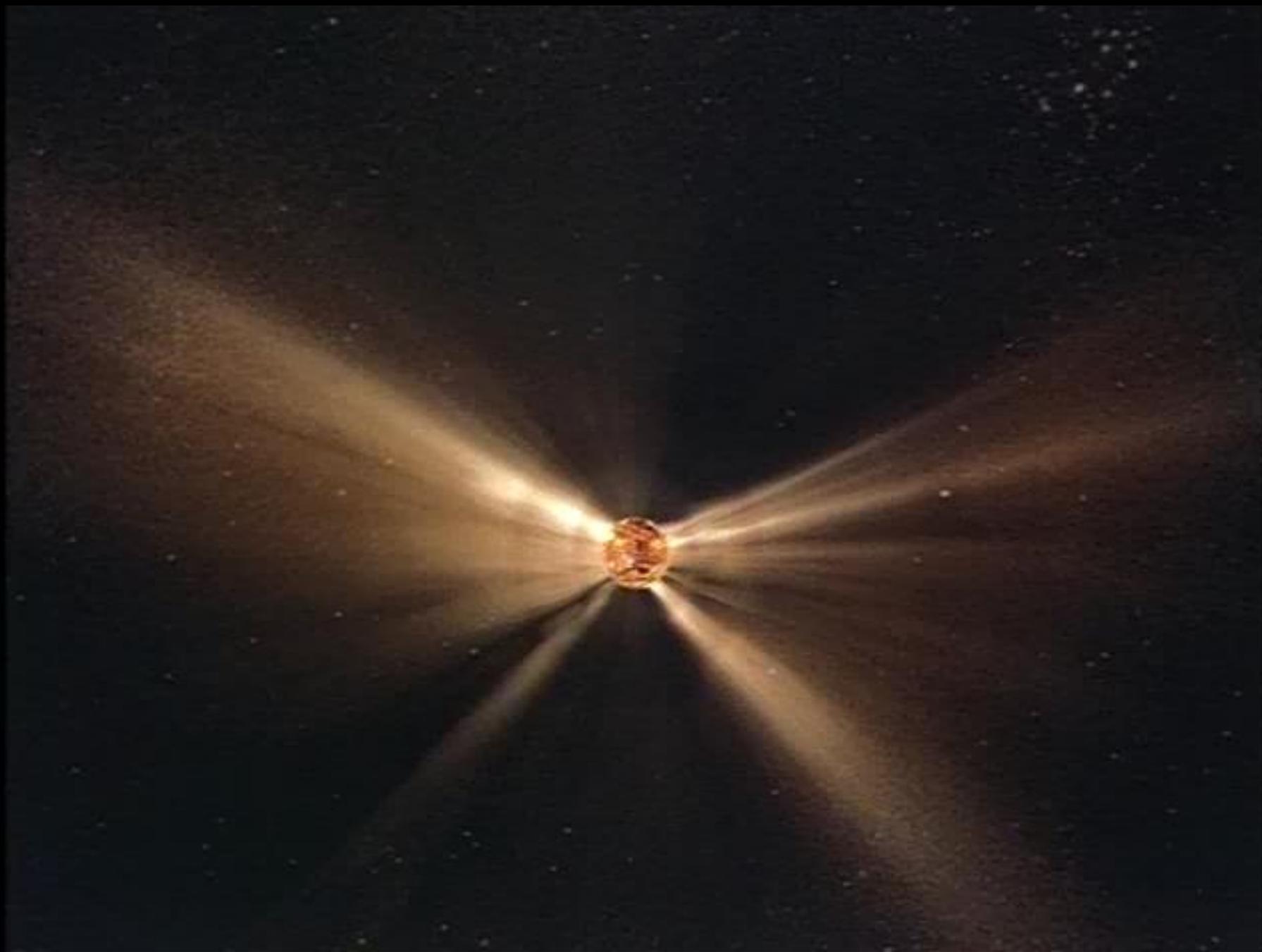


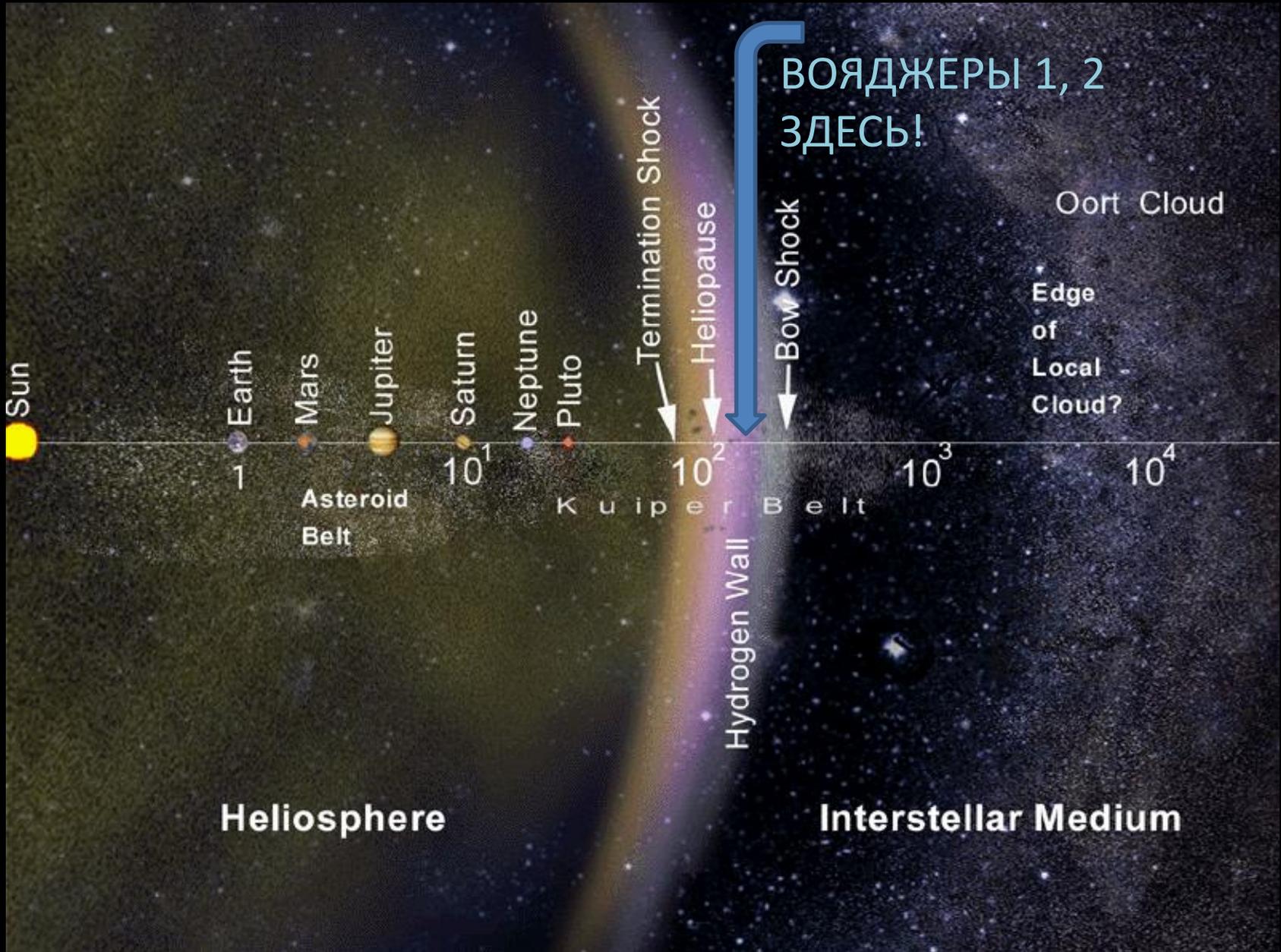


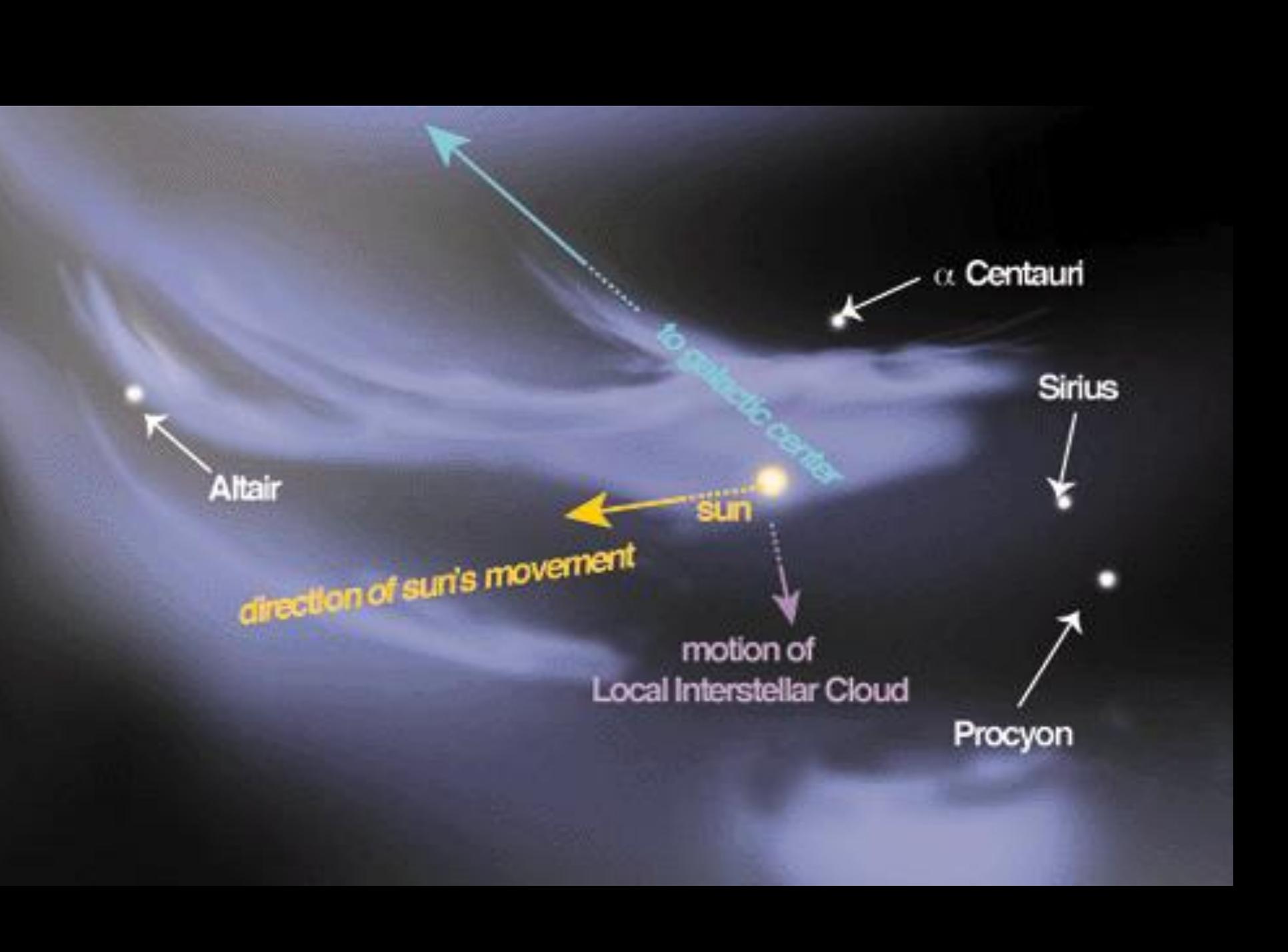
**ВНУТРИ КУБА 1000x1000x1000км  
– в среднем ВСЕГО 1 ГРАММ ВЕЩЕСТВА!!!**



- Межзвездная среда, как и межпланетная среда, содержит разреженный газ, пыль, и космические лучи.
- *Вопрос:*
- *Чем отличается межзвездная среда от межпланетной среды?*







Altair

$\alpha$  Centauri

Sirius

sun

direction of sun's movement

motion of  
Local Interstellar Cloud

Procyon

to galactic center

# Главные физические характеристики межзвездного газа

- Химический состав газа
- Температура газа
- Плотность (или концентрация частиц) газа
- Состояние газа (нейтральное, молекулярное, или ионизованное)

