



Projekt:
Harmonija je zakon

Harmonija u fizici

CILJ

-uvesti astronomske sadržaje i povezati ih s redovnim i izbornim/dodatnim sadržajima iz nastave fizike koji se rade u srednjoj školi

-istražiti harmoniju u svemiru i fizikalnim zakonima

Teme:

1. Pronaći primjere harmonije u fizici (nebeska mehanika, zvuk itd.)
2. Istražiti o životu J. Keplera
3. Analizirati Keplerove zakone i njihov značaj
4. Analizirati Newtonov zakon gravitacije (nastanak, značaj, primjena)
5. Istražiti planete Sunčevog sustava
6. Pronaći što je Keplerov teleskop
7. Istražiti što su egzoplaneti
8. Opisati tonove u glazbi i harmoniju
9. Pronaći primjere harmonije u raznim područjima fizike

Miroslav Radman:

„Kad bih sad započeo karijeru imao bih jedan jedini projekt, a to je istraživanje sklada.“

Fizika sklada

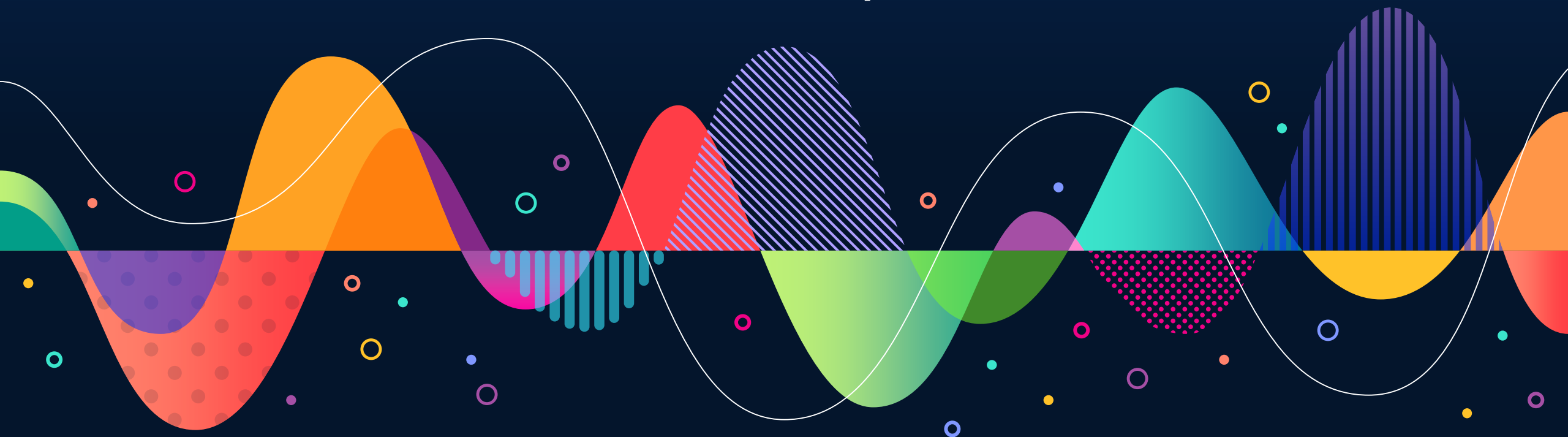
Zakoni fizike i fizikalni pojmovi

Kako funkcionira svemir?

Kada je zvuk harmonija?

TONOVI U GLAZBI I HARMONIJA

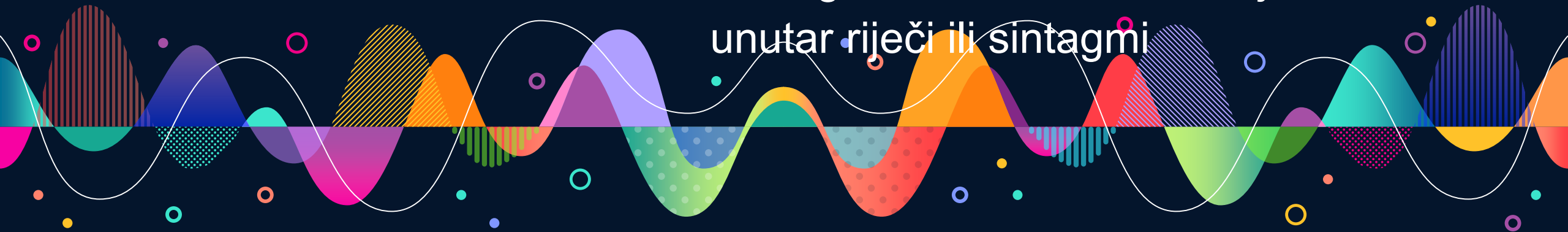
Katarina Klepo



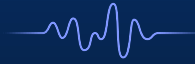
ŠTO JE HARMONIJA?



- usklađenost, suglasje, slaganje, sukladnost, sloga, složnost, jednodušnost; sklad dijelova u cjelini; jedinstvo u mnogostrukosti
- sinonim za glazbu i za melodiju, naziv za tonski sustav, oznaka za višeglasje
- u lingvistici : niz fonoloških jedinica unutar riječi ili sintagmi



HARMONIJA U POVIJESTI



- naziv **harmonija** prvi koristio **Pitagora**

- prvo temeljito istraživanje harmonije- **Jean-Philippe Rameau; 1722.** (knjiga ***Traktat o harmoniji***)

- Harmonija- riječ **grčkog porijekla** (**sporazum**, način spajanja ili uravnoteživanja različitosti ili suprotnosti (od harmos = zglob, rame)

- kozmička harmonija sfera, tj. harmonija cijelog kozmosa



TONOVI



ŠTO JE TON?

