



IKU

**INTERNACIA KONGRESA
UNIVERSITATO**

58a sesio

Vilno, 23-30 julio 2005

Redaktis : Amri Wandel

UEA

Universala Esperanto Asocio

Enhavo

| | |
|--|-----|
| Enkonduko | 3 |
| La IKU Rektoro | 4 |
| IKU1 / AIS1 – Hans Michael Maitzen / Amri Wandel - La Lakta Vojo – nia hejmo en la universo | 5 |
| IKU2 / AIS2 – Ieva Švarcaitė - Homara agado en la teritorio de la lasta kontinenta glaciepoko en la ĉebalta regiono: ekologia aspekto | 17 |
| IKU3 / AIS3 – Helmar G. Frank - La Sibiua programo de eŭrolingvistiko | 30 |
| IKU4 – Vilmos Benczik - Skriba kaj voĉa Esperanto: La Internacia Lingvo en semiotika spegulo | 43 |
| IKU5 – Aloyzas Gudavičius - Etnolingvistikaj aspektoj de Esperanto | 54 |
| IKU6 – Jouko Lindstedt - La aĝo de lingvoj: Ĉu la litova vere estas maljuna kaj Esperanto juna lingvo ? | 65 |
| IKU7 – Shigeaki Nagamachi - Evoluo de matematiko kaj moderna matematika fiziko | 72 |
| IKU8 – Toon Witkam - Nova vojo al aŭtomata tradukado | 83 |
| IKU9 – Jane Edwards - Vampiroj | 99 |
| IKU10 - Aleksandr D. Duliĉenko Interlingvistiko kaj eŭrolingvistik: en la serĉado de komuna lingvo por Eŭropo | 109 |

Programo :

| | |
|-----------------|--|
| 14h00-15h15 dim | IKU1/AIS11 (Maitzen/Wandel), Lapenna |
| 15h45-16h30 dim | IKU2/AIS21 (Švarcaitė), Berthelot |
| 17h00-18h00 dim | IKU3/AIS31 (Frank), Berthelot |
| 14h15-15h15 lun | IKU4 (Benczik), Lapenna |
| 15h30-16h30 lun | IKU5 (Gudavičius), Lapenna |
| 17h00-18h00 lun | IKU6 (Lindstedt), Lapenna |
| 15h00-16h00 mar | IKU7 (Nagamachi), Berthelot |
| 17h00-18h00 mar | IKU8 (Witkam), Lapenna |
| 11h00-12h00 ĵaŭ | IKU9 (Edwards), Lapenna |
| 12h15-13h15 ĵaŭ | IKU10 (Duliĉenko), Lapenna (ne okazos) |
| 09h30-10h30 mar | AIS22 (Švarcaitė), Poska |
| 09h30-10h30 ĵaŭ | AIS23 (Švarcaitė), Poska |
| 11h00-12h00 mar | AIS12 (Wandel), Poska |
| 11h00-12h00 ĵaŭ | AIS13 (Maitzen), Poska |
| 14h00-15h00 mar | AIS32 (Frank), Poska |
| 14h00-15h00 ĵaŭ | AIS33 (Frank), Poska |

La Lakta Vojo - nia hejmo en la universo

14h00-15h15 dim IKU1/AIS11 (Maitzen/Wandel), Lapenna
11h00-12h00 mar AIS12 (Wandel), Poska
11h00-12h00 ĵaŭ AIS13 (Maitzen), Poska



Hans Michael Maitzen

Naskiĝis 1943 en Graz. Profesoro en la instituto por astronomio en la Universitato de Vieno. Doktoriĝis en la Universitato de Graz en 1967. Profesoro de Akademio Internacia de la Sciencoj (AIS). Ĉefe okupiĝas pri stela astrofiziko kaj pri la strukturo de nia Galaksio. Iama prezidanto de TEJO, prezidanto de la LKK (Vieno 1992). Aŭtoro de pli ol 160 profesiaj publikaĵoj.



Amri Wandel

Naskiĝis 1954 en Tel Aviv. Profesoro pri astrofiziko en la Universitato de Jerusalemo. Gastprofesoro en la universitato de Los Anĝeleso. Doktoriĝis (1983) pri astrofiziko en la universitato de Novjorko. Estis docento en la universitatoj de Princeton, Maryland kaj Stanford. Ĉefaj esplortemoj: nigraj truoj, aktivaj galaksioj kaj kvazaroj, astrobiologio. Membro de la Akademio de Esperanto (ekde 1992), profesoro de AIS. Iama prezidanto de TEJO. Prezidanto de ELI (1990-96). Estrarano de UEA. Prezidanto de LKK kaj rektoro de IKU (Tel Avivo, 2000). Aŭtoro de libro pri astronomio "La kosmo kaj ni" (2000, 2005) kaj de pli ol cent profesiaj kaj popularaj artikoloj pri Astrofiziko.

Resumo

Jam niaj plejpraŭuloj vidis la palan rubandon en la ĉiela volbo, kaj nomis ĝin la Lakta Vojo. Antaŭ 400 jaroj Galileo Galilei per la unua teleskopo malkovris, ke temas pri sistemo de preskaŭ sennombraj steloj. Antaŭ nur 80 jaroj la astronomio definitive ekkonis, ke tiu sistemo estas galaksio kiel cent miliardoj da aliaj galaksioj. Ni kaj nia sunsistemo troviĝas en ĝi, tamen ne en la centro, sed 25 mil lumjarojn for.

Antaŭ nur jardeko estis konfirmita ke en la centro de nia galaksio troviĝas giganta nigra truoj, kun maso de du ĝis tri milionoble la maso de nia suno. Evidentiĝis ke similaj kaj eĉ multe pli grandaj nigraj truoj troviĝas en la koro de multaj galaksioj.

