



CosmoVerse Արկածներ

Տիեզերքի
ընդարձակում:
Հաբլ-Լեմետրի
օրենքը



Դասարանում

Ներածություն. հայացք դեպի տիեզերքի խորքերը



Ուսուցիչ :

Բարի լույս, դասարան: Բարի գալուստ Կոստովերս Արկածների մեկ այլ դասի: Մինչ կսկսենք մեր զրույցը, ես ձեզ նկար ցույց կտամ : Ուշադիր նայեք այս հմայիչ պատկերին: Կկրահե՞ք դրա բովանդակությունը: (Տես նկար 1):



Աշակերտ 1 :

Այն գիշերայինն աստղազարդ երկնքի տպավորություն է թողնում: Աստղե՞ր են:



Ուսուցիչ :

Ինչպիսի սրամտություն, Աշակերտ 1: Բայց սա ավելին է: Լուսանկարում ընդամենը մի քանի աստղ կա: Մյուս կետերը ամբողջական գալակտիկաներ են՝ լի միլիարդավոր աստղերով:



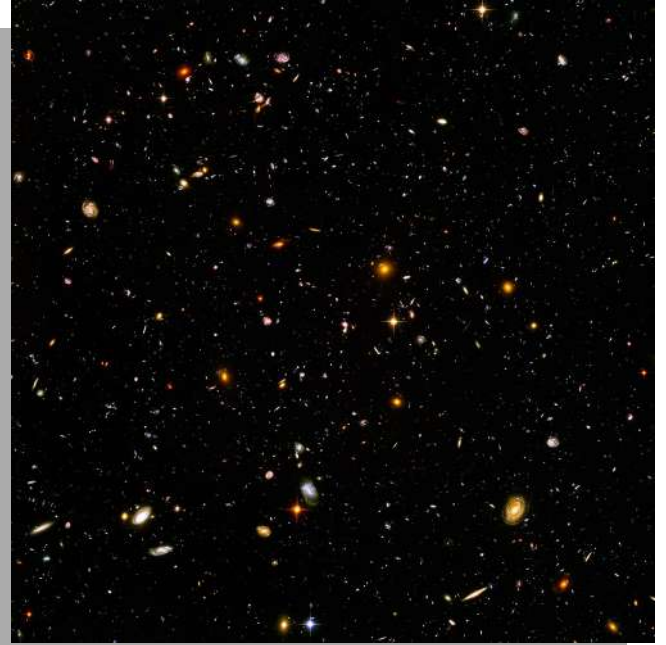
Աշակերտ 2 :

Չափազանց մեծ է: Ինչպե՞ս է մեզ հաջողվել ֆիքսել այսպիսի հիպնոսացնող պատկեր:



Ուսուցիչ :

Այս զլուխգործոցը «Հաբլի ծայրահեղ խորը դաշտն է» (Hubble Ultra Deep Field): 1995թ.-ին գիտնականները Տիեզերական Հաբլ աստղադիտակով փորձեցին (տես նկար 2) նայել երկնքում մի աննշան թվացող կետի, որն ավելի մեծ չէր, քան գնդիկավոր գրչի ծայրը: Տաս օր անընդմեջ աստղադիտակը կենտրոնացել է այդ կետի վրա: Արդյունքները տպավորիչ էին. տիեզերքի մի փոքրիկ հատվածում շողողացող ավելի քան 1 500 տարբեր գալակտիկաների պատկերներ: Դրանցից որոշների տարիքներն այնքան հին են, որ թվագրվում են Մեծ պայթյունից անմիջապես հետո:



Նկար 1. NASA-ի սկզբնական թողարկումը, որն արվել է Հաբլ տիեզերական աստղադիտակի կողմից. այն պարունակում է տարբեր տարիքի, չափի, ձևի և գույնի մոտ 10 000 գալակտիկա: Ամենափոքրերն ու ամենակարմիրները ամենահեռավոր գալակտիկաներից են՝ նկարահանված օպտիկական աստղադիտակով: Դրանք,



Նկար 2. «Հաբլի» տիեզերական աստղադիտակը հեռացող «Ատլանտիս» տիեզերանավից: Պատկերը՝ NASA:

Աշակերտ 3 :

Եթե նման փոքր հատվածը պարունակում է այդքան շատ գալակտիկաներ, ապա տիեզերքը պետք է լցված լինի դրանցով:

Teacher :

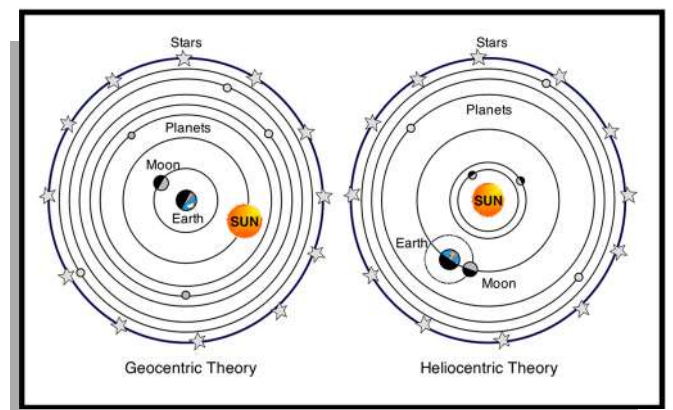
Ճիշտ է, Աշակերտ 3: Մենք կարծում ենք, որ մեր դիտարկվող տիեզերքում կա մոտ 2 տրիլիոն գալակտիկա: Ահա մի խելահեղ բան: Տիեզերքում ավելի շատ աստղեր կան, քան ավազահատիկներ Երկրի յուրաքանչյուր լողափում: Դա վկայում է մեր տիեզերքի ակնածանք առաջացնող մասշտաբի մասին:

Աշակերտ 4 :

Զարմանալի է մտածել, որ մեր փոքրիկ Երկրից մենք կարողացել ենք վերծանել այսպիսի հսկայական տարածություններ: Ինչպե՞ս է մեզ հաջողվել:

Teacher :

Դա գիտելիքի առաջընթացն է, Աշակերտ 4: Ժամանակին մենք հավատում էինք, որ ամեն ինչ պտտվում է Երկրի շուրջ՝ աշխարհակենտրոն մոդելը: Բայց հետո եկան այնպիսի մտածողներ, ինչպիսին Արիստարքոս Սամոսացին էր: Նա առաջինն էր, որ առաջարկեց արևակենտրոն կամ հելիոկենտրոն մոդելը: Կոպեռնիկոսը հետագայում սա ավելի մանրամասնեց, բայց նրա գաղափարները դեռ թերահավատությամբ էին ընդունվում: Իրական փոփոխությունը տեղի ունեցավ Գալիլեոյի, Կեպլերի և Նյուտոնի բացահայտումներով, ովքեր հիմնավորեցին հելիոկենտրոն մոդելը դեռ տասնյոթերորդ դարում: (Տես նկար 3):



Նկար 3. Աշխարհակենտրոն և հելիոկենտրոն մոդելների միջև տարբերությունը
Stars-Աստղեր, Planets-Սուրբակներ, Moon-Լուսին, Earth-Երկիր, Sun-Արև, Geocentric Theory-Աշխարհակենտրոն տեսություն, Heliocentric Theory-Հելիոկենտրոն տեսություն

Աշակերտ 3 :

Աստղադիտակները պետք է որ որոշիչ դեր կատարեին, չէ՞:

Teacher :

