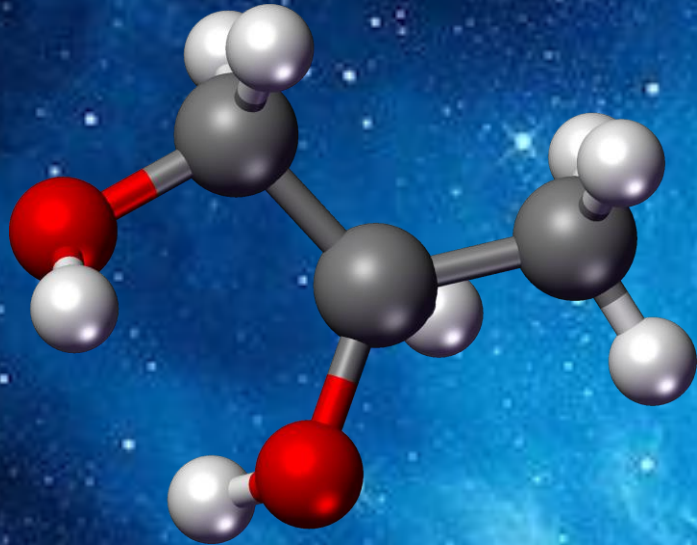


Astrochemistry of Interstellar Space

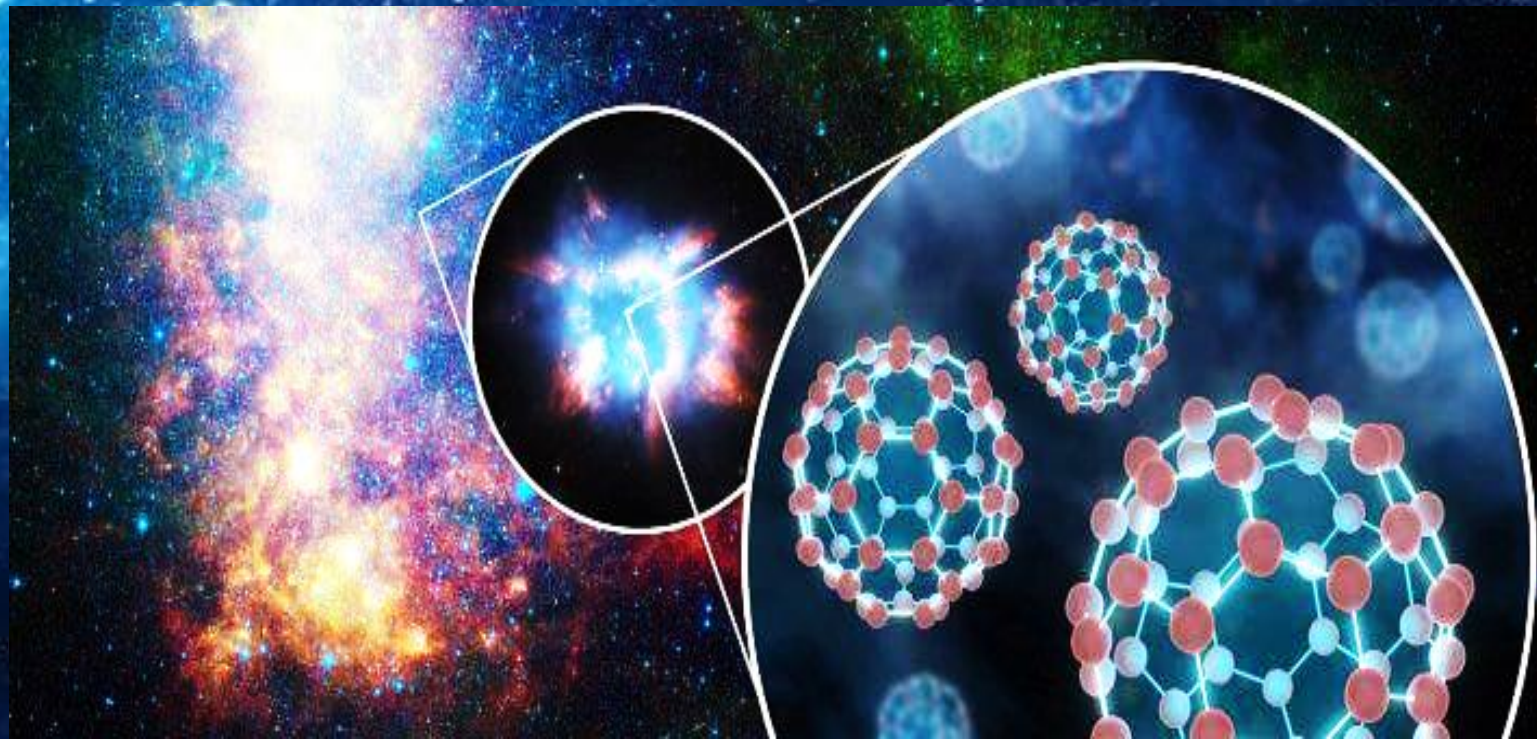


اخترشیمی فضای میان ستاره ای

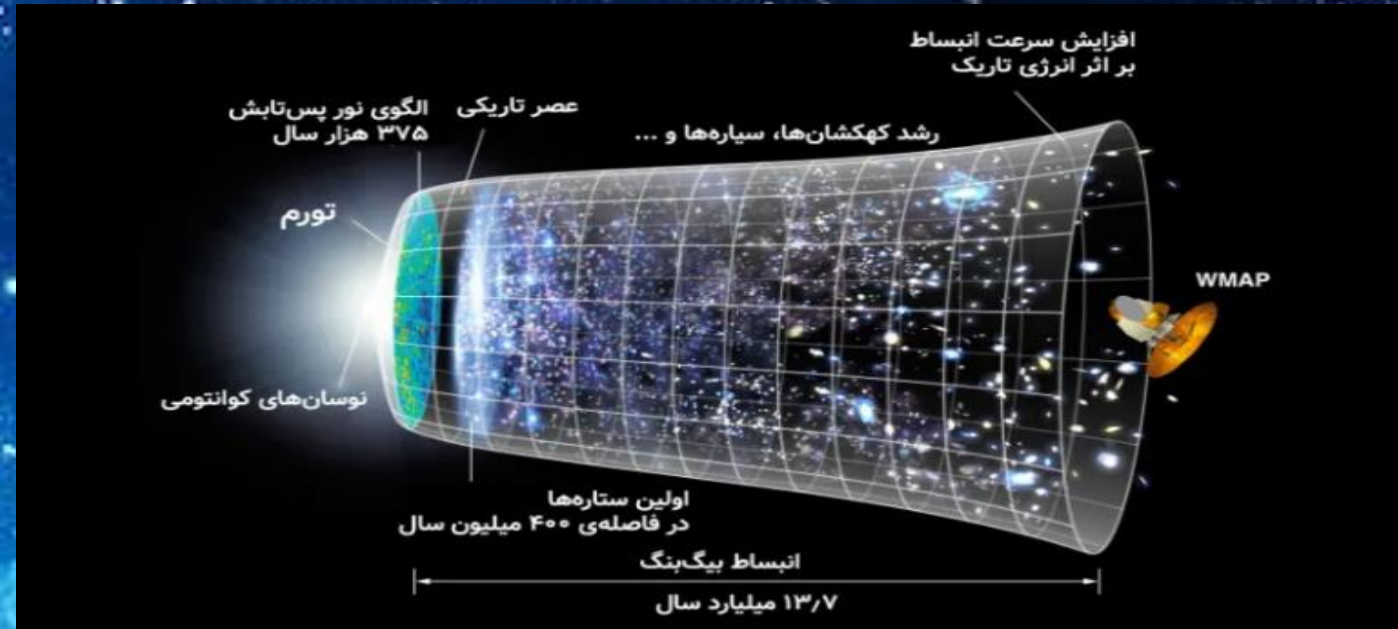


فریبا فدایی تهرانی

اخترشیمی استاد کیانی



تاریخ شروع و انبساط کیهان

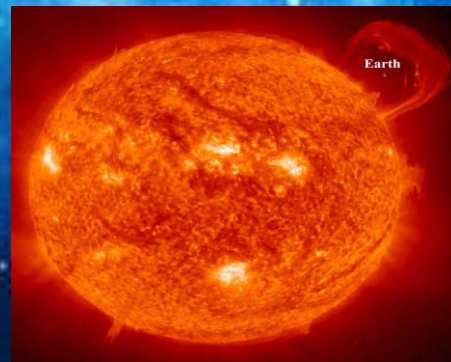
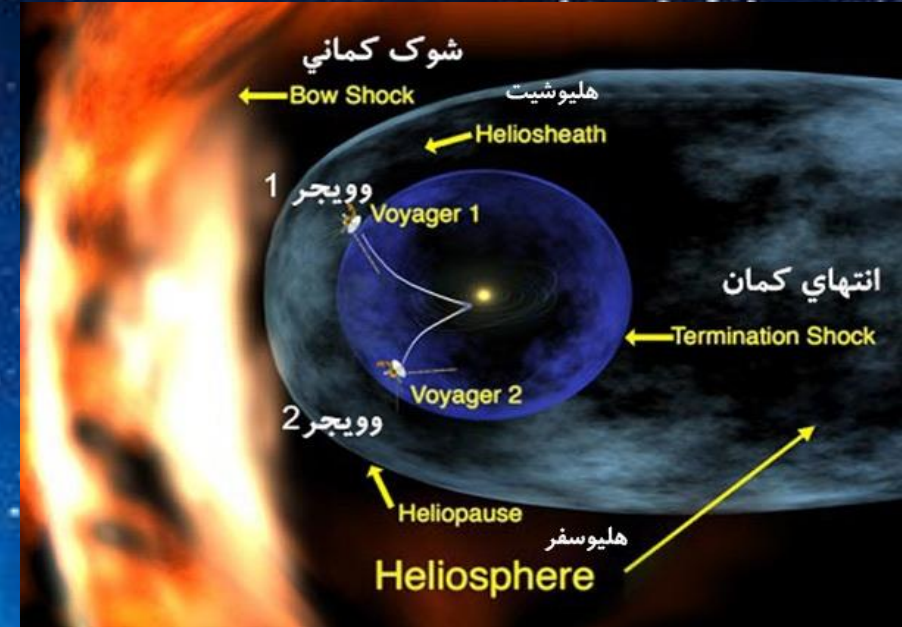
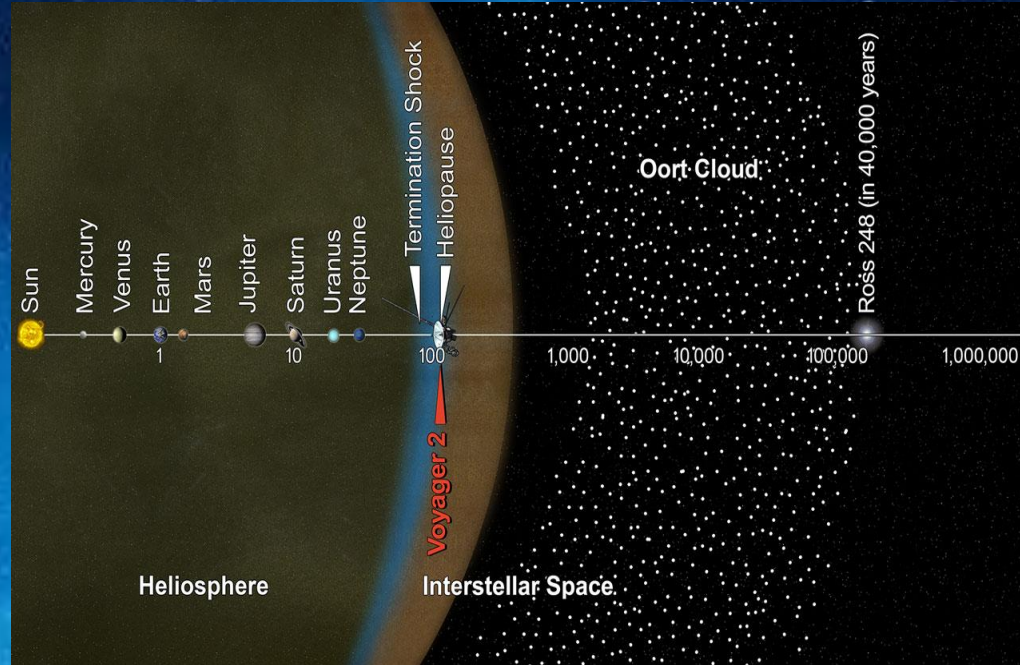
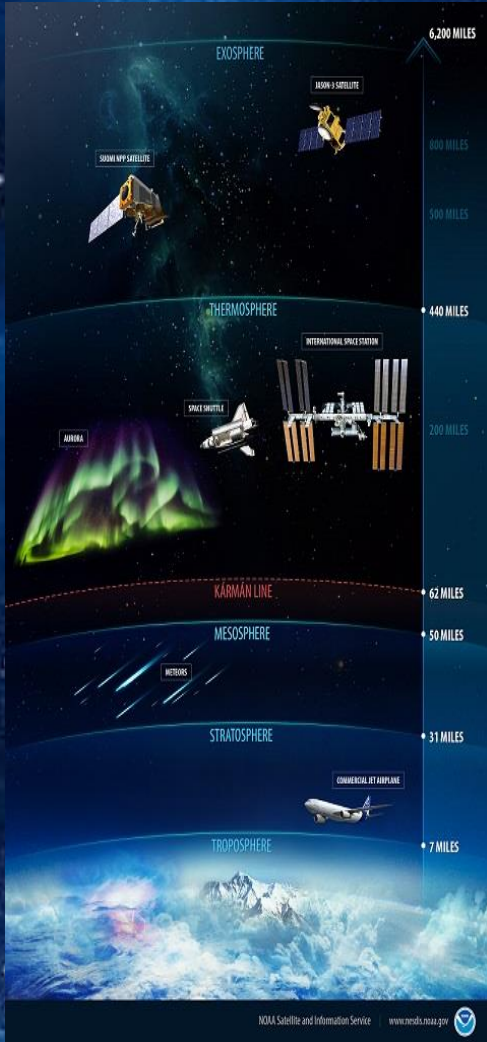


تقویم کیهانی که برای تجسم تاریخ ۱۳.۸ میلیارد سال از انفجار بیگ بنگ تا اکنون جهان است که معادل ۱ سال تقویم معمولی و ۱ ماه آن حدود ۱ میلیارد سال و ۱ روز آن ۴۰ میلیون سال و ۱ ثانیه آن حدود ۴۰۰ سال زمینی است.

شروع کیهان در کمتر از ۱ میکروثانیه انفجار بیگ بنگ آغاز شد با تشکیل ذرات بنیادی کوآرک‌ها، الکترون، گلوئون و نوترینوها و بعد از ۱ میکروثانیه کیهان سردتر شد و کوآرک‌ها برای تشکیل پروتون و نوترون‌ها ترکیب شدند. بعد از آن با ادامه سرد شدن هیدروژن و هلیوم تشکیل شدند که بعد از ۱ میلیارد سال هیدروژن و هلیوم تحت نیروی گرانشی به ابرهای غول‌آسا تبدیل شدند و انرژی پتانسیل گرانشی به جنبشی تبدیل شد و سرعت و دما و چگالی افزایش یافت در نتیجه تابش فروسرخ ایجاد شد و هیدروژن یونیزه شده پدید آمد. در نهایت با برخورد پروتون‌ها القای هم‌جوشی هسته ستاره شکل گرفت.

Interstellar Medium

فضای میان ستاره ای



اندازه زمین در
مقابل خورشید

نمودار منظومه شمسی که ترتیب قرارگیری سیارات، هلیوسفر ۱۲۰ واحد نجومی (باد خورشیدی، پلاسما، میدان مغناطیسی)، هلیوپاز و فضای میان ستاره‌ای را نشان می‌دهد. فواصل در واحد نجومی AU نمایش داده شده است.

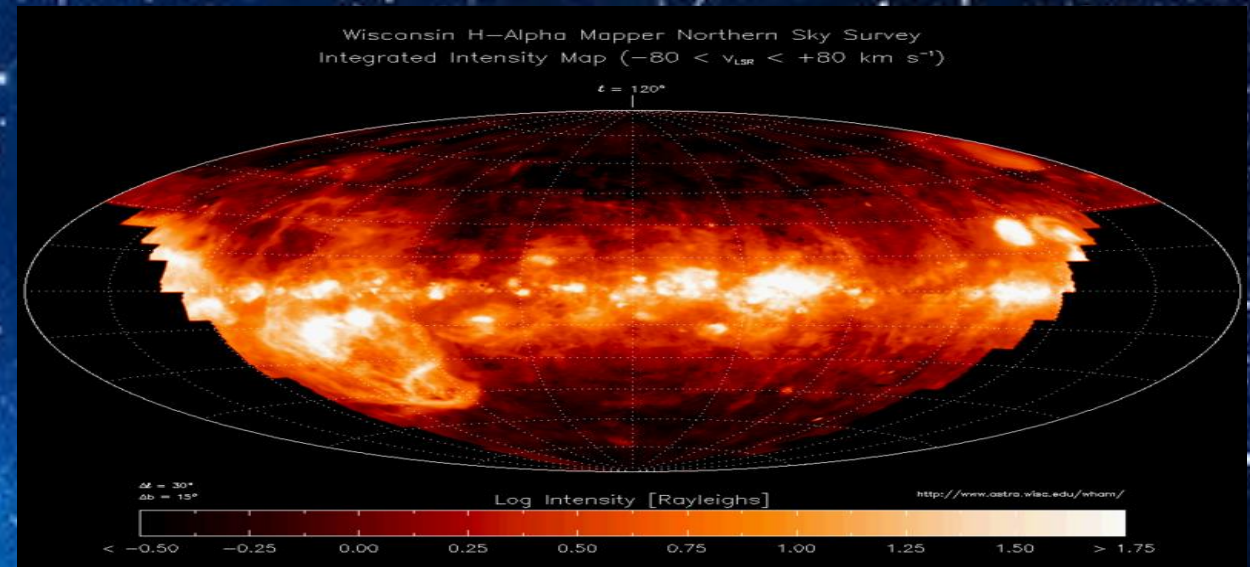
تصویر موقعیت فضاپیماهای وِیجر ۱ و ۲ - دورترین فضاپیماهای ساخته بشر از زمین - که اکنون هر دو از هلیوسفر خارج شده و قدم به فضای میان ستاره‌ای گذاشته‌اند. به نظر می‌رسد هلیوسفر با تغییر فعالیت‌های خورشیدی «نفس» می‌کشد و هربار که خورشید فعال است بزرگ‌تر می‌شود و با آرام گرفتن خورشید کوچک می‌شود.