Kiel estiĝis nia Galaksio, kiel ĝi evoluis? Kiel evoluas la steloj en ĝi? Kio troviĝas inter la steloj, kaj kiel funkcias la ciklo de naskiĝo kaj morto de la steloj? Mortantaj grandaj steloj ekzplodas kiel supernovaoj, kiuj instigas kreon de novaj generacioj de steloj kiuj estas pli riĉaj je la elementoj necesaj por konstrui vivantan materion.

La aĝo de nia Galaksio, mezurata per la plej malnovaj steloj en ĝi, montris ke la universo estas pli aĝa ol la astronomoj kredis. Tio kontribuis al la konkludo ke la ĝenerala ekspansio de la universo estas nun pli rapida ol en la pasinteco pro kio la astronomio enkondukis la nocion "malhela energio". La rotacio de la steloj ĉirkaŭ la centro de nia Galaksio kontribuis al enkonduko de alia nova termino "malhela materio", do neobservata materio, kiu tamen necesas por teni la stelojn en siaj orbitoj kun la observataj rapidecoj.

The Milky Way – our home in the universe

Our most remote ancestors already noticed this pale band across the sky and called it the Milky Way. 400 years ago, with the first telescope, Galileo Galilei discovered that it was a system of well-nigh countless stars. It was only 80 years ago that astronomers finally recognised that system as a galaxy, similar to a hundred billion other galaxies. We and our solar system are located in it, though not in its centre but 25 light years away.

Only ten years or so ago, it was established that at the centre of our galaxy there is a gigantic black hole, with a mass two to three million times that of our sun. It turned out that there are similar, or even much larger, black holes at the heart of many galaxies.

How did our galaxy appear? How did it develop? How are the stars in it evolving? What is there between the stars, and how does the cycle of the birth and death of stars work? Large dying stars explode into supernovae, leading to the creation of new generations of stars containing more of the elements needed for the development of living matter.

Measuring the age of the oldest stars in our galaxy revealed that the universe was older than astronomers believed. This contributed to the conclusion that the universe was now expanding more rapidly than in the past, which led astronomers to introduce the concept of "dark energy". Due to the rotation of the stars round the centre of our galaxy, another new expression has been introduced, "dark matter", that is to say matter that has not been observed but is necessary to keep the stars in their orbits at the observed speeds.

Déjà nos ancêtres les plus éloignés connaissaient ce pâle ruban visible dans la voûte céleste, qu'ils appelèrent la Voie Lactée. Il y a 400 ans Galileo Galilée découvrit, au moyen du premier télescope, qu'il s'agissait là d'un système d'étoiles en nombre pratiquement infini. Ce n'est qu'il y a 80 ans que l'astronomie a découvert définitivement que ce système est une galaxie comme il y en a des centaines de milliards d'autres. Nous nous trouvons dedans, nous et notre système solaire, toutefois pas en son centre, mais éloignés de celui-ci de 25000 années-lumière.

Il y a une dizaine d'années seulement fut mise en évidence l'existence, au centre de notre galaxie, d'un gigantesque trou noir ayant une masse de 2 à 3 millions de fois celle de notre soleil. Il est devenu évident que des trous noirs semblables – et même beaucoup plus importants – se trouvent au coeur de beaucoup de galaxies.

Comment apparut notre Galaxie, et comment évolue-t-elle? Comment en son sein évoluent ses étoiles ? Qu'est-ce qui se trouve entre les étoiles, et comment s'opère le cycle de naissance et de mort des étoiles ? De grandes étoiles moribondes explosent en supernovae qui entraînent la création de nouvelles générations d'étoiles, elles-même enrichies en éléments nécessaires à l'élaboration de matière vivante.

L'âge de notre Galaxie, mesuré à partir de ses étoiles les plus anciennes, a montré que l'univers est plus âgé que ne le croyaient les astronomes. Ce constat a contribué à la conclusion que l'expansion générale de l'univers est actuellement plus rapide que par le passé, amenant les astronomes à introduire la notion d' "énergie noire". La rotation des étoiles autour du centre de notre galaxie a amené à introduire une autre formule nouvelle de "matière noire", c'est-à-dire de matière non observée mais néanmoins nécessaire pour maintenir les étoiles sur leurs orbites avec les vitesses qu'on constate.

La Lakta Vojo – nia hejmo en la kosmo

Hans Michael Maitzen, Universitato de Vieno, Aŭstrio

Amri Wandel, Universitato de Jerusalemo, Israelo

Enkonduko

La blankeca strio tra la ĉielo, kiun ni nomas "Lakta Vojo", nia Galaksio, konsistas el steloj. Ili estas tiom multnombraj kaj tiom malproksimaj ke ili ne estas disigeblaj nudokule. Ni estas parto de grandega spirala disko, kiu konsistas el miliardoj da steloj, sed de nia vidpunkto, en la disko, ni vidas ĝin kiel strio, aŭ lakteca pado. Tamen, nia Galaksio konsistas ne nur el steloj. Verŝajne eĉ ne plejparte el steloj : kvankam steloj produktas plejparton de la lumo de la Lakta Vojo, ekzistas ankaŭ gaso, nebulozoj, planedoj aliaj objektoj, sed la pli granda parto estas en formo de " malhela materio".



bildo 1: spirala galaksio

Historia fono

La antikvulojn ege impresis la belaj stelbildoj (konstelacioj) atribuitaj al helaj steloj de nia nokta ĉielo jam antaŭ miloj da jaroj. Hodiaŭ ni scias ke ili tamen ne rivelas la veran distribuon en la kosma spaco, sed estas simplaj projekcioj dudimensiaj al la ĉiela sfero.