Ճիշտ է, Աշակերտ 3: Աստղադիտակները բացահայտեցին տիեզերքի հսկա մասշտաբները: Այնուամենայնիվ, մինչև 1920-ական թվականները մենք կարծում էինք, որ ամեն ինչ սահմանափակվում է մեր Ծիր Կաթինով: Այնուհետև եկան Հաբլը և Լեմետրը, որոնք հեղափոխեցին մեր ընկալումը՝ ապացուցելով, որ տիեզերքը լցված է գալակտիկաներով և անընդհատ ընդարձակվում է: Բայց նախքան ավելի խորանալը, եկեք միանանք Քվարկին հետաքրքիր ճանապարհորդության հետքերով՝ իսկապես հասկանալու համար մեր տեղն այս հսկայական տիեզերքում:



Երևակայության տիեզերանավ

Ուղևորություն դեպի մեր տիեզերական հասցե

Our Cosmic Address

<Երևակայության տիեզերանավի հսկայական դիտահարթակը ցուցադրում է տիեզերքն իր ողջ շքեղությամբ: Ղեկին կանգնած Քվարկը աշակերտներին կտանի արշավի՝ ծանոթ աստղերից այն կողմ>
<Դուք կարող եք ներբեռնել [Stellarium](#), ը՝ անվճար ծրագիր, որը թույլ կտա ազատ նավարկել տիեզերքում կամ կարող եք դիտել այս [տեսանյութը](#)>



Քվարկ :

Բարի գալուստ, երիտասարդ հետազոտողներ: Մեր երևակայության տիեզերանավն այսօր գերազանցում է նույնիսկ [արագության] հայտնի ամենահզոր սահմանները: Տեսեք, նույնիսկ լույսի արագությունը՝ տիեզերքի մեզ հայտնի ամենաարագ մեծությունը՝ 300 000 կմ/վրկ, չի կարող տիեզերքն անցնել բավականաչափ արագ: Նույնիսկ այդ արագությամբ տիեզերքով ճանապարհորդելու համար մեզ անհրաժեշտ կլինի մի ամբողջ հավերժություն:



Աշակերտ 1 :

Ես միշտ մտածել եմ, թե ի՞նչ է լուսային տարին:



Քվարկ :

Լուսային տարին ոչ թե ժամանակի, այլ հեռավորության չափ է, որը լույսը անցնում է մեկ տարում: Եթե թվերով ասենք, դա մոտավորապես 9,46 տրիլիոն կիլոմետր է կամ 5,88 տրիլիոն մղոն: Բայց եկեք չսուզվենք թվերի մեջ: Փոխարենը սկսենք մեր արկածային ճանապարհորդությունը:

<Նավը սկսում է իր ճանապարհորդությունը, և Երկիրը սկսում է փոքրանալ >

Քվարկ :

Ուսումնասիրեք ձեր թանկագին Երկիրը: Դա կյանքի տեսարան է, սրբավայր հսկայական տիեզերական անապատում: Դո՛ւք, մարդիկ, կերտել եք նրա դեմքը, սակայն այստեղից ձեր վիթխարի քաղաքները, ճանապարհներն ու ջանքերը պարզապես աննշան են դառնում: Մարդկության բոլոր հեքիաթները գալիս են այս երկնային կապույտ գոհարից: Այն անթիվ հոգիների ծննդավայր է:

Աշակերտ 2 :

Դա այնքան սյուրռեալիստական է: Երկիրն այստեղից այնքան փոքր է թվում:

Քվարկ :

Շատ ճիշտ է, սիրելիս: Այժմ դիտեք ձեր տիեզերական հարևանին:

<Հայտնվում լուսինն՝ իր հետքերով ու անցյալ դարերի պատմություններով>

Քվարկ :

Լուսինը՝ Երկրի հավատարիմ ուղեկիցը և միակ երկնային մարմինը, որը զգացել է մարդու ոտնահետքերը: Եթե առաջ գնանք, կտեսնենք մեր արեգակնային համակարգի պահակներին՝ մոլորակներին, և այնուհետև կսուզվենք միջաստղային վիթխարի տարածության մեջ:

<Աստղերը, ինչպես փայլուն թանկարժեք քարեր, լուսավորում են դատարկությունը>

Քվարկ :

Տեսնո՞ւմ եք մեր արևը: Դա միայն մեկ կետ է աստղային ծովի մեջ: Լույսին մոտ 8 րոպե է պետք Երկրից Արեգակ հասնելու համար: Աստղերը, որոնք դուք գիտեք ձեր հեքիաթներից, այժմ փայլում են առանց Երկրի մթնոլորտային շղարշի: Աստղերի շարքում կան էկզոմոլորակներ. նրանցից ոմանց վրա հավանաբար կյանք կա:

Աշակերտ 3 :

Իսկ Ծիր Կաթի՞նը՝ մեր գալակտիկան:

Քվարկ :

Ահ, մեր տիեզերական տունը: Սա աստղային մեգապոլիս է՝ գազով, փոշով, աստղերով և մոլորակներով լցված, որոնք տարածվում են հսկայական 100 000 լուսային տարվա վրա: Իսկ նրա սիրտը գերգանգվածային սև խոռոչն է, որը տիեզերական խժռիչ է: Մեր ամենամոտ հարևանը Անդրոմեդա գալակտիկան է: Եթե այնտեղ ապրող այլմոլորակայիններին տեքստային հաղորդագրություն ուղարկեք, ապա կպահանջվի մոտ 2,5 միլիոն տարի որպեսզի այն հասնի:

<Գալակտիկաները կետի են նմանվում, յուրաքանչյուր կետ ինքնին տիեզերք է>



Նկար 4. Երկրի գունավոր շտկված պատկեր, որն արվել է DSCOVR արբանյակի կողմից 2022 թվականի դեկտեմբերի 7-ին, կապույտ մարմարի բնօրինակ պատկերից ուղիղ 50 տարի անց: Պատկերը՝ NASA:



Քվարկ :

Մեր գալակտիկայից այն կողմ գտնվում է գալակտիկաների օվկիանոսը, որոնցից յուրաքանչյուրն ունի իր պատմությունները, իր սև խոռոչները, իր առեղծվածները: Նրանք պարունակում են տիեզերական բալետում՝ ուղղորդված գրավիտացիոն կապերով:



Աշակերտ 4 :

Այն նման է ցանցի՝ կազմված թելերից և դատարկությունից:



Քվարկ :

Ճիշտ է: Այս տիեզերական գործընկերները կապված են միմյանց հետ փոքր հատված: Բայց կա՞ վերջ կամ սահման:

<Նավը կանգ է առնում՝ հայտնի տիեզերքի եզրը նրանց առջև է>



Քվարկ :

Ահա, այն եզրը, որը մենք կարող ենք դիտել: Բայց հիշեք, որ «դիտելի» չի նշանակում «ամեն ինչ»: Տիեզերքը կարող է անսահման լինել՝ ձգվելով երևակայությունից անդին:



Աշակերտ 1 :

Այսպիսով, մենք տեսնում ենք հնագույն լո՞ւյսը:



Քվարկ :

Այո՛: Հեռավոր գալակտիկաներին նայելով՝ ժամանակի միջով հետ ես նայում: Մեր տեսած տիեզերական միկրոալիքային ֆոնային ճառագայթումը մասունք է, արձագանքն այն իրադարձությունների, որոնք տեղի են ունեցել Մեծ պայթյունից անմիջապես հետո:



Աշակերտ 2 :

Բայց ի՞նչն է այն կողմում՝ մեր դիտարկելի տիեզերքից դուրս:



Քվարկ :

Մեր տիեզերական լուսարձակը միայն այդքանն է լուսավորում: Դրանից այն կողմ կարող են լինել անվերջ տիրույթներ՝ լցված գալակտիկաներով, աստղերով և հրաշքներով, որոնք գործում են նույն տիեզերական կանոններով:



Աշակերտ 3 :

Այսպիսով մեր տիեզերքը կարող է լինել ընդամենը մի կետ հսկայական տիեզերական օվկիանոսում:

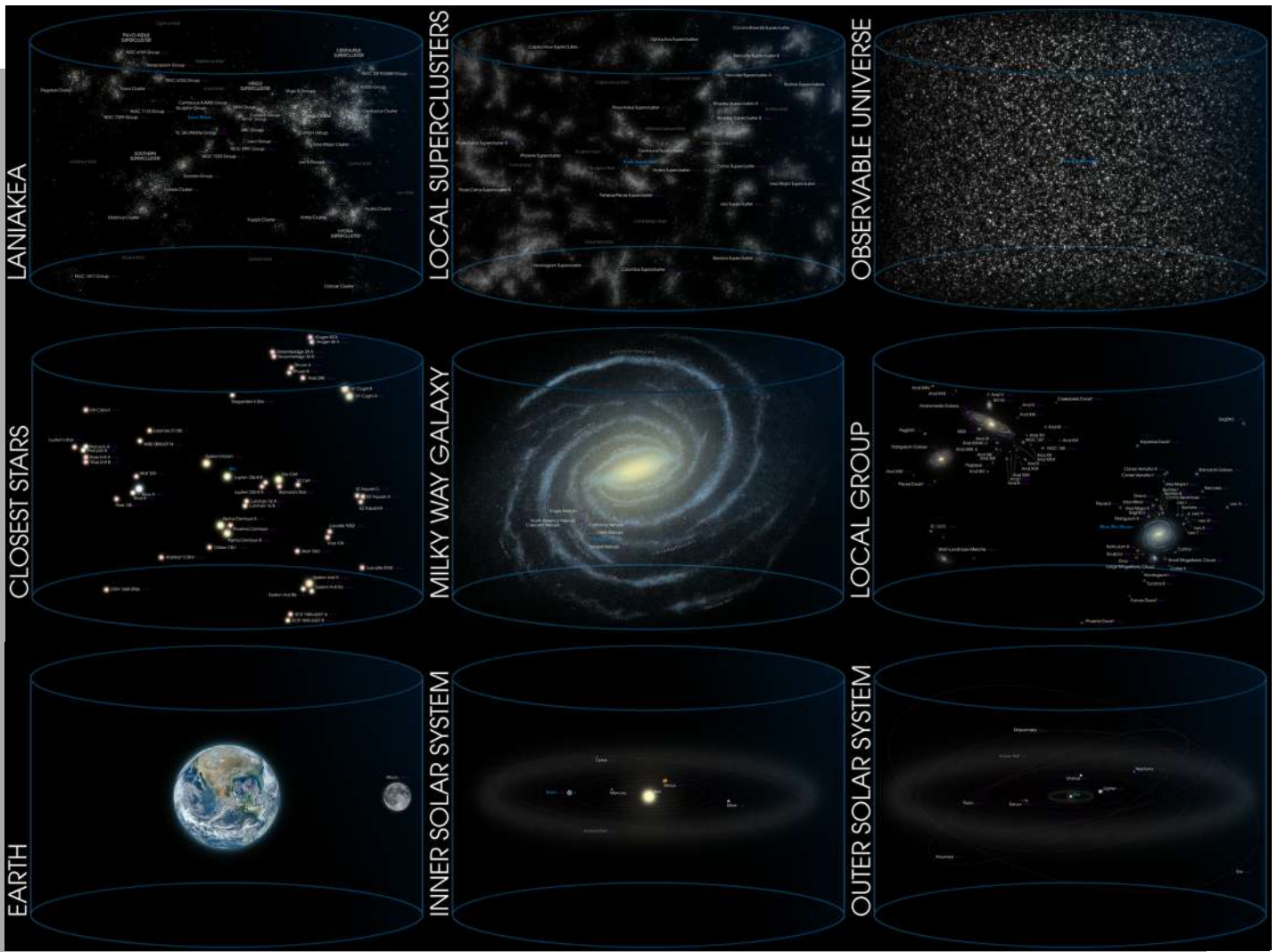


Քվարկ :

Ճիշտ է: Տիեզերքի իրական մասշտաբները կարող են ընդմիշտ մնալ առեղծված: Բայց մի՞թե հասկանալու ձգտումը ամենահուզիչ ճանապարհորդությունը չէ: Հիմա, նկատի ունենալով մեր այսօրվա արկածային արշավը, կարո՞ղ է ձեզանից որևէ մեկն ինձ համար արտասանել մեր տիեզերական հասցեն:



Նկար 5. Անդրոմեդայի Գալակտիկայի տեսանելի լույսի պատկերը, արված Տորբեն Հանսենի կողմից:



Նկար 6. Տիեզերքում Երկրի գտնվելու վայրի նկարագրողում: Այն բաղկացած է ինը շրջանակներից: Ընդլայնված. Պատկերը՝ Էնդրյու Ջ. Քոլվին + [Ընդլայնել պատկերը](#):

Աշակերտ 1 :

Այսպիսով... Մենք Երկիր մոլորակից ենք, որը գտնվում է Արեգակնային համակարգում, զետեղված Օրիոն Սփուրում: Մենք Ծիր Կաթին Գալակտիկայի մի մասն ենք, որը պատկանում է Գալակտիկաների Տեղական խմբին: Այս խումբն ավելի մեծ Վիրգո սուպերկլաստերի մի մասն է, որն իր հերթին պարուրված է հսկայական Լանիակեա սուպերկլաստերով : Եվ այս ամենն ընդամենը մի գլուխ է Դիտելի Տիեզերքի մեծ գործում: (Տես նկար 6):

Քվարկ :

Հրաշալի է: Ձեր ըմբռնումը մեր տիեզերական դիրքի մասին գովելի է: Այժմ, բռնվեք: Մեր հաջորդ քայլը ժամանակի միջով հետ թռիչքն է: Մենք պատրաստվում ենք հանդիպել հանճարների, ովքեր կերտել են տիեզերքի մեր պատկերացումը և հանդիսանում են մեր այսօրվա ճանապարհորդության ճարտարապետները՝ դոկտոր Էդվին Հաբլը և դոկտոր Ժորժ Լեմետրը:



Հանդիպում գիտնականի հետ

Հաբլ-Լեմետրի օրենք



Նկար 7. 1920-ականների ընթացքում աստղագետներ եղվին Հաբլը (ծախ կողմից) և Ժորժ Լեմետրը հասկացան, որ տիեզերքը ընդարձակվում է: Վաշինգտոնի Քարնեգի ինստիտուտ / Կաթոլիկ համալսարան. Լյովեն.



