

# Стеглар хувьсал: Од, амьдрал, ОДДЫН ҮХЭЛ

**John R. Percy**

*International Astronomical Union  
University of Toronto, Canada*



# ОДДЫН ХУВЬСАЛ

- Бид оддын хувьслын тухай ярихдаа одод "түлш" -ийг идэж, урт наснаасаа, Үхэх хүртлээ тохиолддог өөрчлөлтийн талаар хэлдэг.
- Оддын хувьслыг ойлгох нь одон орон судлаачдад ойлгоход тусалдаг:
  - Манай Нарны мөн чанар, ирээдүйн хувь тавилан.
  - Манай нарны системийн гарал үүсэл.
  - Бид нарны системээ бусад гаригийн системтэй хэрхэн харьцуулж үздэг
  - Хэрэв орчлон ертөнцөд өөр газар амьдрал байж болох юм.

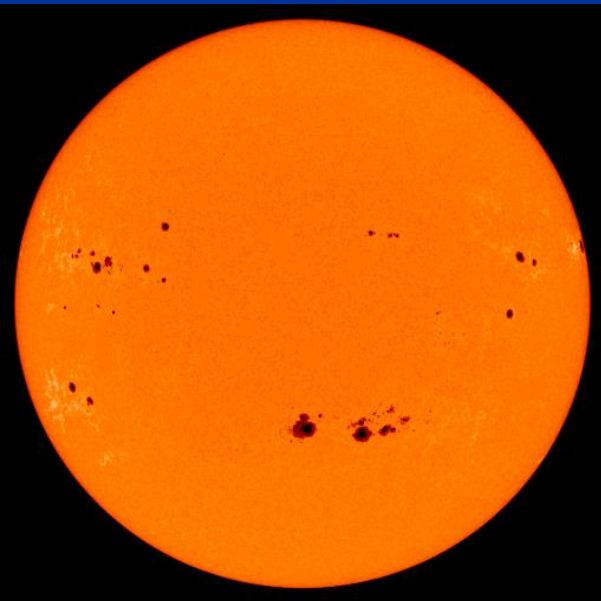


Бөгжний мананцар, үхэж буй од.  
Эх сурвалж: НАСА



# Нарны шинж чанар: одон орон судлаачид тэдгээрийг хэрхэн хэмждэг хамгийн ойрын од ба – чухал!

- Зай:  $1.5 \times 10^{11}$  м, Мөнгөн ус ба Сугар гаригийн радарын долгионыг тусгасан
- Масс:  $2 \times 10^{30}$  кг, нарны эргэн тойронд эргэлддэг гаригуудын хөдөлгөөнийг хэмждэг
- Диаметр:  $1.4 \times 10^9$  м, нарны тодорхой диаметрээс (өнцөгт) ба түүний зай
- Эрчим хүч:  $4 \times 10^{26}$  W, зайнаас болон хэмжсэн хүчнээс Дэлхий
- Химийн найрлага: 98% устөрөгч ба гелий, түүний спектрийг судалдаг.



The Sun.

Source: NASA SOHO Satellite



# Оддын шинж чанар – алс холын нар, одон орон судлаачид тэдгээрийг хэрхэн хэмждэг вэ – чухал!

- Зай: паралаксаас эсвэл хүч нь мэдэгдэж байгаа бол тод тод тод байдлаас.
- Эрчим хүч: зайнаас болон тод тод
- Гадаргуугийн температур: Өнгө эсвэл спектрээс
- Радиус: Эрчим хүч ба гадаргуугийн температураас
- Масс: Хоёртын оддын ажиглалтыг ашиглах
- Химийн найрлага: одны спектрээс

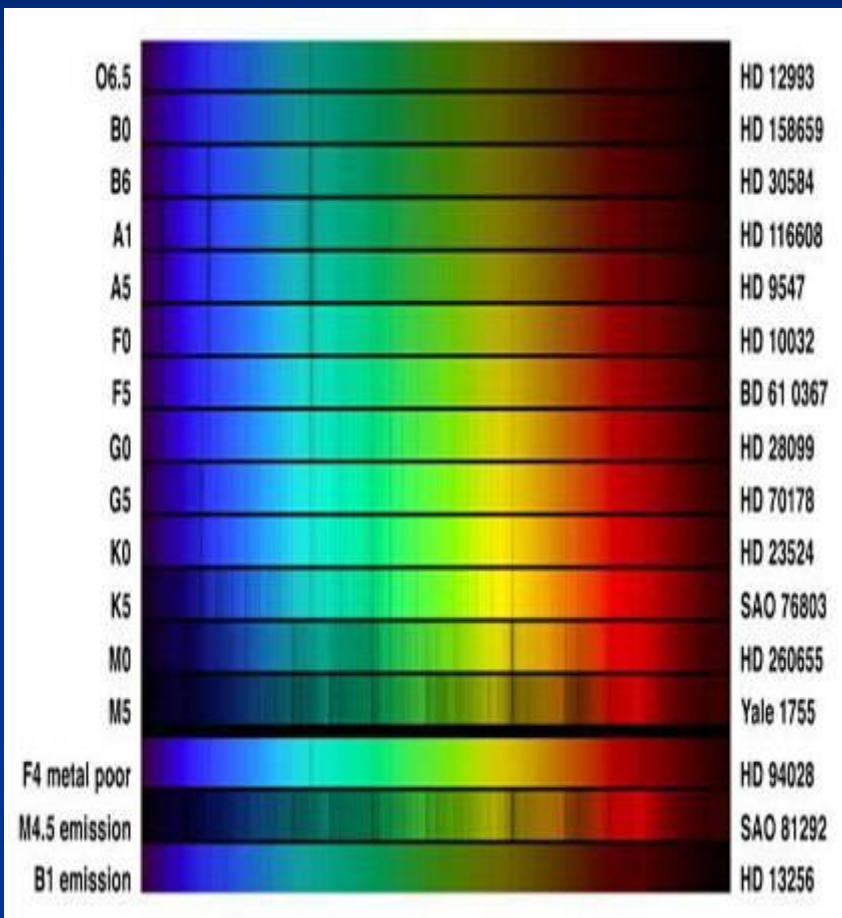


Орион одны холбоо.

