

შესავალი

ასტროფიზიკური დინებებისა და კომპაქტური ობიექტების ფიზიკა: შესწავლის მეთოდები და ობიექტები

კლასიკური ფიზიკა:

- მზის და ვარსკვლავების კონვექცია, ატმოსფეროს და კორონალური დინებები;
- მზის და ვარსკვლავური საკუთარი მოდები და ოსცილაციები;
- აკრეცია: აკრეციული და პროტოპლანეტარული დისკები;
- ჭავლური დინებები (ჯეტები);
- გალაქტიკური დისკები;
- დინებები კოსმოლოგიურ მასშტაბებზე;

ასტროფიზიკური დინებებისა და კომპაქტური ობიექტების ფიზიკა: შესწავლის მეთოდები და ობიექტები

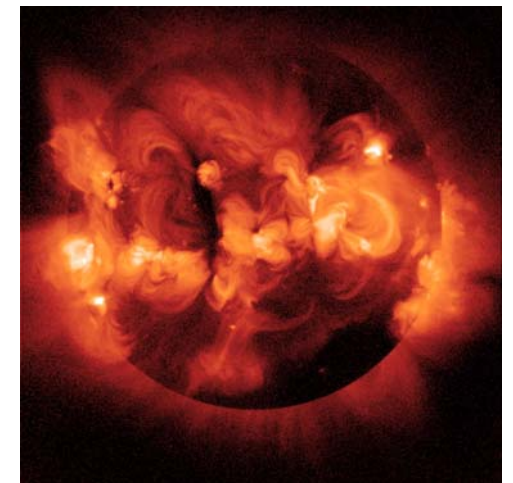
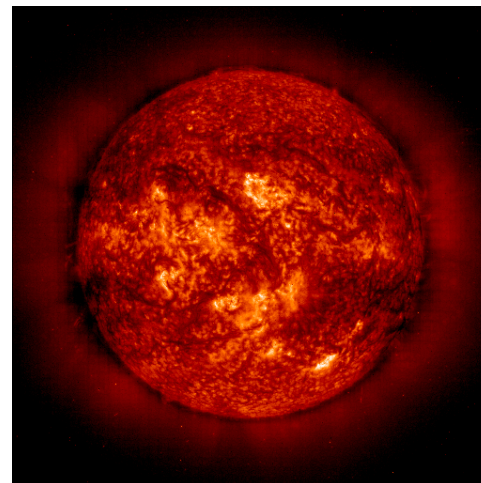
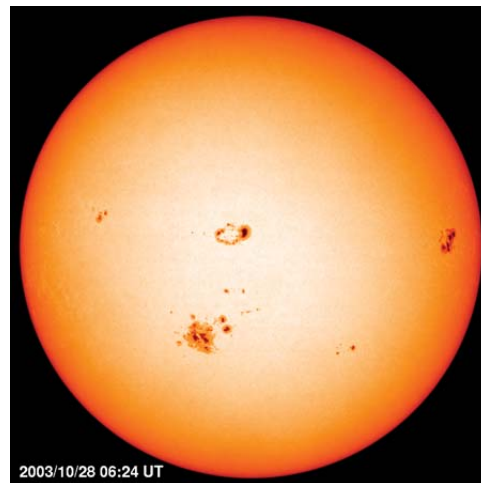
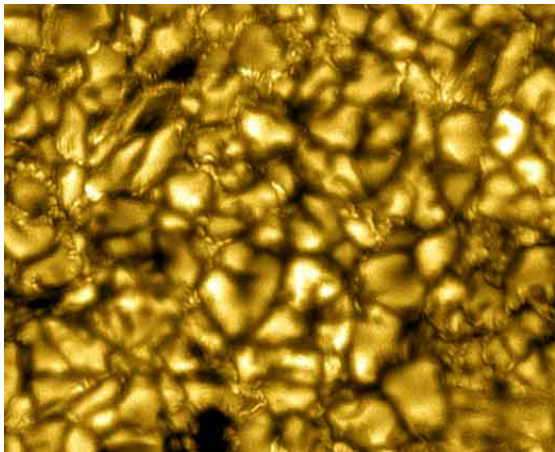
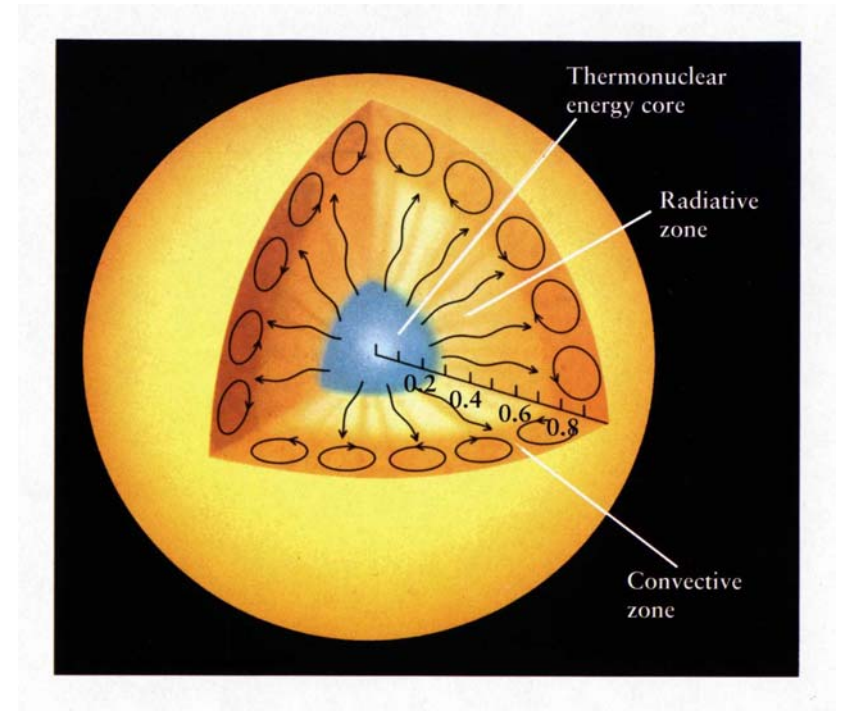
რელატივიზმი და გრავიტაცია:

- მაღალენერგეტიკული პროცესები;
- გრავიტაციული კოლაფსი: კომპაქტური ობიექტების დაბადება;
- კომპაქტური ობიექტების ფიზიკა;
- გრავიტაციული ტალღების გამოსხივება;

მზე (ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავები)

- კონვექციური ზონა;
- ატმოსფერო;

კონვექციური გრანულაცია;
ფოტოსფერო;
ქრომოსფერო;
კორონა;



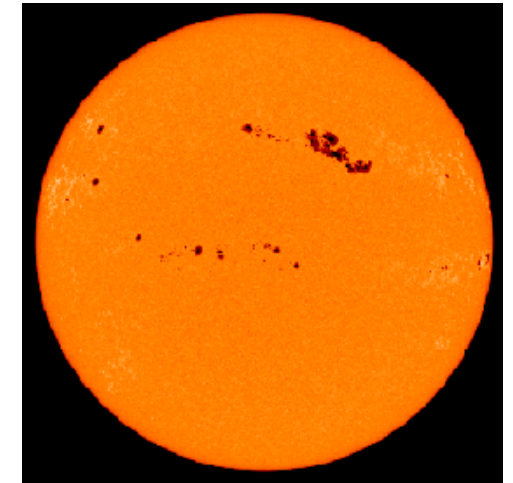
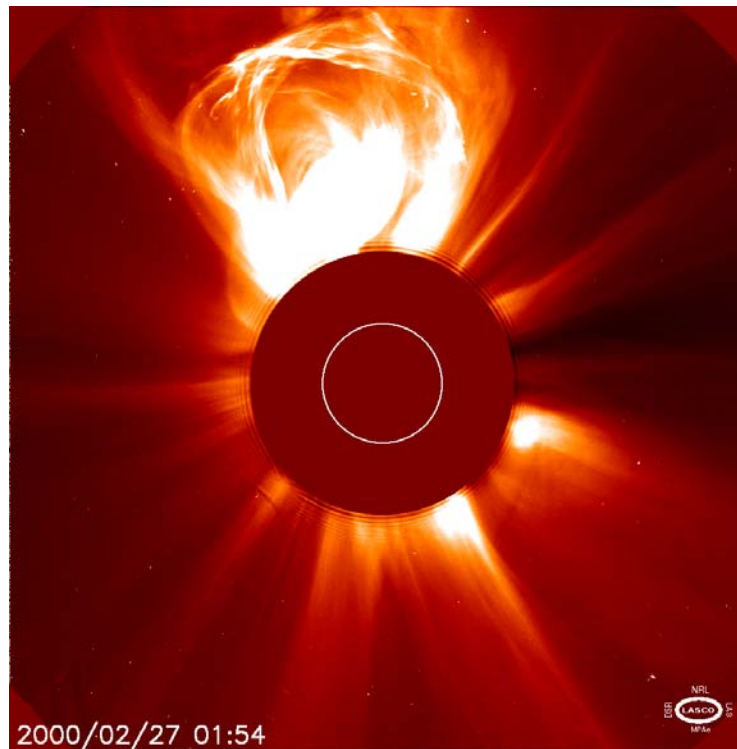
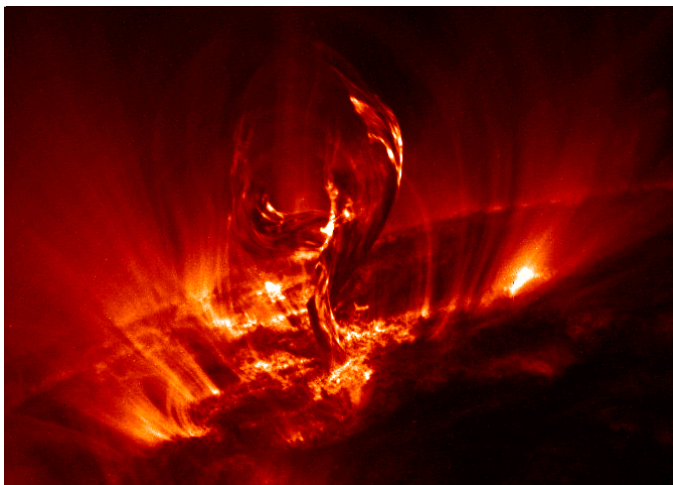
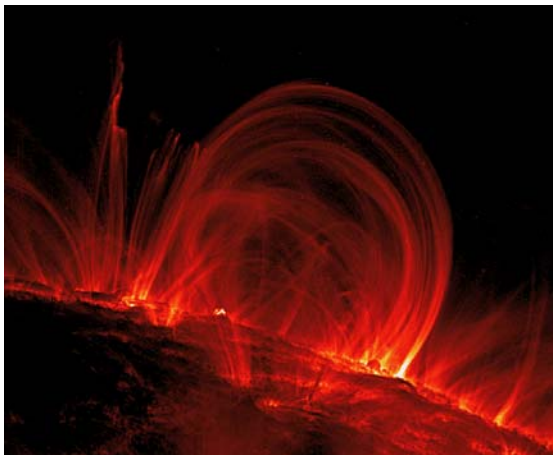
მზე (ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავები)