Քվարկ :

Աշակերտներ, խնդրում ենք ողջունել եղվին Հաբլին և Ժորժ Լեմետրին՝ պիոներներ, ովքեր հիմնովին փոխեցին տիեզերքի մեր ընկալումը:



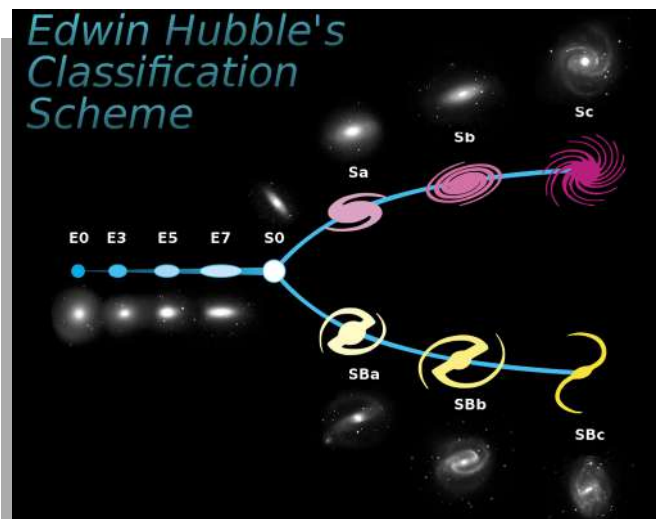
Աշակերտ 2 :

Ինչպիսի՞ պատիվ: Պարոն Հաբլ, ձեր աշխատանքը գալակտիկաների ցուցակագրման հարցում, որոնք մենք մինչ այսօր օգտագործում ենք, դեռ անփոխարինելի է: Կարո՞ղ եք պարզաբանել այս գալակտիկաների վերաբերյալ ձեր հայտնությունները:



Hubble :

Հաճույքով: Շատերը կարծում էին, որ մեր Ծիր Կաթինն այն ամենն է, ինչ կա տիեզերքում: Այնուամենայնիվ, երբ ես դիտեցի Անդրոմեդան իմ 100 դյույմանոց ռեֆլեկտորային աստղադիտակով և չափեցի նրա հեռավորությունը Երկրից, տվյալները ցույց տվեցին ցնցող ճշմարտություն. Անդրոմեդան շատ ավելի հեռու էր, քան Ծիր Կաթինի ցանկացած աստղ: Այս հայտնագործությունը հաստատեց, որ դա ոչ թե պարզապես միգամածություն է, այլ մի ամբողջ գալակտիկա հսկայական հեռավորության վրա: Պատկերացրեք, թե ինչ էր սա նշանակում. մեր տիեզերքը շատ ու շատ ավելի մեծ էր՝ լի անհամար գալակտիկաներով, քան մենք երբևէ պատկերացրել էինք:



Նկար 8. Ամերիկացի աստղագետ եղվին Հաբլը մշակել է գալակտիկաների դասակարգման սխեման 1926 թվականին: Չնայած այս սխեման, որը նաև հայտնի է որպես Հաբլի կամերտոնի դիագրամ, այժմ համարվում է չափազանց պարզ, հիմնական գաղափարները դեռևս պահպանվում են: Բնօրինակը կարելի է դիտել այստեղ [HubbleTuningFork.jpg](https://www.nasa.gov/centers/hubble/about/press/20060118main_hubbletuningfork.jpg): Edwin Hubble's classification scheme-եղվին Հաբլի դասակարգման սխեմա

Աշակերտ 2 :

Այս գալակտիկաներն ուսումնասիրելիս ինչ-որ բան յուրօրինակորեն առանձնացել է:



Հարլ :

Բնականաբար, իմ տվյալները բացահայտեցին ապշեցուցիչ փաստ: Գալակտիկաները կարծես թե հեռանում էին միմյանցից:

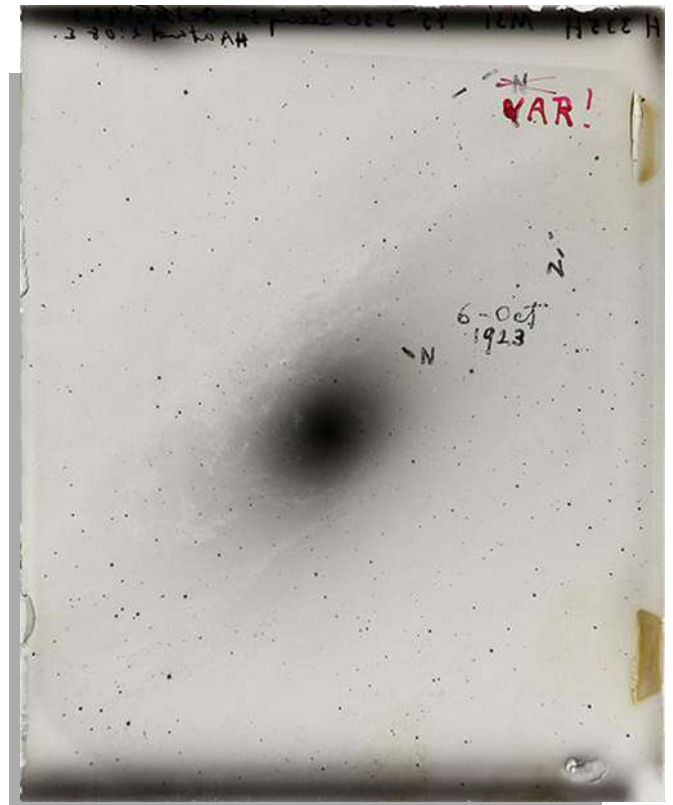
Աշակերտ 2 :

Բայց ինչպե՞ս պարզեցիք, որ այս գալակտիկաները մեզանից հեռանում են:



Հարլ :

Հիանալի հարց: Գալակտիկաների բացահայտ արագությունը չափելու համար ես օգտագործեցի լույսի մի տեսակ, որը հայտնի է որպես սպեկտրալ գծեր: Երբ ես դիտեցի այս սպեկտրալ գծերը հեռավոր գալակտիկաներից, ես նկատեցի, որ դրանք տեղափոխվել են դեպի էլեկտրամագնիսական սպեկտրի կարմիր հատված, մի երևույթ, որը մենք անվանում ենք «կարմիր շեղում»: Սա ցույց է տալիս, որ լույսի ալիքները ձգվում են, քանի որ ձգվում է նրանց միջև տարածությունը, ինչն էլ թույլ է տալիս ենթադրել, որ այս գալակտիկաները հեռանում են մեզանից:



Նկար 9. Էդվին Հարլը Անդրոմեդայի «միգամածության» այս լուսանկարչական թիթեղը պատրաստել է՝ օգտագործելով 100 դիյումանոց Հուկեր աստղադիտակը Մաունթ Ուիլսոն աստղադիտարանում, 1923 թվականին: Անդրոմեդային (կամ M31) ցուցադրող պատկերը պետք է լինի այլ գալակտիկա: Պատկերը՝ Քարնեգի աստղադիտարանից:



Quark :

Շնորհակալություն, պարոն Հարլ, իրականում սպեկտրալ գծերը և կարմիր շեղումը կլինեն մեր ուշադրության կենտրոնում գալիք Կոսմոլոգիայի արկածներում: Այսպիսով, եղեք հետաքրքրված:

Աշակերտ 2 :

Պարոն Լեմետր, եթե գալակտիկաները հեռանում են մեզանից, դա նշանակում է, որ մեր տիեզերքը ընդարձակվում է:



Լեմետր :

Ճիշտ է: Պատկերացրեք տարածությունը որպես չամիչով խմոր: Չամիչները գալակտիկաներն են: Երբ խմորը բարձրանում է, չամիչները հեռանում են իրարից: Այսպիսով, գալակտիկաները տարածության մեջ չեն շարժվում, այլ ընդհակառակը, միջանկյալ տարածությունն է ձգվում և ընդլայնվում այնպես, որ թվում է թե գալակտիկաներն են հեռանում իրարից: Գալակտիկաները շարժվում են տարածության հետ, ոչ թե տարածության միջով: Նկատի ունեցեք նաև, որ սա վերաբերում է հեռավոր գալակտիկաներին: Մեր հարևան գալակտիկաները, որոնք ձգվում են ձգողականության ուժով, բացառություն են և չեն հեռանում ժիր Կաթինից:

Աշակերտ 2 :

Այսպիսով, ժամանակը հետ պտտելով, մենք կտեսնենք մի տիեզերք, որը կսեղմվի այնքան ժամանակ, մինչև ամբողջ նյութը հավաքվի միասին մի տեղում:



Հաբլ :