Эх сурвалж: Хаббл, БОНХАЖ, Акира Фужиги



# Оддын спектр: одны гэрэл, ӨНГӨӨР задардаг



- Одон орон судлаачид одон орны эх сурвалжийн талаар олж мэдсэн
- Спектур нь оддын найрлага, температур болон бусад шинж чанаруудын талаар мэдээлэл өгдөг

*Зүүн: гадаргуугийн янз бүрийн температуртай оддын эхний 13 спектр (дээд талд хамгийн өндөр нь); сүүлийн гурван спектрийг өвөрмөц шинж чанар бүхий одуудаас авсан*

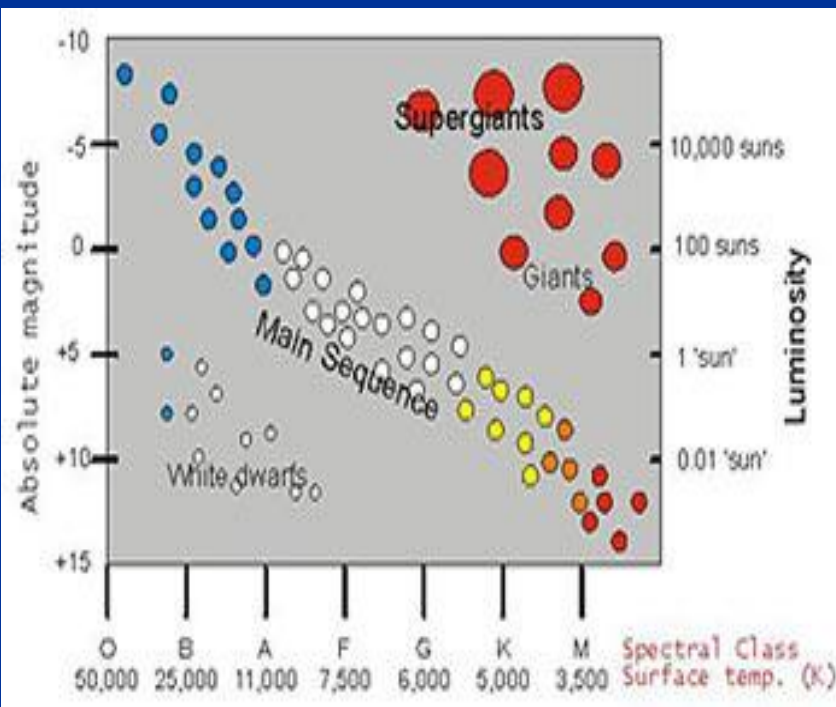
Стеллар спектр

Эх сурвалж: АНУ-ын үндэсний оптик одон орон судлалын ажиглалт



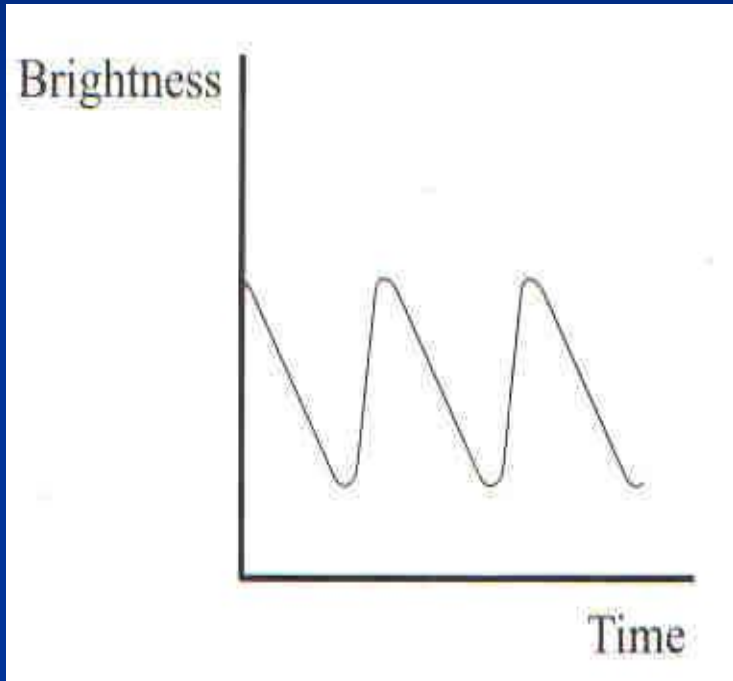
# Hertzsprung-Russell диаграм ОДДЫН шинж чанарт захиалга байдаг!

- Hertzsprung-Russell ( HR ) диаграм нь хүчийг ( харанхуй ) температурын функц болгон харуулдаг; "туйлын хэмжээ" нь логарифмын хүч юм.



- Ихэнх одод “ үндсэн дарааллаар ” дээр байрладаг: асар том одод халуун бөгөөд өндөр хүч чадалтай ( зүүн зүүн ), харин жижиг одод бага масстай байдаг, хүйтэн, бага хүч чадалтай ( доод баруун )
- Аварга одод диаграмын баруун дээд хэсэгт байрладаг бол цагаан одой нь зүүн доод талд байдаг

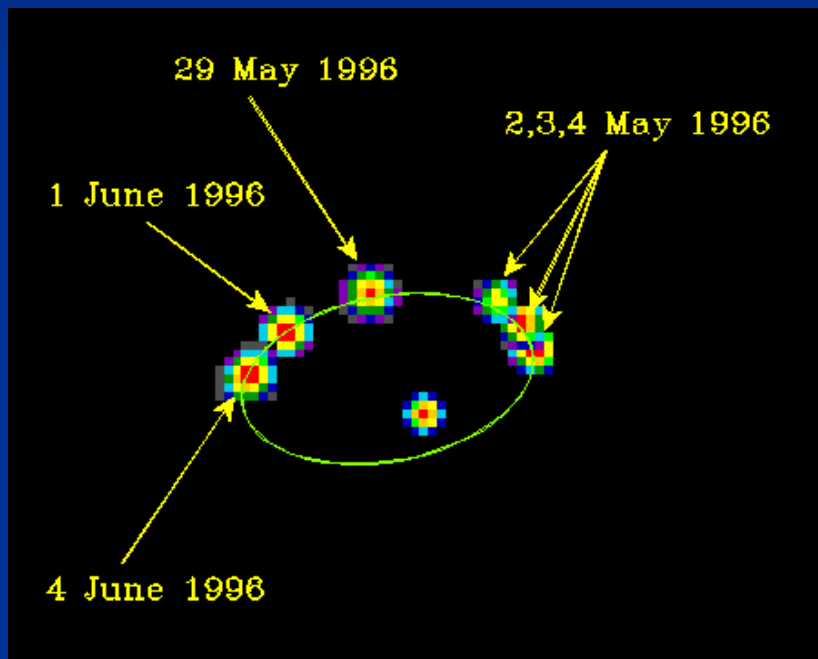
# Хувьсах одууд



Light curve: a graph of brightness vs. time.

