

# МЕЃУСВЕЗДЕНА ПРАШИНА

Наце Стојанов

## Вовед

Во Вселената прашината може да се класифицира во четири видови врз основа на астрономската локација, и тоа како: **меѓу-галактичка, меѓусвездена, меѓупланетарна** и **циркумпланетарна** (ја има во прстените околу некои планети). Со заедночко име, сите четири видови се познати како **космичка прашина**.

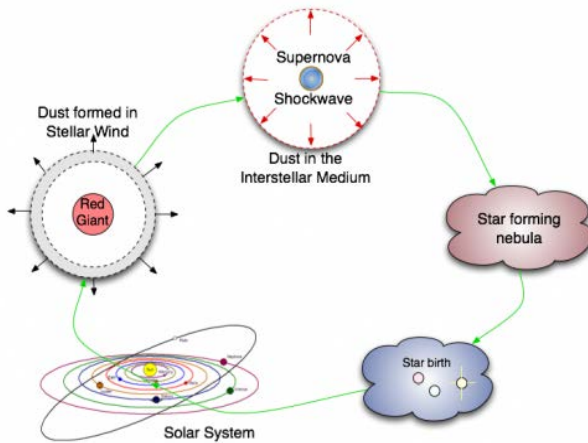
Космичката прашина е присутна во речиси секој астрофизички објект, како на пример прашинастите облаци околу ѕвездите, прашинастите дискови во спиралните, елипсовидните и активните галаксии, како и во некои прегалактички објекти што се карактеризираат со специфични апсорпциони линии во спектарот. Количеството и составот на прашината во галаксиите влијае врз нивниот спектар како и врз некои физички својства, како што се степенот на формирање ѕвезди и присуството на некои елементи. Затоа, разбирањето на својствата на космичката прашина е од суштинско значење за разбирање на еволуцијата на Вселената.



**Слика 1.** Horsehead (коњска глава) маглината е темен облак од прашина и гас во склоп на маглината Орион, во која е констатиран интензивен процес на формирање ѕвезди.

Во овој текст, накратко ќе биде покажано како се формира модел на космичка прашина и кои се ограничувањата на овие модели. Од посебен интерес ќе бидат моделите за меѓусвездената прашина, која што во Вселената секогаш е заедно со разни видови на гасни молекули што како целина ја дефинираат локалната меѓусвездена средина (ISM), слика 1.

Накратко, ISM во просторот помеѓу ѕвездите се состои од неколку главни компоненти: гас, прашина, магнетно поле и високоенергетски зрачења. Познато е дека ѕвездите започнуваат да се формираат во молекуларни облаци, а тоа се области во ISM што се густы, ладни и темни. За време на животот, ѕвездите ја враќаат материјата од која настанале назад во ISM преку зрачења на честичи и ЕМ-бранови, формирање на планетарни маглини или при ѕвездената смрт во вид на нови и супернови. Очигледно е дека циклусот на меѓусвездената прашина, прикажан на слика 2, е доста сложен и сèуште во целост не е објаснет.

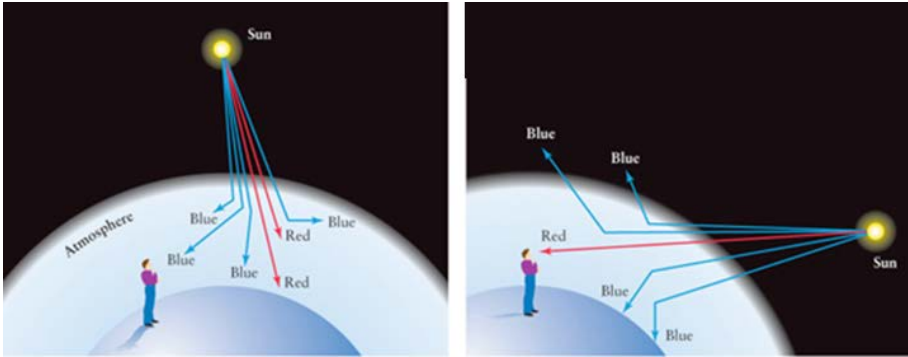


Слика 2. Циклус на меѓусвездената прашина.