- Ton je zvučni val
- Razlika u tonovima:
 1. visina
 2. jačina
 3. boja
 4. trajanje (subjektivni parametar)

- **Tonove zapisujemo notama**

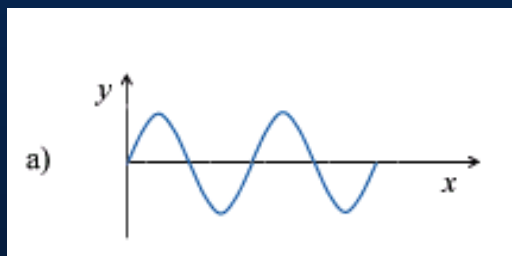
- Niz svih tonova redom, od najdubljeg do najvišeg - **tonski sustav**

- Grupe tonskoga sustava - **oktava tonskog sustava**



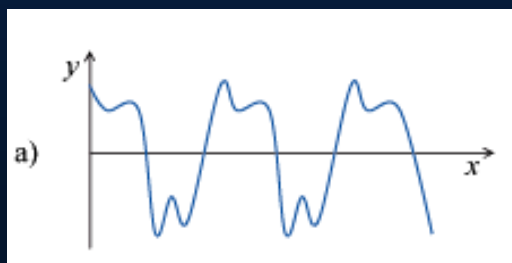
-čisti ton (jedna frekvencija)

Čisti ton



- složeni ton (osnovni ton i viši harmonici)

Složeni ton

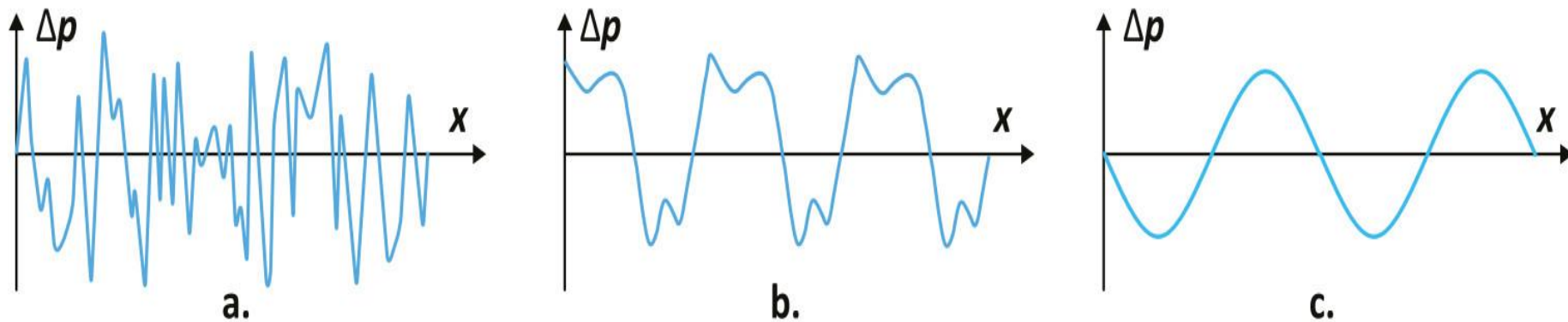


Osnovna frekvencija

Viši harmonici: višekratnici osnovne frekvencije



Šum, složeni ton i čisti ton



Slika 6.14. Promjene tlaka sredstva kojim prolazi šum (a.), složeni ton (b.) i čisti ton (c.).

Objektivni parametri zvuka (veličine za opis zvuka)



- ▶ Intenzitet zvuka I
(energija zvučnog vala koji prolazi površinom u jedinici vremena)
- ▶ Jedinica W m^{-2}

$$I = \frac{E}{At}$$

- ▶ Razina intenziteta zvuka L

I_0 - najmanji intenzitet zvuka

Jedinica za razinu intenziteta zvuka L je decibel [dB]

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

1. VISINA

- ovisna je o : broju titraja u sekundi

- mjeri se frekvencijom – objektivni parametar

- Jedinica: Herz (Hz);

- ton a1 ima 435 Hz.