- Хувьсах одод бол цаг хугацааны хувьд гэрэлтүүлгээ өөрчилдөг одод юм
- Ихэнх одод хувьсах чадвартай байдаг; чичиргээ, гэрэлтэн, дэлбэрч, дэлбэрэх, эсвэл хамтрагч од эсвэл гаригаар хиртэх зэргээс болж өөр өөр байж болно
- Хувьсах одод одны мөн чанар, хувьслын талаар чухал мэдээлэл өгдөг

# Хоолны одод ( давхар ) ба олон



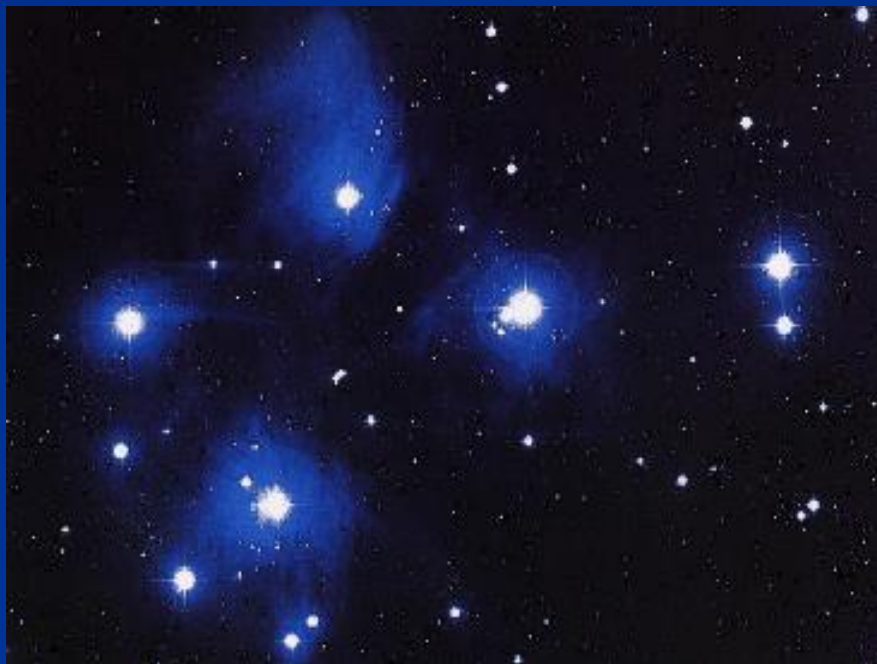
Orbital movement of Mizar, in Osa Major.  
Source: NPOI Group, USNO, NRL

- Хоолны одод бол хүндийн хүчний улмаас ойрхон байдаг хос одод бөгөөд өөрсдийгөө тойрч тойрог зам юм. Тэд зүүн талд байгаа зураг дээрх дүрс дээр шууд (, эсвэл тэдний спектрээр илэрсэн, эсвэл оддын хоорондох хиртэлтээс шууд харагдаж болно.
- Эдгээр нь оддын массыг хэмжих хамгийн чухал хэрэгсэл юм
- Олон одод таталцлын улмаас хамтдаа холбогдсон гурван ба түүнээс дээш од юм





# Оддын кластерууд "Байгалийн туршилтауд"



Open Cluster The Pleiades.  
Source: Mount Wilson Observatory

- Оддын бөөгнөрөл гэдэг нь таталцлын нөлөөгөөр бие биендээ ойрхон байрладаг, орон зайд хамтдаа хөдөлдөг оддын бүлгүүд юм.
- Тэдгээр нь ижил материалаас нэг цагт, ижил газарт үүссэн бөгөөд ижил зайд байрладаг, зөвхөн массаараа ялгаатай.
- Бөөгнөрөл нь өөр өөр масстай, гэхдээ ижил насны оддын дээж юм



# Нар, одод юунаас бүтдэг вэ?



Сансар огторгуй дахь химийн элементүүдийн элбэг дэлбэг байдал: шувууны үр Н (90%), будаа He (8%), шош С, N, O болон бусад цөөн хэдэн элементүүд (2%).

- Спектроскопи болон бусад аргуудыг ашиглан одон орон судлаачид одод ямар "үндсэн материалыг" тодорхойлж чадна
- Устөрөгч (H) ба гели (He) нь хамгийн элбэг байдаг элементүүд бөгөөд орчлон ертөнц үүсэх үед үүссэн.
- Илүү хүнд элементүүд нь сая, тэрбум дахин бага байдаг. Тэд оддын дотор термоядролын урвалаар үүссэн



1 H																	2 He				
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				
55 Cs	56 Ba			72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn			
87 Fr	88 Ra			104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 UUp	116 Lv	117 Uus	118 Uuo			
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu					
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr					



Elements created at the Big Bang



Elements produced by nucleosynthesis, in the core of the stars



Elements produced by supernovas



# ОДДЫН БҮТЦИЙН ХУУЛИУД

- Одны дотор бид гүнзгийрэх тусам дээд давхаргын жингээс болж даралт нэмэгддэг.
- Хийн хуулиудын дагуу даралт ихсэх тусам температур, нягтрал нэмэгддэг.
- Эрчим хүч нь цацраг, конвекцоор доторх халуун хэсгээс гадна хүйтэн хэсэг рүү урсах болно.
- Хэрэв одноос энерги урсах юм бол од нь хөргөнө - хэрэв дотор нь илүү их энерги бий болоогүй бол.
- Одод эдгээр энгийн бөгөөд бүх нийтийн физикийн хуулиудад захирагддаг



# Жишээ: Нар яагаад нурж, агшдаггүй вэ?



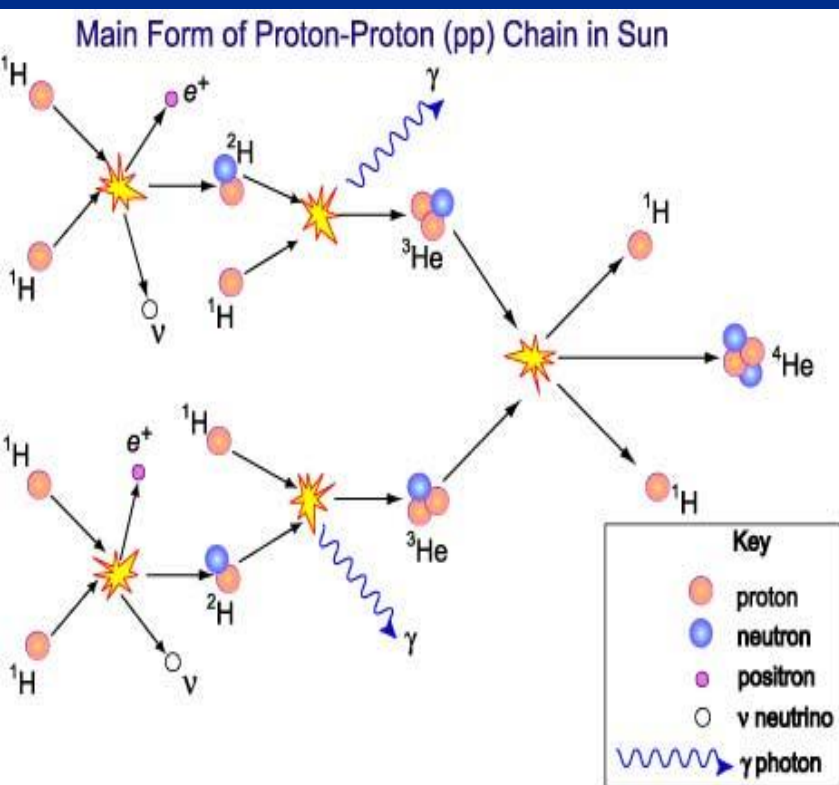
- Зүүн талд үзүүлсэн шиг бөмбөлөг хий
- Агаар мандлын даралт нь бөмбөлгийг дотогшоо "түлхэж" байна. Хийн даралт нь бөмбөлгийг гадагш "түлхэж" байгаа тул багасдаггүй.
- Нарны дотор материалыг дотогшоо түлхэж буй таталцал нь хийн даралтаар тэнцвэрждэг.