Меѓусвездена прашина, како динамички објект, е подложна на просторни и временски варијации што значи дека треба да се создадат модели во кои прашиката ќе еволуира и со тоа ќе влијае врз распределбата на материјата и спектралната енергија во галаксиите. Потврдата за точноста на моделите се проверува преку астрономски набљудувања со посебно дизајнирани телескопи за таа намена каков што е вселенскиот телескоп Spitzer. Овој телескоп е сместен во орбита околу Земјата затоа што набљудува во инфрацрвената област од спектарот што, заради апсорпција од атмосферата, е невидлива од површината на Земјата.

Пред да поминиме на моделите на меѓусвездена прашина, накратко ќе го опишам едно заемдејство помеѓу светлината (ЕМ-

бранови) и честиците (материјата) познато како рассејување. При ова заемодејство, светлината го менува упадниот правец и се пренасочува. Имено, ова заемодејство ни е добро познато затоа речиси секојдневно, сакале или не, ние го набљудуваме небото над нас, слика 3.



**Слика 3.** Сликвит приказ за бојата на небото во зависност од позицијата на набљудувачот и Сонцето.

Одговорот на прашањето зошто небото е сино лежи токму во овој ефект. Во тек на денот, кога Сонцето е далеку од хоризонтот, сината компонента од Сончевиот спектар се рассејува повеќе од молекулите во атмосферата во однос на останатите „бои“, па затоа небото над нас има доминантно сина боја. Но, како го поместуваме погледот надолу кон хоризонтот, синото небо избледнува и во некои случаи може да биде и бело. Накратко, овој ефект има дирекционо својство, што значи дека зависи од аголот кој што упадната светлина го има со хоризонтот, но зависи и од дебелината на атмосферскиот слој и неговите физичко-хемиски карактеристики. Се поставува прашање зошто наутро и навечер небото има портокалово-црвенкаста боја, или зошто облаците некогаш се бели а другпат сиви?

### Модел на меѓузвездена прашина

Моделот на меѓузвездена прашина е целосно определен со физичко-хемиските карактеристики на елементите од кои што се состојат прашинастите честици како и со нивната морфологија, големина и дистрибуција. Ова се навидум едноставни барања или ограничувања, но кријат комплексни процеси што треба да се вклучени во секој „одржлив“ модел на меѓузвездена прашина.

Како прво и основно, секој модел мора да ја определи вкупната маса на различните елементи кои што се наоѓаат во

дадена ISM. Овие елементи може да формираат голем број на молекуларни соединенија со различни оптички и други физички својства. Покрај тоа, утврдено е дека морфологијата на честичките прашина, било да се тие сферни, елипсовидни, цилиндрични, рамниниски или аморфни, има значаен ефект врз својствата. Конечно, од распределбата на честичките по големина ќе се утврдат нивните колективни својства и интерации со амбиентниот гас и зрачењето. Овие интерации играат главна улога во зрачењето на галаксиите како и во термичката и хемиската рамнотежа на нивната меѓусвездена средина.

Во идеален случај, моделот на меѓусвездена прашина треба да ги „фитува“ сите ограничувања кои што произлегуваат пред се од интерациите на прашината со некое зрачење или гас. Тие заемодејства треба да вклучуваат:

- ⊕ потемнување и зацрвенување на свездената светлина;
- ⊕ инфрацрвено зрачење од циркумстеларните слоеви околу свездите во рамките на дадена ISM;
- ⊕ присуство на X-зраци, УВ-зраци и визуелни ореоли околу временски променливи свезди, како што се бинарни свезди, нови и супернови;
- ⊕ рефлексија и поларизација на свездената светлина;
- ⊕ микробранова емисија од меѓусвездена прашина;
- ⊕ присуство на меѓусвездена прашина и изотопски аномалии во метеорите од Сончевиот систем итн..

Имајќи го предвид ова, изгледа дека е невозможно да се бара од само еден единствен модел на меѓусвездена прашина истовремено да ги задоволува сите овие ограничувања, бидејќи тие варираат во зависност од околината како одраз на промените во својствата на прашината.