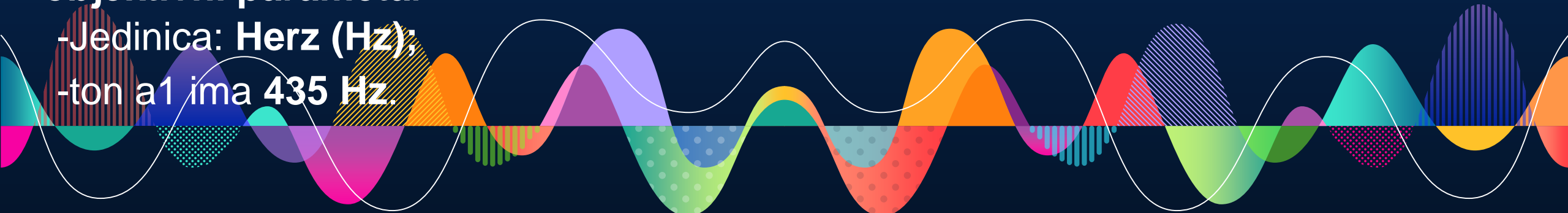
2. JAČINA

- ako je amplituda veća, energija vala je veća i ton je jači

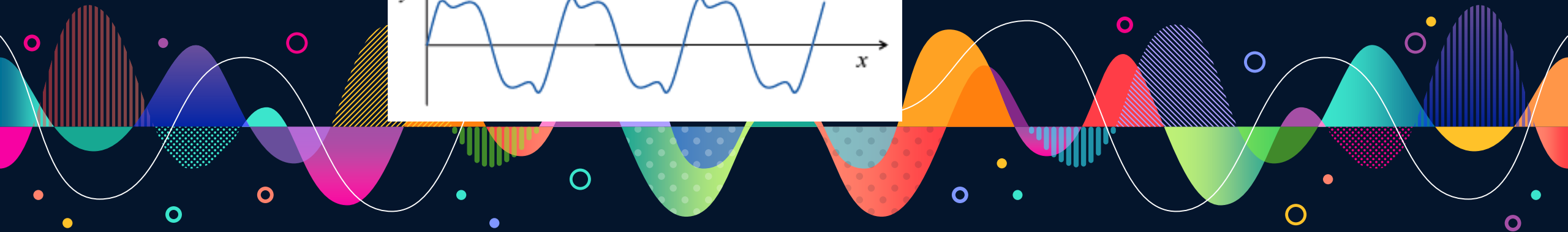
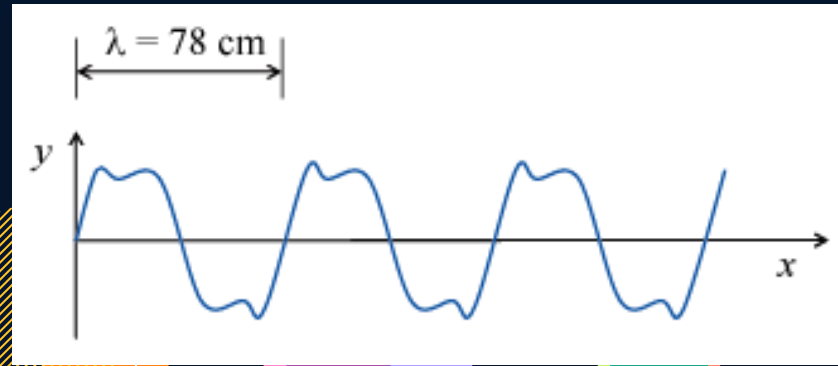
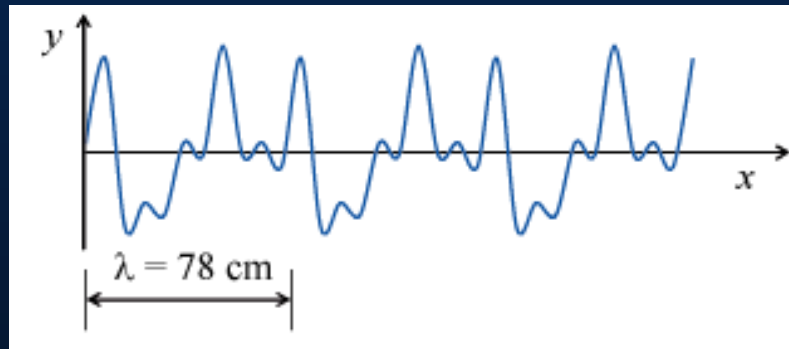
- veća energija vala znači da je veći intenzitet vala

3. BOJA

- Utjecaj viših harmonika uz osnovni ton



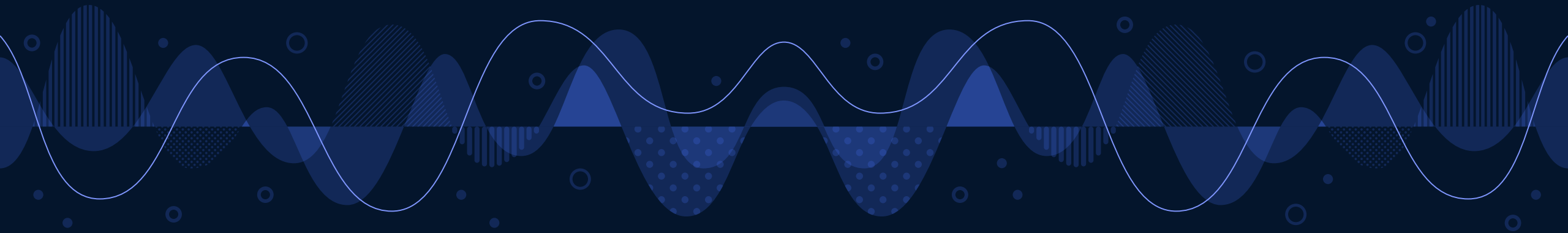
Isti ton kod violine i klavira razlikuje se bojom (utjecaj viših harmonika uz osnovni ton)





- Bavi se proučavanjem **akorda**, tj. tri ili **više tonova koji zvuče istodobno**, njihove međuodnose, kao i njihovo praktično korištenje
- Glazba je sklad (Ton je sklad, šum je nesklad)

ČIME SE HARMONIJA BAVI?



Fizika sklada

Zakoni fizike (Kako funkcionira svemir?)

Johannes Kepler

Biografija i zakoni

Maria Dubravac 3.c

- rođen 27. prosinca 1571. kraj Stuttgarta
- njemački astronom i matematičar
- njegov su rad zapazili Galileo Galilei i Tycho Brache, koji ga je pozvao za pomoćnika u Prag



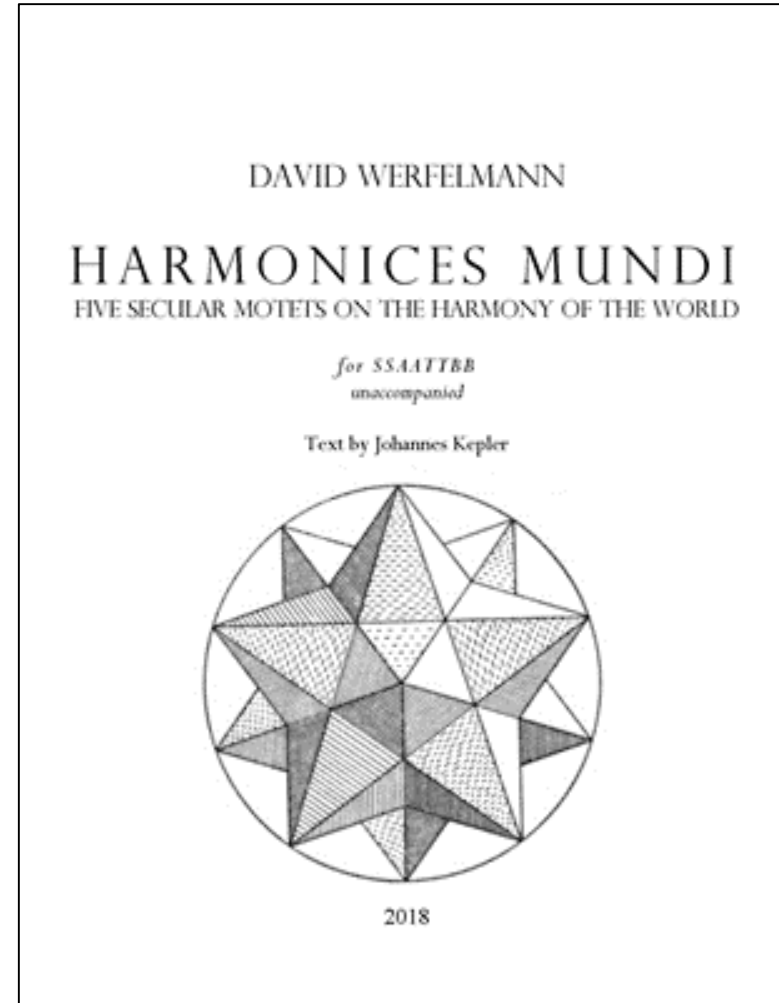
Johannes Kepler

Pitanja:

- Koji je oblik putanje Marsa?
- Kako brzina Marsa ovisi i njegovom položaju?