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

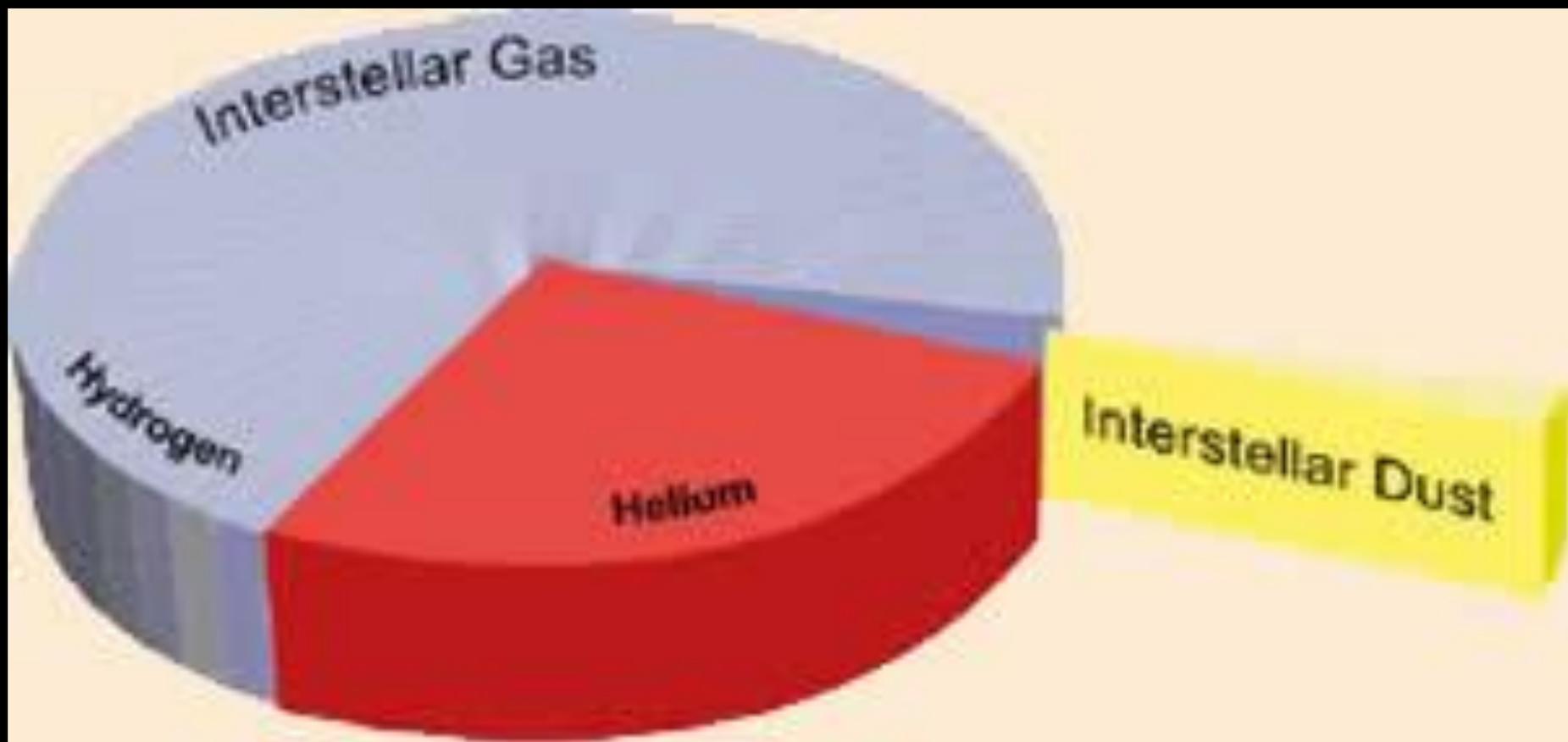
ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В													
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
1	1	<b>H</b> Hydrogenium Водород								<b>He</b> Helium Гелий	<p>Символ элемента Относительная атомная масса Периодический номер Имя элемента Распределение электронов на энергетических уровнях</p>				
2	2	<b>Li</b> Lithium Литий	<b>Be</b> Beryllium Бериллий	<b>B</b> Borium Бор	<b>C</b> Carbonium Углерод	<b>N</b> Nitrogenium Азот	<b>O</b> Oxygenium Кислород	<b>F</b> Fluorum Фтор	<b>Ne</b> Neon Неон						
3	3	<b>Na</b> Natrium Натрий	<b>Mg</b> Magnesium Магний	<b>Al</b> Aluminium Алюминий	<b>Si</b> Silicium Кремний	<b>P</b> Phosphorus Фосфор	<b>S</b> Sulfur Сера	<b>Cl</b> Chlorium Хлор	<b>Ar</b> Argon Аргон						
4	4	<b>K</b> Kalium Калий	<b>Ca</b> Calcium Кальций	<b>Sc</b> Scandium Скандий	<b>Ti</b> Titanium Титан	<b>V</b> Vanadium Ванадий	<b>Cr</b> Chromium Хром	<b>Mn</b> Manganum Марганец	<b>Fe</b> Ferrum Железо	<b>Co</b> Cobaltum Кобальт		<b>Ni</b> Niccolum Никель			
	5	<b>Cu</b> Cuprum Медь	<b>Zn</b> Zincum Цинк	<b>Ga</b> Gallium Галлий	<b>Ge</b> Germanium Германий	<b>As</b> Arsenicum Мышьяк	<b>Se</b> Selenium Селен	<b>Br</b> Bromum Бром	<b>Kr</b> Kryptonum Криптон						
5	6	<b>Rb</b> Rubidium Рубидий	<b>Sr</b> Strontium Стронций	<b>Y</b> Yttrium Иттрий	<b>Zr</b> Zirconium Цирконий	<b>Nb</b> Niobium Ниобий	<b>Mo</b> Molybdaenum Молибден	<b>Tc</b> Technetium Технеций	<b>Ru</b> Ruthenium Рутений	<b>Rh</b> Rhodium Родий	<b>Pd</b> Palladium Палладий				
	7	<b>Ag</b> Argentum Серебро	<b>Cd</b> Cadmium Кадмий	<b>In</b> Indium Индий	<b>Sn</b> Stannum Олово	<b>Sb</b> Stibium Сурьма	<b>Te</b> Tellurium Теллур	<b>I</b> Iodum Йод	<b>Xe</b> Xenonum Ксенон						
6	8	<b>Cs</b> Cesium Цезий	<b>Ba</b> Barium Барий	<b>La*</b> Lanthanum Лантан	<b>Hf</b> Hafnium Гафний	<b>Ta</b> Tantalum Тантал	<b>W</b> Wolframium Вольфрам	<b>Re</b> Rhenium Рений	<b>Os</b> Osmium Осмий	<b>Ir</b> Iridium Иридий	<b>Pt</b> Platinum Платина				
	9	<b>Au</b> Aurum Золото	<b>Hg</b> Hydrargyrum Ртуть	<b>Tl</b> Thallium Таллий	<b>Pb</b> Plumbum Свинец	<b>Bi</b> Bismuthum Висмут	<b>Po</b> Polonium Полоний	<b>At</b> Astatium Астат	<b>Rn</b> Radonum Радон						
7	10	<b>Fr</b> Francium Франций	<b>Ra</b> Radium Радий	<b>Ac**</b> Actinium Актиний	<b>Rf</b> Rutherfordium Резерфордий	<b>Db</b> Dubnium Дубний	<b>Sg</b> Seaborgium Сиборгий	<b>Bh</b> Bohrium Борий	<b>Hs</b> Hassium Гасий	<b>Mt</b> Meitnerium Мейтнерий	<b>Ds</b> Darmstadtium Дармштадтий				
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		E <sub>2</sub> O	EO	E <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	EO <sub>2</sub>	E <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	EO <sub>3</sub>	E <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	EO <sub>4</sub>						
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					EH <sub>4</sub>	EH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> E	HE							
ЛАНТАНОИДЫ*		<b>Ce</b> Ceria Церий	<b>Pr</b> Praseodymium Протактиний	<b>Nd</b> Neodymium Неодим	<b>Pm</b> Promethium Прометий	<b>Sm</b> Samarium Самарий	<b>Eu</b> Europium Европий	<b>Gd</b> Gadolinium Гадолиний	<b>Tb</b> Terbium Тербий	<b>Dy</b> Dysprosium Диспрозий	<b>Ho</b> Holmium Гольмий	<b>Er</b> Erbium Эрбий	<b>Tm</b> Thulium Тулий	<b>Yb</b> Ytterbium Иттербий	<b>Lu</b> Lutetium Лютеций
АКТИНОИДЫ**		<b>Th</b> Thorium Торий	<b>Pa</b> Protactinium Протактиний	<b>U</b> Uranium Уран	<b>Np</b> Neptunium Нептуний	<b>Pu</b> Plutonium Плутоний	<b>Am</b> Americium Америций	<b>Cm</b> Curium Курций	<b>Bk</b> Berkelium Берклий	<b>Cf</b> Californium Калифорний	<b>Es</b> Einsteinium Эйнштейний	<b>Fm</b> Fermium Фермий	<b>Md</b> Mendelevium Менделеевий	<b>No</b> Nobelium Нобелий	<b>Lr</b> Lawrencium Лоренций