La tasko de la astronomio estas, trovi la tridimensian, do spacan situon de laĉielaj strukturoj. La unua paŝo al tiu celo sukcesis 1837 al la mondkonata astronomo kaj matematikisto

Friedrich Wilhelm Bessel, profesoro en la proksima urbo Koenigsberg/Kaliningrad per tio ke li kiel unua mezuris distancon al stelo (N-ro 61 en la konstelacio de Cigno) pere de geometria metodo utiliganta kiel bazlinion la diametron de la tera orbito ĉirkaŭ la suno (do proks. 300 milionojn da kilometroj).

1. Paralakso

Tiu metodo de "trigonometria paralakso" fariĝis la bazo por ĉiuj sekvaj metodoj konkeri la kosman spacon, unue kompreneble la ĉirkaŭaĵon de nia sunsistemo. La apero de la fotografia tekniko subtenis tiun procezon dum la resto de la 19a jarcento, kune kun la burĝonanta spektroskopio, kiu permesis dividi la stelojn laŭ temperaturo (de ilia surfaco). La rezulto de la klopodoj de la astronomoj estis, ke nia sunsistemo troviĝas tre proksime de la centro de la „loka stelsistemo“, do okupas elstaran lokon en ĝi.

Tiu koncepto estis tamen falsa, kiel anticipis H. Šapley komence de la 20a jarcento per siaj observoj de globformaj stelamasoj (enhavantaj tipe centmil stelojn). Ilia centro estis for de la centro de la loka sistemo (laŭ Kaptejn). La malharmonion inter ambaŭ sistemoj dissolvis du gravaj astronomoj en la dudekaj kaj tridekaj jaroj de la pasinta jarcento.

E. Hubble (kies nomon portas aktuala spacteleskopo) sukcesis demonstri ke la t.n. spiralnebulozoj estas foraj stelsistemoj ekster la loka stelsistemo kaj R. Trumpler malkovris la vastan ekziston de lumabsorba polvmaterio en la Lakta Vojo kiu ŝajnis ke la steloj koncentriĝas ĉirkaŭ nia suno.

Konklude montriĝis ke okazis kvazaŭ dua Kopernika revolucio, ĉifoje rilate al la centro de nia stelsistemo, la Lakta Vojo aŭ nia Galaksio (majuskle!) en la senco ke la suno (kune kun ĝia planeda sistemo) orbitas ĉirkaŭ ĝi en distanco de proks. 25000 lumjaroj. Pliaj esploroj ebligis eltrovi segmentojn de spiralstrukturo en la najbareco de la suno, nefacila tasko ĉar ni ja ne povas spekti la spiralstrukturen de nia Galaksio de ekstere, sed troviĝas meze en la disko de la Lakta Vojo.

2. Radioastronomio

La problemon de atingolimo en nia galaksia disko (tipe 10000 lumjaroj en la videbla regiono) atakis sukcese nova teknologio de observado, la radioastronomio antaŭ iom pli ol duona jarcento. Je 21-centimetra ondolongo eblas ricevi radiosignalon de la amase ekzistanta neutrala hidrogeno, kiu same kiel junaj steloj koncentriĝas al la Galaksia ebena (ekvatoro). Tiu signalo kontraste al la videbla lumo ne estas absorbata de la interstela polvmaterio kaj per kosmaj radioantenoj ni do povas observi la distribuon de hidrogeno en la tuta Lakta Vojo.

3. Spirala strukturo

Rezultiĝis el tio, ke nia Galaksio estas mallarĝe volvita spiralgalaksio. En la sepdekaj jaroj aperis teorio pri la konservado de spiralstrukturo de galaksioj – la densonda teorio. Ĝi provas klarigi la ekziston de larĝe volvitaj spiralstrukturoj, evidente ekzistantaj, per tio, ke ili ne konsistas el daŭre la samaj materiaj objektoj (steloj kaj gaso/polvo), sed ke la materio de la galaksia disko trafluas tiun spiralstrukturen kaj por momento (en kosma senco) malrapidiĝas dum la trapaso, simile kiel strata trafiko renkontas amasiĝon ĉe certaj punktoj (ekz. kie stratlaboroj okazas).

Aliflanke ekzistas galaksioj, kie nur la ĝenerala aspekto donas impreson de spiraleca strukturo, sed ne ekzistas bele elformitaj spiralbrakoj, kaj do ne spiraleca densecstrukturo. Tia flokeca strukturo rezultiĝas, kiam etenditaj gasregionoj, aparte la plej densaj („molekulnuboj“) kreas stelojn.

Tia regiono kun propaganta stelestiĝo pro la efiko de la diferenziala galaksia rotacio (la galaksioj rotacias ne kiel rigida disko, sed kiel ekz. kafo en taso, kiun oni kirlas per kulero – enverŝitaj laktogutoj demonstras tion) longiĝas kaj kontribuas tiele flokon al la spiraleca strukturo.

Dum la spiraleca strukturo ne bezonas globalan motoron, la densonda spiralstrukturo jes tion postulas. Instigiloj povus esti preterpaso de proksima galaksio, eksploda aktiveco en la centro de la galaksio aŭnesfereca centra regiono („trabo“) de la galaksio.