# Нар, оддын энергийн эх үүсвэр

- Хий, газрын тос эсвэл нүүрстөрөгчийн химийн шаталт уу? Энэ үйл явц нь маш үр ашиггүй бөгөөд хэдхэн мянган жилийн хугацаанд наранд эрчим хүч авчирдаг
- Таталцлын агшилт удаан уу? Энэ нь хэдэн сая жилийн турш наранд энерги авчирч болох ч Нар хэдэн тэрбум жилийн настай
- Цацраг идэвхжил (цөмийн задрал)? Нар болон оддын дотор цацраг идэвхт изотопууд бараг байдаггүй
- Хөнгөн элементүүдийг илүү хүнд болгох цөмийн нэгдэл? **Тийм ээ! Энэ бол маш үр дүнтэй процесс бөгөөд устөрөгч, гели зэрэг хөнгөн элементүүд нь нар болон оддын 98 хувийг бүрдүүлдэг.**



# Протон-Протоны гинж нь наранд НЭГДЭХ ГОЛ ҮЙЛ ЯВЦ ЮМ



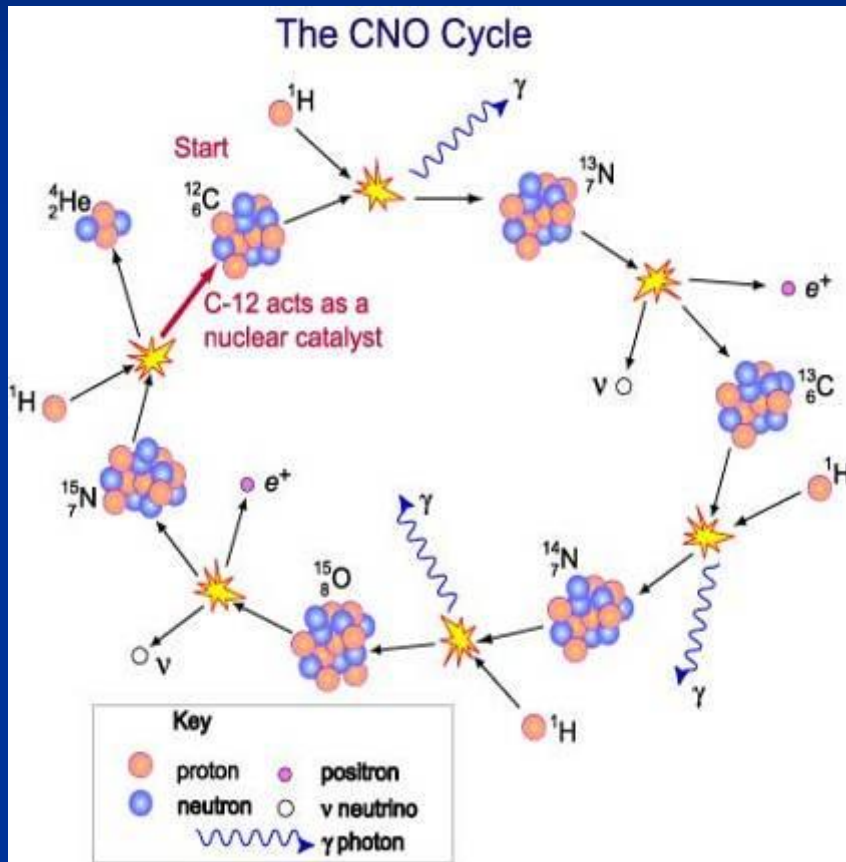
- Манай нар шиг одод өндөр температур, нягтралтай үед протонууд (улаан өнгөтэй) тэдгээрийн хоорондох электростатик түлхэлтийг даван туулж,  $^2\text{H}$  (дейтерий) ба нейтрино ( $\nu$ ) үүсгэдэг.
- Дараа нь өөр протон нь дейтерийтэй нийлж  $^3\text{He}$  үүсгэдэг
- Дараа нь  $^3\text{He}$  цөмүүд хоорондоо нийлж  $^4\text{He}$  цөм үүсгэж, хоёр протоныг ялгаруулдаг.
- Үр дүн: 4 протон нийлж гелий ба энерги (гамма-туяа ба кинетик энерги) үүсгэдэг.

Proton-proton cycle

Source: Australia National Telescope Facility



# Нүүрстөрөгч - азот - хүчилтөрөгчийн эргэлт



- Маш халуун цөмтэй асар том одод протон (улаан) нь  ${}^{12}\text{C}$  (нүүрстөрөгч) цөмтэй мөргөлдөж болно (зүүн дээд талд)
- Энэ нь эцэст нь дөрвөн протон нийлж гелий цөм үүсгэдэг дугуй урвал эхэлдэг (зүүн дээд талд)
- Циклийн төгсгөлд  ${}^{12}\text{C}$  цөм дахин сэргээгддэг тул түүнийг үүсгээгүй, устгадаггүй; энэ нь цөмийн катализаторын үүрэг гүйцэтгэдэг