Сепак, еден добар модел за меѓусвездена прашина треба да го задоволи истовремено барем некои од овие ограничувања. Истотака, моделот мора да содржи честички (елементи) со реални оптички, физички и хемиски својства кои што количински се застапени во рамките на нивната реална присутност во дадена ISM. Во пракса, повеќето модели на меѓусвездена прашина се создадени со подесување на застапеноста и распределбата по големина на некои добро проучени елементи како што се графитот и силикатите, за што се користат резултати добиени од набљудувања со телескопи. Така на пример, фитовањето на кривите за инфрацрвена емисија од дифузна ISM како и **екстинкцијата** (тоа е абсорпција и расејување на електромагнетно

зрачење од прашина и гас кој се наоѓа помеѓу објект кој емитира светлина и набљудувачот) се остварени со воведување на сферни графитни и силикатни честички како и PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) молекули.

### **Модел на ZDA**

Важен напредок во изградбата на модели на меѓусвездена прашина бил направен од страна Zubko, Dwek, и Arendt (во понатамошниот текст ZDA). Пристапот на ZDA се разликувал од претходните напори на моделирање во два важни приоди: прво, кон просечната меѓусвездена екстинкција и дифузна емисија на инфрацрвена светлина, се додавала и количинската застапеност на поедини елементи како експлицитно ограничување на моделите, и второ, промени во методот на фитување на експерименталните резултати.

Во моделите за меѓусвездена прашина претходно не биле земени предвид количествата на некои елементи затоа што постоело големо несогласување помеѓу предвидените количества и оние што се измерени во околина на Сонцето и други видови на ѕвезди. Така на пример, била измерена голема разлика помеѓу количествата на јаглерод во околина на ѕвезди од B-тип, како еден многу важен елемент во процесот на ѕвездената еволуција.

По низа неуспешни обиди за усогласување на моделот со набљудувањата, значитечно подобрување е добиено во 2004 година со студијата на соларните апсорпциони линии од страна на Asplund, Grevesse, и Sauval. Тие, за моделирање на количествата на јагледот и кислород во Сончевата атмосфера примениле временски зависен 3D хидродинамичен модел што довело до значителни промени во предвидените количества на елементи. Ревидираните количества на јаглерод и кислород многу подобро се согласувале со измерените локални количества во ISM.

Тимот на ZDA разгледувал пет различни хемиски состави на прашина, како потенцијални елементи од кои што може да се состои меѓусвездената прашина: (1) PAH-молекули; (2) графит; (3) хидрогенизиран аморфен јаглерод; (4) силикати ( $MgSiFeO_4$ ); и (5) композитни честички кои содржат различни пропорции на силикати, органски материјали ( $C_8H_8O_4N$ ) и замрзната вода ( $H_2O$ ). Овие различни состави се користеле за да се создадат пет различни класи на модели:

- Првата класа се состои од PAH молекули и зрна од графит и силикати.

- ☞ Втората класа на модели содржи композитни честички како прилог на PАН молекули и графитни и силикатни зрна.
- ☞ Третата и четвртата класи на модели што се состојат од прва и втора класа, во кои честичките од графит се целосно заменети со зрна од аморфен јаглерод.
- ☞ Во петтата класа на модели се земаат само од PАН молекули, силикати, и композитни честички.

За да се приспособат неопределеностите во количества на елементи во ISM, тимот на ZDA земал три различни категории на ISM, и тоа: нашето Сонце, ѕвезди од типот В, и ѕвезди од типот F-G. Примената на нивниот метод за фитување се покажал како доста робусен (гломазен) за определување на распределбата на зрната од меѓуѕвездена прашина по големина и количина. Ова укажувало на фактот дека морало да се воведат повеќе модели заради усогласување со мерењата и тоа само во дадени области на зрачењето и присутвото на елементите.