لایه های زمین
۵ لایه شامل تروپوسفر، استراتوسفر،
مزوسفر، ترموسفر، اگزوسفر است.

Interstellar Medium

- محیط میان‌ستاره‌ای Interstellar Medium در اخترشناسی به موادی گفته می‌شود که در فضای بیرونی، فاصله میان سامانه‌های ستاره‌ای را پر می‌کند و این مواد معمولاً متشکل از گاز با شکل‌های یونی، مولکولی یا اتمی به همراه غبارها و پرتوهای کیهانی و میدان‌های مغناطیسی است.
- محیط رقیق بین‌ستاره‌ای چگالی بسیار پایینی دارد و از فازهای چندگانه تشکیل شده‌است که این فازها از نظر یونیزه‌بودن یا نبودن ماده تشکیل دهنده، اتمی یا مولکولی بودن، و نیز دما و چگالی ماده، از یک‌دیگر متمایز و مشخص هستند. محیط بین‌ستاره‌ای دمای بین ۱۰ درجه کلوین تا ۱۰ میلیون درجه کلوین دارد. در این فضا واکنش‌ها در پوسته عناصر واکنش می‌دهد و در حقیقت الکترون‌ها در لایه آخر اتم‌ها تغییر می‌کند و ترکیبات متنوع را به وجود می‌آورند.

فضای میان ستاره ای



فضای میان ستاره ای شامل ۷۳ درصد گاز هیدروژن و ۲۵ درصد هلیوم و ۲ درصد غباری از کربن، اکسیژن نیتروژن و سیلیکات‌ها

مقیاس فضای بین ستاره ای

• اولین مولکول کشف شده در محیط میان ستاره‌ای، رادیکال متیلیدین در سال ۱۹۳۷ بود. این ترکیب دارای یک انتقال الکترونی قوی در ۴۳۰۰ آنگستروم در ناحیه مرئی است. پیشرفت در ابزارآلات نجومی، موجب افزایش تعداد مولکول‌های کشف شده شد. از دهه ۱۹۵۰ میلادی به بعد، اخترشناسی رادیویی کم‌کم به روش اصلی کشف مولکول‌های جدید در فضای خارجی تبدیل شد. از دهه ۱۹۹۰ میلادی، روش اخترشناسی زیرمیلی‌متری که به بررسی میلی‌متری و بسیار ظریف طیف‌های به‌دست آمده از مولکول‌ها می‌نماید، به عنوان روشی مهم در این زمینه تبدیل شد. در محیط‌های چگالی زیاد در هر نیم ساعت یک برخورد و کم‌تر اکم هفته‌ها یک برخورد به وجود می‌آید.

ابعاد این تاس ۱.۵ سانتی‌متر است، در حالی که مکعبی به ابعاد یک سانتی‌متر از هوای سطح دریا 3×10^{19} مولکول را در خود جای داده است و مکعبی با همین ابعاد مملو از فضای میان ستاره‌ای تنها یک اتم در خود دارد.