CNO cycle

Source: Australia National Telescope Facility





# Оддын "загвар" бүтээх

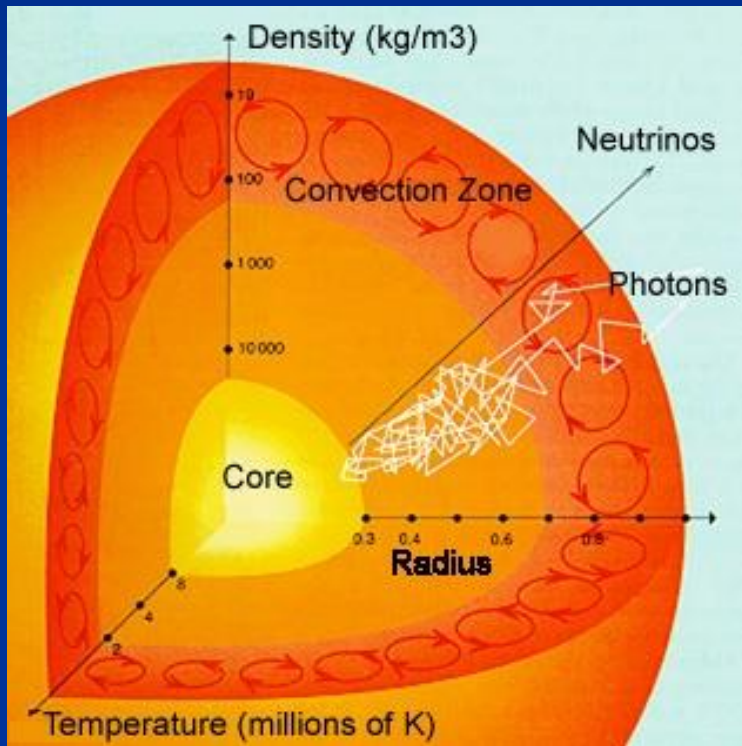
- Оддын бүтцийг тодорхойлсон хуулиудыг тэгшитгэлээр илэрхийлж, компьютерийн тусламжтайгаар шийддэг.
- Компьютер нь нар эсвэл одны цэг бүрийн температур, нягтрал, даралт, хүчийг тооцдог. Үүнийг загвар гэж нэрлэдэг
- Нарны төв хэсэгт нягт нь усны нягтралаас 150 дахин их, температур нь  $\sim 15,000,000$  К байна!





# Нарны дотоод засалд Компьютерээр хийсэн нарны "загвар" дээр Үндэслэсэн

- Халуун цөм дотор цөмийн урвалууд нь устөрөгчийг гели болгон хайлуулах замаар энерги үүсгэдэг
- Цөмийн дээгүүр цацрагийн бүсэд энерги нь цацрагийн механизмаар гадагшаа урсдаг.
- Конвекцийн бүсэд цацрагийн талбай ба гадаргуугийн талбайн хооронд энерги нь конвекцоор гадагш урсдаг.
- Фотосфер нь гадаргуу дээрх одны тунгалаг болох давхарга юм

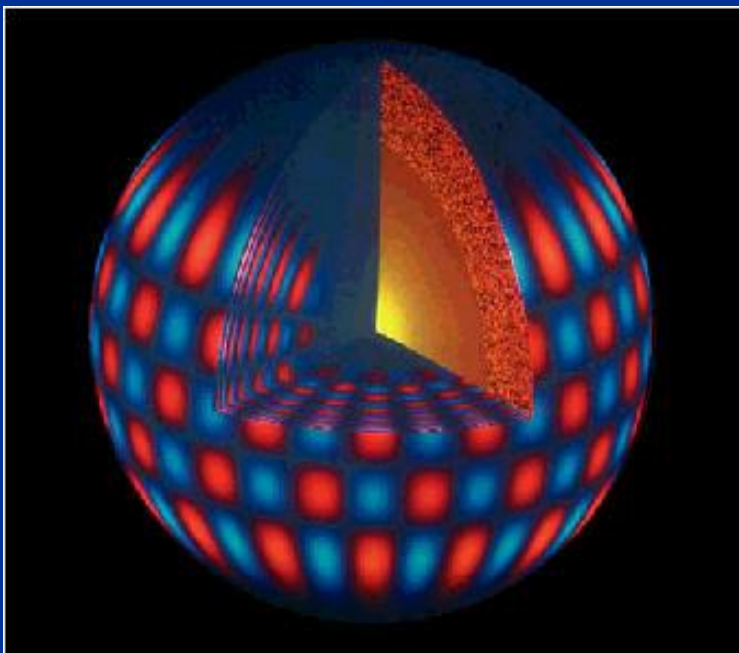


Нарны загвар

Эх сурвалж: Онолын физикийн хүрээлэн,  
Ослогийн их сургууль

# Гелисейсмологийн загварыг турших

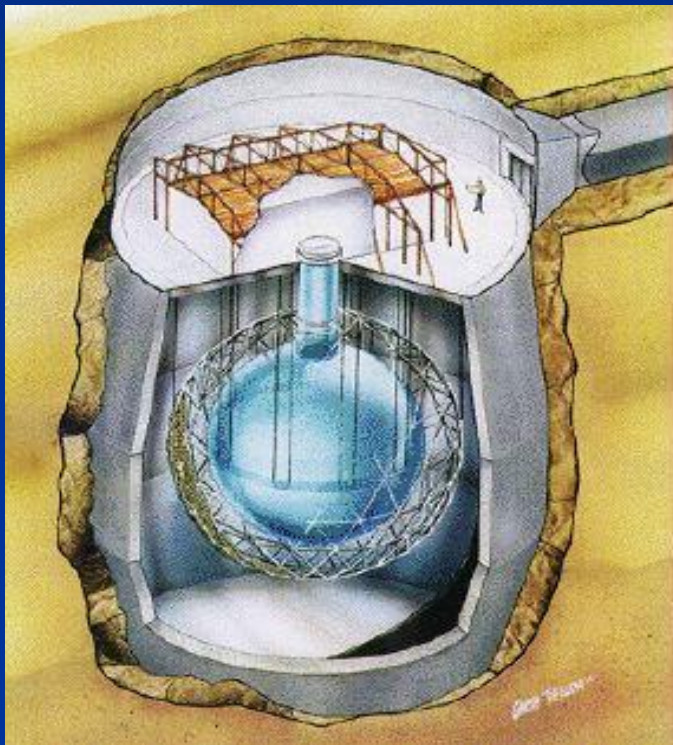
- Нар олон мянган аргаар (хэв маягаар) зөөлөн чичирдэг. Тэдний нэг нь зүүн талд байгаа зураг дээр харагдаж байна
- Эдгээр чичиргээг ажиглаж, бид нарны дотоод бүтцийг гаргаж, нарны бүтцийн одоо байгаа загваруудыг туршиж үзэх боломжтой. Энэ үйл явцыг гелисейсмологи гэж нэрлэдэг
- Үүнтэй төстэй чичиргээ бусад одод ажиглагдаж болно: астросейсмологи



Нарны чичиргээний уран сайхны ойлголт.  
Эх сурвалж: АНУ-ын үндэсний  
оптик одон орон судлал  
Ажиглалтын газар



# Нарны нейтрино загварыг турших



- Цөмийн нэгдлийн урвал нь нейтрино гэж нэрлэгддэг энгийн бөөмсийг үүсгэдэг.
- Тэд маш бага масстай, бодистой харьцах нь ховор байдаг.
- Садбери Нейтрино ажиглалтын төв (зүүн талд) зэрэг тусгай ажиглалтын газруудын ачаар тэдний массыг илрүүлж, хэмжсэн. Үр дүн нь загварт олж авсан таамаглалтай нийцэж байна