მზის ლაქები;

მაგნიტური თაღები და მარყუჟები;

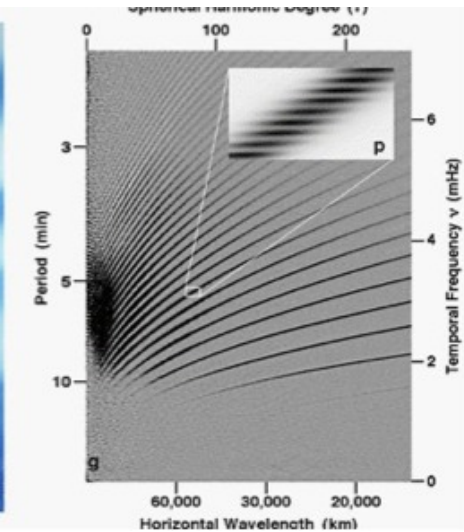
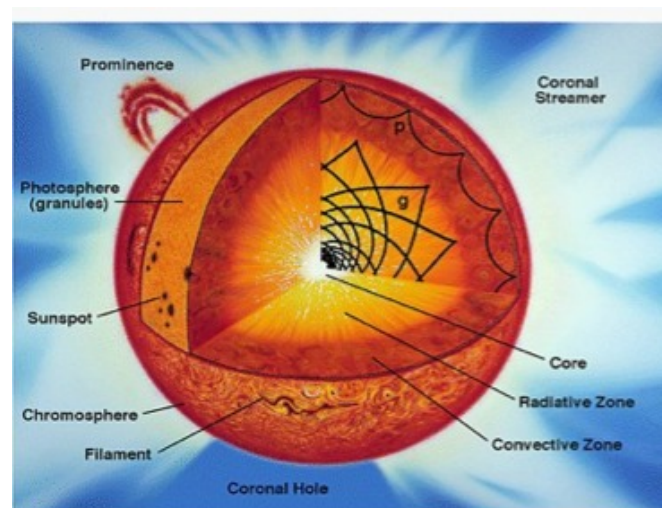
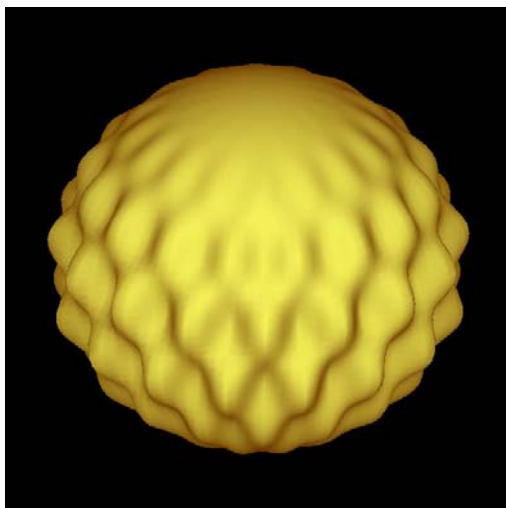
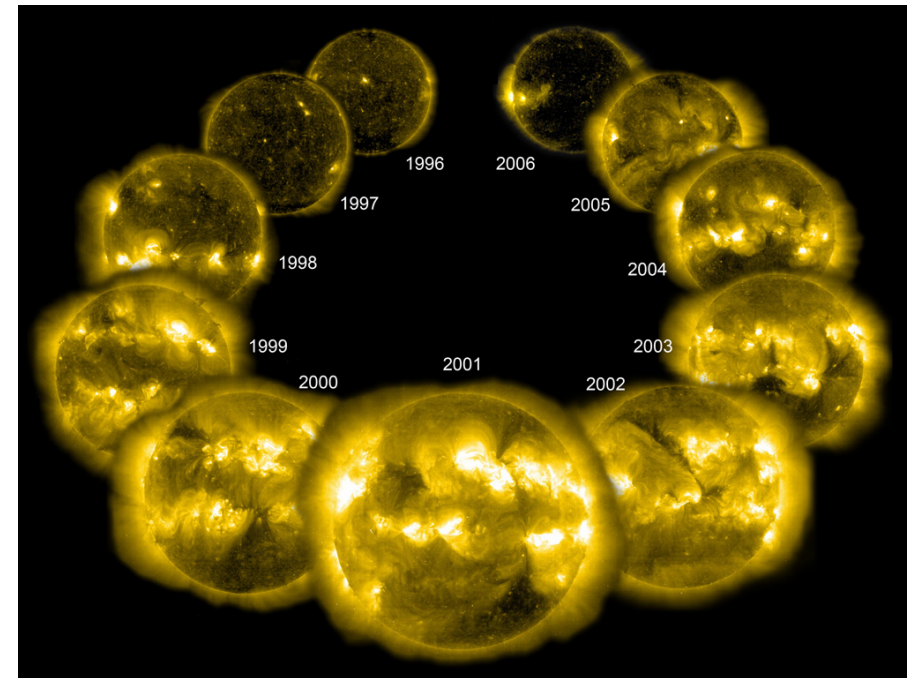
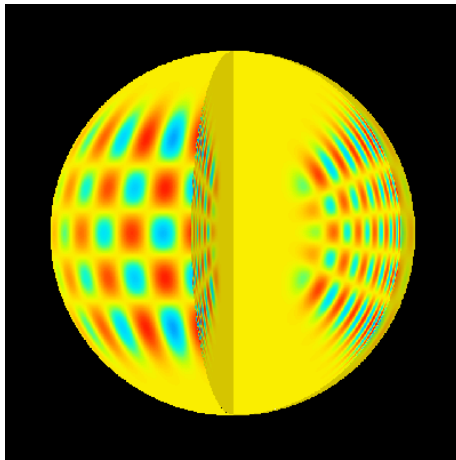
მაგნიტური პრომინანსები და ფილამენტები;