Rezultat: „Nova astronomija“ (1. i 2. Keplerov zakon),
„Harmonija svijeta“ (3. Keplerov zakon)

Godine 1619. objavio je djelo
„Harmonija svijeta”
(*Harmonices mundi*)
u kojem se izlaže njegov
treći zakon



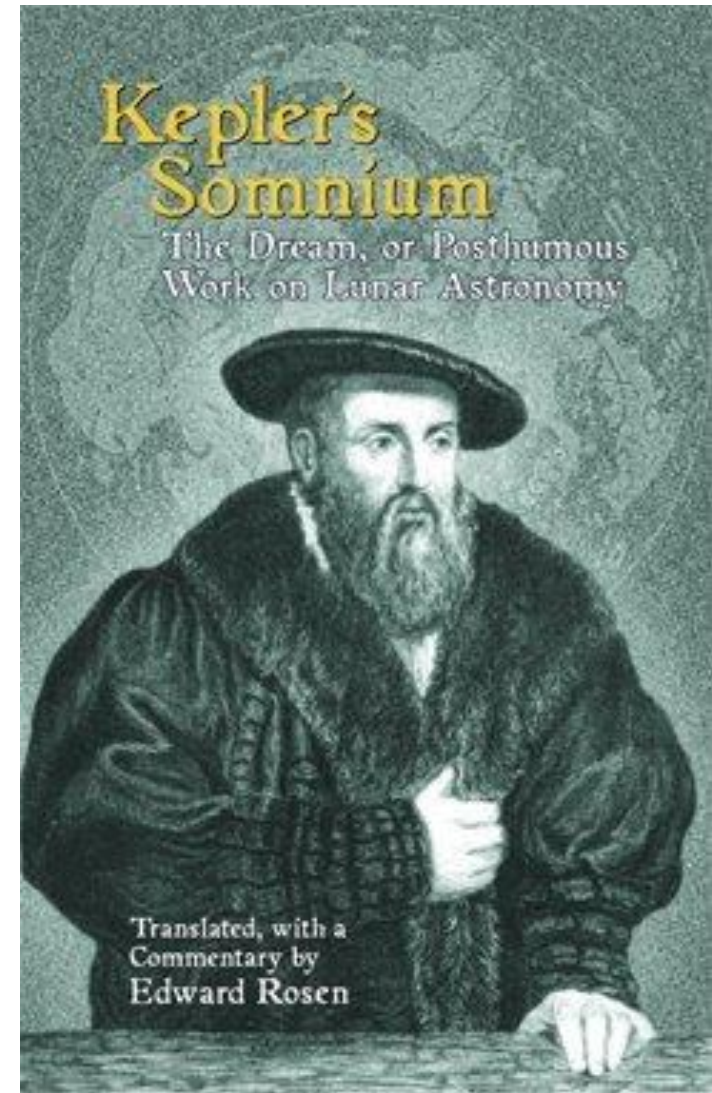
- Kepler je pridonio optici konstrukcijom astronomskoga teleskopa
- Po njem su nazvani planetoid (1134 Kepler), krater na Mjesecu (Kepler), krater na Marsu (Kepler) i supernova (Keplerova supernova)



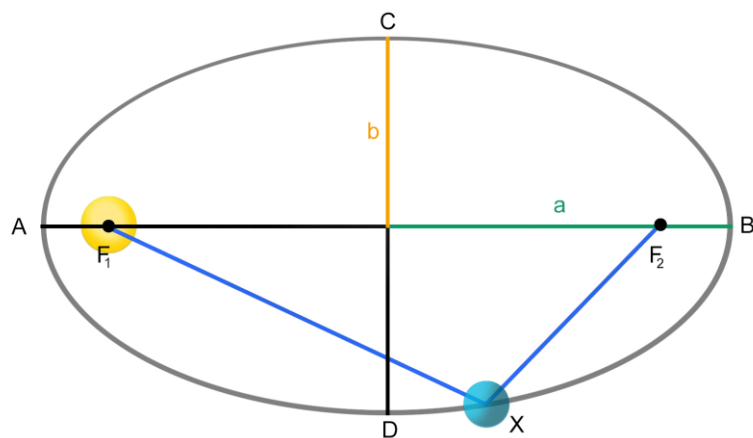
KEPLERS PLANETENGESETZE
1. DIE PLANETEN BEWEGEN SICH AUF ELLIPSEN
IN DEREN EINEM (GEMEINSAMEN) BRENNPUNKT
DIE SONNE STEHT.
2. DIE VERBINDUNGSLINIE SONNE — PLANET
ÜBERSTREICHT IN GLEICHEN ZEITEN GLEICHE FLÄCHEN
3. DIE QUADRATE DER UMLAUFZEITEN ZWEIER
PLANETEN VERHALTEN SICH WIE DIE KUBEN
IHRER GROSSEN BAHNHALBACHSEN.
ROTARY CLUB — GRAZ — SCHLOSSBERG
ENTWURF
STADTPLANUNGSAMT
DIPL. ING. KURANEK



- Kepler je također u svom djelu "Somnium" 200 godina prije svih započeo žanr znanstveno-fantastičnih romana