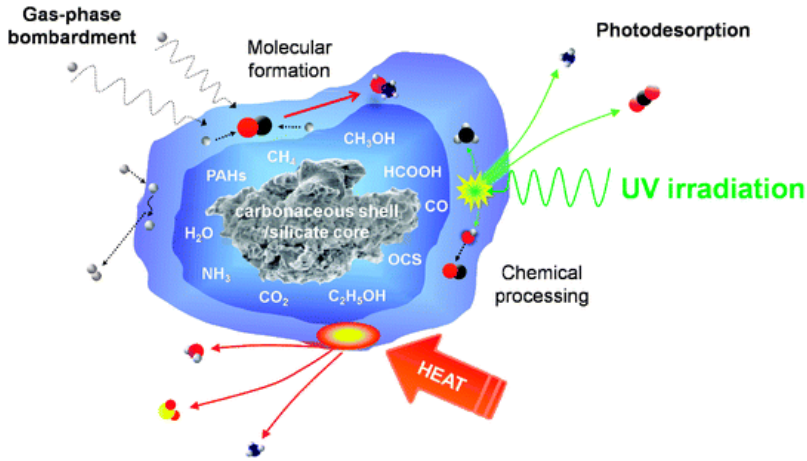
Импликациите од моделите на ZDA се повеќекратни. Направено е значително уточнување на нашето познавање за количината и распределбата на повеќе елементи, како на пример: C, O, Mg, Fe и Si, во околина на различни типови ѕвезди, и поттик за развој и уточнување на моделите на меѓуѕвездена прашина.

### **Дали треба да постои универзален модел?**

Истражувањата на тимот на ZDA покажале дека може да постојат вкупно петнаесет модели на меѓуѕвездена прашина кои што ги задоволуваат различните ограничувања како што се регионите на ѕвездена екстинкција и распределбата на елементите во локалната ISM. Дали има некој начин да се направи класификација помеѓу овие модели? Па првиот чекор бил во поделбата на овие модели во две групи. Првата група се COMP моделите во кои зрната на прашина се композитни и прекриени со еден или повеќе слоеви. Втората група се BARE моделите во кои зрната прашина се „голи“ што значи дека не се прекриени, слика 4.

Една од разликите на овие модели е во тоа што COMP моделите имаат значително поголеми зрна на меѓуѕвездена прашина со ред на големина  $\sim 1\mu\text{m}$ . Исто така, COMP моделите содржат значителна концентрација на „меки“ зрна кои заради композитниот карактер имаат празнини во себе. Ова е причина COMP моделите да имаат значително помала ефективна

електронска густина со што подобро ги објаснуваат ефектот на хало на X-зраците во ISM.



**Слика 4.** На сликата е прикажано COMPA зрно на меѓусвездена прашина. Очигледно е дека јадрото од силикати или графит е обвиткано со слоеви од други елементи што овозможува разни физичко-хемиски реакции.

Од друга страна, VARE моделите со „голите“ графитни и силикатни јадра на прашинастите зрна, чија големина е  $\sim 0.1\mu\text{m}$ , овозможуваат прифатливо добро фитување на податоците на процесот на екстинкција во поголем дел на бранови должини што се достапни при астрономските набљудувања. Истотака, овие модели овозможуваат добро усогласување со реалната застапеност на елементите во пошироки размери на Вселената, како и објаснување на механизмот за креација на зрната од силикати и графит. Според теоријата, масивните ѕвезди богати со јаглерод формираат зрна од јаглеродна прашина која потоа преку некои процеси преминува во графитни зрна. Од друга страна, ѕвездите богати со кислород формираат прашинасти зрна на силикати.

## Влијанието на космичката прашина во Вселената

Од погоре кажаното може да се заклучи дека космичката прашина има големо влијание врз еволуцијата на Вселената, посебно на галаксиите. Имено, космичката прашина е последица на ѕвездената еволуција, а нејзиниот состав и големина на зрната, имаат пресудна улога врз масата на ново формираните ѕвезди во ISM. Истражувањата покажале дека за формирање на ѕвездите најважни се молекулите на водородот H<sub>2</sub>, слика 4, а тие настануваат со помош на прашинастите зрна како резултат на заемодејство на високоенергетските зрачења со атомарниот

водород. Посредничката улога на зрната го зголемува степенот на формирање водородни молекули за 100 пати! Значи, за формирање на ѕвездите космичка прашина има улога на катализатор.

Од друга стана, ѕвездите, заедно со меѓуѕвездениот гас и темната материја овозможуваат да се формираат галаксиите, па затоа може да се кажи и дека прашината влијае врз формирањето на галаскиите.

e-mail: [nacestoj@gmail.com](mailto:nacestoj@gmail.com)

### **Литература**

- [1] J. M. Greenberg, The Cosmic Dust Connection, Springer-Science+Business Media. B.Y.