4. La enigmo de la malhela materio

Granda nova problemo ekestis pri la movado de steloj en La Laktvoja Sistemo. Jam antaŭ proks. 40 jaroj teoriaj kaj observaj indikoj aperis ke la rotacia rapideco ĉirkaŭ la centro de la Galaksio ne kondukas kiel en la suna sistemo. V. Rubin eltrovis ke aliaj spiralgalaksioj rotacias ne laŭ la Keplera 3a leĝo, sed pli rapide en la eksteraj regionoj. Laŭ konata teoremo de I. Newton tio kondukas al la konkludo ke malsimile al la sunsistemo la maso en la galaksioj ne koncentriĝas forte en la centro, sed ke ekzistas nekonata, t.n. „malhela“ materio ĝis pli grandaj distancoj for de la centro. Ĝia konsisto/esenco ĝis hodiaŭ ne estas klarigita, krom ke ĝi estas observebla sole per sia gravita forto. Tiu materio estas unu el la ĉefaj defioj al la moderna fiziko entute, kiel la asambleo tutmonda de astronomoj konstatis en Grenoble 1976. Konsekvenco senpera el tiuj observindikoj estis la dekobligo de la maso de nia Galaksio al 2 bilionoj da sunmasoj. Spiroraba estas la situacio nuna, ke proks. 90 elcentoj de la gravitanta maso en nia Galaksio konsistas el la enigmeca „malhela materio“.

5. Satelita astronomio

La sepdekaj jaroj de la pasinta jarcento alportis la lanĉon de novaj teknologioj: la satelita astronomio malfermis la pordon al aliaj regionoj de la elektromagneta spektro, kaj al la kurtonda parto (ultraviola, rentgena) kaj al la longonda (infraruĝa). Per la UV-satelito Copernicus malkovriĝis la ekstrem-temperatura fazo de la interstela medio („korona gaso“), kies ekziston la teoriisto L. Spitzer estis postulinta jam antaŭe por stabiligi la interstelajn nubojn per ekstera premo. Tiu fazo, kun temperaturo de miliono da gradoj devenas de la postrestaĵoj de supernova-eksplodoj kaj liveras la t.n. kosman radiadon al ni teranoj kiu laŭ kelkaj fakuloj eĉ povas kontribui al generado de nuboj en la tera atmosfero, tiamaniere influante la klimatan evoluon. La IUE-satelito prilaboris la ultraviolan regionon kaj malfermis la pordon al regno de interstelaj spektrolinioj kiuj atestas pri la kemia konsisto de la interstela materio de nia Galaksio multe pli efektive ol tion permesas la videbla lumregiono, kie la interstela gaso apenaŭ postlasas observeblajn spurojn. Tiamaniere estis malkovrita tuta aro da molekuloj, eĉ ĝis grado de komplekseco, kiu atingas pranivelon de la DNA.

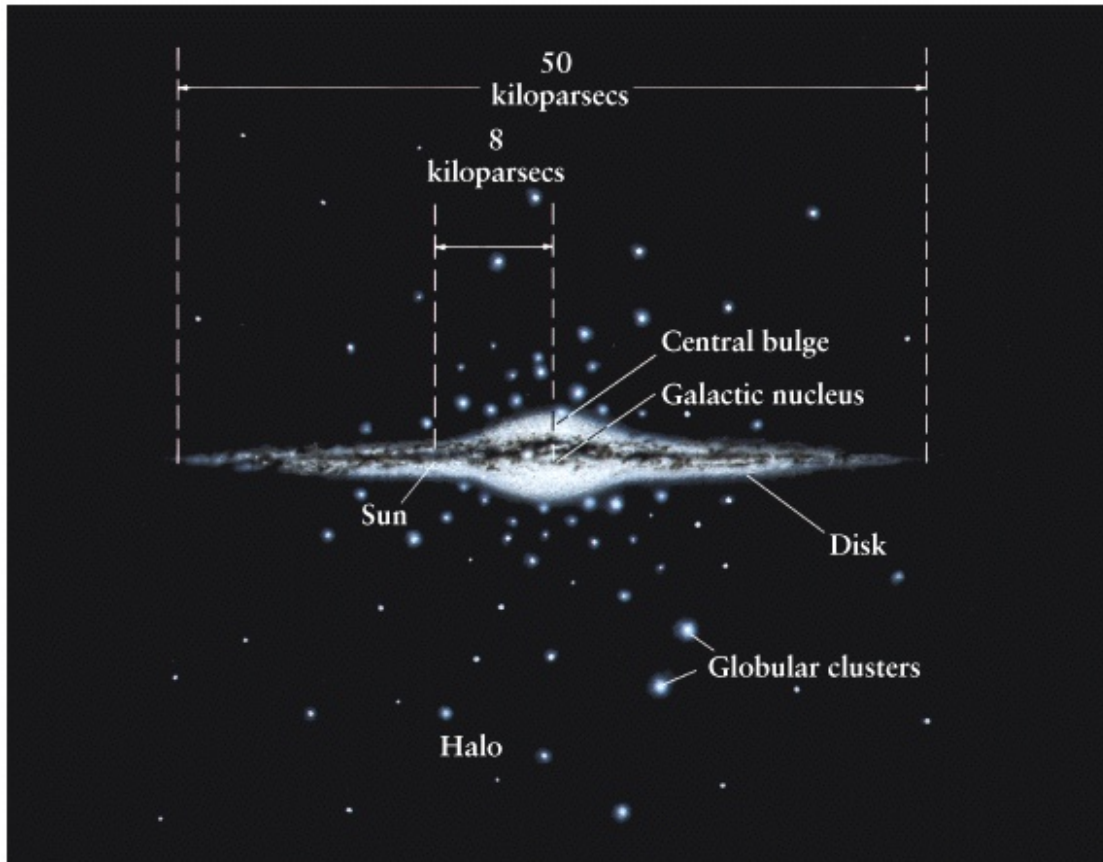
La longondan parton de la spektro prizorgis pionire la satelito IRAS, kiu traserĉadis antaŭ du jardekoj

preskaŭ la tutan ĉielon, kaj pri steloj kaj pri interstela materio en diversaj koloroj. Tiamaniere ekz. malkovriĝis la Galaksia ciruso, do ne nubeca, sed pli malpli fajna distribuo de polvtavoloj.