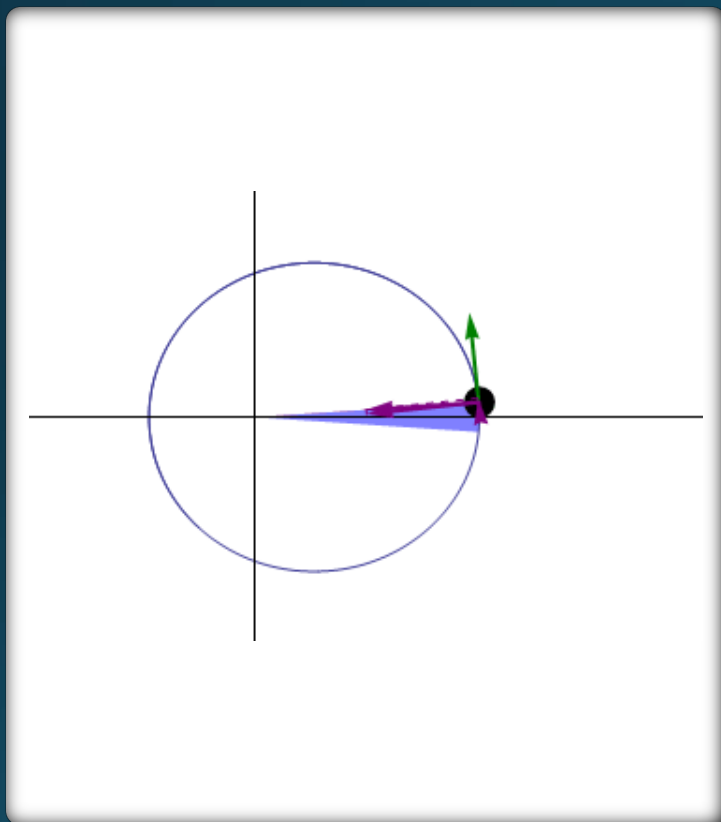


1. Keplerov zakon



- ustanovio je da se planeti gibaju po elipsama oko Sunca, a ne po kružnicama

2. Keplerov zakon

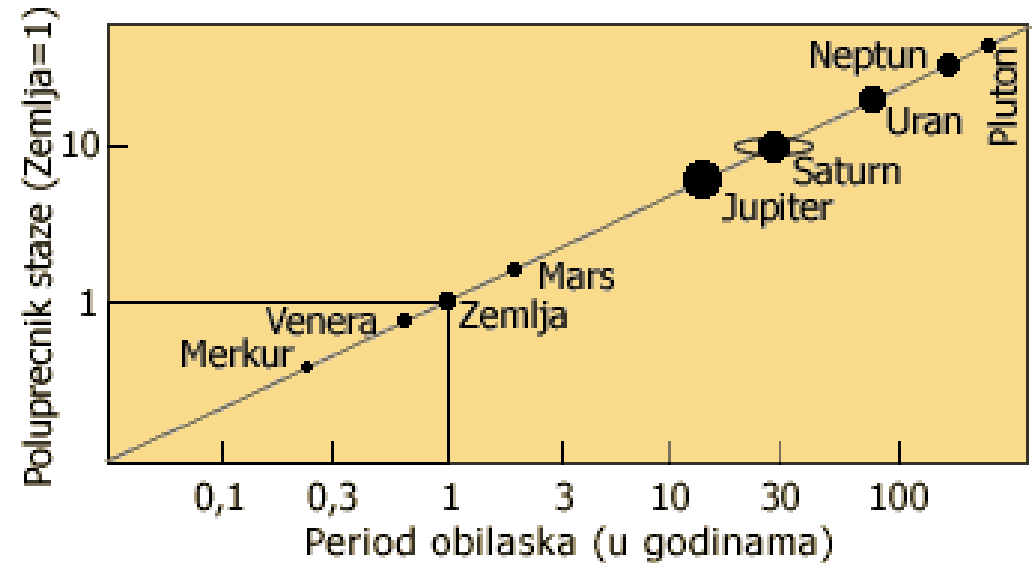


- pri gibanju planeta oko Sunca radijvektor (vektor koji spaja središte Sunce i trenutni položaj planeta) u jednakim vremenskim intervalima prelazi jednake površine
- slijedi da se planet po elipsi giba nejednoliko, brže kada je bliži Suncu, tj. u blizini perihela, a sporije kada je dalje od njega, tj. u blizini afela