Տիեզերքի ընդլայնման գաղափարը առաջին ապացույցն էր, որը ենթադրում էր տիեզերքի ծնունդը մեկ կետից՝ վերջավոր անցյալի որոշակի ժամանակում: Բայց կարծես այս գիտակցումը բավականաչափ ցնցող չէր: Ես նաև հասկացա, որ գալակտիկաների արագությունները մեծանում էին ավելի մեծ հեռավորությունների հետ: Այլ կերպ ասած, որքան հեռու է գալակտիկան, այնքան ավելի արագ է այն հեռանում մեզանից:



Լեմետր :

Ճիշտ է, և այս առնչությունը նշված է Հաբլ-Լեմետրի օրենքում: Այդ օրենքն ըստ էության ասում է, որ արագությունը, որով գալակտիկան հեռանում է դիտորդից (ինչպես մենք Երկրի վրա) ուղիղ համեմատական է այդ դիտորդից նրա հեռավորությանը: Այս գրաֆիկով ներկայացված հավասարումը ($v = H_0 D$) բավականին պարզ է: (Տես նկար 11):

Աշակերտ 1 :

Այսպիսով, v -ն տվյալ գալակտիկայի հեռանալու արագությունն է, D -ն նրա ճշգրիտ հեռավորությունն է, բայց ի՞նչ է H_0 -ն:

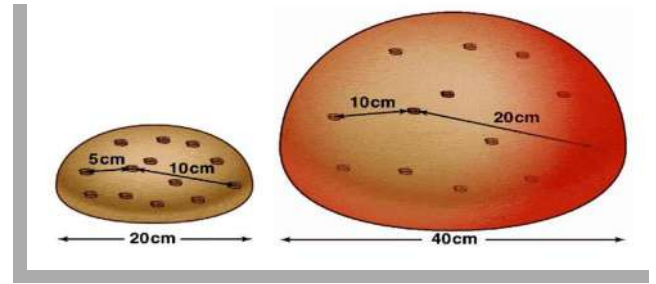


Հաբլ :

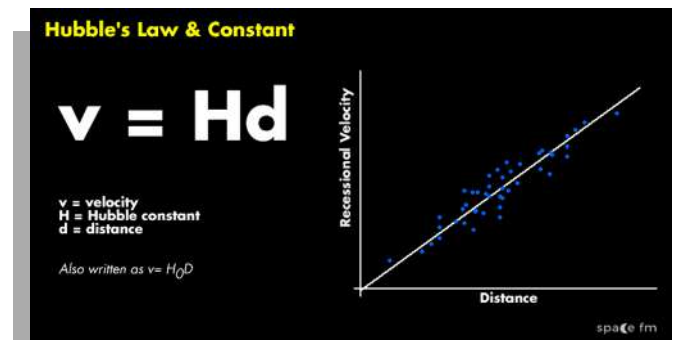
Հեռավորության և արագության գրաֆիկի թեքությունը Հաբլի հաստատուն H_0 -ն է: Այն նաև ներկայացնում է ներկայիս արագությունը, որով տիեզերքը ընդլայնվում է մոտավորապես 70 կիլոմետր վայրկյանում մեկ մեգապարսեկում, իսկ 1 մեգապարսեկը կազմում է մոտ 3,3 միլիոն լուսային տարի: Իրականում, տասնամյակներ պահանջվեցին Հաբլի հաստատուն H_0 -ի ճշգրիտ արժեքը ստանալու համար: Այն շարունակում է լինել կարևոր մեծություն մեր տիեզերքի տարիքը, կառուցվածքը և վերջնական ճակատագիրը հասկանալու համար: Դրա միջոցով ենք մենք պարզում թե, կախված մեր միջև հեռավորությունից, որքան արագ են նահանջում այլ գալակտիկաները: Օրինակներ: Գալակտիկան, որը գտնվում է 1 մեգապարսեկ հեռավորության վրա, կունենա վայրկյանում 70 կիլոմետր հեռացման արագություն: Որքա՞ն կկազմի 2 մեգապարսեկ հեռավորության վրա գտնվող գալակտիկայի հեռացման արագությունը:

Աշակերտ 2 :

Շատ հեշտ, հեռացման արագությունը պետք է լինի $70 \times 2 = 140$ կիլոմետր վայրկյանում:



Նկար 10. Տիեզերքի չամիչով հացի մոդելը բացատրում է, թե ինչպես յուրաքանչյուր գալակտիկա կարող է ընկալել տիեզերքի մյուս գալակտիկան որպես իրենից հեռացող: Պատկերը՝ NASA: cm-սմ



Նկար 11. Հաբլի հաստատեց կապը գալակտիկաների հեռավորության և նրանց կարմիր շեղման միջև: Այլ կերպ ասած, գալակտիկայի շարժման արագությունը ուղիղ համեմատական է դիտորդից իր հեռավորությանը: Պատկերը՝ Space.fm : Hubble's Law & Constant-Հաբլի օրենքը և հաստատունը, velocity-արագություն, Hubble constant-Հաբլի հաստատուն, distance-հեռավորություն, Alice written as-Գրվում է նաև որպես:

Աշակերտ 3 :

Մեր տիեզերքի ընկալումը կտրուկ փոխվել է, այնպես չէ՞: Սկսած մեզ կենտրոնում տեսնելուց մինչև անսահմանության մեջ մեր համեստ դիրքը հասկանալը:

Lemaître :

Իսկապես: Գիտությունը բացահայտում է տիեզերքի ընդարձակությունն ու բարդ կառուցվածքը՝ հիշեցնելով մեզ նրա ներսում մեր փոքրիկ, բայց եզակի տեղը:

Quark :

Շնորհակալություն երկուսիդ, հիմա ժամանակն է գնալ դարոց «Գործնական լաբորատորիա», որտեղ ձեր ուսուցիչը պատրաստել է մի շարք փորձեր: Դրանք կօգնեն ձեզ ավելի լավ ուսումնասիրել ու հասկանալ Հաբլ-Լեմետրի օրենքը:





Գործնական լաբորատորիա

Գործնական աշխատանք. էլաստիկ ժապավենի մոդել – միաչափ մոդել



Նպատակը :

Հասկանալ, թե ինչպես է տիեզերքի ընդարձակումը հանգեցնում գալակտիկայի արագության աճին ավելի մեծ հեռավորության վրա, և պատրանքը, որ Երկիրը գտնվում է տիեզերքի կենտրոնում:



Նախապատրաստման ժամանակ : 5 րոպե



Գործնական աշխատանքի ժամանակ : 20 րոպե



Պահանջվող նյութեր :

- Տարբեր երկարությունների ռետինե ժապավեններ
- Տարբեր չափերի մետաղական տափօղակներ
- Ամրակներ
- Տախտակ կամ հաստ ստվարաթուղթ
- Փոքր գունավոր կաշուն պիտակներ՝ գալակտիկաների համար
- Քանոն կամ չափիչ ժապավեն
- Գծագրական թուղթ
- Մատիտներ



Ընթացակարգերը :