Нейтрино ажиглалтын төв, Садбери

Эх сурвалж: Садбери Нейтрино ажиглалтын төв



# Оддын амьдрах хугацаа

- Оддын амьдрах хугацаа нь түүнд хэр их цөмийн түлш (устөрөгч) байгаа, түүнийг хэр хурдан зарцуулдаг (хүч) зэргээс шалтгаална.
- Манай нарнаас бага жинтэй одод хамгийн түгээмэл байдаг. Тэд түлш багатай ч хамаагүй бага хүч чадалтай тул илүү урт насалдаг
- Нарнаас илүү масстай одод бага түгээмэл байдаг. Тэд илүү их түлштэй, гэхдээ хүч нь хамаагүй өндөр тул богино насалдаг



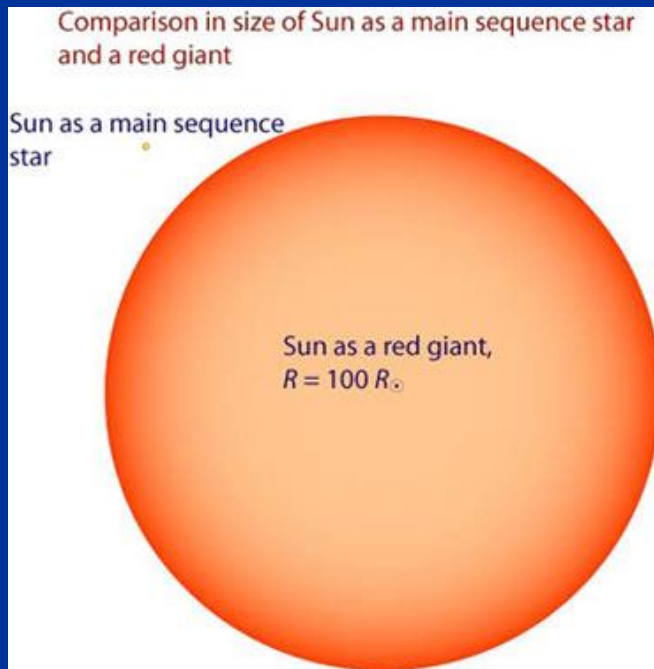
# Одон орон судлаачид оддын хувьслын талаар хэрхэн мэддэг вэ?

- Амьдралынхаа янз бүрийн үе шатанд оддыг ажиглаж, тэдгээрийг логик хувьслын дарааллаар оруулах.
- Компьютер ашиглан загвар бүтээх, физикийн хуулиудыг ашиглах, цөмийн нэгдлийн улмаас оддын найрлагад гарсан өөрчлөлтийг бүртгэх.
- Өөр өөр масстай, гэхдээ ижил насны оддын бөөгнөрөл ба/эсвэл бүлгүүдийг судлах.
- Оддын амьдралын хурдан бөгөөд хачирхалтай үе шатуудыг судлах (жишээ нь, хэт шинэ болон шинэ).
- Хувьсах лугшилттай оддыг судлах замаар тэдгээрийн хувьслын улмаас импульсийн үеийн удаан өөрчлөлтийг хэмждэг.



# Нартай төстэй оддын хувьсал

- Нартай төстэй од нь термоядролын урвалыг үргэлжлүүлэхэд хангалттай түлш (устөрөгч) байгаа тул амьдралынхаа эхний ~90% -д тийм ч их өөрчлөгддөггүй. Бид үүнийг үндсэн дарааллын од гэж нэрлэдэг.



- Түлш болох устөрөгч нь ялгарахад улаан аварга од болон хувирдаг.
- Цөмийн дотор температур хангалттай нэмэгдэж, гелийг нүүрстөрөгч болгон нэгтгэх замаар энерги гаргаж эхэлдэг.
- Гелийн түлш дуусмагц од дахин хавдаж, нарнаас хэдэн зуу дахин том улаан аварга биет болж хувирна.

# Нартай төстэй оддын үхэл



Helix Planetary Nebula.  
Source: NASA

- Од улаан аварга болох үед лугшилт (чичиргээ) эхэлдэг. Бид үүнийг Мира од гэж нэрлэдэг.
- Судасны цохилт нь одны гаднах давхаргыг салгаж, үзэсгэлэнтэй гаригийн мананцар үүсгэдэг (зүүн талд)
- Одны цөм нь одой, өтгөн, цагаан, жижиг, түлшгүй байдаг





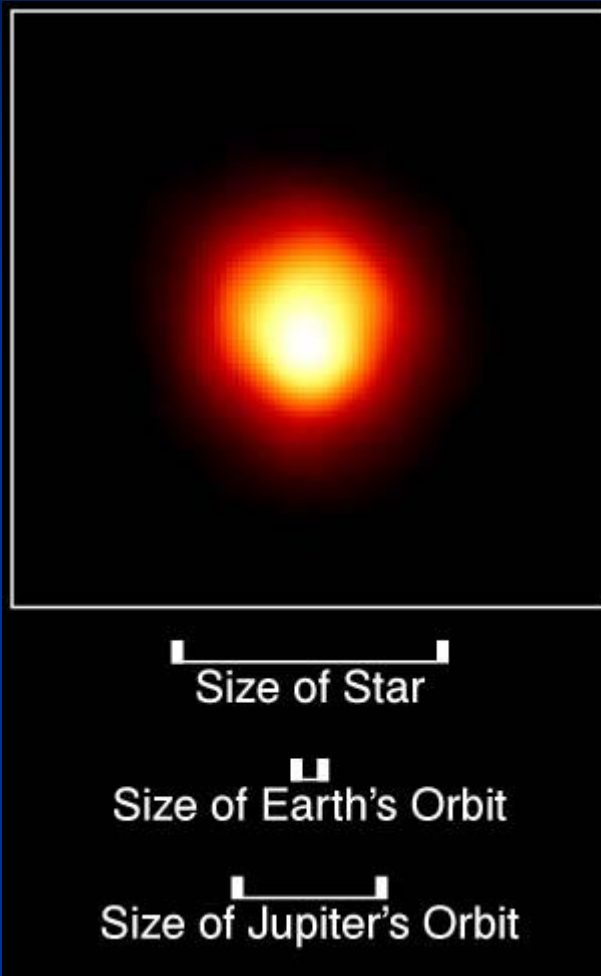
# Цагаан одой



The white dwarf companion (below) of Sirius (above). Source NASA

- Цагаан одой нь нартай төстэй оддын үхсэн цөмийг төлөөлдөг.
- Цагаан одой од нь нартай төстэй масстай, эзэлхүүнээрээ дэлхийтэй төстэй, нягт нь усныхаас сая дахин их байдаг.
- Цагаан одойд төв рүү чиглэсэн таталцлын хүчийг түүний доторх электронуудын гадаад квант даралтаар тэнцвэржүүлдэг.
- Сириус (зүүн) болон Прокён зэрэг ойролцоох олон одод цагаан одой хамтрагчтай байдаг.