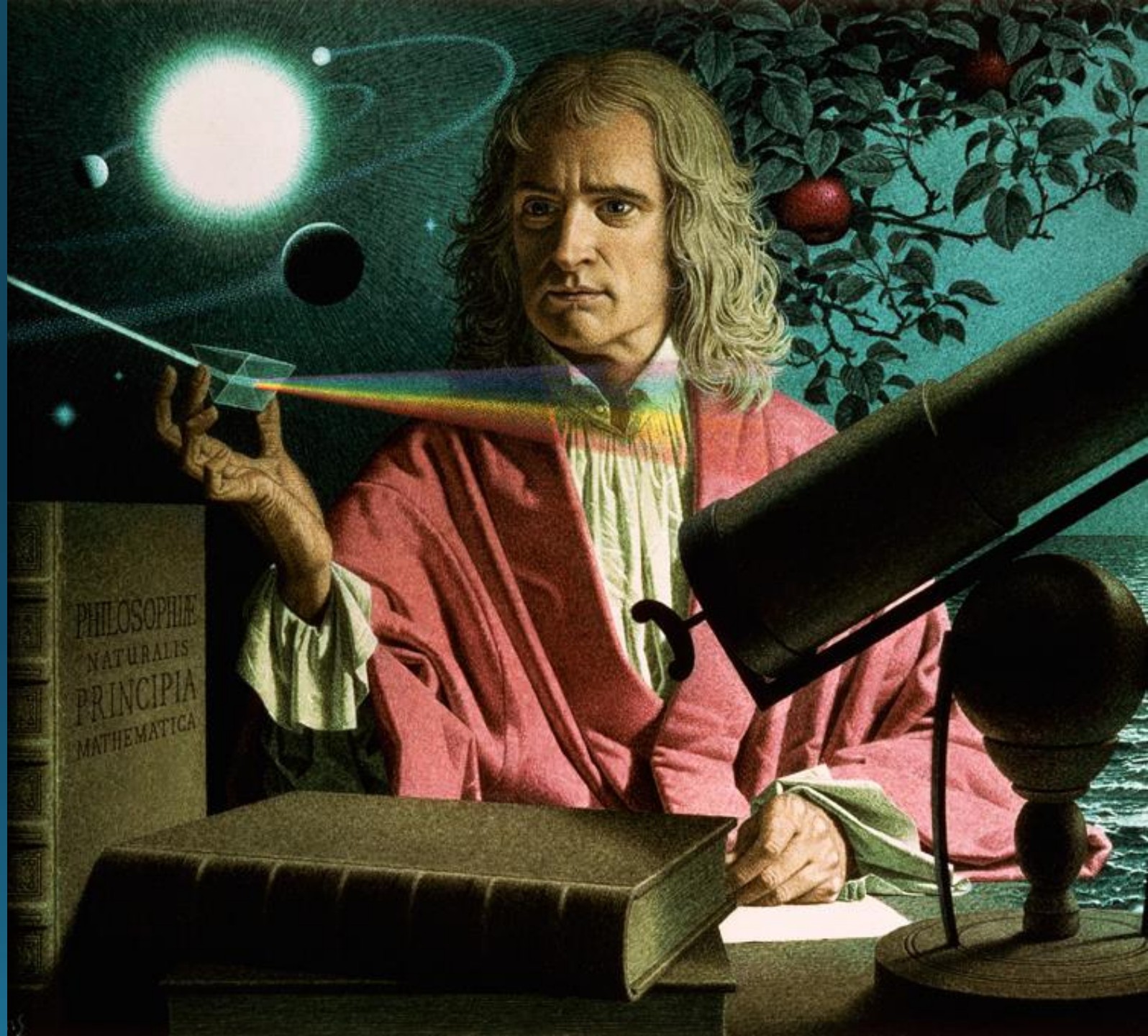
3. Keplerov zakon

- kvadrati ophodnih vremena planeta proporcionalni su kubovima njihovih srednjih udaljenosti od Sunca

$$\frac{a^3}{T^2} = k$$



- pokazalo se da svi Keplerovi zakoni vrijede i za sustave satelita svakog planeta, odnosno općenito za sve sustave u Svemiru
- Newton je, na temelju dinamike i triju Keplerovih zakona, ustanovio zakon opće gravitacije



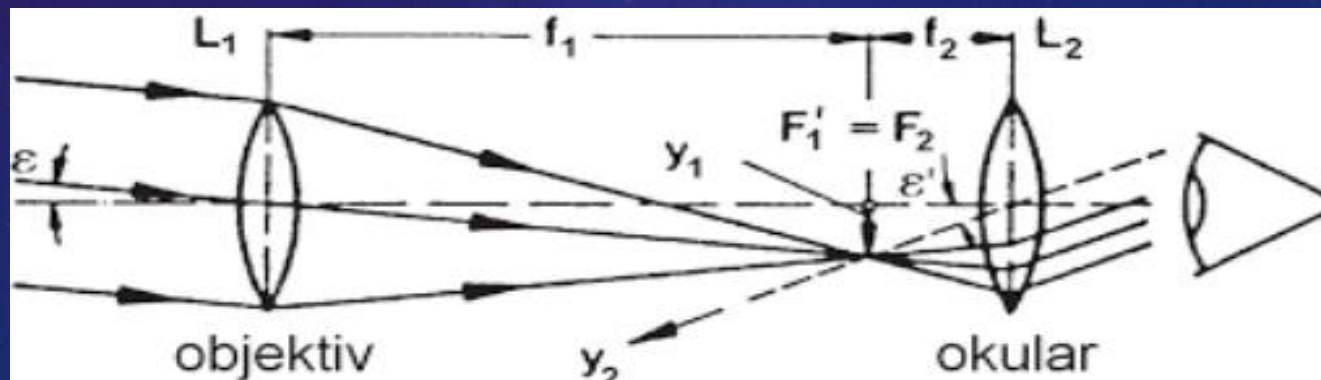
KEPLEROV TELESKOP

- **Keplerov teleskop** je teleskop s dvjema ispupčenim (konveksnim) lećama, daje široko vidno polje i obrnutu sliku predmeta.
- Izumio ga je Johannes Kepler 1611. godine.