კორონალური მასის ამორტყორცნები (CME);



მზის (ვარსკვლავური) ოსცილაციები

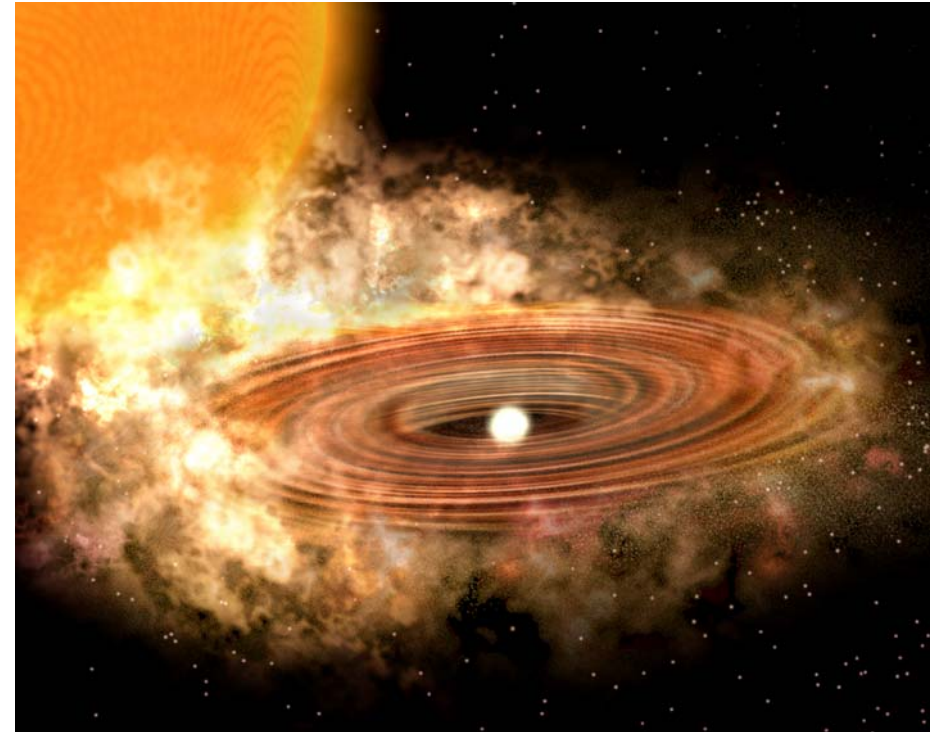
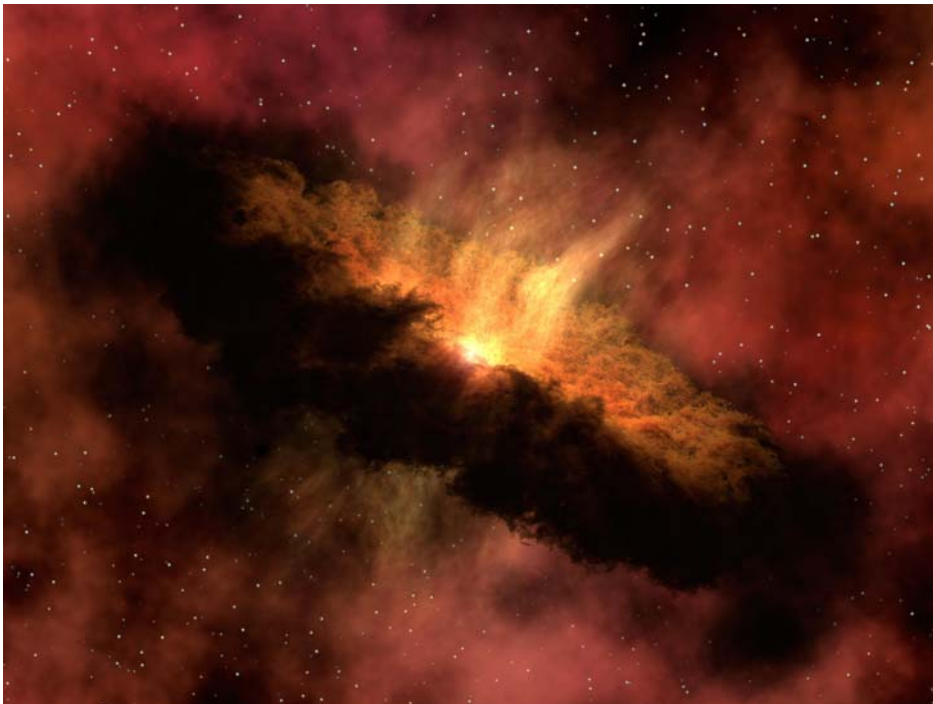
მზის 22 წლიანი ციკლი;
P-მოდები და ჰელიოსეისმოლოგია;