6. La nuna bildo: strukturo

Laŭ la moderna kono (bildo 2), la Galaksio konsistas el disko, kies diametro estas ĉirkaŭ 150,000 lumjaroj sed la dikeco stas nur kelkcentoj da lumjaroj. La disko estas ĉirkaŭita de ankaŭ el haloo de maljunegaj steloj kaj globamasoj, kies spaca distribuo tre krute pintiĝas en la centro de nia Galaksio. La ĉirkaŭo de la centro nomiĝas ŝvelo (angle „bulge“) kaj havas

apartajn trajtojn, ĉar tie renkontiĝas la centra strukturo, kiu ne estas globeca, sed trabeca, kun la haloa kaj diska strukturoj.



Bildo 2 : la strukturo de nia Galaksio (1 « kiloparsec » egalas al 3000 lum-jaroj).

Kio troviĝas inter la steloj ?

1. Nia Galaksio : ne nur steloj

Ĉu la spaco inter la steloj estas malplena? La respondo estas jes kaj ne. La interstela spaco estas plena de tre maldensa gaso - averaĝe unu atomo de hidrogeno en kuba centimetro. Ĝi konsistas ĉefe el varma hidrogena kaj helioma plasmato (gaso en stato de nukleoj disigitaj de la elektronoj), kaj iomete de aliaj elementoj en formo de gaso kaj de polvo-grajnoj.

Laŭ kelkaj modernaj teorioj (ekzemple la usonaj esploristoj Ostriker kaj McKee), la gaso troviĝas en pluraj fazoj: varmega (miliono da gradoj) kaj tre maldensa, relative pli malvarma (ĉ. 10,000 gradoj) kaj densa, kaj malvarma (ĉ. -100 gradoj celziasaj) kaj centoble pli densaj ol la averaĝa denseco.

En la pli densaj regionoj foje la gaso eĉ pli densiĝas kaj kreas gigantajn nebulozojn, kelkaj el ili estas milionoble pli densaj ol la averaĝa denseco de la interstela gaso. En la sino de tiuj nebulozoj kiuj nomiĝas gigantaj molekularaj nuboj, la gaso pli kondensiĝas, kiel la nebulozo Oriono, kaj sekve naskiĝas novaj steloj. Aldone al nebulozoj el kiuj naskiĝas steloj, ekzistas ankaŭ nebulozoj kiuj estas la produkto de la vivo-fino de steloj, nomataj planedaj nebulozoj. Ili estas la produkto de steloj kiuj en la lasta etapo de sia vivo elĵetas siajn eksterajn tavolojn, kaj ofte havas belan simetrian formon de globo aŭ ringo. Alispecaj estas supernovaaj nebulozoj, kiuj estas la rapide ekspansianta produkto de supernovao-eksplodo. Krom

nebulozoj ekzistas en la interstela spaco aliaj medioj : konstanta fluo de energiaj partikloj nomataj kosmaj radioj kaj malforta magnetika kampo. Tamen la tri elementoj de la interstela materio – varma gaso, kosmaj radioj kaj magnetika kampo ekzistas en ekvilibro.

2. Kosmaj Radioj

Kosmaj radioj estas tre energiaj partikloj kiuj venas el la kosmo. Ili estas protonoj, atomaj nukleoj, elektronoj, kaj ne identigeblaj partikloj kun grandega energio – ekde 1 GeV (Giga-elektron-Volto energio de protono akcelita per potencialo de 10^9 Voltoj) ĝis 10^{20} eV (la plej forta akcelilo de partikloj atingas energiojn egalaj al 10^{11} Voltoj). Kosmaj radioj estis malkovritaj komence de la 20a jarcento. Nun ili estas mezurataj surtere, en la supra atmosfero per specialaj aparatoj sur balonoj, kaj en la spaco per satelitoj. La kosmaj radioj kun malalta kaj meza energio estas akcelitaj en la ŝokoj de supernovaaj nebulozoj. Tamen, la fonto kaj la mekanismo kiu produktas la kosmajn radiojn kun la altaj energioj ankoraŭ ne estas konata - Ĉar la kosmaj radioj estas ŝarĝitaj partikloj, ili ligiĝas al la magnetika kampo de la Galaksio, kaj restas en la Galaksio dum longa tempo, kvankam ili moviĝas je preskaŭ la rapideco de lumo.

3. Nebulozoj kaj galaksioj

Ne ĉiuj nebulozoj estas gasaj nuboj. Kelkaj nebulozecaj objektoj havas tre specialan formon - spirala disko aŭ elipso. En la komenco de la dudeka jarcento astronomoj ankoraŭ disputis inter si ĉu tiuj nebulozoj estas objektoj ene de nia Galaksio aŭ aliaj, pli foraj objektoj.

Kiam oni konstruis sufiĉe fortajn teleskopojn evidentiĝis ke tiuj nebulozoj tute ne estas gasaj nebulozoj sed konsistas el multegaj steloj. Oni trovis ke tiuj nebulozoj estas multe pli foraj ol la steloj en nia Galaksio kaj konkludis ke ili troviĝas ekster nia Galaksio. Ili estas do aliaj galaksioj similaj al la nia, insulegoj de steloj en la malplena spaco. La distancoj inter la galaksioj estas enormaj - ekzemple, la distanco al nia plej proksima najbaro, la granda galaksio de Andromedo, estas 2 milionoj da lumjaroj, kaj la plej foraj galaksioj kiujn oni povas vidi per tre fortaj teleskopoj troviĝas en distancoj de miliardoj da lumjaroj.