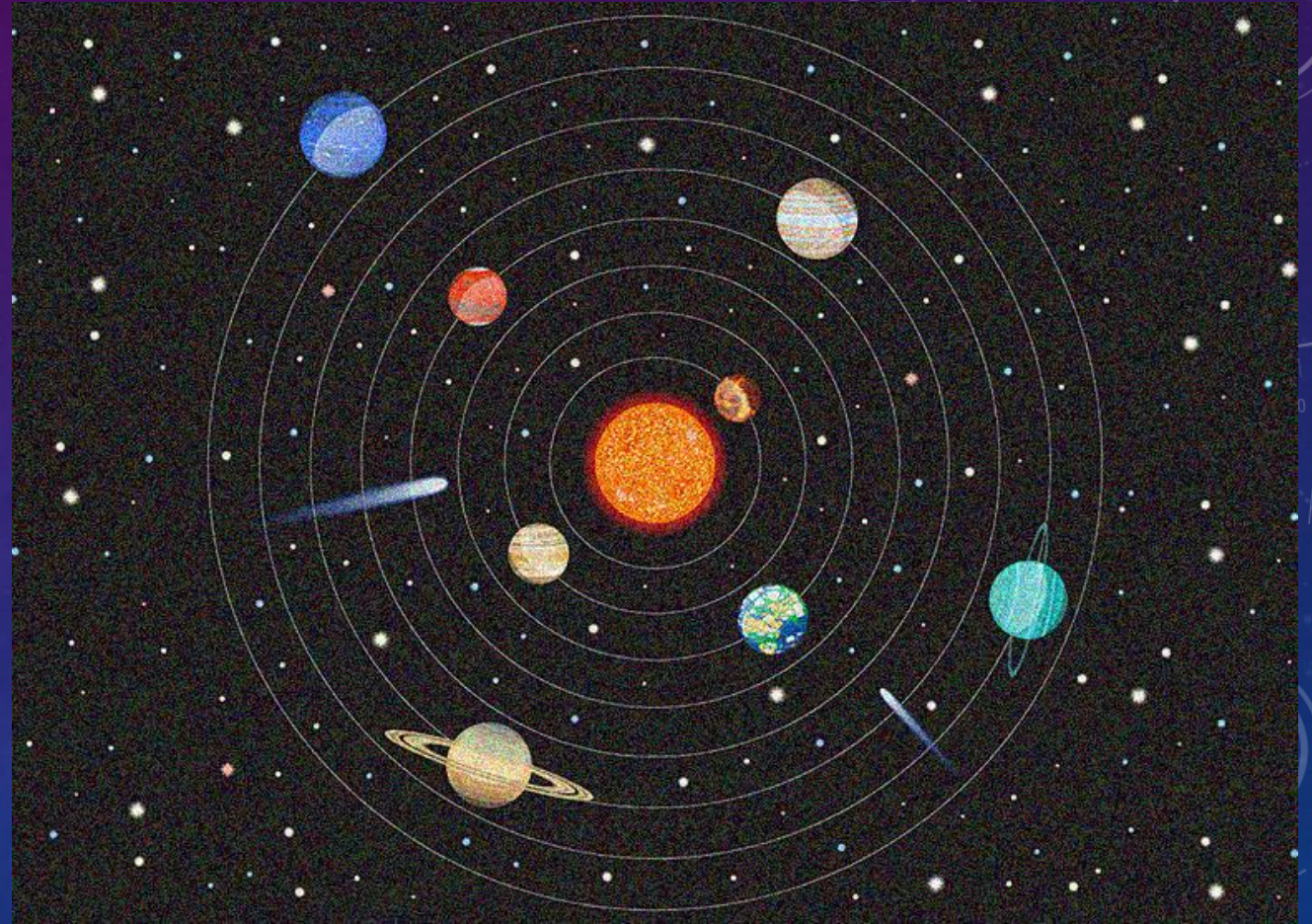
OBJEKTIV I OKULAR

- Glavna leća (objektiv) i okular konvergentne su leće
- Slika koju stvara objektiv je predmet za okular
- Konačna je slika virtualna i obrnuta u odnosu na predmet.



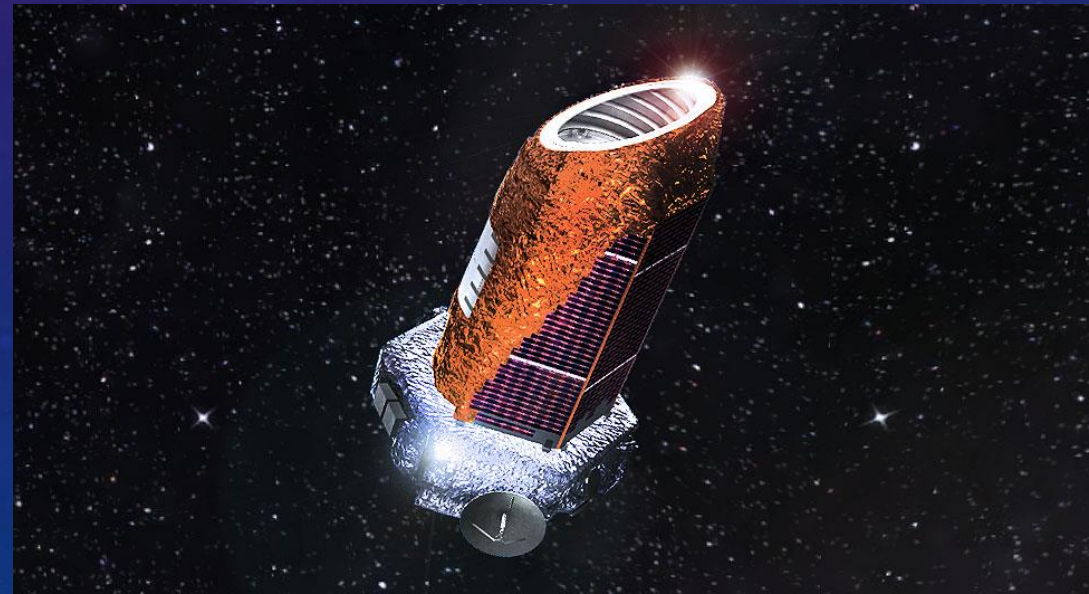
HARMONIJSKO GIBANJE

- Keplerov teleskop pridonio je njegovom najpoznatijem otkriću - zakoni o gibanjima planeta oko Sunca → gibanje planeta oko Sunca je HARMONIJSKO (periodično) GIBANJE



TELESKOP „KEPLER”

- Izum Keplerova teleskopa omogućio je ljudima temelj za stvaranje naprednijih optičkih instrumenata u budućnosti
- 2009. NASA je osmislila novi teleskop nazvan „Kepler”
- Pomoću njega tražimo planete pogodne za život, poput naše Zemlje, izvan Sunčeva sustava



DIJELOVI TELESKOPA KEPLER

- 1) KUĆIŠTE (HOUSING)
- 2) PRIMARNO OGLEDALO (PRIMARY MIRROR)
- 3) KOREKTORSKA LEĆA (CORRECTOR LENS)
- 4) DETEKTOR (IMAGE SENSOR ARRAY DETECTOR)



OTKRIĆA

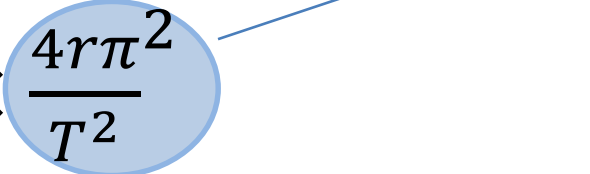
- Uz pomoć svemirskog teleskopa „Kepler” otkriveno je gotovo 2600 egzoplaneta (planeti izvan Sunčeva sustava)

Newtonov zakon gravitacije

Mara Zadro, 3.c

- Sklad: bilo koja dva tijela uzajamno se privlače, od čestica do planeta i svih tijela u svemiru
- Nastanak: planeti se gibaju po elipsama (prethodi iz 1. Keplerovog zakona) što nije prirodno gibanje => na njih djeluje neka sila, koja ima ulogu centripetalne sile
- Pretpostavka: sila potječe od Sunca-> ovisi o udaljenosti, masi

Izvod zakona sile između planeta i Sunca

- $F_{cp} = \frac{m \times v^2}{r}$
- $F_{cp} = \frac{m \times \left(\frac{2r\pi}{T}\right)^2}{r}$
- $F_{cp} = m \times \frac{4r\pi^2}{T^2}$ 
- $T^2 = Kr^3$ (3. Keplerov zakon)

$$F_{cp} = \frac{m4\pi^2}{Kr^2} \quad \Rightarrow \quad F_{cp} \sim \frac{1}{r^2}$$