Interstellar Gas

Hydrogen

Helium

Interstellar Dust

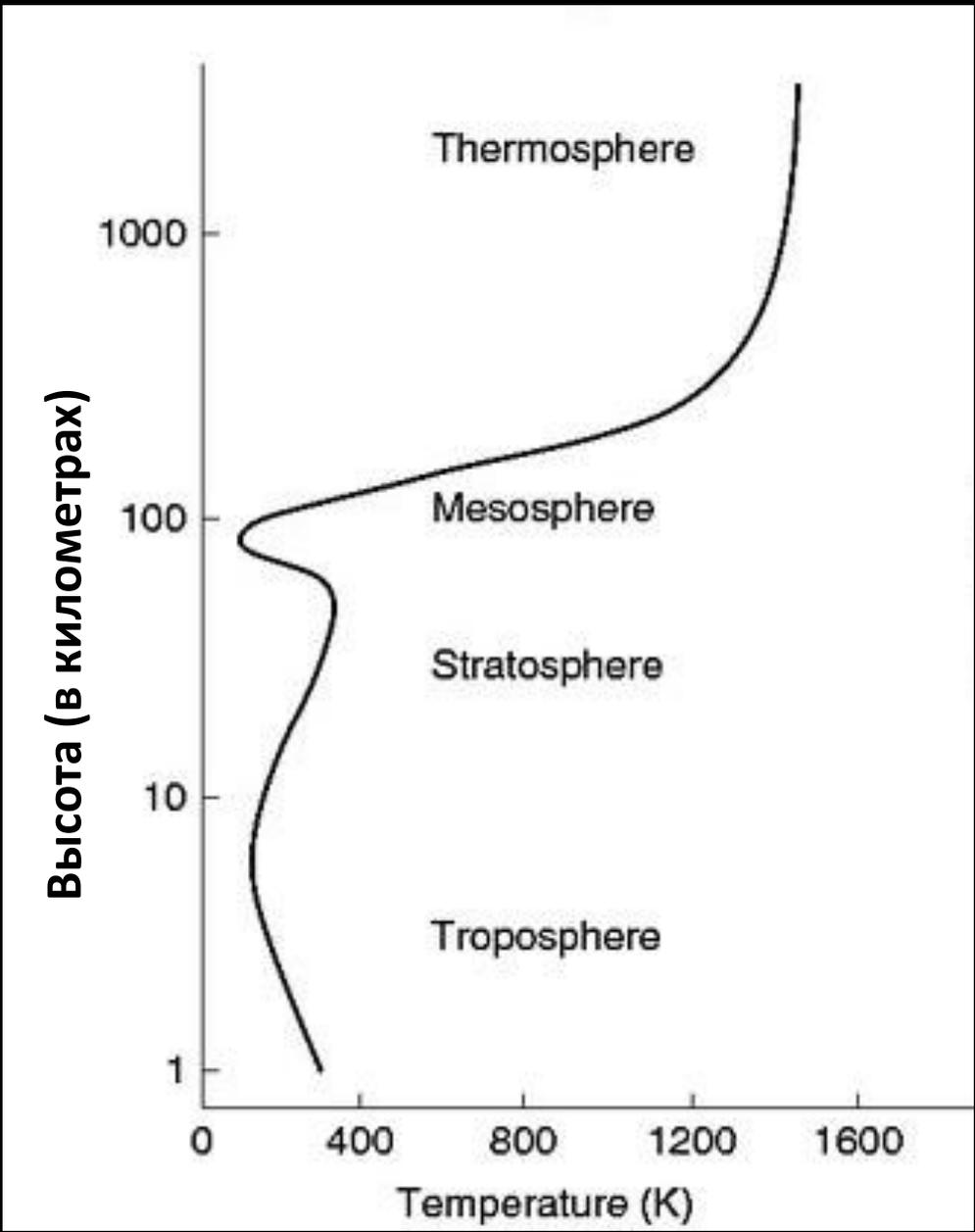


- ЧТО ОЗНАЧАЕТ «ХОЛОДНЫЙ» ИЛИ «ГОРЯЧИЙ» ГАЗ?
- ЧТО ПРОИСХОДИТ С АТОМАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ?
- КАКУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ИМЕЕТ МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ГАЗ?
- ЧТО НАГРЕВАЕТ и ЧТО ОХЛАЖДАЕТ ГАЗ?

- Самые простые свойства – у горячего газа (100 тысяч К и выше)
- Самые сложные свойства – у холодного газа (100К и ниже)
- Самые яркие спектральные линии – у теплого газа (несколько тысяч К)

Так  
на Земле  
меняется  
температура воздуха  
с высотой.