4. Nigraj truoj

Inter la plej strangaj, ne stelaj objektoj troviĝas la misteraj, apenaŭ percepteblaj, nigraj truoj. Baldaŭ post kiam Einstein publikigis sian teorion de ĝenerala relativeco, oni trovis ke ĝi ebligas situaciojn de senfina gravita forto, kiam maso estas tiom koncentrita ke nenio, eĉ ne la propra lumo, povas ĝin forkuri. Kiel tio eblas ? La teorio de ĝenerala relativeco antaŭvidas ke maso povas altiri ankaŭ lumon. Oni pruvis tion observante ke la Suno kurbigas la lumradiojn de steloj kiuj pasas proksime al la Suno. Por ordinara stelo kiel la Suno tiu kurbigo estas tre malgranda - kelkajn sekundojn de arko. Ju pli densa kaj koncentrita estas la maso, des pli granda la kurbigo. Teorie, sufiĉe koncentrita maso povas tiom kurbigi la lumon, ke ĝi estos kaptita kaj ne povos forlasi la najbarecon de la maso. Tiam objekton, kiu estas tiom densa ke ĝi kaptas la propran lumon, oni nomas nigra truo. Por demonstri kiom densa devas esti stelo por fariĝi nigra truo, ni diru ke nia Suno devus havi diametron de kvin kilometroj (la reala diametro de la Suno estas pli ol miliono da kilometroj). Ĉu nigraj truoj vere ekzistas? La respondo ne estas evidenta, ĉar neniam oni rekte observis nigran truon. Ni tamen havas plurajn bonajn "kandidatojn" por nigraj truoj - kiel la X-radiaj fontoj X-1 kaj X-3 en la konstelacio Cigno.

5. La giganta nigra truoj en la Centro de nia Galaksio

Meze de la naŭdeka jardeko akumuligis informoj pri steloj tre proksimaj al la centro de nia Galaksio. Oni trovis ke ili moviĝas tre rapide ĉirkaŭ ne videbla punkto, kiu estis identa kun forta fonto de radio-ondoj, nomata Sagitarius A* . Kvankam la steloj ĉirkaŭ ĝi moviĝas je rapidecoj de miloj da km/sek, Sag A* mem apenaŭ moviĝis. La konkludo estis ke SagA* mem estas tre masohava objekto. Analizante la moviĝon de la ĉirkaŭaj steloj oni konkludis ke la maso de la peza objekto Sag A* estas 2-3 milionoble la maso de la Suno. La centra nigra truoj estas nomata dormanta monstro, ĉar ĝi ne ricevas sufiĉan materian alfluan por produkti la lumadon, konatan de la frutempaj galaksioj sub la nomo „kvazaroj“.

Gigantegaj nigraj truoj, kun masoj ĝis miliardoble pli grandaj ol la maso de la Suno troviĝas en la kernoj de aliaj galaksioj kaj de aktivaj galaksioj kaj kvazaroj.

La vivo-ciklo de steloj en la Galaksio

Steloj havas diversajn fazojn dum ilia ekzisto: ili naskiĝas, evoluas, kaj mortas. Kiaj estas la ĉefaj etapoj en la stela vivo dum la evoluo? Ni vidis ke steloj naskiĝas el nebulozoj kaj postlasas alispecajn nebulozojn kiam ili mortas. La komenco kaj la fino de steloj estas forte ligitaj al la interstela materio de nia Galaksio.

1. Naskiĝo

Steloj estas kreaĵoj el la interstela gaso. Gasa nuboj rumpas kaj varmiĝas, anĝiĝanta de tre luma sed malvarma nuboj al malpli luma sed pli varma objekto, kiun oni nomas proto-stelo. Tiu fazo daŭras kelkajn milionojn da jaroj, ĝis la centro de la proto-stelo varmiĝis sufiĉe por starti nuklean bruladon de hidrogeno. La varmo de tiu brulado produktas premon kiu haltigas la rumpadon kaj la stelo stabiĝas en longdaŭra ekvilibra stato. La plimulto (90%) de ĉiuj steloj troviĝas en tiu fazo, kiu nomiĝas la ĉefa sekvenco.

2. Longa vivo en la ĉefa sekvenco

En tiu ĉi fazo, la stelo forbrulas la hidrogenon en sia centro, kaj la premo de tiu brulado subtenas la stelon kontraŭ la propra gravito. Tiu fazo daŭras tre longe: por la Suno ĝi daŭros dek miliardojn da jaroj, el kiuj jam pasis proksimume la duono. Por diferencaj steloj la vivodaŭro en tiu fazo varias - depende de la stela maso: paradokse, ju pli granda la stela maso, des malpli longa estas ĝia vivo, ĉar la brulado de steloj kun granda maso estas multe pli rapida ol ĉe steloj malpli pezaj, ĉar, pro la pli grandaj premo kaj varmo en ilia centro, la nuklea brulado estas multe pli rapida ol en la malpli pezaj steloj. Ekzemple, la vivodaŭro de stelo kun maso kvaroble pli granda ol tiu de la Suno, daŭras nur 3% de la tempo, kiun vivas la Suno, nome 300 milionoj da jaroj, anstataŭ 10 miliardoj.