აკრეცია

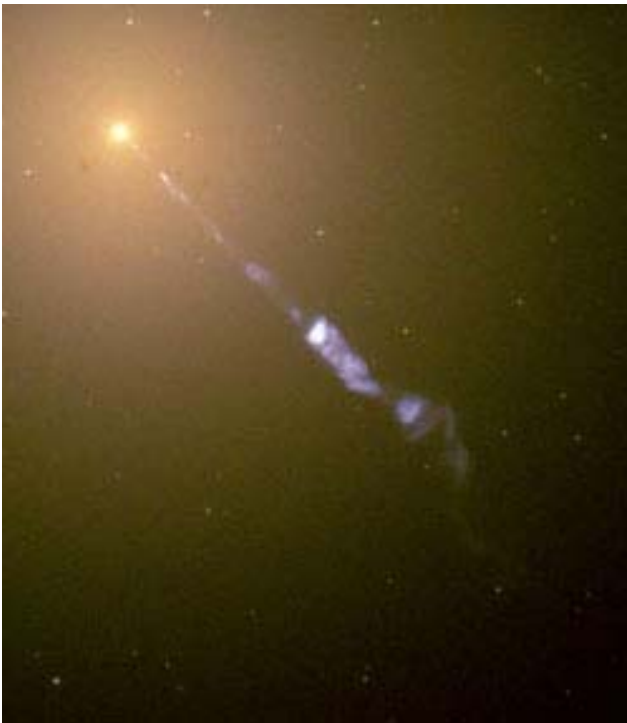
- აკრეცია ორმაგ სისტემებში;
- პროტოპლანეტარული დისკები;

დიფერენციალური ბრუნვა
კუთხური მომენტის გადატანა
გრავიტაციული ენერგიის გამოთავისუფლება

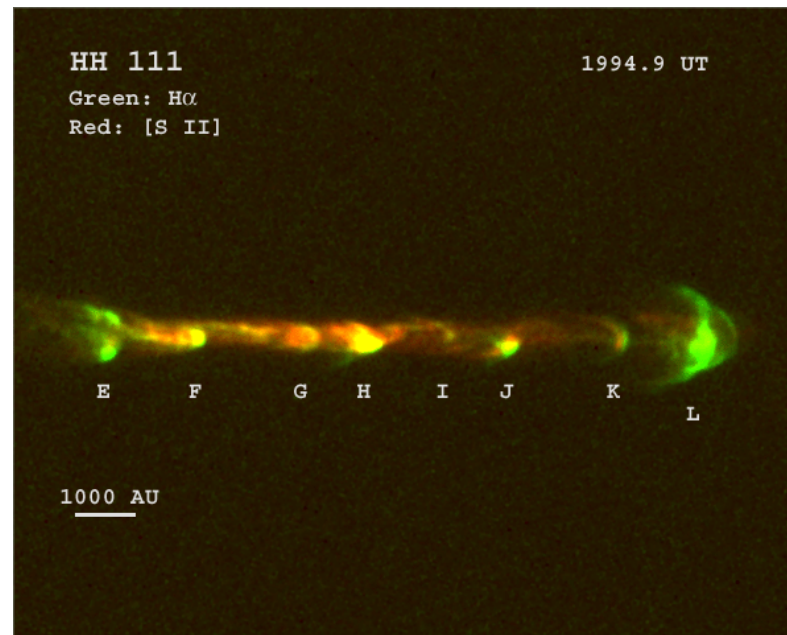


ჭავჭავი დინებები (ჯეტები)

ექსტრაგალაქტიკური ჯეტები
ვარსკვლავური ჯეტები (ჰებრიკ-ჰარო ობიექტები)



კოლიმაცია
„ნასკვები“



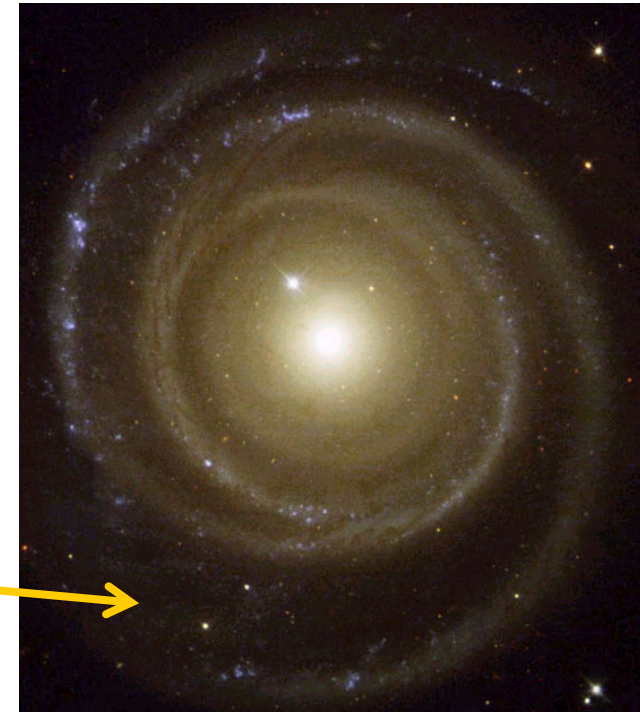
გალაქტიკური დინებები



სპირალური სტრუქტურა

ცენტრალური მართკუთხედი (bar)