# Асар том одны хувьсал



- Их хэмжээний одод ховор, хүчирхэг бөгөөд түлшээ маш хурдан зарцуулдаг - хэдхэн сая жилийн дотор.
- Тэд түлшээ зарцуулангуутаа хавдаж, улаан супер аварга од болдог
- Тэдний цөм нь маш халуун бөгөөд төмөр шиг хүнд элементүүдийг бий болгоход хангалттай.
- Орион одны Betelgeuse (зүүн талд) нь тод улаан супер аварга юм. Энэ нь дэлхийн тойрог замаас хамаагүй том юм

Betelgeuse.

Source: NASA/ESA/HST



# Асар том одны Үхэл

- Их хэмжээний одны цөм нь ихэвчлэн төмрөөс бүрдэх үед хайлалтыг үргэлжлүүлэх цөмийн түлшгүй болж, халуун хэвээр байхаа болино.
- Таталцал нь нейтрон одны цөмийг буталж, асар их хэмжээний таталцлын энерги ялгаруулж, одыг суперновагийн дэлбэрэлтэд хүргэдэг (зүүн талд).
- Суперновагууд нь төмрөөс илүү хүнд элементүүдийг үүсгэж, эдгээр болон бусад элементүүдийг орон зайд гадагшлуулж, шинэ од, гариг, амьдралын нэг хэсэг болох элементүүд юм.



The Crab nebula, the remnant of an explosion of supernovae observed in 1054 AD. Source: NASA



# Нейтрон одод



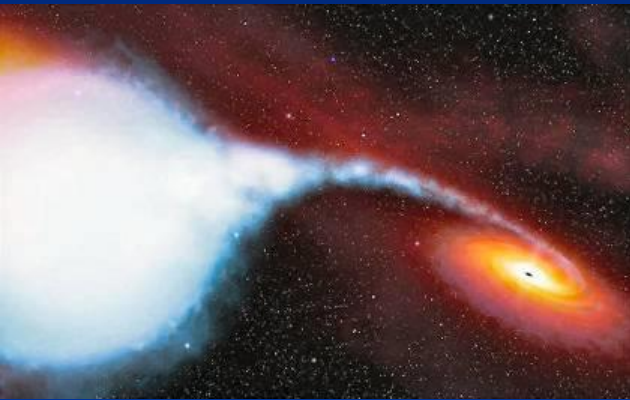
- Нарны массаас 1.5-3 дахин их масстай одны цөмүүд нурж, одны амьдралынхаа төгсгөлд нейтрон од болдог.
- Тэдний диаметр нь 10 км, нягтрал нь уснаас хэдэн триллион дахин их юм.
- Тэдгээр нь нейтрон болон илүү чамин тоосонцороос бүрддэг.
- Залуу нейтрон одод хурдан эргэлдэж, радиогоор тогтмол цацрагийн импульс ялгаруулдаг ба пульсар гэж нэрлэгддэг.

Pulsar, neutron star in the heart of the Crab Nebula The rotational energy that emits energized Nebula.

Source: NASA/ESA/HST



# Хар нүхнүүд

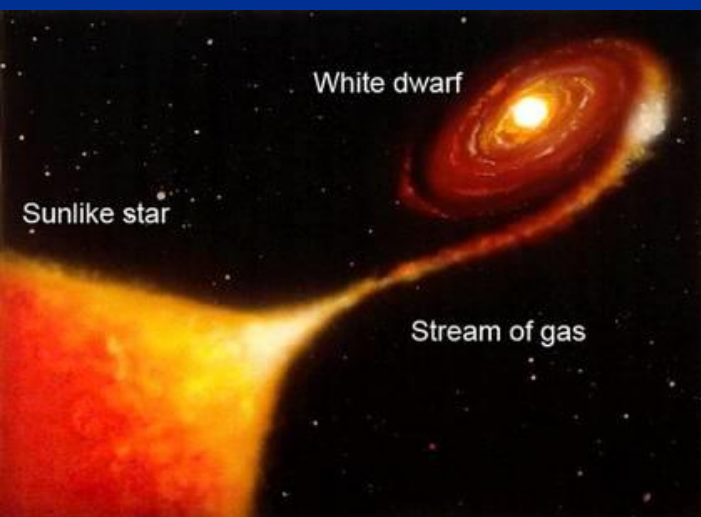


Artistic conception of Cygnus X-1, a visible star (left) with a black hole (right) in a center of accretion disk.  
Source: NASA.

- Хар нүх гэдэг нь таталцал нь маш хүчтэй тул түүнээс юу ч зугтаж чадахгүй, тэр байтугай гэрэл хүртэл одон орны объект юм.
- Ер бусын масстай оддын цөмүүд (нарны массаас 30 дахин их) түлш нь дуусах үед хар нүх болдог.
- Хар нүхийг илрүүлэх нэг арга: харагдахуйц од түүнийг тойрон эргэлдэж байх үед (зүүн талд).

# Хувьсах оддын онцгой тохиолдлууд

- Олон оддын Үлдэгдэл - цагаан одой, хар нүх эсвэл нейтрон одод - эргэн тойрондоо ердийн харагдах одтой байдаг.
- Хэрэв ердийн одны хий нь одны Үлдэгдэл рүү унавал түүний эргэн тойронд хуримтлагдах диск үүсч болно (зүүн талд).
- Одны Үлдэгдэл дээр хий унах үед тэр нь тэсрэх, дэлбэрч, дэлбэрч болзошгүй бөгөөд үүнийг бид сүйрлийн хувьсах од гэж нэрлэдэг.



A pair of normal star (left) and a white dwarf star with an accretion disc stealing gas from the companion (right).  
Source: NASA

# Оддын төрөлт



Orion Nebula  
Source: NASA

- Хүйтэн хий, тоосноос бүрдсэн молекулын үүл (мананцар) дотор одод үүсдэг.
- Од хоорондын тоос, хий нь манай Галактикийн бодисын 10 орчим хувийг эзэлдэг.
- Залуу оддыг ерөнхийдөө үүссэн мананцарын дотор эсвэл ойролцоо олж болно.
- Од үүсэх бүсийн хамгийн ойр бөгөөд тод жишээ бол биднээс 1500 гэрлийн жилийн зайд орших Орион мананцар (зүүн талд) юм.