3. Maljuniĝo : ruĝaj gigantoj

Kiam la hidrogeno en la centro de stelo estas elĉerpita, restas tie nur heliumo -la cindro de la hidrogena brulado. En tiu fazo la brulado okazas ne en la centro, sed en -elo de hidrogeno ĉirkaŭ la helioma centro, kaj tiu -ela brulado, kiu estas pli rapida kaj energia ol la centra brulado, produktas abundan varmegon, kiu kaŭzas -veligon de la stelo. En tiu fazo la stelo estas tre granda - kelkcentoble la grandeco de nia Suno, sed la -velita surfaco, kiu estas tre

malproksima de la energio-fonto, malvarmiĝas. La rezulto estas ruĝa giganto: ruĝa stelo, tre maldensa sed kun grandega diametro, sed relative malalta surfaca temperaturo – ĉirkaŭ 3000K. Post tiu fazo, kiu estas mallonga relative al la ĉefa-sekvenco epoko, la stela centro plu rumpas kaj varmiĝas, ĝis kiam ĝi atingas kernan temperaturon de cent milionoj da gradoj, kiam la heliumo ekbrulas transformiĝante en karbon, oksigenon kaj pli pezajn elementojn. Dum tiu fazo la stelo fariĝas nestabila kaj ĝia lumeco kaj grandeco cikle ripete ŝanĝiĝas.

4. Vivo-fino: planedaj nebulozoj kaj blankaj nanoj

Dum tiuj lastaj fazoj de la interna brulado kiu fariĝas pli kaj pli rapida, la premo sufiĉas por forĵeti la eksterajn tavolojn de la stelo, kiuj fariĝas ekspansianta nebulaĵo ĉirkaŭ arda stela kerno. Tiu fazo nomiĝas planeda nebulozo. La postrestanta kerno estas tre varma, blanke arda sed ne tre luma, kaj iom post iom ĝi malvarmiĝas kaj rumpas pli, ĝis alia speco de premo, tiu de la elektronoj, haltigas la rumpadon. Tio estas la lasta fazo de la stela vivo - ĝi nun estas blanka nano. Ĝia grandeco estas simila al tiu de la Tero, sed ĝi estas treege densa - unu kuba centimetro de la materialo de blanka nano povas pezi pli ol tuno.

5. La morto de pezaj steloj: supernovaoj

Ĉi supre ni priskribis la vivon de stelo kun maso simila al tiu de la Suno. Steloj kun pli granda maso - pli ol okoble tiu de la Suno evoluas en alia maniero. Unue, kiel antaŭe dirite, iliaj vivoj estas multe pli mallongaj, sed pli elstara diferenco estas la fina etapo de tia stelo. Post la elĉerpiĝo de la nuklea brulaĵo en la centro, la stela kerno kolapsas pro sia propra gravito, kaj pro la granda maso, eĉ degenera elektrona premo ne povas haltigi la kolapson. En daŭro de sekundoj la tuta kerno de la stelo, kiu konsistas en tiu fazo ĉefe el fero, kolapsas kaj atingas la enorman densecon de la materio en la atomaj nukleoj. Je tiu denseco, la fortoj inter la nukleoj haltigas la kolapson kaj renversigas ĝin, kiel giganta risorto. La rezulto estas katastrofa eksplodo, kiu liberigas en malmultaj sekundoj energion pli grandan ol produkto la Suno dum sia tuta vivdaŭro. Tiu energio disrompas la stelon kaj disĵetas ĝian plimulton en la kosmon je rapideco de 10 000 km/s.

Ekzistas ankaŭ alia mekanismo de supernovao, kiu konsistas el stelparo el kiu unu estas blanka nano. Tiu alia speco de supernovao nomiĝas « tipo Ia ».

Supernovaoj ankaŭ produktas fortegan radiadon, kiu lumas dum monatoj je lumeco miliardoble pli granda ol la lumeco de la Suno. Trans la grandegaj interstelaj distancoj, tiu eklumiĝo aspektas kvazaŭ subite naskiĝis nova stelo, kaj tial oni nomis tiun fenomenon "supernovao" - por distingi ĝin de "novao" - alia fenomeno kiu iom simile kaŭzas ekbrilon de la stelo, sed multe malpli grandan. Supernovao estas tre malofta fenomeno, kaj en nia Galaksio oni vidas ĝin nur unufoje en kelkcentoj da jaroj. En la jaro 1987 estis observita supernovao-eksplodo en la Granda Magelana Nubo, kiu kun sia akompananto la Malgranda Magelana nubo konsistigas satelitan galaksio-paron de nia Galaksio. Ĝi provizis gravajn datumojn kaj confirmis la teoriajn modelojn.



bildo 3 : la supernovaa nebulozo de la krabo

6. Post supernovao: nebulozoj kaj neŭtronaj steloj kaj pulsaroj

La stela materialo disjetita en la interstelan spacon kreas grandan brilan nebulozon - ekzemple la fama nebulozo en la konstelacio Taŭro (la nebulozo de la Krabo, bildo 3) estis kreita en la supernovao spektita de la ĉinoj en la jaro 1054. Tamen, ne la tuta stelo disrompiĝas en la eksplodo - la densega kerno restas, kiu konsistas plejparte el neŭtronoj. Ĝia grandeco estas proksimume 10 km, sed ĝia maso similas al la maso de nia Suno, sekve ĝi estas treege densa: unu kuba centimetro de tiu materialo pezas miliardon da tunoj.