*Вопрос:  
Почему не плавятся  
спутники Земли?*



# МЕЖЗВЕЗДНАЯ СРЕДА: ЭТО ОПАСНО!

Помимо газа и пыли, это –  
жесткая радиация: космические лучи

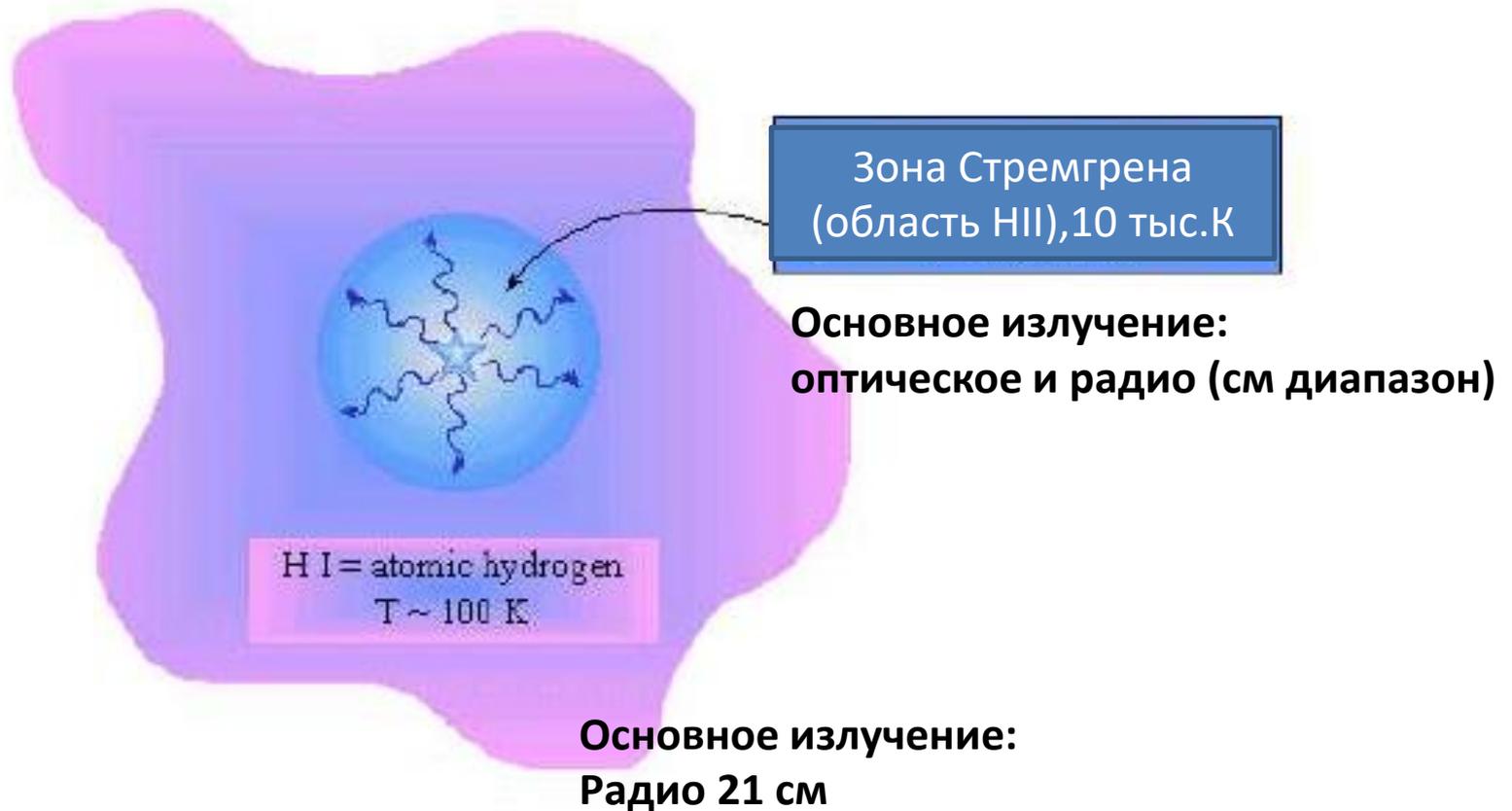
Протоны, электроны, альфа-частицы высоких энергий:

через любую поверхность площадью  $1 \text{ м}^2$

пролетает по всем направлениям

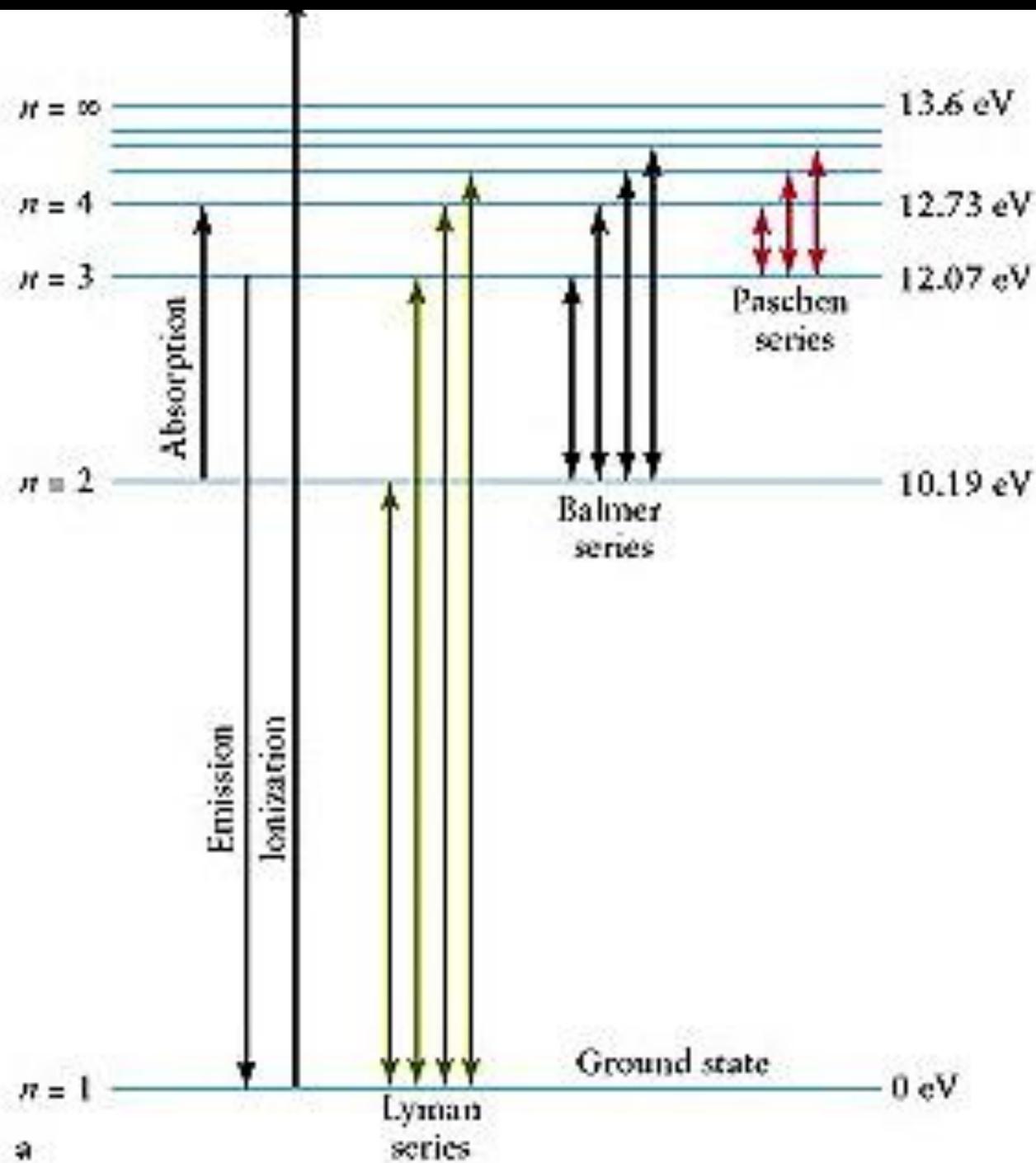
несколько сотен тысяч частиц ежесекундно