- Ղասարանը բաժանեք զույգերի կամ փոքր խմբերի: Յուրաքանչյուր խումբ պետք է ունենա առաձգական ժապավեններ և տափօղակներ: Խմբերը պետք է կառուցեն իրենց սեփական «տիեզերքը», որտեղ տարբեր չափերի մի շարք «գալակտիկաներ» (տափօղակներ) միացված են միմյանց՝ տարբեր հեռավորություններով (ռետինե ժապավեններ): Ռետինե ժապավենները պետք է ձգված լինեն, բայց ոչ շատ ուժեղ, ինչպես երևում է լուսանկարում:
- Խմբերից ուրաքանչյուրը պետք է ընտրի մետաղյա տափօղակներից մեկը, որը կլինի պետք է նշված լինի գրիչով կամ կաշուն պիտակով՝ այն հեշտությամբ հիշելու համար: Բոլոր մյուս գալակտիկաները պետք է ևս նշված լինեն անուններով կամ թվերով: Դրանք անհրաժեշտ է գրանցել աղյուսակի սյունակում, ինչպես ցույց է տրված:
- Յուրաքանչյուր խումբ պետք է դնի իր ռետինե տիեզերքը ուղիղ գծով, ամրացնի այն իր դիրքում և չափի Ծիր Կաթինի հեռավորությունը ամեն մի գալակտիկայից: Նրանք կարող են օգտագործել համապատասխան սանդղակ, օրինակ՝ 1 սմ = 100 միլիոն կմ: Սա պետք է գրանցել աղյուսակի 2-րդ սյունակում:

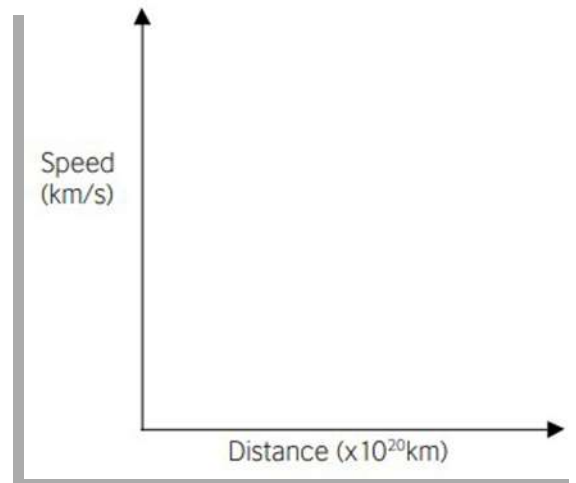


Rubber band universe © British Council

Նկար 12. Ռետինե ժապավենի տիեզերքի մոդել: Պատկերը՝ Բրիտանական խորհրդի կողմից:

Գալակտիկայի անունը	Մեկնարկա- յին հեռավորութ- յունը Ծիր Կաթինից	Վերջնական հեռավորութ-յունը Ծիր Կաթինից	հեռավորութ-յան փոփոխութ-յուն կմ	Արագություն կմ/վ

- Խնդրեք ձեր աշակերտներին իր սկզբնական չափից երկու անգամ ավել ձգել իրենց ռետինե տիեզերքը և ամրացնել այն նոր դիրքի մեջ: Ասացեք նրանց, որ ընդլայնումը տևեց մեկ միլիարդ տարի: Աշակերտները պետք է հեռավորությունը վերածեն վայրկյանների:
- Այնուհետև, յուրաքանչյուր խումբ պետք է կրկին չափի հեռավորությունը Ծիր Կաթինից մինչև մյուս գալակտիկաներ և նշի այդ նոր հեռավորությունը: Եռավորությունների տարբերությունը խմբերը պետք է գրանցեն իրենց աղյուսակի՝ 3 և 4 սյունակներում:
- Այնուհետև նրանք պետք է հաշվեն այն արագությունը, որով յուրաքանչյուր գալակտիկա հեռանում է մեզանից՝ օգտագործելով «Արագություն = Հեռավորության փոփոխություն/Ժամանակի» բանաձևով: Պատասխանները պետք է ներկայացվեն աղյուսակի վերջին սյունակում:
- Կազմեք գրաֆիկ՝ ցույց տալով ստացված տվյալները: Հորիզոնական առանցքի վրա նշեք հեռավորությունը, ուղղահայաց առանցքին՝ արագությունը:
- Հիմա եկեք նայենք մեկ այլ գալակտիկայի: Ընտրեք այլ մետաղական տափօղակ, բացի Ծիր Կաթինի տափօղակից և կրկնեք բոլոր քայլերը: Հարցը հետևյալն է. «Ինչպիսի՞ն կլինի Տիեզերքի ընդարձակումը մեկ այլ գալակտիկայի այլմոլորակային աստղագետի համար»:
- Վերջապես, նույն գրաֆիկի վրա գծեք ձեր Ծիր Կաթին տափօղակի և «մյուս գալակտիկայի» տվյալները՝ տեսնելու, թե ինչպես են դրանք համեմատվում:

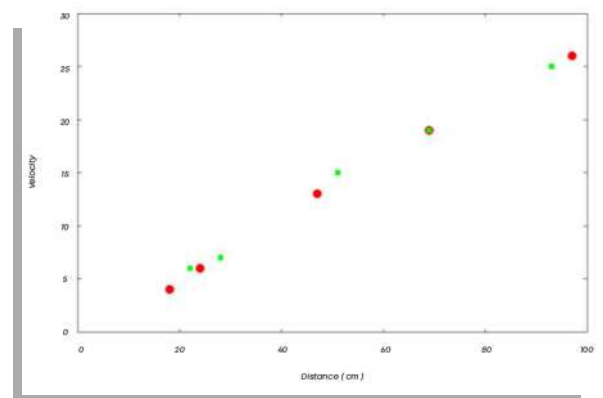


Նկար 13. Կետերի միջոցով գծեք զիծը և կրկնեք գործողությունը ձեր ռետինե գալակտիկաների համար: Speed-Արագություն, Distance-հեռավորություն, km-կմ



Դիտարկումներ :

- Հետևյալ գծագիրը (տե՛ս նկար 14) ցույց է տալիս, թե ինչ տեսք կունենա այն Ծիր Կաթինի և մյուս գալակտիկաների տափօղակների տվյալները մուտքագրելիս:
- Ծիր Կաթինի և «Այլ» գալակտիկայի տվյալները ընկնում են ճիշտ նույն գծի վրա: Այս գծի թեքությունը ցույց է տալիս ամբողջ Տիեզերքի ընդլայնման արագությունը: Քանի որ և՛ Ծիր Կաթինը, և՛ «Այլ» գալակտիկան գտնվում են (մի) Տիեզերքում, նրանք երկուսն էլ պետք է չափեն ընդարձակման նույն արագությունը:



Նկար 14. Ծիր Կաթինի և մյուս գալակտիկաների տափօղակների տվյալների գծագիրը:

Քննարկում եվ եզրակացություն :

Ուսուցիչ :

Այսպիսով, աշակերտներ: Այժմ, երբ մենք կատարեցինք մեր փորձը, ի՞նչ դիտարկումներ արեցիք, երբ գծում էիք ձեր գրաֆիկները:

Աշակերտ 1 :

Մենք նկատեցինք, որ անկախ նրանից, թե որ գալակտիկայից ենք մենք դիտել՝ դա Ծիր Կաթինն է, թե «Այլ» գալակտիկան, ավելի հեռու գտնվող գալակտիկաները կարծես թե ավելի արագ են շարժվում: Այս միտումը ինքնահամաձայնեցված էր երկու սցենարներում էլ:

Ուսուցիչ :

Սա խելամիտ դիտարկում է: Որևէ մեկը կարո՞ղ է բացատրել, թե ինչու է այդպես:

Աշակերտ 2 :

Տիեզերքի միատեսակ ընդլայնման պատճառով, դա նշանակում է, որ որքան ավելի շատ տարածություն կա երկու գալակտիկաների միջև, այնքան ավելի արագ են դրանք հեռանում միմյանցից: Դա նման է ռետինե ժապավենին: Երբ այն ձգում եք, ձեր մատներից ավելի հեռու հատվածներն ավելի են ձգվում, քան մատներին մոտ գտնվող մասերը:

Ուսուցիչ :