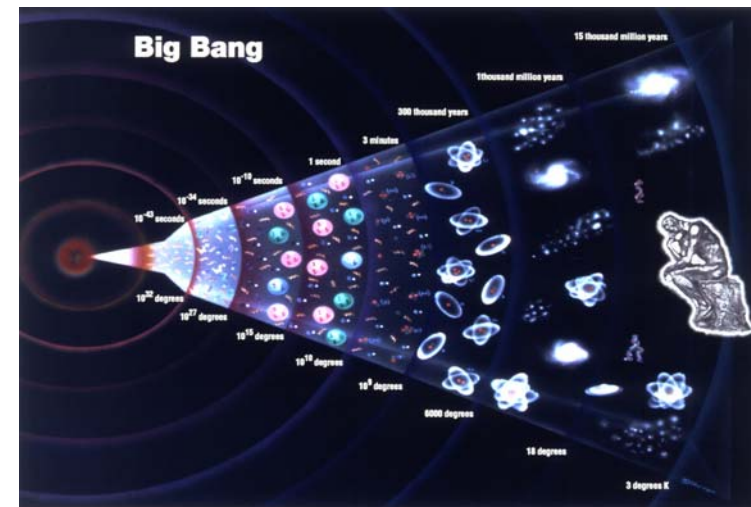
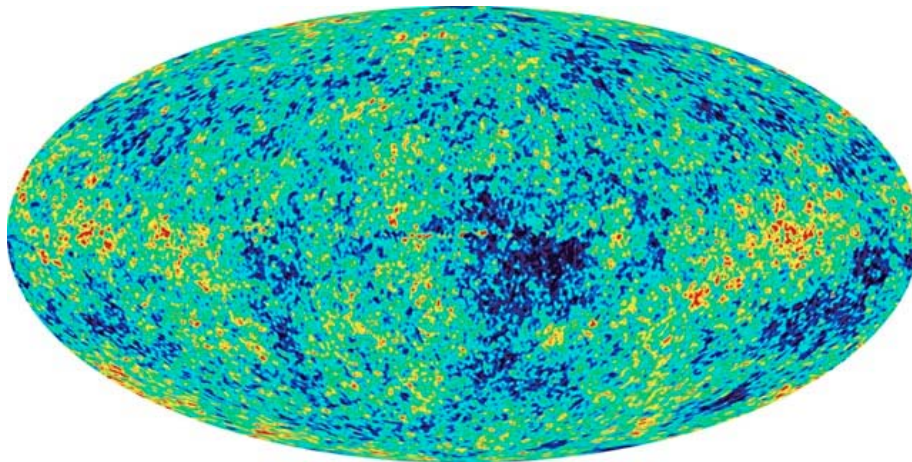
ბრუნვის საწინააღმდეგოდ
დახვეული სპირალები



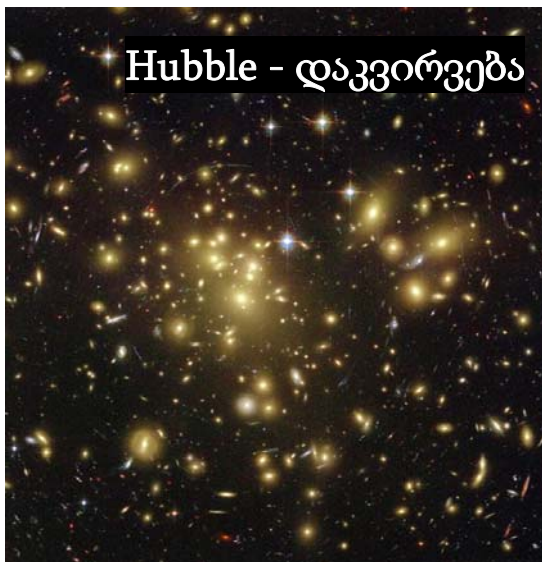
ირმის ნახტომი რეკონსტრუქცია

კოსმოლოგიური მასშტაბები

გალაქტიკების ფორმირება;
სამყაროს სტატისტიკა;
რელექტური ფონის გამოსხივება;