En la jaro 1967 oni malkovris tre rapidajn kaj tre regulajn radio-pulsojn venantajn el la kosmo, ekster la Tero. Unue iuj kredis, ke ili alvenis de eksterteraj estaĵoj (kaj tial nomis tiun objekton kaj similajn poste trovitajn per la literoj LGM, angla mallongigo por “etaj verdaj homoj”), sed poste evidentiĝis, ke temas pri natura fenomeno. La regula signalo venadis de objekto, kiu ricevis la nomon "pulsaro" -stelo tre rapide turniĝanta, elsendante fokusitan prucon de radio-ondoj, kaj ni vidas la pulson kiam la pruco estas direktita al ni, kiel lumturo. Nuntempe oni konas kelkcentojn da pulsaroj en nia Galaksio, multaj el ili troviĝas en la centro de supernova-nebulozo, kiel ankaŭ la Krabo. Oni konstatis, ke la pulsaroj estas ĝuste neŭtronaj steloj postlasitaj de supernova-eksplodoj.

La evoluo de nia Galaksio

1. Aĝo

Pri la aĝo de nia Galaksio, kiu estas intime ligita al tiu de nia universo, nur eton pli aĝa ekzistis malkonsento inter la astronomoj ĝis la fino de la 20a jarcento. Kaŭzo estis, ke laŭ la ĝenerala ekspansio de la universo trovita ĉefe de E. Hubble jam antaŭ 80 jaroj la supozo de lineareco de tiu procezo postulus aĝon de 11 miliardoj da jaroj proksimume. Dume, la teorio

de la stelevoluo, aplikata al la plej aĝaj steloj en nia Galaksio (do en globamasoj) indikis aĝon de 14 miliardoj (ĝis 20).

Tiun malakordon feliĉe dissolvis astronomoj per observado de supernovaoj de la tipo Ia. Ili ĝis nunnekontestite pruvigis, ke la ĝenerala ekspansio de la universo estis pli malrapida en la pasinteco ol nun. La fascina konsekvenco estas do, ke kontraste al antaŭaj kredoj pri bremsado de la ekspansio, ĝinun okazas akcelate. La akcela forto estas atribuita al nova enigmaĵo: „Malhela energio“.

2. Kemia evoluo

Dum tiuj 14 miliardoj da jaroj la Laktvoja sistemo evoluis de sfereca protogalaksio, kies reprezentantoj estas la globformaj stelamasoj kaj similaĝaj steloj en la Galaksia halo, daŭre ŝrumpiĝante kaj iam antaŭ 8-10 miliardoj da jaroj formante rapide rotaciantan diskon, fine al la hodiaŭa konsisto. Nia Galaksio daŭre naskas stelojn (kontraste al aliaj galaksioj, la elipsecaj) kaj tiu estigo de steloj riĉigas la Galaksion per t.n. pezaj elementoj (ĉiuj aliaj ol hidrogeno kaj helio), kiuj estas produktoj de la nukleaj procezoj en la steloj. Se ni konsideras, ke ekz. la kemiaj elementoj karbono, nitrogeno kaj oksigeno estas tiel esencaj por la biosfero de nia Tero, do por la vivo entute, ni komprenas la titolonde la prelego – do pri nia hejmo kosma.

La pezaj elementoj komence de la estiĝo de la Galaksio ne ekzistis, en la komenco estis nur hidrogenokaj helio, produktoj de la praeksplozo, do de la naskiĝo de nia universo. Studoj de la plej aĝaj steloj de nia Galaksio montras, ke la stelfabriko povis kontribui nur etan parton de la helio (kiu ja estas la nuklefanda produkto de la bruligo de 4 hidrogenatomoj al 1 heliuma atomo, daŭre okazanta en la centro de nia suno) al la tuto observita. La ĉefparton realigis la praeksploza evento mem. Grava kaj signifa, kontraŭe, estis la generado de la pezaj kemiaj elementoj, kies hodiaŭa nivelo atingis 2 elcentojn (hidrogeno 70, helio 28).

Malpli efike la stelfabriko funkcias en stelsistemoj kiuj ariĝas ĉirkaŭ nia granda Galaksio. Tiuj satelitaj galaksioj parte imitas la patrinan galaksion, ĉar ili daŭre naskas stelojn (kiel la Magelanaj Nuboj) kaj parte ili similas al la elipsecaj galaksioj (kiuj jam trapasis kosman klimakterion). Komuna al ili estas la fakto, ke post certa tempo (miliardoj da jaroj) nia Laktvoja sistemo per sia enorma gravita forto estos altirinta ilin kaj kvazaŭ englutita ilin. Tiu procezo ne komencis ĵus nun, sed ni havas klarajn indikojn, ke nia Galaksio jam „voris“ pli malgrandajn stelsistemojn.

3. Nia Tero

Fina konsidero koncernas la stabilecon de nia Tero, eĉ pli konkrete, de ties biosfero en la kosma hejmo: la eksplodo de proksima supernovao (do en distanco de kelkdeko da lumjaroj) forte influas nian biosferon, forŝirante la vundeblan eksteran „haŭton“ de nia Tero. Ni scias, ke nia sunsistemo estis superondita almenaŭ unufoje de supernovaa eksplodŝelo. Multegajn tiajn eventojn nia Tero ne povusesti suferanta sen la detruo de la biologia bazo. Laŭ la hungara astronomo B. Balazs tio povus esti kaŭzita de nia enlaktvoja situo en regiono, kie dum la daŭro de la vivo de nia suno (4.6 miliardoj da jaroj) ne okazis gravaj stelnaskoj, ĉar la densonda amasiĝo najbare al ni nur milde aŭ tute ne okazis.

Bibliografio

La kosmo kaj ni, David E. Galadi kaj Amri Wandel, 2001; 2a eldono 2005 FEL, Antverpeno
The Cosmos, Pasachoff & Filipenko, 2001, Harcourt, USA.
Universe, Kaufmann & Freedman, 5a eld. 1998, W.H. Freeman