Գերազանց համեմատություն: Ի՞նչ կասեք այն դիտարկման մասին, որ և՛ Ծիր Կաթինի, և՛ «Այլ» գալակտիկաների չափումները ընկել են նույն գծի վրա: Ի՞նչ է դա նշանակում տիեզերքում մեր դիրքի մասին:

Աշակերտ 3 :

Դա ենթադրում է, որ տիեզերքի եզակի կենտրոն չկա: Անկախ նրանից, թե որ գալակտիկայից ենք մենք դիտարկում, ընդլայնումը միատեսակ է թվում: Կարծես յուրաքանչյուր գալակտիկա իրեն զգում է կենտրոնում:

Աշակերտ 4 :

Այսպիսով մենք իրականում տիեզերքի կենտրոնում չե՞նք:

Ուսուցիչ :

Ճիշտ է: Գաղափարը, որ մենք կենտրոնում ենք, պարզապես պատրանք է տիեզերքի ընդլայնման ձևի պատճառով: Յուրաքանչյուր գալակտիկա զգում է, որ կենտրոնում է, բայց իրականում կենտրոն չկա: Տիեզերքը չի ընդլայնվում մեկ կետից, փոխարենը, ամբողջ տարածությունն է ընդլայնվում:

Աշակերտ 2 :

Այս փորձը պարզ դարձրեց, որ տիեզերքի ընդլայնումը միայն մեկ կեսից հեռու թռչող գալակտիկաներ չէ: Դա ինքնին տարածությունն է, որը ձգվում է:

Ուսուցիչ :

Ճիշտ է: Եվ այս հայեցակարգը հիմնարար է մեր տիեզերքի էությունը հասկանալու համար: Ռետինե ժապավենի մոդելը դա պատկերացնելու հիանալի միջոց է, բայց հիշեք, որ մեր տիեզերքը շատ ավելի բարդ է: Այս գործունեությունը պարզեցված ներկայացում է, որն օգնում է հասկանալ հայեցակարգը:

Եկեք մի պահ մտածենք այսօրվա արկածի մասին CosmoVerse-ի հետ: Մենք երկար ճանապարհի անցանք, չէ՞: Այսօր մենք իմացանք, թե որքան մեծ և հոյակապ է մեր տիեզերքը: Մենք նաև իմացանք Հաբլ-Լեմետրի օրենքի մասին՝ պարզ բառերով. առավել հեռու գալակտիկաներն առավել արագ են հեռանում: Այսօրվա մեր ճանապարհորդությունն ավելին էր, քան պարզապես փաստեր և թվեր: Դա մեզ սովորեցրեց խոնարհություն և զարմանք: Մենք մի ժամանակ հավատում էինք, որ ամեն ինչի կենտրոնն ենք: Այժմ մենք հասկանում ենք մեր փոքրիկ, սակայն առանձնահատուկ տեղը այս հսկայական, անընդհատ ընդարձակվող տիեզերքում: Նրանց համար, ովքեր ցանկանում են ավելի խորանալ այս հսկայական թեմայի մեջ, Տիեզերական գրադարանի բաժինը առաջարկում է գիտելիքների գանձարան, որը սպասում է ուսումնասիրության:





Տիեզերական գրադարան



Տեսանյութեր :

How small are we in the scale of the universe?

Scale of the large – Khan Academy

An Epic Journey from Earth to the Edge of the Universe

What is our Cosmic Address?

Hubble's law | Scale of the universe

Hubble's law

Hubble's Law

How big is the universe and Hubble's Law

The EXPANSION of the UNIVERSE!



Ինտերակտիվ :

The Scale of the universe



Կայք :

NASA – Hubble Space Telescope

Teacher's resources

NASA SCALE AND DISTANCE

The Big History Project

NASA's summary of the latest discoveries made around the Big Bang



Վավերագրական ֆիլմեր :

Journey to the Edge of the Universe

Everything and Nothing



Գրքեր :

The day we found the Universe



Հոդվածներ :

The expanding universe credit to Hubble-Lemaitre

Our expanding universe: Age, history & other facts

Hubble's Law & Constant



Վիկտորինա :

The Age of the Universe

Hubble- Lemaître law

Hubble's Law & Hubble's Constant



Խաղեր :

Expanding Universe



Բառարան

Գալակտիկա: գրավիտացիոն ուժով կապված զանգվածային համակարգեր՝ բաղկացած աստղերից, աստղակույտերից, միջաստղային գազից, փոշուց, մութ նյութից և մոլորակներից:

Մեծ պայթյուն: Տիեզերքի առաջացումը բացատրող գերիշխող տեսություն՝ ըստ որի տիեզերքը սկզբում եղել է սինգուլյարություն՝ տարածության մի փոքրիկ կետ, որը պայթել է ընդլայնվել է՝ ստեղծելով այն տարածությունը, որն այսօր մեզ հայտնի է:

Hubble Ultra Deep Field (HUDF) Հաբլի ծայրահեղ խորը դաշտ: Ֆորնաքս համաստեղության մի փոքրիկ շրջանի պատկեր՝ ստացված Հաբլ տիեզերական աստղադիտակով: Այն պարունակում է մոտ 10 000 գալակտիկաներ:

Տիեզերական Հաբլ աստղադիտակ: Տիեզերական աստղադիտակ, որը ուղեծիր է արձակվել Space Shuttle Discovery-ի կողմից 1990 թվականին: Այն անվանվել է ի պատիվ աստղագետ Էդվին Հաբլի:

Տեսանելի տիեզերք: Ողջ տիեզերքի այն հատվածը, որը կարող ենք դիտել: Տեսանելի տիեզերքը կախված է դիտորդի գտնվելու վայրից:

Երկրակենտրոն մոդել: Հնացած մոդել՝ ըստ որի Երկիրը տիեզերքի կենտրոնում է և նրա շուրջ են պտտվում բոլոր աստղերն ու մոլորակները:

Արիստարքոս Սամոսացին: Հին հույն աստղագետ և մաթեմատիկոս, որը ներկայացրել է արեգակնային համակարգի մեզ հայտնի առաջին հելիոկենտրոն մոդելը: Կենտրոնում Արևն է, ոչ թե Երկիրը:

Հելիոկենտրոն մոդել: Մոդել՝ ըստ որի Երկիրը և մյուս մոլորակները պտտվում են Արեգակի շուրջը, որն էլ Արեգակնային համակարգի կենտրոնն է:

Կոպեռնիկոս: Վերածննդի դարաշրջանի աստղագետ, ով առաջարկել է արեգակնային համակարգի հելիոկենտրոն մոդելը:

Գալիլեո Գալիլեյ: Իտալացի աստղագետ, ֆիզիկոս և պոլիմաթ: Նա մեծ դեր է ունեցել աստղադիտակների բարելավման մեջ, կատարել է նշանակալի աստղագիտական դիտումներ, որոնց շնորհիվ հաստատվել է կոպեռնիկյան հելիոցենտրիզմը:

Կեպլեր: Գերմանացի աստղագետ, ով առավել հայտնի է մոլորակների շարժման իր հայտնաբերած օրենքներով:

Նյուտոն: Անգլիացի ֆիզիկոս, մաթեմատիկոս, աստղագետ և գրող էր: Նա առավել հայտնի է շարժման իր օրենքներով և տիեզերական ձգողականության օրենքով:

Ծիր Կաթին: Պարուրածն գալակտիկա, որը ներառում է մեր Արեգակնային համակարգը: Նրա տեսանելի տրամագիծը կազմում է 100 000-ից մինչև 200 000 լուսային տարի:

Հաբլ: Էդվին Հաբլ՝ ամերիկացի աստղագետ, ով վճռորոշ դեր է ունեցել արտագալակտիկական աստղագիտության և դիտողական տիեզերագիտության ոլորտների ստեղծման գործում:

Լեմետր: Ժորժ Լեմետր, բելգիացի կաթոլիկ եկեղեցական, աստղագետ և ֆիզիկայի պրոֆեսոր: Նա առաջինն է առաջարկել տիեզերքի ընդարձակման տեսությունը:

Stellarium: Անվճար բաց կոդով պլանետարիումային ծրագիր, որը ցույց է տալիս իրատեսական երկինքը 3D-ով:

Լույսի արագություն: Այն արագությունը, որով լույսը շարժվում է վակուումում (ճշգրիտ՝ 299 792 458 մետր վայրկյանում կամ մոտավորապես 300 000 կմ/վրկ):

Լուսային տարի: Աստղագիտական հեռավորության միավոր, որը համարժեք է մեկ տարում լույսի անցած հեռավորությանը. այն մոտավորապես 9,46 տրիլիոն կիլոմետր կամ 5,88 տրիլիոն մղոն է:

Միջաստղային տարածություն: Գալակտիկայի ֆիզիկական տարածություն, որը զբաղեցված է աստղերով կամ նրանց մոլորակային համակարգերով:

Էկզոմոլորակներ: Արեգակնային համակարգից դուրս գտնվող աստղերի շուրջ պտտվող մոլորակներ:

Գերզանգվածային սև խոռոչ: Սև խոռոչի ամենամեծ տեսակը, որի զանգվածը կարող է հասնել հարյուր հազարից մինչև միլիարդավոր արեգակնային զանգվածի:

Անդրոմեդա գալակտիկա: Երկրից մոտավորապես 2 537 միլիոն լուսատարի հեռավորության վրա գտնվող պարուրաձև գալակտիկա, որն ամենամոտն է Ծիր Կաթինին:

Տիեզերական միկրոալիքային ֆոնային ճառագայթում: Մեծ պայթյունի մնացորդային ճառագայթումը, որը վկայում է տիեզերքի ծագման և էվոլյուցիայի մասին:

Տեսանելի տիեզերք: Ողջ տիեզերքի այն հատվածը, որը մենք կարող ենք ուսումնասիրել:

Օրիոն Սփուր: Ծիր Կաթինի փոքր պարուրաձև թևը, որը գտնվում է Աղեղնավորի (Sagittarius) և Պերսեուսի (Perseus) թևերի միջև:

Գալակտիկաների Տեղական խումբ: Ավելի քան 50 գալակտիկաներից բաղկացած խումբ՝ ներառյալ Ծիր Կաթինը և Անդրոմեդան:

Վիրգո սուպերկլաստեր: Գալակտիկաների գերկույտ, որը պարունակում է Գալակտիկաների Տեղական խումբը, որն էլ իր հերթին պարունակում է Ծիր Կաթինը:

Լանիակեա սուպերկլաստերը: Գալակտիկաների գերկույտը, որը Ծիր Կաթինի և մոտ 100 000 այլ մոտակա գալակտիկաների տունն է:

Hubble-Lemaître Law: A law that describes the expansion of the universe, stating that galaxies appear to be moving away from us at speeds proportional to their distance.

Հաբլ-Լեմետրի օրենք: Տիեզերքի ընդլայնումը նկարագրող օրենք՝ ըստ որի գալակտիկաները հեռանում են մեզանից իրենց հեռավորությանը ուղիղ համեմատական արագությամբ:

100 դյույմանոց ռեֆլեկտոր աստղադիտակ: Աստղադիտակի տեսակ, որն օգտագործում է հայելի՝ լույսը հավաքելու և կենտրոնացնելու համար: 100 դյույմ չափը վերաբերում է առաջնային հայելու տրամագծին:

Միգամածություն: Գազի և փոշու ամպ տիեզերքում, որը հաճախ դառնում է նոր աստղերի ծննդավայր:

Կարմիր շեղում: Երևույթ, երբ լույսը կամ օբյեկտի այլ էլեկտրամագնիսական ճառագայթման ալիքի երկարությունը մեծանում է՝ տեղափոխելով այն դեպի սպեկտրի կարմիր հատված:

Սպեկտրալ գծեր: Հարթ և անընդհատ սպեկտրում մուգ կամ պայծառ գծեր, որոնք հաճախ օգտագործվում են տիեզերքում քիմիական տարրերը և դրանց հարաբերական շարժումը հայտնաբերելու համար:

Էլեկտրամագնիսական սպեկտր: Բոլոր հայտնի տեսակների էլեկտրամագնիսական ճառագայթման ալիքների երկարությունների ողջ տիրույթը:

Տիեզերքի ընդարձակում: Ժամանակի ընթացքում ցանկացած երկու գալակտիկաների կամ կետերի միջև հեռավորության աճը, ինչը ցույց է տալիս, որ տիեզերքը ընդարձակվում է:

Հաբլի հաստատուն (H0): Արժեք, որն օգտագործվում է տիեզերագիտության մեջ՝ նկարագրելու տիեզերքի ընդարձակման արագությունը:

Մեզապարսեկ: Աստղագիտության մեջ օգտագործվող հեռավորության միավոր, որը մոտավորապես հավասար է 3,3 միլիոն լուսային տարվա:

Հեռացման արագություն: Արագություն, որով օբյեկտը հեռանում է տիեզերքի ընդարձակման պատճառով:

Մեփական հեռավորություն: Տիեզերագիտության մեջ օգտագործվող հեռավորության չափ, որը հաշվի է առնում օբյեկտի ներկայիս գտնվելու վայրը, այլ ոչ թե այն, որտեղ օբյեկտը եղել է, երբ լույս է արձակել:

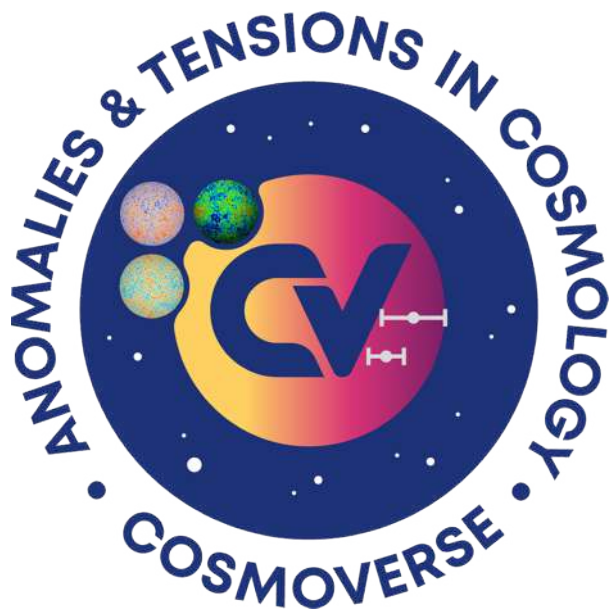
Հավասարաչափ ընդարձակում: Հայեցակարգ՝ ըստ որի տիեզերքը հավասարապես ընդլայնվում է բոլոր ուղղություններով, ինչի արդյունքում միմյանցից ավելի հեռու գտնվող գալակտիկաները իրարից հեռանում են ավելի մեծ արագությամբ:



This article/publication is based upon work from COST Action CA21136 – “Addressing observational tensions in cosmology with systematics and fundamental physics (CosmoVerse)”, supported by COST (European Cooperation in Science and Technology)

COST (European Cooperation in Science and Technology) is a funding agency for research and innovation networks. Our Actions help connect research initiatives across Europe and enable scientists to grow their ideas by sharing them with their peers. This boosts their research, career and innovation.

www.cost.eu



www.cosmoversetensions.eu/