نقشه کهکشان راه شیری شامل مناطق اصلی مانند مرکز کهکشان با طول موج زیر یک میلی‌متر و بخشی از طیف نوری بین محدوده فروسرخ و امواج رادیویی است.



ابر های مولکولی فضای بین ستاره ای



بخشی از ابر مولکولی تاروس

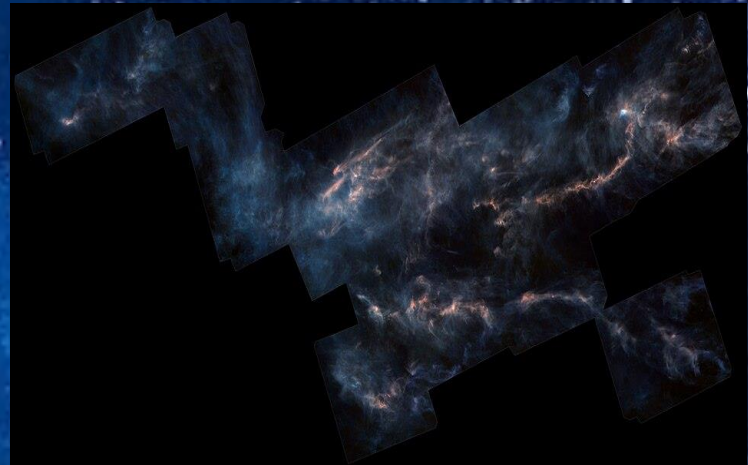
- ابر مولکولی به سه دسته پراکنده به صورت اتمی و شفاف به صورت مولکولی و چگال تقسیم می شوند. در این فضا گونه های زیر ظرفیتی، رادیکال ها، یون های مولکولی و ایزومرهای پر انرژی وجود دارد. ترکیبات کربن غیر اشباع و پیوندهای دوگانه و سه گانه دارند.
- مولکول ها در فاز گاز از طریق واکنش یون - مولکول و بعد خنثی سازی اتفاق می افتد.



- خوشه ستاره ای جنوبی در یک ابر مولکولی رشته ای قرار دارد که به صورت روبانی تیره که به صورت عمودی از میان خوشه عبور می کند، دیده می شود. این ابر به عنوان بستری آزمایشی برای مطالعات پایداری ابر مولکولی است.



در ناحیه صورت فلکی ماکیان در نوار کهکشان راه شیری، یکی از این ابرهای مولکولی با چشم غیر مسلح دیده می شود. در این قسمت، ابر مولکولی بزرگی نور ستاره های پشت خود را جذب می کند و از دید ما منطقه ای خالی از ستاره را به نمایش می گذارد که شکاف ماکیان یا شکاف بزرگ نام دارد.



- ابر مولکولی ثور. این مجموعه وسیع از ابرهای میان ستاره ای که در فاصله حدود ۴۳۰ سال نوری از ما قرار دارد،

عناصر در سحابی ها

سحابی ها به ۴ دسته های نشری (جبار و مرداب)، بازتابی (خوشه پروین)، تاریک (سر اسب) و سیاره ای (حلقه) تقسیم می شوند.

رنگ عناصر در سحابی ها بستگی به درجه یونیزاسیون و عناصر شیمیایی آن دارد.

رنگ های مشاهده شده در تصاویر سحابی ها در واقع رنگ واقعی سحابی نیستند و از فیلتر های تخصصی برای جداسازی نور از عناصر آن ها استفاده شده است. برای تشخیص بهتر هر عنصر یک رنگ قراردادی قرمز و آبی و سبز اختصاص می دهند.

مثلا قرمز نشان دهنده گوگرد و رنگ سبز هیدروژن و آبی نشان دهنده اکسیژن در سحابی است. و آبی روشن غبار است. هلیوم سفید و زرد است ترکیب هیدروژن و هلیوم بنفش و صورتی است. هیدروژن و مولکول های آلی قرمز تیره و غبار سرد قهوه ای و سیاه مشاهده می شود. ۹۰ درصد از سحابی ها برای تشکیل ستاره استفاده نمیشود و در آینده ای دور برای مناطق ستاره ساز بازیافت می شود.