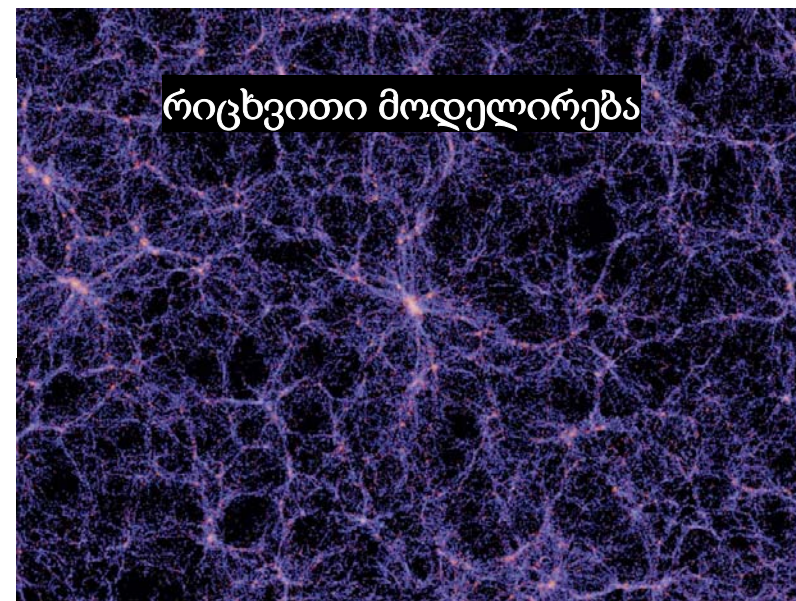


Hubble - დაკვირვება



(Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)
WMAP სატელიტური დაკვირვებები
რელექტური ფონის ანიზოტროპიები

რიცხვითი მოდელირება



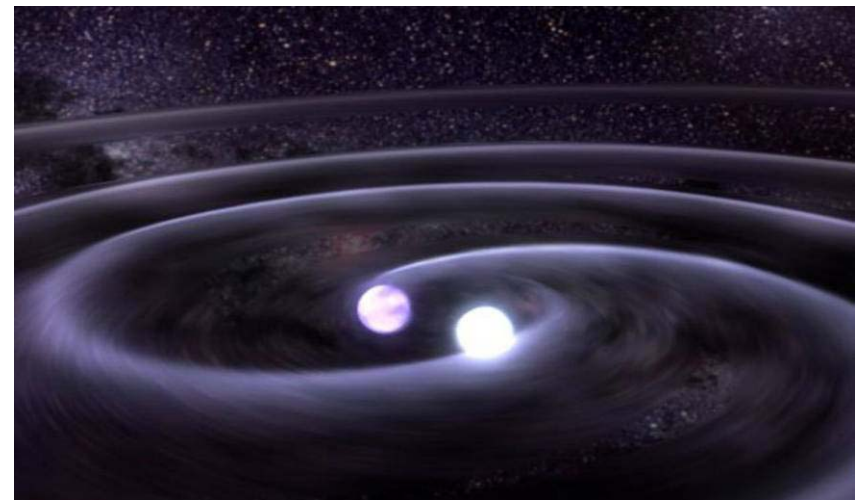
კომპაქტური ობიექტები

კომპაქტური ობიექტების დაბადება;
გრავიტაციული კოლაფსი;

- თეთრი ჯუჯები; (1.44 მზე)
- ნეიტრონული ვარსკვლავები; (2–3 მზე)
- შავი ხვრელები; (>5 მზე)

მაღალენერგეტიკული პროცესები;
რელატივისტური პროცესები, შვარცშილდის და კერის მეტრიკა;

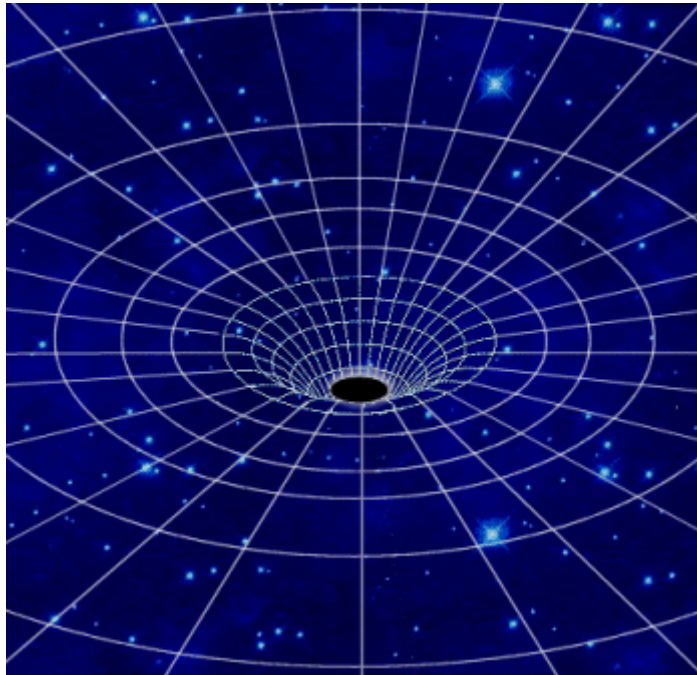
შავი ხვრელების აორთქლება;
გრავიტაციული ტალღების გამოსხივება;