# Од хоорондын хий Оддын хоорондох хий



The Orion nebula. The gas is energized by ultraviolet light from the stars in the nebula.  
Source: NASA

- Од хоорондын хий (атом эсвэл молекул) нь ойролцоох одноос ирж буй хэт ягаан туяаны нөлөөгөөр идэвхжиж, ялгаруулах мананцар үүсгэдэг (зүүн талд).
- Оддын хоорондох хүйтэн хий нь радио дурангаар илрүүлж болох радио долгион үүсгэдэг.
- Од хоорондын хийн 98% нь устөрөгч ба гелиээс бүрддэг



# Од хоорондын тоос Оддын хоорондох тоос



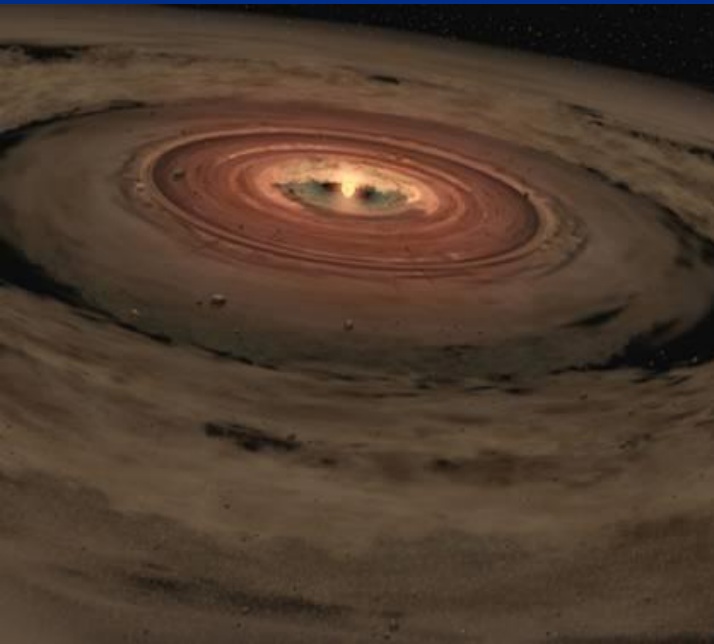
M16

Source: NASA/ESA/HST

- Тод оддын ойролцоо орших од хоорондын тоосыг спектрийн харагдах хэсэгт илрүүлж болно
- Тоос нь оддын гэрлийг хааж, араас нь хийг хааж болно (зүүн талд). Эдгээр үүлэн дотор одод үүсдэг.
- Оддын хоорондох материалын ердөө 1% нь тоос байдаг. Тоосны тоосонцор нь хэдэн зуун нм хэмжээтэй бөгөөд ихэвчлэн силикат эсвэл бал чулуу байдаг



# Од ҮҮСЭХ



Artistic conception of a planetary system  
in the formation process.

Source: NASA

- Одууд нь бөөм гэж нэрлэгддэг мананцарын нягт буюу шахагдсан хэсгүүдийн дотор үүсдэг.
- Таталцал нь цөмийн таталцлыг хариуцдаг.
- Өнцгийн импульс хадгалагдах нь бөөмийн эргэлтийг нэмэгдүүлж, хавтгай болж, эцэст нь диск болон хувирдаг.
- Дискний төвд одууд үүсдэг. Гаригууд нь дискний гаднах хүйтэн хэсгүүдэд үүсдэг.



# Protoplanetary disks: Проплид гаригийн систем үүсэх явцад



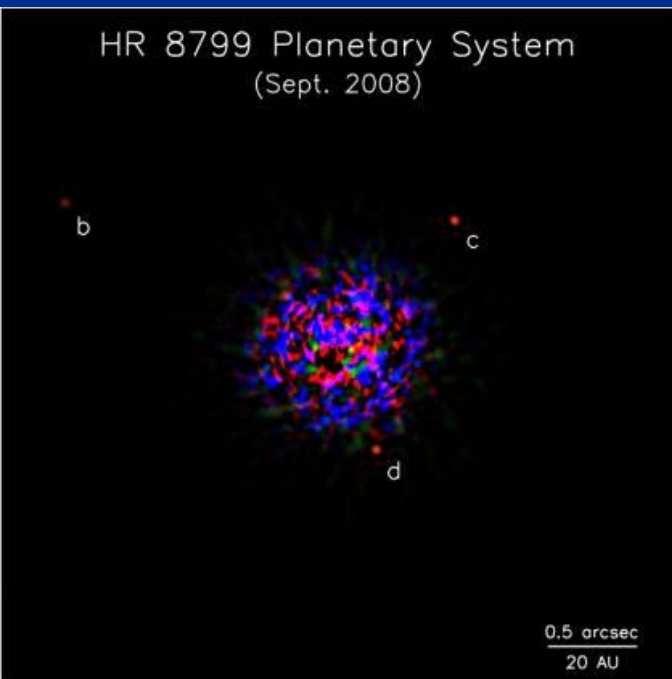
Proplyds

Source: NASA/ESA/HST

- Орион мананцарт эх гаригийн диск ажиглагдсан (зүүн талд)
- Од нь дискний төв хэсэгт бараг харагдахгүй.
- Тоосны диск нь ард байгаа гэрлийг хаажээ.
- Эдгээр болон бусад ажиглалтууд нь гаригийн систем үүссэнийг шууд нотолж байна.



# Exoplanets = Нарны гаднах гаригууд Бусад оддын эргэн тойрон дахь гаригууд



System exoplanet HR 8799  
Source: C. Marois et al., NRC Canada

- Эксопланетуудыг ихэвчлэн одод үзүүдэх таталцлын нөлөөгөөр, эсвэл хэрэв дамжин өнгөрөх тохиолдолд одны гэрлийн бүдэгрэх замаар олж, судалж үздэг.
- Маш цөөхөн нь шууд баригдсан (зүүн талд).
- Манай Нарны аймгийн гарагуудаас ялгаатай нь олон тооны экзопланетууд асар том бөгөөд түүний одтой маш ойрхон байдаг. Энэ нь одон орон судлаачдад гаригийн системүүд хэрхэн үүссэн тухай онолоо өөрчлөх/засах боломжийг олгодог.



# ЭЦСИЙН БОДОЛ

- "Таталцал нь оддын үүсэх, амьдрал, үхэлд хүргэдэг"  
[Профессор Р.А. Бишоп]
- Од төрөх нь манай Нарны аймаг болон бусад гаригийн системийн гарал үүслийг тайлбарладаг.
- Оддын амьдрал нь дэлхий дээр амьдралыг бий болгодог эрчим хүчний эх үүсвэрийг тайлбарладаг.
- Оддын амьдрал, үхэл нь устөрөгчөөс илүү хүнд химийн элементүүдийг үүсгэдэг бөгөөд тэдгээр нь одод, гаригууд, амьдрал бүрддэг.
- Одны үхлийн үед таталцлын нөлөөгөөр орчлон ертөнцийн хамгийн хачирхалтай биетүүд үүсдэг: цагаан одой, нейтрон од, хар нүх.



Анхаарал тавьсанд маш их  
баярлалаа!