سحابی شکارچی یا جبار در منطقه
اچ دو



سحابی سر اسب



سحابی مرداب



سحابی شاه تخته



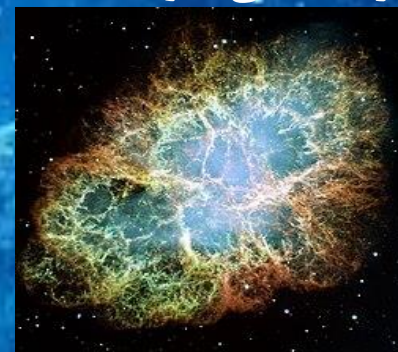
سحابی حباب



سحابی پروانه



سحابی شعله



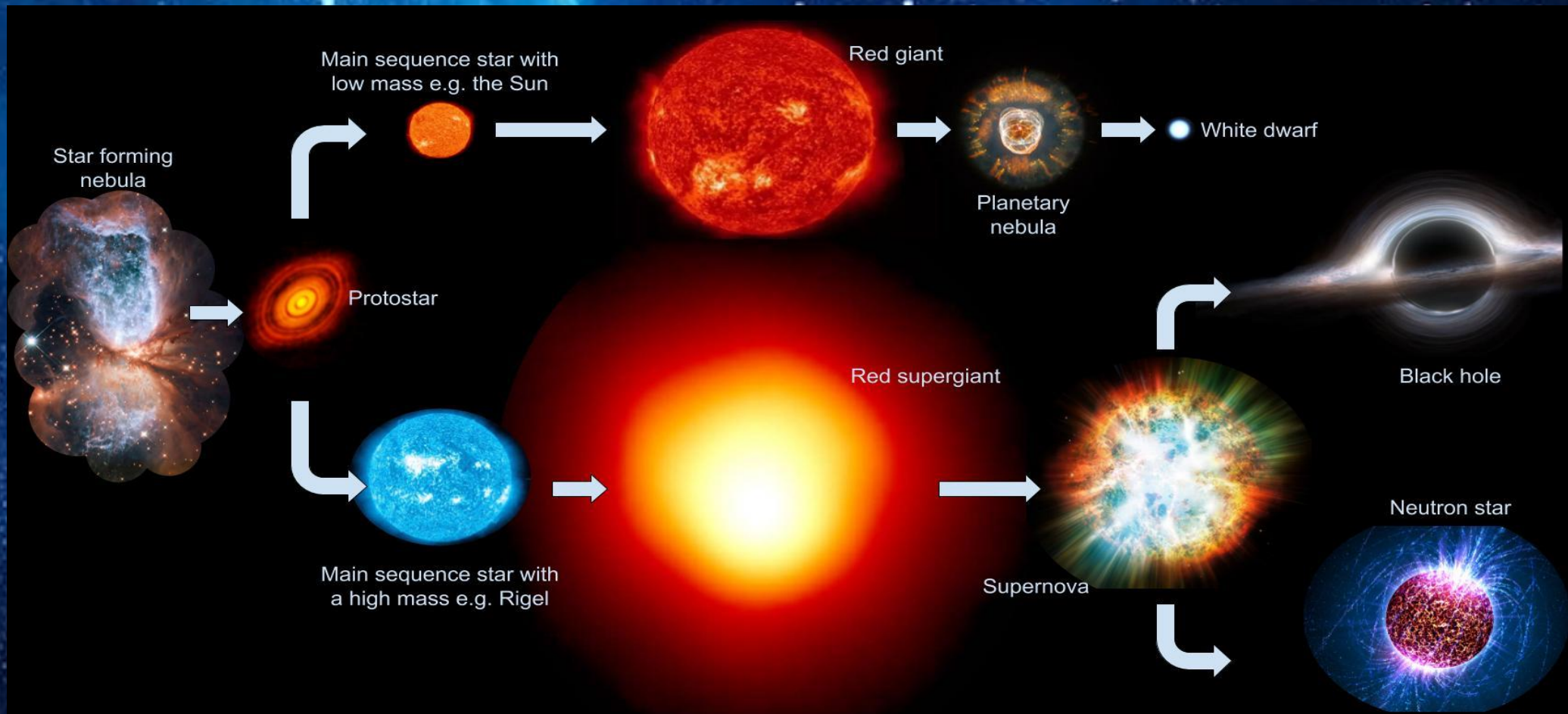
سحابی خرچنگ



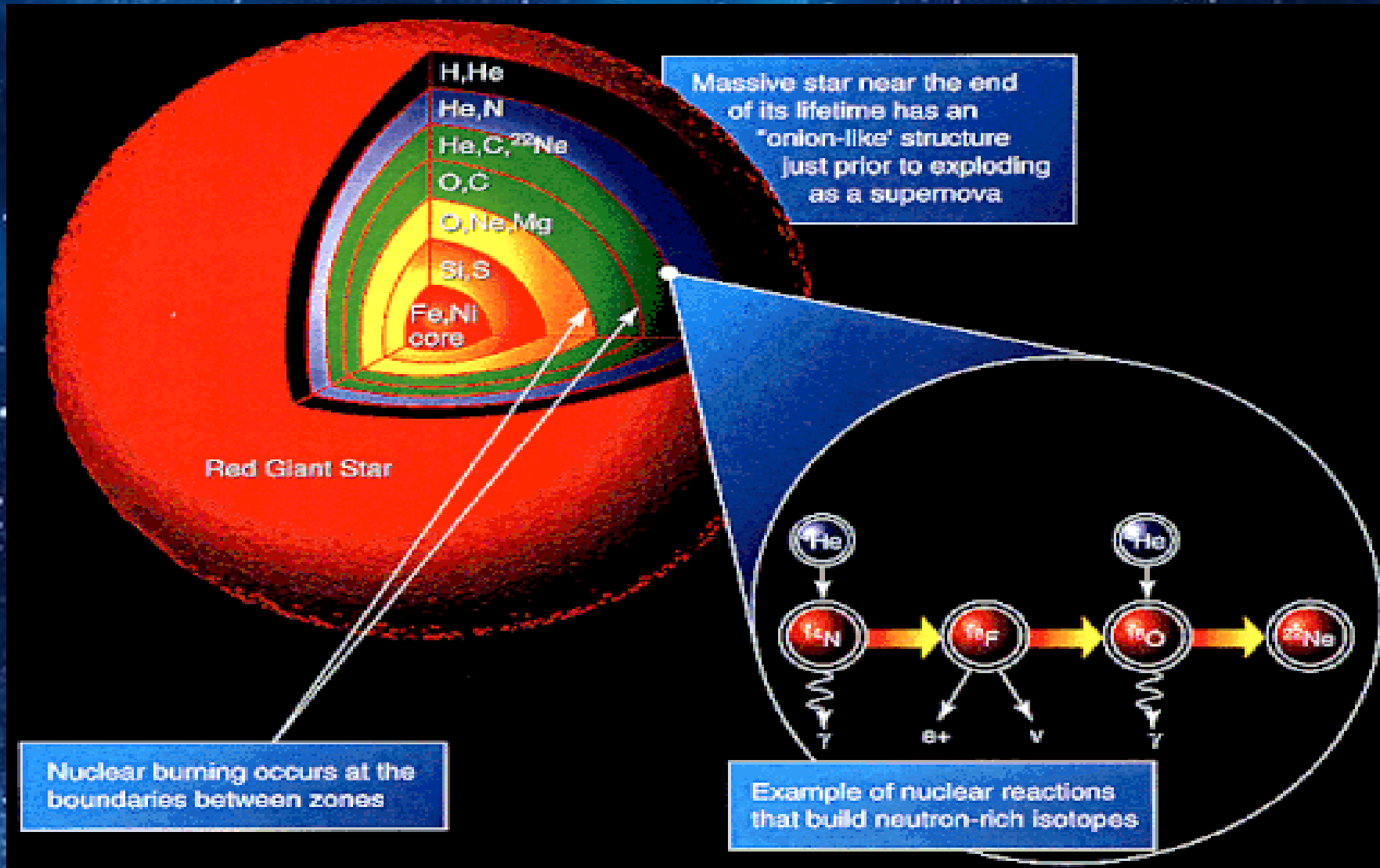
سحابی گل سرخ

تکامل ستارگان

ترکیبات محیط اطراف ستاره ها به میزان تکامل آن ها بستگی دارد و در اطراف ستارگان جوان شار فوتونی بالایی در پرتو فرابنفش دارد به طوری که همه مولکول ها از هم جدا می شوند و در اطراف ستارگان پیر تر پراکندگی نور و غبار بیشتر است.



تشکیل عناصر در هسته ستاره



فراوانی عناصر در کیهان

H	هیدروژن
He	هلیوم
O	اکسیژن
C	کربن
Ne	نئون
Fe	آهن
N	نیتروژن
Si	سیلیکون
Mg	منیزیم
S	سولفور

مولکول های شناسایی شده در فضای میان ستاره ای

فرمالدئید ۱۹۷۰ میان ستاره ای

متانول ۱۹۷۰ محیط ستاره ساز یخ زده
دانه غبار

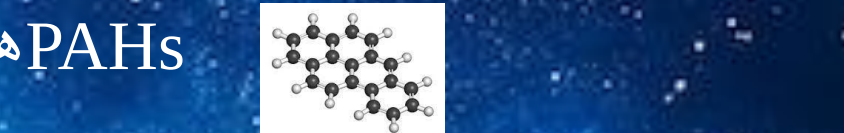
اسید آمینه ۱۹۷۰ به بعد دنباله دار ها و
شهاب سنگ ها

هیدروکربن های چند حلقه ای ۱۹۸۰

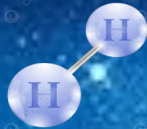
در سحابی و محیط های میان ستاره ای

دی متیل اتر و فرمت متیل در قرص

های گازی اطراف ستارگان

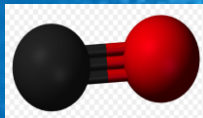


اکسیژن O



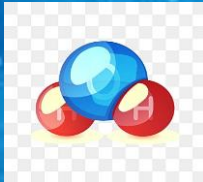
H2 هیدروژن

فرمالدئید H2CO



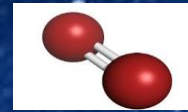
CO مونوکسید کربن

استالدئید CH3CHO

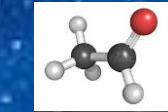
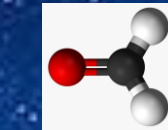


H2O آب

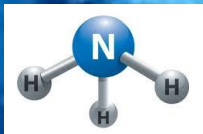
سیانید HCN



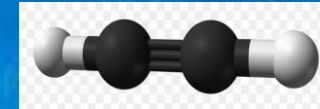
NH3 آمونیاک



CH3OH متانول

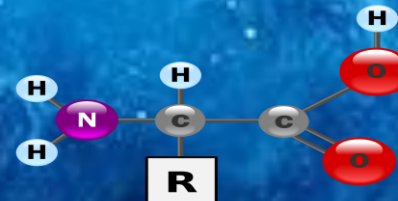


استیلن C2H2



PAHs هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای

آمینو اسیدها



مولکول	نام	جرم	یون‌ها
CH _۳	رادیکال متیل ^[۸۶]	۱۵	—
<i>l</i> -C _۳ H	پروپینیلدین ^{[۸۷][۵۲]}	۳۷	C _۳ H ⁺ / [−] ^[۸۸]
c-C _۳ H	سیکلوپروپینیلدین ^[۸۹]	۳۷	—
C _۳ N	سیانوآنتیل ^[۹۰]	۵۰	C _۳ N [−] ^[۹۱]
C _۳ O	تری‌کربن مونوکسید ^[۸۷]	۵۲	—
C _۳ S	تری‌کربن مونوسولفید ^{[۵۶][۵۲]}	۶۸	—
—	هیدرونیوم	۱۹	H _۳ O ⁺ ^[۹۲]
C _۲ H _۲	استیلن ^[۹۳]	۲۶	—
H _۲ CN	متیلن آرانیل ^[۹۴]	۲۸	H _۲ CN ⁺ ^[۳۳]
H _۲ CO	فرمالدهید ^[۹۵]	۳۰	—
H _۲ CS	تیوفرمالدهید ^[۹۶]	۴۶	—
HCCN	— ^[۹۷]	۳۹	—
HCCO	کتنیل ^{[۹۸][۵]}	۴۱	—
—	هیدروژن سیانید پرتون‌دار شده	۲۸	HCNH ⁺ ^[۷۲]
—	کربن دی‌اکسید پرتون‌دار شده	۴۵	HOCO ⁺ ^[۹۹]
HCNO	فولمینیک اسید ^[۱۰۰]	۴۳	—
HOCN	ایزوسیاناتیک اسید ^[۱۰۱]	۴۳	—

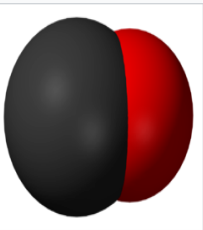
HCCN	— ^[۹۷]	۳۹	—
HCCO	کتنیل ^{[۹۸][۵]}	۴۱	—
—	هیدروژن سیانید پرتون‌دار شده	۲۸	HCNH ⁺ ^[۷۲]
—	کربن دی‌اکسید پرتون‌دار شده	۴۵	HOCO ⁺ ^[۹۹]
HCNO	فولمینیک اسید ^[۱۰۰]	۴۳	—
HOCN	ایزوسیاناتیک اسید ^[۱۰۱]	۴۳	—
CNCN	ایزوسیانوژن ^{[k][۱۰۲]}	۵۲	—
HOOH	هیدروژن پراکسید ^[۱۰۳]	۳۴	—
HNCO	ایزوسیاناتیک اسید ^[۸۲]	۴۳	—
HNCS	تیوسیاناتیک اسید ^[۱۰۴]	۵۹	—
NH _۳	آمونیاک ^{[۱۰۵][۵۲]}	۱۷	—
HSCN	تیوسیاناتیک اسید ^[۱۰۶]	۵۹	—
SiC _۳	سیلیسیوم تری‌کاربید ^{[۵۲][۵]}	۶۴	—
HMgNC	هیدرومنیزیم ایزوسیانید ^[۱۰۷]	۵۱٫۳	—
HNO _۲	نیترو اسید ^[۱۰۸]	۴۷	—

فرمول	نام	جرم	یون‌ها
AlNC	آلومنیوم ایزوسیانید ^[۵۲]	۵۳	—
AlOH	آلومینیم هیدروکسید ^[۵۱]	۴۴	—
C _۳	تری‌کربن ^{[۵۲][۵۳]}	۳۶	—
C _۲ H	رادیکال اتینیل ^{[۵۲][۲۴]}	۲۵	—
CCN	سیانومتیلیدین ^{[۵۴][۵]}	۳۸	—
C _۲ O	دی‌کربن مونوکسید ^[۵۵]	۴۰	—
C _۲ S	تیوکسوانتیلیدین ^[۵۶]	۵۶	—
C ₂ P	— ^[۵۷]	۵۵	—
CO _۲	کربن دی‌اکسید ^[۵۸]	۴۴	—
CaNC	کلسیم ایزوسیانید ^[۵۹]	۹۲	—
FeCN	آهن سیانید ^[۶۰]	۸۲	—
—	کاتیون تری‌هیدروژن	۳	H ⁺ _۳ ^{[۶۱][۶۲]}
H _۲ C	متیلن ^[۶۳]	۱۴	—
—	یون هالونیوم	۳۷٫۵	H _۲ Cl ⁺ ^[۶۴]
H _۲ O	آب ^[۶۵]	۱۸	H _۲ O ⁺ ^[۶۶]
HO _۲	هیدروپروکسید ^[۶۷]	۳۳	—

H _۲ S	سولفید هیدروژن ^[۵۲]	۳۴	—
HCN	هیدروژن سیانید ^{[۵۲][۳۳][۶۸]}	۲۷	—
HNC	هیدروژن ایزوسیانید ^{[۶۹][۷۰]}	۲۷	—
HCO	آلدئید ^[۷۱]	۲۹	HCO ⁺ ^{[۷۱][۷۲][۳۳]}
HCP	متیل‌ایدین فسفان ^[۷۳]	۴۴	—
HCS	تیوفرمل ^[۷۴]	۴۵	HCS ⁺ ^{[۷۲][۳۳]}
—	دیازنیلیوم ^{[۳۳][۷۲][۷۵]}	۲۹	NH _۲ ⁺
HNO	نیتروکسید ^[۷۶]	۳۱	—
—	ایزوفرمل	۲۹	HOC ⁺ ^{[۲۴][۲۴]}
HSC	ایزوتیوفرمل ^[۷۶]	۴۵	—
KCN	پتاسیوم سیانید ^[۵۲]	۶۵	—
MgCN	منیزیم سیانید ^[۵۲]	۵۰	—
MgNC	منیزیم ایزوسیانید ^[۵۲]	۵۰	—
NH _۲	رادیکال آمین ^[۷۷]	۱۶	—
N _۲ O	نیتروژن اکسید ^[۷۸]	۴۴	—
NaCN	سدیم سیانید ^[۵۲]	۴۹	—
NaOH	سدیم هیدروکسید ^[۷۹]	۴۰	—
OCS	کربونیل سولفید ^[۸۰]	۶۰	—
O _۲	اوزون (مولکول) ^[۸۱]	۴۸	—