## ГАЗ «ТЁПЛЫЙ» И ХОЛОДНЫЙ

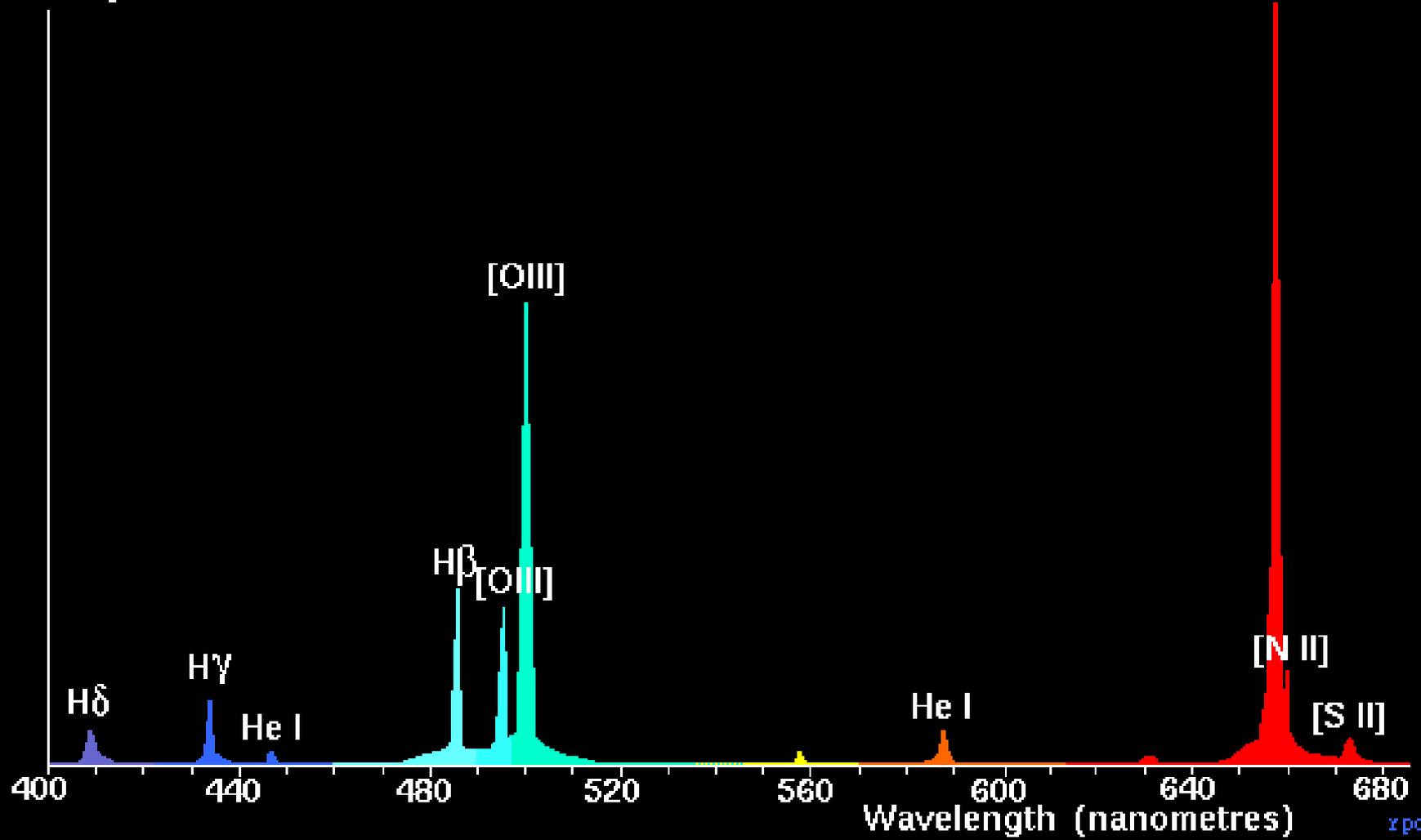








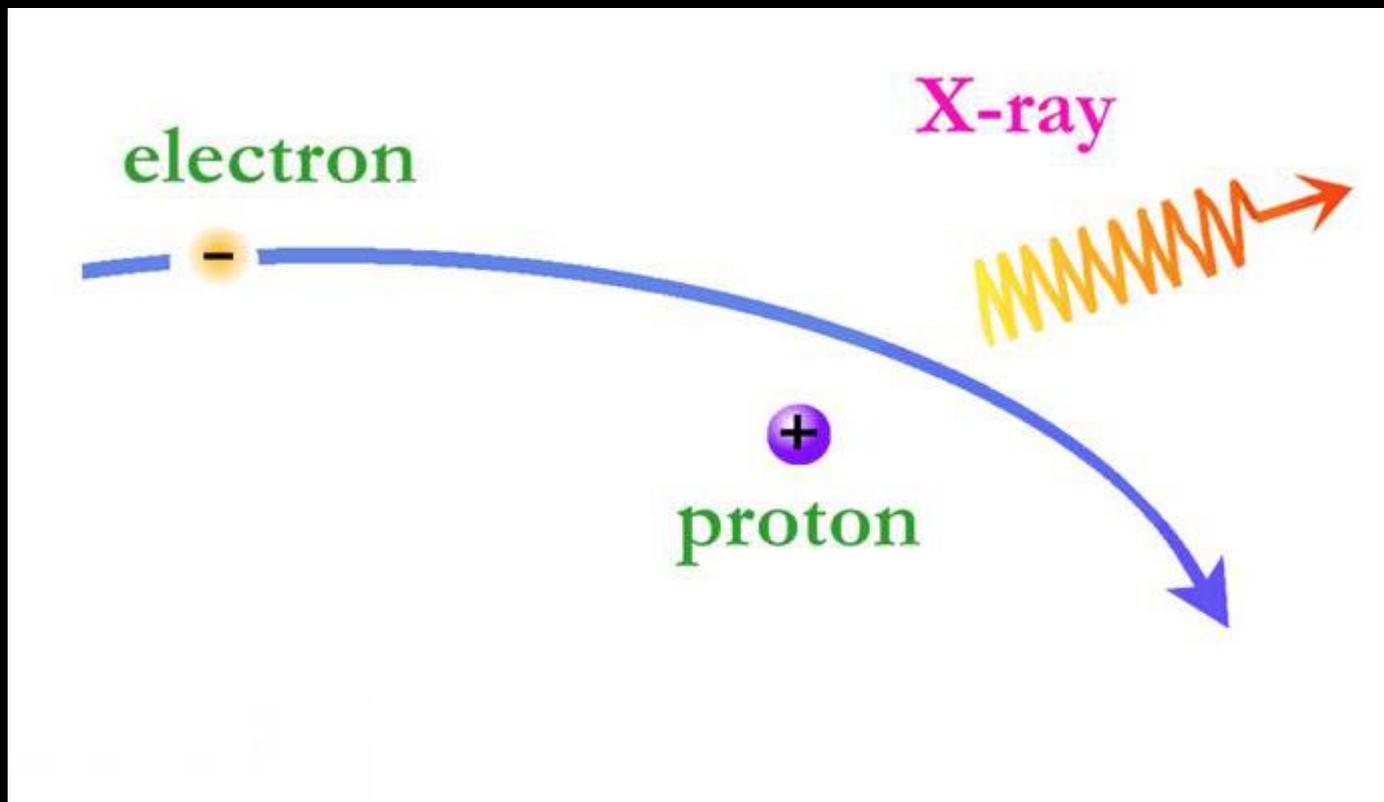
Intensity



Wavelength (nanometres)

rpowell

# Механизм излучения горячего газа



# 1951 г. Обнаружение теоретически предсказанного радиоизлучения межзвездного водорода на 21 см

## Теоретическое предсказание:

Сделано на основе квантовой механики, с помощью которой можно рассчитывать интенсивности и длины волн излучения любых атомов.