კომპაქტური ობიექტები

შავი ხვრელები

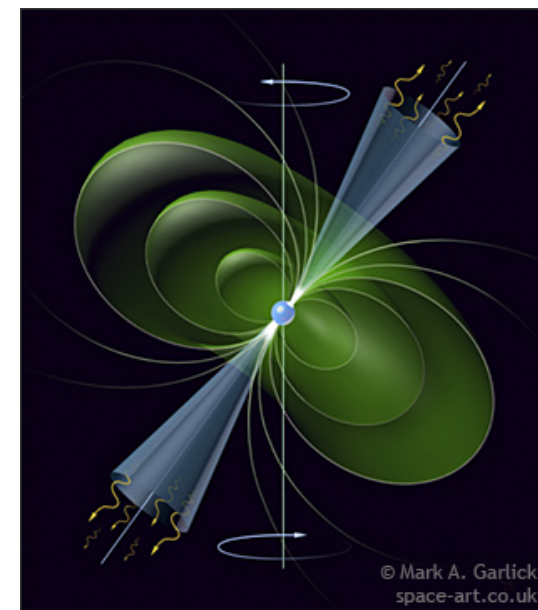
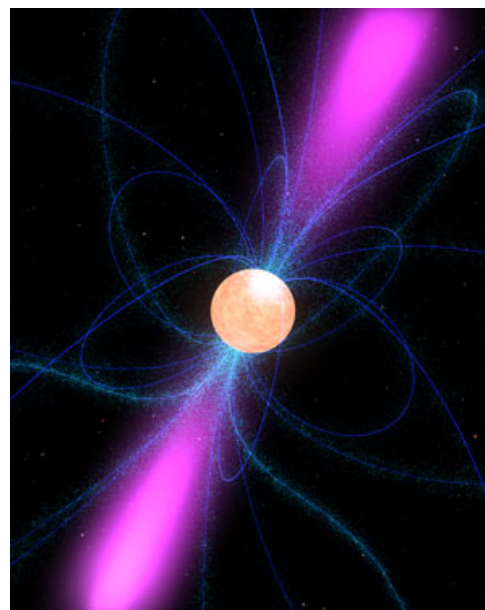
მოვლენათა
(ხდომილების)
ჰორიზონტი



პულსარები

ელექტრონ-პოზიტრონული
პლაზმა

ელ.მაგ. გამოსხივება



ასტროფიზიკური დინებების სპეციფიკა

უწყვეტი გარემო; პირობითად უწყვეტი გარემო;

დინამიურიად აქტიური დინებები $Re \gg 10^{10}$

დიდი რეინოლდსის რიცხვი; ტურბულენტური დინებები;

- თვითგრავიტაცია;
- გამოსხივების წნევა;
- „გაუმჭვირვალობის“ თერმოდინამიკა (Opacity heat);
- დიფერენციალური ბრუნვა;

არამდგრადობების ფიზიკა

დინამიკური არამდგრადობები

ჰიდროდინამიკური არამდგრადობები

- თერმული (ტემპერატურის გრადიენტები, კონვექცია);
- ბრუნვითი (ცენტრიფუგული ძალები);
- გრავიტაციული ჯინსის(კუმშვადობა, თვითგრავიტაცია);
- კელვინ–ჰელმჰოლცის (სიჩქარის წანაცვლება);

მაგნიტური არამდგრადობები

- პარკერი (მაგნიტური ტივტივადობა)
- მაგნიტობრუნვითი (დიფერენციალური ბრუნვა და მაგნიტური ველი)

კოორდინატთა სისტემები

- ლაგრანჟის სისტემა (რადიუს ვექტორი)
- ეილერის სისტემა (ველის კოორდინატები)

ლაგრანჟის და ეილერის წარმოებულები;

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla.$$

„კონვექციური წარმოებული“

უწყვეტი გარემოს ფიზიკა

ძირითადი განტოლებები:

მასის უწყვეტობის განტოლება;

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{u}) = 0,$$

იმპულსის შენახვა; (მოძრაობის განტოლება)

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} + \frac{\partial m_{ij}}{\partial x_j}.$$

$$m_{ij} = B_i B_j - \frac{1}{2} \delta_{ij} B_k B_k.$$

ენერგიის შენახვა; (თერმოდინამიკური მდგომარეობის განტოლება)

$$\rho T \frac{DS}{Dt} = -\operatorname{div} \mathbf{h} + \epsilon.$$

$$\mathbf{h} = -\lambda \nabla T,$$

ამოცანები

1.9 Problems

1.9.1 (a) At time t , neighbouring fluid particles A and B are at position vectors $\mathbf{r}$ and $\mathbf{r} + d\mathbf{l}$, respectively. At time $t + \delta t$, particle A is at $\mathbf{r} + \delta t \mathbf{u}(\mathbf{r})$, where $\mathbf{u}(\mathbf{r})$ is the velocity field of the fluid. Similarly, particle B is at $\mathbf{r} + d\mathbf{l} + \delta t \mathbf{u}(\mathbf{r} + d\mathbf{l})$. Use this to show that the time evolution of the line element $d\mathbf{l}$ which joins A and B is given by

$$\frac{D}{Dt} d\mathbf{l} = (d\mathbf{l} \cdot \nabla) \mathbf{u}. \quad (1.78)$$

Show that in a barotropic fluid the specific vorticity, i.e. $\boldsymbol{\omega}/\rho$, obeys the same equation.

This shows that vortex lines are carried bodily along in an inviscid, barotropic fluid.

(b) The circulation C around a closed curve Γ is defined as follows:

$$C = \oint_{\Gamma} \mathbf{u} \cdot d\mathbf{r}. \quad (1.79)$$

If the curve Γ moves with the fluid (assumed to be inviscid and barotropic), show that C is a constant.

This is known as ‘Kelvin’s circulation theorem’.