N _۲ O	نیتروژن اکسید ^[۸۱]	۴۸	—
NaCN	سدیم سیانید ^[۵۲]	۴۹	—
NaOH	سدیم هیدروکسید ^[۷۹]	۴۰	—
OCS	کربونیل سولفید ^[۸۰]	۶۰	—
O _۲	اوزون (مولکول) ^[۸۱]	۴۸	—
SO _۲	گوگرد دی‌اکسید ^{[۵۲][۸۲]}	۶۴	—
c-SiC _۲	سیلیسیوم سی-کاربید ^{[۵۲][۴۹]}	۵۲	—
SiCSi	دی‌سیلیسیوم کاربید ^[۸۳]	۶۸	—
SiCN	سیلیسیوم کربونیتريد ^[۸۴]	۵۴	—
SiNC	— ^[۸۵]	۵۴	—
TiO _۲	تیتانیوم دی‌اکسید ^[۵۰]	۷۹٫۹	—

فرمول	نام	جرم	یون‌ها
AlCl	آلومینیوم مونوکلرید ^{[۱۳][۵۲]}	۶۲٫۵	—
AlF	مونوفلورید آلومینیوم ^{[۵۲][۲۴]}	۴۶	—
AlO	اکسید آلومینیوم ^{[۵۵][۱۱]}	۴۳	—
—	آرگونیوم ^{[۱۷][۵۶]}	۳۷(توضیح ^[۴])	ArH ⁺
C _۲	کربن دو اتمی ^{[۹۹][۸]}	۲۴	—
—	فلوئورومتیلیدینوم ^[۵]	۳۱	CF ⁺ ^[۱۰]
CH	متیلیدین ^{[۳۲][۳۲]}	۱۳	CH ⁺ ^[۲۲]
CN	سیانوژن رادیکال آزاد ^{[۳۵][۳۴][۵۲][۳۲]}	۲۶	CN ⁺ ^[۲۶] ، CN [−] ^[۷۱]
CO	کربن مونوکسید ^{[۳۸][۳۸]}	۲۸	CO ⁺ ^[۳۰]
CP	مونوفسفید کربن ^[۲۵]	۴۳	—
CS	کربن مونوسولفید ^[۵۲]	۴۴	—
FeO	اکسید آهن ^{[۱۱][۳۳]}	۸۲	—
—	یون هلیوم هیدرید ^{[۳۲][۳۲]}	۵	HeH ⁺
H ₂	هیدروژن مولکولی ^[۵]	۲	—
HCl	هیدروژن کلرید ^[۲۴]	۳۶٫۵	HCl ⁺ ^[۳۵]

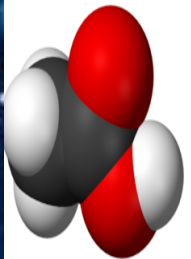


مونوکسید کربن اغلب برای رذیابی توزیع جرم در آب‌های مولکولی استفاده می‌شود.^[۱۱]

H _۲	هیدروژن فلئورید ^[۵]	۱۰	—
HO	رادیکال هیدروکسید ^[۵۲]	۱۷	OH ⁺ ^[۳۷]
KCl	پتاسیم کلرید ^{[۵۲][۵۳]}	۷۵٫۵	—
NH	ایمیدوژن ^{[۳۸][۳۹]}	۱۵	—
N _۲	نیتروژن مولکولی ^{[۴۰][۴۱]}	۲۸	—
NO	نیتریک اکسید ^[۴۲]	۳۰	NO ⁺ ^[۲۶]
NS	گوگرد مونونیتريد ^[۵۲]	۴۶	—
NaCl	سدیم کلرید ^{[۵۲][۵۲]}	۵۸٫۵	—
—	کاتیون منیزیم مونوهیدرید	۲۵٫۳	MgH ⁺ ^[۲۶]
O _۲	اکسیژن مولکولی ^[۴۳]	۳۲	—
PN	فسفر مونونیتريد ^{[۴۴][۴۵]}	۴۵	—
PO	فسفر مونوکسید ^[۴۶]	۴۷	—
SH	سولفانیل ^[۴۷]	۳۳	SH ⁺ ^[۳۸]
SO	مونواکسید گوگرد ^[۵۲]	۴۸	SO ⁺ ^[۳۳]
SiC	کاربید سیلیسیوم ^{[۵۲][۴۹]}	۴۰	—
SiN	سیلیسیم نیتريد ^[۵۲]	۴۲	—
SiO	سیلیسیم مونوکسید ^[۵۲]	۴۴	—
SiS	سیلیسیم مونوسولفید ^[۵۲]	۶۰	—
TiO	اکسید تیتانیوم ^{[۵۰][۱۱]}	۶۳٫۹	—

هشت اتمی [ویرایش]

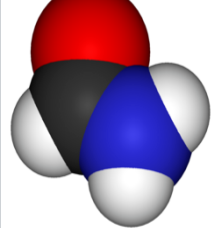
مولکول	نام	جرم	
H _۳ CC _۲ CN	متیل سیانواستیلن ^[۴۹]	۶۵	
H _۲ COCHCHO	گلیکوالدئید ^[۵۰]	۶۰	
HCOOCH _۳	متیل فرمات ^{[۵۱][۵۲][۵۳]}	۶۰	
CH _۳ COOH	اسید استیک ^[۵۴]	۶۰	
C _۲ H _۶	هگزانیتانیلیدین ^{[۵۲][۵۳]}	۷۴	
CH _۲ CHCHO	پروبنال ^[۵۴]	۵۶	
CH _۲ CCHCN	سیانوالن ^{[۵۴][۴۹]}	۶۵	
CH _۳ CHNH	اتانیمین ^[۵۵]	۴۳	
C _۲ H	رادیکال هباتریانیل ^[۵۳]	۸۵	
NH _۲ CH _۲ CN	آمینواسنونیتریل ^[۵۶]	۵۶	
CO(NH _۲) _۲	اوره ^[۵۵]	۶۰	



امضای رادیویی **اسید استیک**، ترکیب موجود در **سرکه**، در سال ۱۹۹۷ تأیید شد

شش اتمی [ویرایش]

فرمول	نام	جرم	یون ها	
c-H _۲ C _۲ O	سیکلوپروپنون ^[۳۰]	۵۴	—	
E-HNCHCN	E-سیانومتانیمین ^[۳۱]	۵۴	—	
C _۲ H _۶	اتیلن ^[۳۲]	۲۸	—	
CH _۲ CN	استونیتریل ^[۳۳]	۴۰	—	
CH _۳ NC	متیل ایزوسیانیید ^[۳۴]	۴۰	—	
CH _۳ OH	متانول ^[۳۵]	۳۲	—	
CH _۳ SH	متانتیول ^[۳۶]	۴۸	—	
H _۲ C _۶	دی‌استیلن ^{[۳۷][۳۲]}	۵۰	—	
—	سیانواستیلن پروتون‌دار شده ^[۳۷]	۵۲	HC _۲ NH ⁺	
HCONH _۲	فرمامید ^[۳۸]	۴۴	—	
C _۵ H	پنتینیلیدین ^[۳۹]	۶۱	—	
C _۵ N	رادیکال سیانویوتادی‌اینیل ^{[۳۹][۴۰]}	۷۴	—	
HC _۲ CHO	پروبنال ^[۴۱]	۵۴	—	
HC _۶ N	— ^[۴۲]	۶۳	—	
CH _۲ CNH	کتن‌ایمین ^[۴۳]	۴۰	—	
C _۵ S	— ^[۴۴]	۹۲	—	



فرمامید می‌تواند با متیلن ترکیب شود و ^{۳۵} منجر به تولید استامید شود.

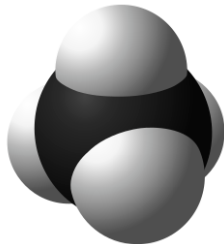
هفت اتمی [ویرایش]

مولکول	نام	جرم	یون ها	
c-C _۲ H _۲ O	اکسید اتیلن ^[۴۵]	۴۴	—	
CH _۳ C _۲ H	متیل استیلن ^[۴۶]	۴۰	—	
H _۲ CNH _۲	متیل آمین ^[۴۷]	۳۱	—	
CH _۲ CHCN	آکریلونیتریل ^{[۴۷][۴۸]}	۵۳	—	
H _۲ CHCOH	الکل وینیل ^[۴۹]	۴۴	—	
C _۶	رادیکال هگزانتری‌نیل ^{[۵۰][۵۱]}	۷۳	-C _۶ H ⁺ ^{[۵۱][۴۵]}	
HC _۶ CN	سیانودی‌استیلن ^{[۵۱][۴۷][۴۸]}	۷۵	—	
HC _۵ O	— ^[۵۲]	۷۷	—	
CH _۳ CHO	استالدهید ^[۵۳]	۴۴	—	
CH _۳ NCO	ایزوسیانات متیل ^[۵۴]	۵۷	—	
HOCH _۲ CN	گلیکولونیتریل ^[۵۵]	۵۷	—	

استالدهید و ایزومرهای وینیل الکل و اتیلن اکسید آن، همگی در فضای میان‌ستاره‌ای شناسایی شده‌اند.

پنج اتمی [ویرایش]

مولکول	نام	جرم	یون ها	
-	یون آمونوم ^{[۵۰][۵۱]}	۱۸	NH _۴ ⁺	
CH _۴	متان ^[۵۲]	۱۶	—	
CH _۳ O	رادیکال متوکسی ^[۵۳]	۳۱	—	
c-C _۲ H _۲	سیکلوپروپیلیدن ^{[۵۴][۵۳]}	۲۸	—	
<i>l</i> -H _۲ C _۳	پروپادی‌انیلیدن ^{[۵۴][۵۵]}	۲۸	—	
H _۲ CCN	سیانومتیل ^[۵۶]	۴۰	—	
H _۲ C _۲ O	اتنون ^[۸۲]	۴۲	—	
H _۲ CNH	متیلن‌ایمین ^[۵۷]	۲۹	—	
HNCNH	کربودی‌ایمید ^[۵۸]	۴۲	—	
—	فرمالدهید پروتون‌دار شده ^[۵۹]	۳۱	H _۲ COH ⁺	
C _۶	بوتادی‌اینیل ^[۶۰]	۴۹	H ⁺ -C _۶ H ⁺ ^[۶۰]	
HC _۲ N	سیانواستیلن ^{[۶۱][۶۲][۶۳][۶۴]}	۵۱	—	
HCC-NC	ایزوسیانواستیلن ^[۶۳]	۵۱	—	
HCOOH	اسید فرمیک ^{[۶۴][۶۲]}	۴۶	—	
NH _۲ -CN	سیانامید ^[۶۵]	۴۲	—	
—	سیانوژن پروتون‌دار شده ^[۶۶]	۵۳	NCCNH ⁺	
HC(O)CN	سیانوفرمالدهید ^[۶۷]	۵۵	—	