*Атом водорода может рождать низкоэнергичные кванты излучения с длиной волны 21 см, оставаясь на основном энергетическом уровне (благодаря квантовым свойствам электрона и протона) .*

Ван де Хюлст (Дания), 1945г., И.С.Шкловский (СССР), 1948г.

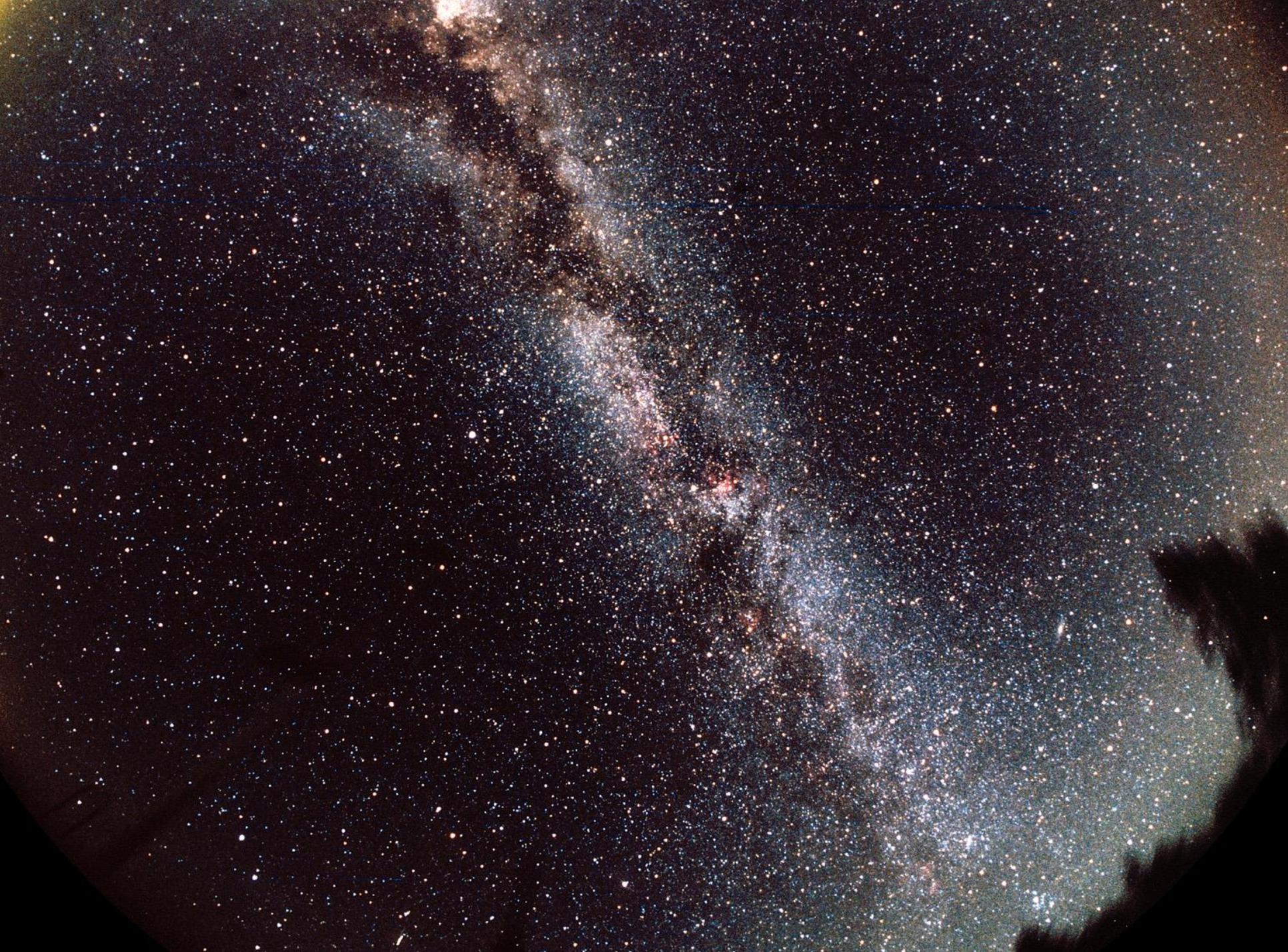
# 1951 г. Обнаружение теоретически предсказанного радиоизлучения межзвездного водорода на 21 см

Гарольд Ивен,  
Рук. Эдвард Парцель  
Гарвардский ун-т, США.