متان که جزء اصلی گاز طبیعی است نیز در ستاره‌های دنباله‌دار و در اتمسفر چندین سیاره در منظومه شمسی شناسایی شده‌است.^[۶۰]

نه اتمی [ویرایش]

فرمول	نام	جرم	یون ها	
CH _۳ C _۶ H	متیل دی‌استیلن ^[۵۶]	۶۴	—	
CH _۲ OCH _۲	دی‌متیل اتر ^[۵۷]	۴۶	—	
CH _۳ CH _۲ CN	پروپان‌نیتریل ^{[۵۷][۵۲][۴۷]}	۵۵	—	
CH _۳ CONH _۲	استامید ^{[۴۸][۶۱]}	۵۹	—	
CH _۳ CH _۲ OH	اتانول ^[۵۸]	۴۶	—	
C _۸ H	رادیکال اوکتاتر‌اینیل ^[۵۹]	۹۷	C _۸ H ⁺ ^{[۶۰][۶۱]}	
HC _۶ N	سیانو هگزانتری‌ان یا سیانوتری‌استیلن ^{[۶۱][۶۲][۶۳]}	۹۹	—	
CH _۳ CHCH _۲	پروپین ^[۶۴]	۴۲	—	
CH _۳ CH _۲ SH	اتیل مرکاپتان ^[۶۵]	۶۲	—	

تأیید نشده
[ویرایش]

گزارش‌هایی در مورد وجود مولکول‌های زیر در فضای خارجی در منابع علمی وجود دارد اما این مولکول‌ها به‌صورت نتایجی توصیفی توسط پژوهشگران مربوط ارائه شده‌اند یا این‌که وجود آن‌ها توسط پژوهشگران دیگر به چالش کشیده شده‌اند. در نتیجه، این مولکول‌ها هنوز منتظر تأیید مستقل هستند.

تعداد اتم‌ها	مولکول	نام
۲	SiH	سیلیلیدین ^[۶۹]
۴	PH۳	فسفین ^[۹۳]
۴	MgCCH	منیزیم مونواستیلید ^[۴۱]
۴	NCCP	سیانوفسفاآتین ^[۴۱]
۵	H۲NCO ⁺	____ ^[۹۴]
۴	SiH۳CN	سیلیل سیانید ^[۴۱]
۱۰	H۲NCH۲COOH	گلیسین ^{[۹۵][۹۶]}
۱۲	CO(CH۲OH)۲	دی‌هیدروکسی استون ^[۹۷]
۱۲	C۲H۵OCH۳	اتیل متیل اتر ^[۹۸]
۱۸	C۱۰H۸O ⁺	کاتیون نفتالین ^[۹۹]
۲۴	C۲۴	گرافن ^[۲۰۰]
۲۴	C۱۴H۱۰	آنتراسن ^{[۲۰۱][۲۰۲]}
۲۶	C۱۶H۱۰	پیرن ^[۲۰۱]

مولکول‌های دوتریوم‌دار
[ویرایش]

همه این مولکول‌ها دارای یک یا چند اتم دوتریوم (ایزوتوپ سنگین هیدروژن) هستند.

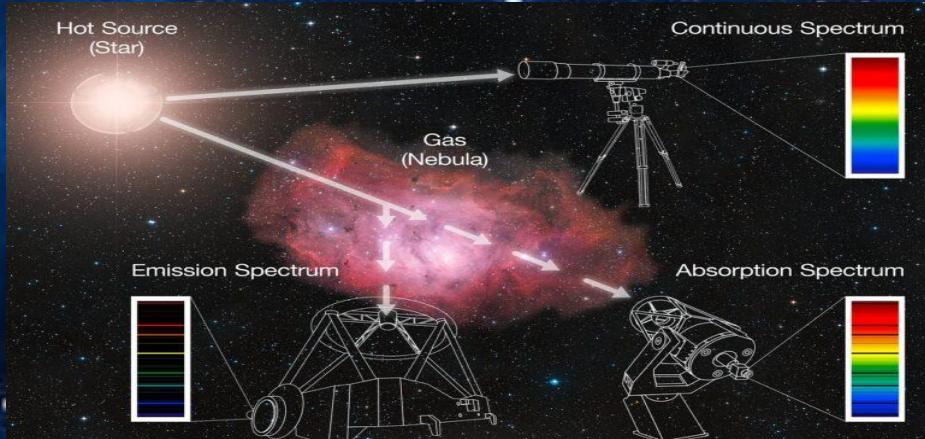
تعداد اتم‌ها	مولکول	نام	جرم
۲	HD	هیدروژن دوترید ^[۸۰]	۳
۳	HD۲ ⁺ و H۲D ⁺	کاتیون تری‌هیدروژن ^{[۸۰][۸۱]}	۴ و ۵
۳	D۲O و HDO	آب سنگین ^{[۸۲][۸۳]}	۱۹ و ۲۰
۳	DCN	سیانید هیدروژن ^[۸۴]	۲۸
۳	DCO	رادیکال فرمیل ^[۸۴]	۳۰
۳	DNC	ایزوسیانید هیدروژن ^[۸۴]	۲۸
۳	N۲D ⁺	____ ^[۸۴]	۳۰
۴	ND۳ و NH۲D ،NHD۲	آمونیاک ^{[۸۵][۸۶]}	۱۸-۲۰
۴	D۲CO و HD۲CO	فرمالدئید ^{[۸۰][۸۷]}	۳۱ و ۳۲
۴	DNCO	ایزوسیانیک اسید ^[۸۸]	۴۴
۵	NH۳D ⁺	یون آمونیوم ^{[۸۹][۹۰]}	۱۹
۶	NHDCHO و NH۲CDO	فرمامید ^[۸۸]	۴۶
۷	CH۳CCD و CH۲DCCH	متیل استیلن ^{[۹۱][۹۲]}	۴۱

ده اتمی یا بیشتر
[ویرایش]

تعداد اتم‌ها	فرمول	نام	جرم	یون‌ها
۱۰	CO(CH۳)۲	استون ^{[۸۲][۸۶]}	۵۸	—
۱۰	(CH۲OH)۲	اتیلن گلیکول ^{[۶۷][۶۸]}	۶۲	—
۱۰	CH۳CH۲CHO	پروپانال ^[۱۱۴]	۵۸	—
۱۰	CH۳OCH۲OH	متوکسی متانول ^[۶۹]	۶۲	—
۱۰	CH۳C۵N	متیل سیانودی‌استیلن ^[۱۱۴]	۸۹	—
۱۰	CH۳CHCH۲O	پروپیلن اکسید ^[۷۰]	۵۸	—
۱۱	HC۸CN	سیانوتتراستیلن ^{[۱۲][۶۲]}	۱۲۳	—
۱۱	C۲H۵OCHO	اتیل فرمات ^[۷۱]	۷۴	—
۱۱	CH۳COOCH۳	متیل استات ^[۷۲]	۷۴	—
۱۱	CH۳C۶H	متیل تری‌استیلن ^{[۱۱۴][۵۶]}	۸۸	—
۱۲	C۶H۶	بنزن ^[۳۷]	۷۸	—
۱۲	C۳H۷CN	بوتیرونیتریل ^[۷۱]	۶۹	—
۱۲	CHCN(CH۳)۲	ایزوپروپیل سیانید ^{[۷۳][۷۴]}	۶۹	—
۱۳	C۶H۵CN	بنزونیتریل ^[۷۵]	۱۰۴	—
۱۳	HC۱۰CN	سیانوپنتا‌استیلن ^[۶۲]	۱۲۷	—

۱۰	CH۳OCH۲OH	متوکسی متانول ^[۶۹]	۶۲	—
۱۰	CH۳C۵N	متیل سیانودی‌استیلن ^[۱۱۴]	۸۹	—
۱۰	CH۳CHCH۲O	پروپیلن اکسید ^[۷۰]	۵۸	—
۱۱	HC۸CN	سیانوتتراستیلن ^{[۱۲][۶۲]}	۱۲۳	—
۱۱	C۲H۵OCHO	اتیل فرمات ^[۷۱]	۷۴	—
۱۱	CH۳COOCH۳	متیل استات ^[۷۲]	۷۴	—
۱۱	CH۳C۶H	متیل تری‌استیلن ^{[۱۱۴][۵۶]}	۸۸	—
۱۲	C۶H۶	بنزن ^[۳۷]	۷۸	—
۱۲	C۳H۷CN	بوتیرونیتریل ^[۷۱]	۶۹	—
۱۲	CHCN(CH۳)۲	ایزوپروپیل سیانید ^{[۷۳][۷۴]}	۶۹	—
۱۳	C۶H۵CN	بنزونیتریل ^[۷۵]	۱۰۴	—
۱۳	HC۱۰CN	سیانوپنتا‌استیلن ^[۶۲]	۱۴۷	—
۶۰	C۶۰	فولرن C۶۰ ^{[۷۶][۷۷][۷۸]}	۷۲۰	C۶۰ ⁺ ^{[۶۶][۷۷][۷۸]}
۷۰	C۷۰	فولرن C۷۰ ^[۷۹]	۸۴۰	—

تلسکوپ ها و طیف سنجی



طیف سنجی نوری



تلسکوپ رادیویی آلما



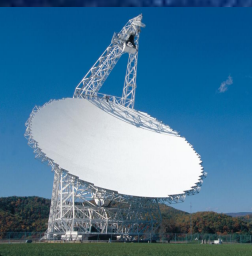
تلسکوپ هابل



تلسکوپ هاپکینز



تلسکوپ جیمز وب



تلسکوپ اسپیتزر تلسکوپ گرین بنک



تلسکوپ هرشل

طیف‌سنجی جذب و انتشار نور توسط ماده را بررسی می‌کند، اسپکترومتر های ستاره ای و رصدخانه های فضایی دارای این اسپکترومترها با دقت بالا برای ترکیبات شیمیایی گازها و غبار و دما و حرکت ستاره ها را تجزیه تحلیل کنند.

طیف‌ها بر روی یک آشکارساز CCD ثبت می‌شوند و در نهایت در فایل‌های کامپیوتری برای پردازش و تجزیه و تحلیل بیشتر ذخیره می‌شوند. طیف یک ستاره یا هر جسم نجومی نه تنها حضور عناصر شیمیایی خاصی را نشان می‌دهد، بلکه از شرایط فیزیکی غالب مانند دما و چگالی نیز خبر می‌دهد. تا کنون ۲۷۰ مولکول در فضای میان ستاره ای شناسایی شدند.

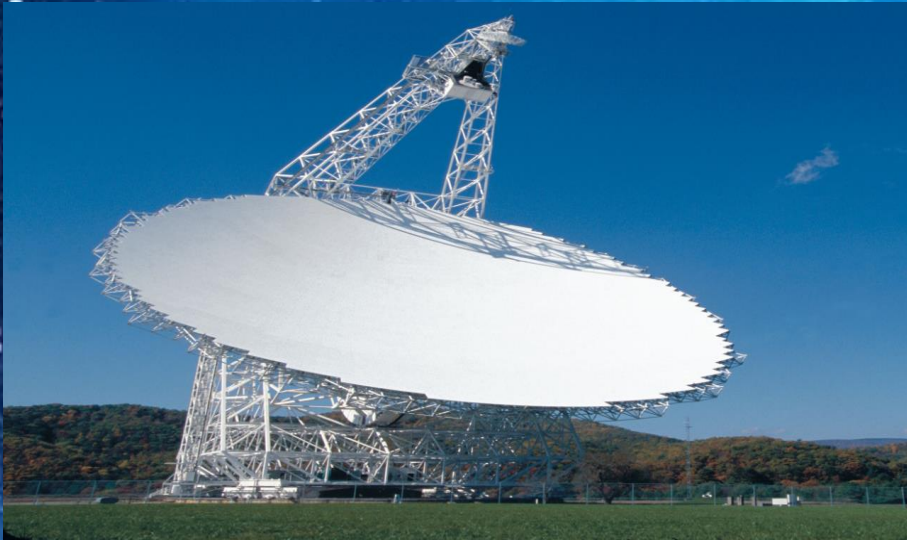
بیشتر تلسکوپ‌ها در این زمینه به صورت رادیویی، زیرمیلیمتری و فروسرخ هستند که اثر انگشت را در محدوده های ارتعاشی و چرخشی مولکول های سرد از ابرهای متراکم و قرص های پیش سیاره ای ثابت می کنند.

رصدخانه‌های جنوبی اروپا (ESO) دارای طیف‌نگار یا حالت طیف‌سنجی هستند. آنها دامنه‌های مختلف طول موج (از نزدیک به فرابنفش گرفته تا فروسرخ میانی) را پوشش می‌دهند و وضوح طیفی متفاوتی را ارائه می‌دهند (هرچه وضوح طیفی بالاتر باشد، پراکندگی نور قوی‌تر است و جزئیات طیف قابل تشخیص کوچکتر است). تلسکوپ جیمز وب نیز با ابزار NIRSpec و MIRSpec می‌تواند به بررسی ترکیبات شیمیایی ستاره‌ها و کهکشان‌های اولیه بپردازد. این ابزار یک طیف‌سنج است که می‌تواند با مطالعه نور اجرام، ترکیبات شیمیایی آنها را به دست آورد.

شناسایی عناصر با امواج رادیویی و مایکروویو



تلسکوپ رادیویی آلمان



تلسکوپ گرین بنک

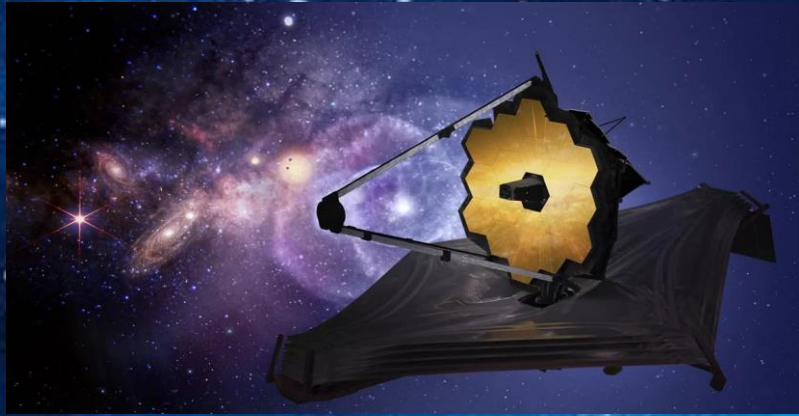
این امواج باعث برهمکنش در هسته اتم می شود مثل حرکت الکترون ها در آنتن و بر ساختار مولکولی تاثیر نمی گذارد. تلسکوپ های رادیویی می توانند امواج فوق العاده ضعیف از اعماق فضا را با طیف سنج چرخشی با خط نشری ۲۱ سانتی متری برای توزیع و حرکت اتم های هیدروژن خنثی در فضای بین کهکشانی را تشخیص دهند و با گرفتن اثرانگشت رادیویی برای هر مولکول بررسی کند.

در فضاهای کم چگالی و سرد فضای میان ستاره ای مولکول ها در حالت برانگیختگی انرژی کمی دارند و انرژی آن ها کوانتیزه یا گسسته است که مولکول ها در این حالت می توانند بچرخند.

وقتی انرژی از سطح بالا به سطح پایین می آید یک فوتون منتشر می کند.

مولکول هایی مثل قندها، آب ، آمونیاک، کربن مونواکسید، کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن، فرمالدئیدها و متانول، هیدروژن سیانید، سیلیکون، گوگرد، مونو سولفید کربن و دی اکسید کربن و .. و تاکنون ۲۰۰ مولکول در این امواج شناسایی شدند..

شناسایی عناصر با امواج فروسرخ



تلسکوپ جیمز وب



در این تصویر که توسط تلسکوپ فضایی اسپیتزر ناسا در طول موج فروسرخ تصویربرداری شده، بادهای خروجی از ستاره‌ای که با سرعت در حال حرکت است در میان غبار فضای میان ستاره‌ای ایجاد کرده است.

این امواج باعث ارتعاش مولکولی و کشش و خم شدن پیوندها و تولید گرما شود. تلسکوپ‌های فروسرخ برای مولکول‌های پیچیده تر است و می‌توانند مولکول‌ها را به سطوح انرژی ارتعاشی بالاتری برده هم چنین غبار و گاز

بین ستاره‌ای و ساختار مولکولی، طول و زاویه پیوند و فرکانس‌های ارتعاشی خواص مولکولی آن‌ها و ترکیب و ساختار و دینامیک مواد در فضا را بررسی می‌کند.

پیوند های کربن - هیدروژن و کربن - کربن در این امواج شناسایی شدند که هر پیوندی دارای یک فرکانس ارتعاش طبیعی است که جذب یا منتشر به صورت اثرانگشت می‌شود..

جیمزوب این الگوها را در طیف سنج‌های فروسرخ تشخیص داده و عناصر را شناسایی می‌کند.

مولکول‌های یخی آمونیاک، متان، مونوکسید کربن، آب بر روی دانه‌های غبار و هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای، کاتیون متیل و .. شناسایی شدند و این امواج به راحتی از غبار عبور می‌کند و این امواج بیشتر برای محیط‌های متراکم و ستاره‌زا هستند.

شناسایی عناصر با امواج فرابنفش

امواج فرابنفش باعث برانگیختگی قوی الکترون ها و فوتو یونیزاسیون (برهمکنش اتم با فوتون) و انتقال الکترون به لایه های بالاتر و یا جدا کردن آن ها می شود.

تلسکوپ های فرابنفش بر مبنای انتقال الکترونی از سطوح انرژی پایین به سطوح بالاتر است و نواحی گازهای داغ یونیزه یا خنثی با انرژی بالا بررسی می شود و می توانند خطوط نشری اتم ها و مولکول های بسیار یونیزه شده را در محیط های گرم مانند جو ستاره ها و بقایای ابرنواخترها یافت می شوند تشخیص دهند و فوتون های فرابنفش را در طول موج های مشخصی جذب می کنند.

تلسکوپ هابل با اندازه گیری این خطوط ترکیبات و چگالی گازها را تعیین میکند.

شناسایی اتم های خنثی یا یون های هیدروژن مولکولی، کربن، نیتروژن، اکسیژن، و این امواج بیشتر برای محیط های سرد و گازهای یونیزه داغ برای عناصر سنگین تر مثل آهن، سیلیکون، منیزیم، سولفور، استفاده می شود ولی با غبار مسدود می شود..



تلسکوپ هابل

شناسایی عناصر با امواج ایکس و گاما



تلسکوپ اشعه ایکس
چاندرا



تلسکوپ اشعه گاما
فرمی

اشعه ایکس دارای فوتون های پر انرژی که باعث خارج کردن الکترون از مدار های داخلی تر اتم ها و یونیزه کننده قوی است.

تلسکوپ های ایکس از آینه هایی با هندسه خاص به نام ولتر برای پرتوهای با زاویه کم منعکس می کند.

و اشعه گاما که بر هسته اتم تاثیر می گذارد و باعث تغییر در ساختار آن می شود.

تلسکوپ گاما فوتون های گاما را تا قبل از جذب شدن توسط زمین آشکار می کنند.

تلسکوپ های ایکس و گاما می توانند تابش های پر انرژی مانند واکنش های هسته ای و فروپاشی ایزوتوپ های رادیو اکتیو را تشخیص دهند. این تلسکوپ ها برای واکنش پذیرترین محیط های کیهان مثل سیاه چاله ها و ستاره های نوترونی بررسی شود.

این امواج عناصر سنگینی مثل آلومینیوم، تیتانیوم و .. را شناسایی می کنند.

این تلسکوپ ها برای سیاه چاله ها و دیسک های برافزایشی اطراف آن ها و ستارگان نوترونی و تپ اخترها، ابرنواخترها بررسی می شود.

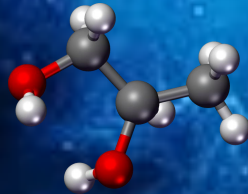
ترکیبات آلی در فضای بین ستاره ای

- * سیانید ایزوپریل و نیتریل ها در ابر های مولکولی نزدیک کهکشان راه شیری
- * در سحابی ها هیدروکربن های چند حلقه ای در بین گرد و غبار و گاز بین ستارگان و حتی در کهکشان های ۱ و نیم میلیارد سال بعد از بیگ بنگ کشف شد.
- * در شهاب سنگ ها حاوی اسیدهای آمینه که بلوک سازنده ی پروتئین ها و سایر ترکیبات آلی هستند.
- * دنباله دارها غنی از ترکیبات آلی
- * سیارات و اقمار
- متانول و اتیلن گلیکول در دیسک های پیش ستاره ای که در اطراف ستارگان تازه متولد شده یافت می شود.

این نشان میدهد مولکول های آلی یافت شده در فضا در اثر تجزیه ارگانیسم های زنده به وجود نیامده است بلکه از طریق فرآیندهای شیمیایی پیچیده و تحت شرایط خاص در فضای کیهانی تشکیل می شود.

طبق تحقیقات اخیر بیشتر درمورد مولکول های آلی پیچیده برای پیدایش حیات توسط تلسکوپ های جیمزوب و آلسا شکل گرفته است شامل بیش از ۶ اتم مثل متوکسی اتانول مبتنی بر سیلیکون در جو کوتوله قهوه ای کشف شد.

هم چنین نیتریل ها مولکول های پیش ساز حیات حاوی پیوند کربن - نیتروژن در ابر مولکولی مرکز کهکشان راه شیری که برای پیش ساز RNA و DNA هستند.