1951 г.,  
Гарвардский ун-т,  
США.

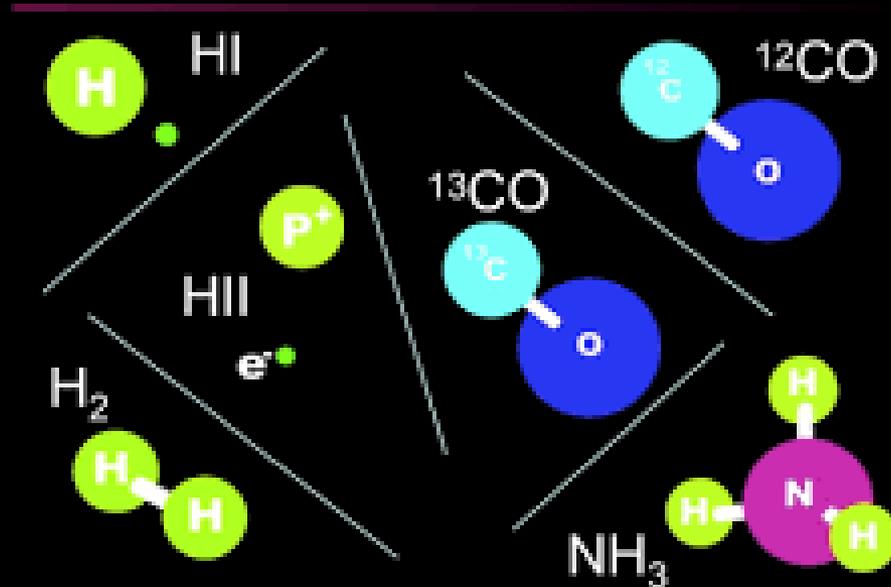


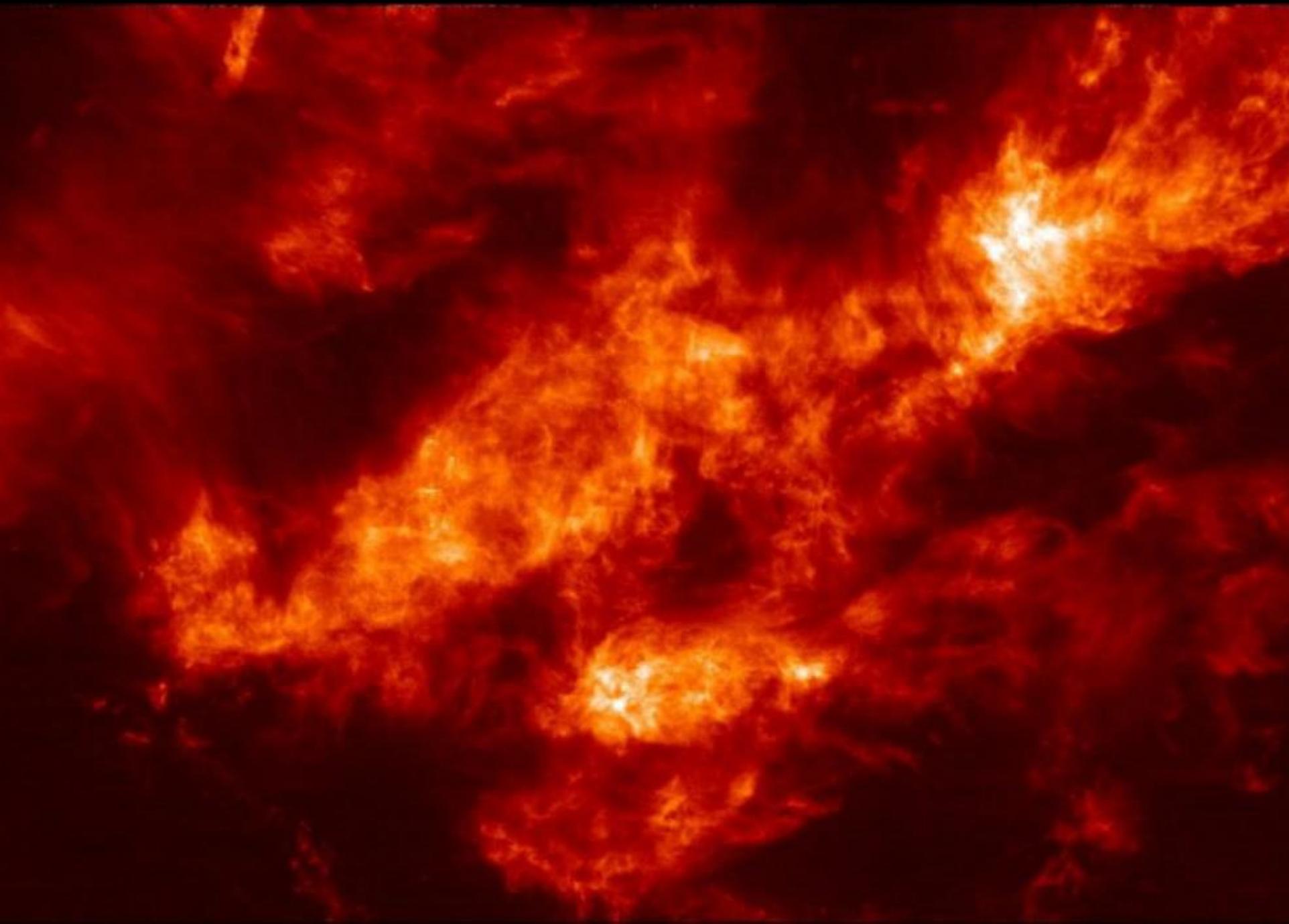
# Холодный газ – молекулярный!

- Облачная структура (мелкие и гигантские молекулярные облака)
- Температура в недрах облаков - менее 10K

## Вопрос:

- Почему нет более холодного газа с  $T = 1$  K?





# Межзвездная пыль

- Состав; углерод, силикаты
- Мелкая пыль: органическое вещество (полиароматичные углеводороды)

Общая масса пыли – около 1% от массы газа



**НАИБОЛЕЕ КРУПНЫЕ  
МЕЖЗВЕЗДНЫЕ ПЫЛИНКИ  
ВДЕСЯТЕРО МЕНЬШЕ!**