ابر مولکولی



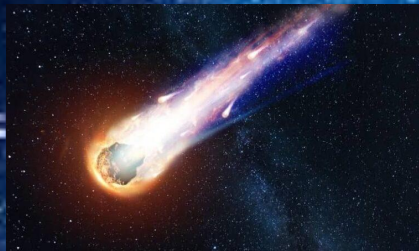
سحابی



دیسک پیش ستاره ای



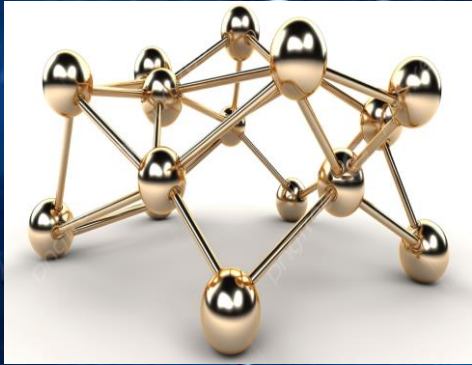
دنباله دار



شهاب سنگ



سیارات و اقمار

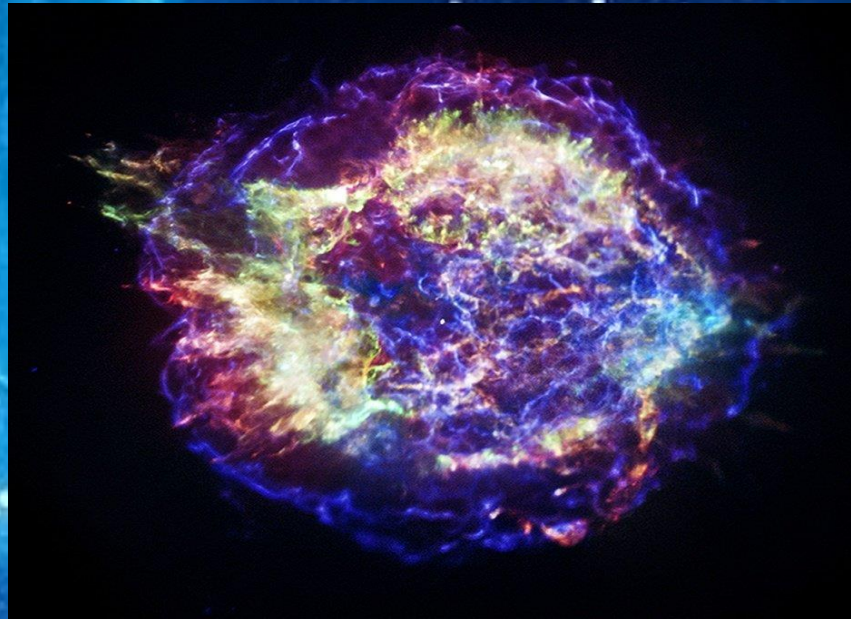


طلا در فضای بین ستاره ای

۳ منشأ اصلی طلا در کیهان که از فرآیندهای پر انرژی هسته ای تشکیل می شود.



فوران های مگنتار

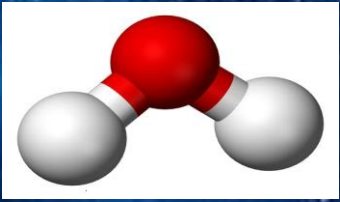


ابرنواختر

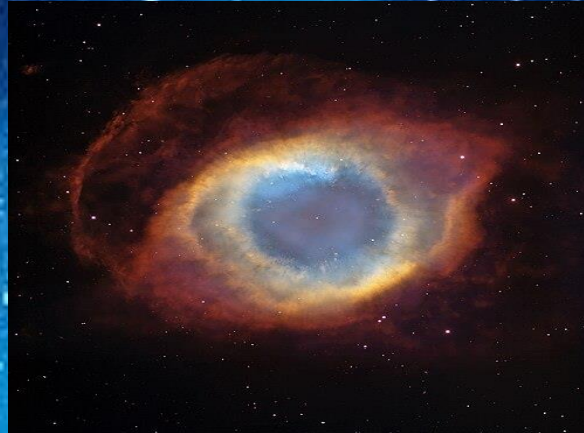


برخورد دو ستاره نوترونی

آب در فضای بین ستاره ای



سحابی شکارچی



سحابی هلیکس



ابر مولکولی



سیارات



سیاه چاله ها

به ۳ شکل جامد ، مایع و گاز در کیهان یافت می شود. یخ ها فراوان ترین شکل هستند که در دانه های غبار و مناطق سرد و چگال هستند. که در آن ها واکنش های مولکول های آلی پروبیوتیک رخ داده است. بخار آب در مناطق گرم ستاره زا بیشتر شناسایی می شود.

گوگرد در فضای بین ستاره ای

گوگرد یک معمای گمشده در فضای میان ستاره ای است چون در همه فضای میان ستاره ای به شکل های مختلف به صورت فراوان یافت می شود ولی رفتار آن متفاوت است. مثلا در ابرهای گازی ۱ درصد مشاهده می شود و کمبود رصدی است. دانشمندان معتقدند به صورت جامد دانه غبار پنهان شده باشند و آلوتروپ های پیچیده مثل تاج های هشت گوگردی و پلی سولفان ها در پوشش های یخی دانه های غبار قفل شده باشند.

سولفید هیدروژن مولکولی شبیه آب در فاز گازی یافت می شود.

مونو سولفید کربن
اکسی سولفید کربن ۳ اتمی در یخ های ستاره ای
دی اکسید گوگرد در مناطق گرم ستاره زا
گوگرد یکی از ۶ عنصر اصلی حیات برای واحد های سازنده پروتئین هاست.



سحابی شکارچی



شهاب سنگ



سیارات



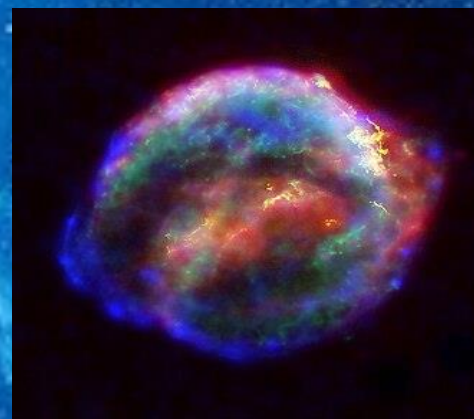
ابر مولکولی



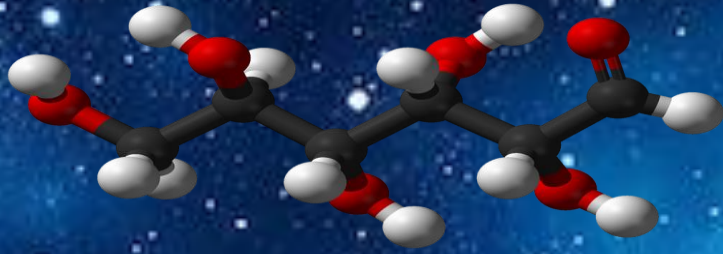
اخترش



مریخ



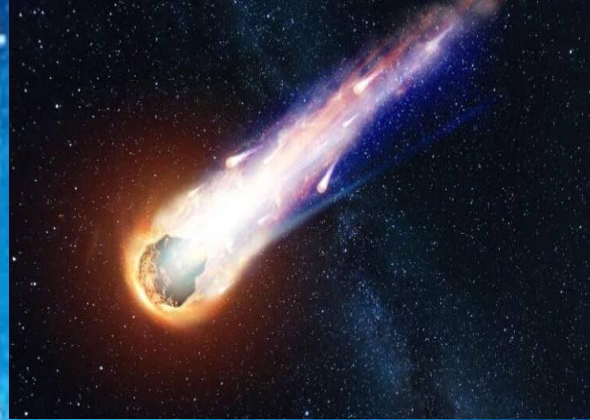
ابرنواخترها



قند در فضای بین ستاره ای



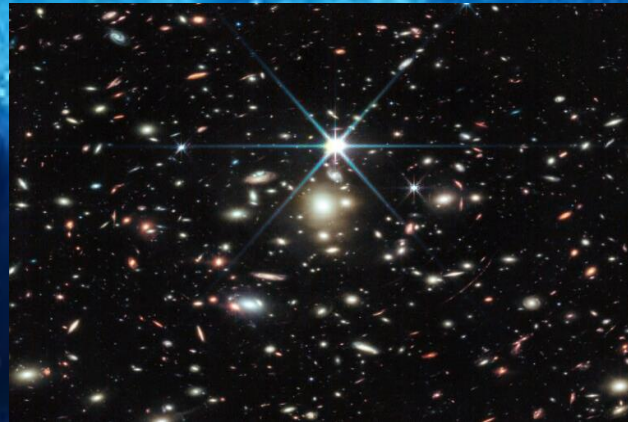
کمر بند کویپر



شهاب سنگ



ابر مولکولی



ستارگان جوان

گلیکوالدهید یک قند دو کربنی

$C_2H_4O_2$

و ساده ترین قند است که در تشکیل قندهای

پیچیده مثل ریبوز برای تشکیل

DNA و RNA

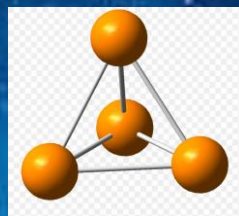
در اطراف ستارگان جوان شناسایی شده است.

هم چنین اسیدهای قندی مثل گلیسیریک اسید در

شهاب سنگ ها به صورت دانه های یخی با تابش

های فرابنفش UV تصعید و به سیارات برای حیات

منتقل می شوند و فقط منحصر به زمین نیست.



فسفر در فضای بین ستاره ای

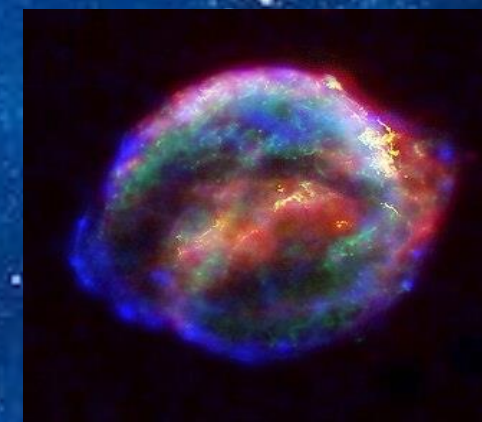
- عنصر فسفر یکی از ۶ عنصر تشکیل حیات (گوگرد، فسفر، هیدروژن، نیتروژن، کربن و اکسیژن) است که در انفجارهای ابر نواختری تشکیل می شود و دانشمندان در حاشیه کهکشان به صورت ابر مولکولی کشف کردند..



ابر مولکولی



ستارگان جوان



ابرنواخترها

منابع

<https://en.wikipedia.org>

European Space Agency

WWW.BIGBANGPAGE.COM

GEMINI

NASA Science (.gov)

<https://science.nasa.gov>



با تشکر از توجه شما