- $F = m \times a$ 2. Newtonov zakon

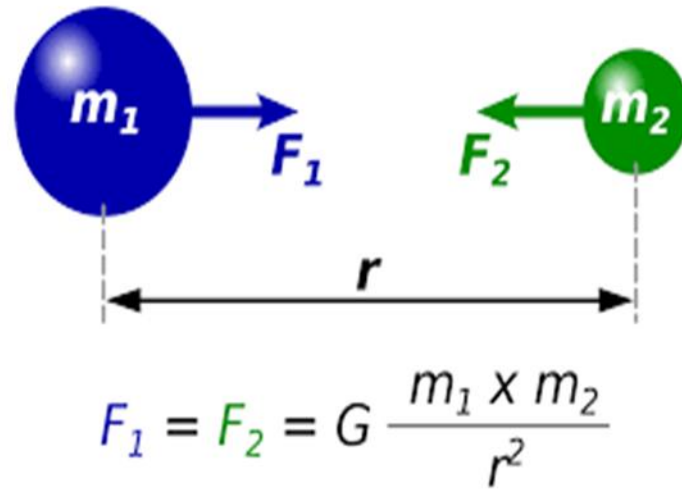
- $F_G = m_p \times \frac{4\pi^2}{K} \times \left(\frac{1}{R^2}\right)$

F_G sila kojom Sunce djeluje na planet

- Sila ovisi i o m_s -> 3. Newtonov zakon

- $F_G \sim m_p \quad F_G \sim m_s \quad \longrightarrow \quad F_G \sim \frac{m_p m_s}{R^2}$

- $F_G = \frac{m_p m_s}{R^2} \times G$ G je gravitacijska konst.



- zakon sile vrijedi i za gibanje Mjeseca oko Zemlje, padanje jabuke sa stabla, vrijedi za silu između bilo koje dvije mase

Značaj

- pojava općeg privlačenja među svim tijelima u svemiru
- kruženje planeta oko Sunca
- kruženje Mjeseca oko Zemlje
- plima i oseka (zbog privlačenja Mjeseca i morske vode)

Primjena

- izračunavanje mase Zemlje
- predviđanje perioda kruženja i orbita umjetnih satelita
- predviđanje solarnih i lunarnih eklipsi
- u aeronautici, let u svemir
- važno za boravak čovjeka u svemiru (bestežinsko stanje-
ponišćavanje gravitacijske i inercijske sile)

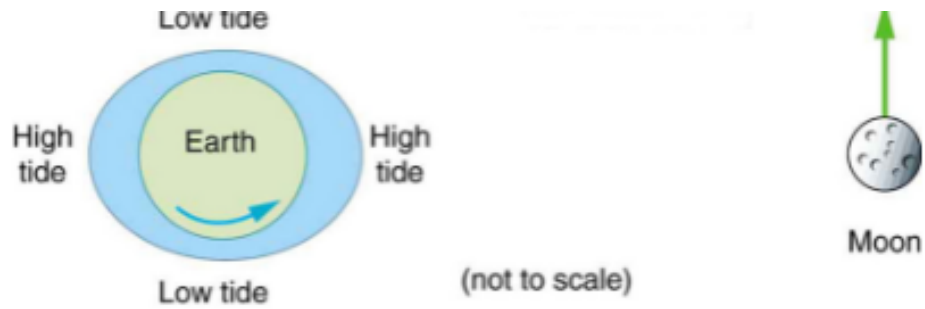


Figure 5. The Moon causes ocean tides by attracting the water on the near side more than Earth, and by attracting Earth more than the water on the far side. The distances and sizes are not to scale. For this simplified representation of the Earth-Moon system, there are two high and two low tides per day at any location, because Earth rotates under the tidal bulge.

<https://pressbooks.uiowa.edu/clonedbook/chapter/newtons-universal-law-of-gravitation/>

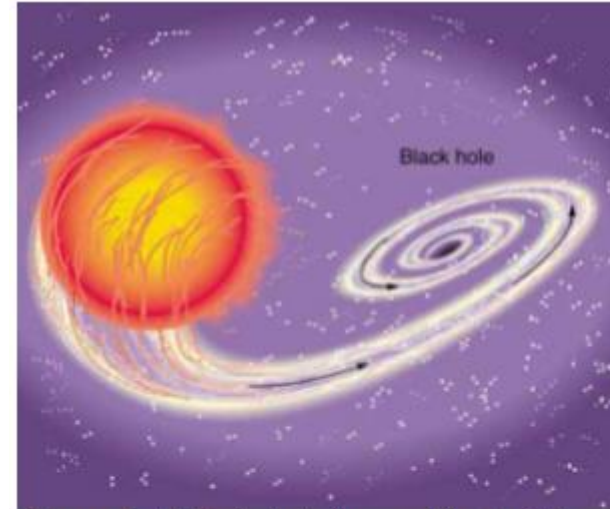


Figure 7. A black hole is an object with such strong gravity that not even light can escape it. This black hole was created by the supernova of one star in a two-star system. The tidal forces created by the black hole are so great that it tears matter from the companion star. This matter is compressed and heated as it is sucked into the black hole, creating light and X-rays observable from Earth.

ISS (Međunarodna svemirska postaja)

Izvor: NASA



Sunčev sustav

Petra Kušter, 3.b



Koja je povezanost Sunčevog sustava i harmonije?

- Newton je pokazao zakonom univerzalne gravitacije da su nebeske pojave uzrokovane istim fizikalnim zakonima koji vrijede i na Zemlji i svugdje u svemiru

Računanje mase Sunca pomoću zakona univerzalne gravitacije

-udaljenost Zemlje od Sunca iznosi $1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$, a srednja brzina gibanja Zemlje 30 km s^{-1}

$$\mathbf{F_G = F_{cp}}$$

$$G \frac{m_S m_Z}{r^2} = \frac{m_Z v^2}{r}$$

$$m_S = \frac{v^2 r}{G} = \frac{(30 \cdot 10^3 \text{ m s}^{-1})^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}}$$

$$\mathbf{m_S = 2,02 \cdot 10^{30} \text{ kg}}$$

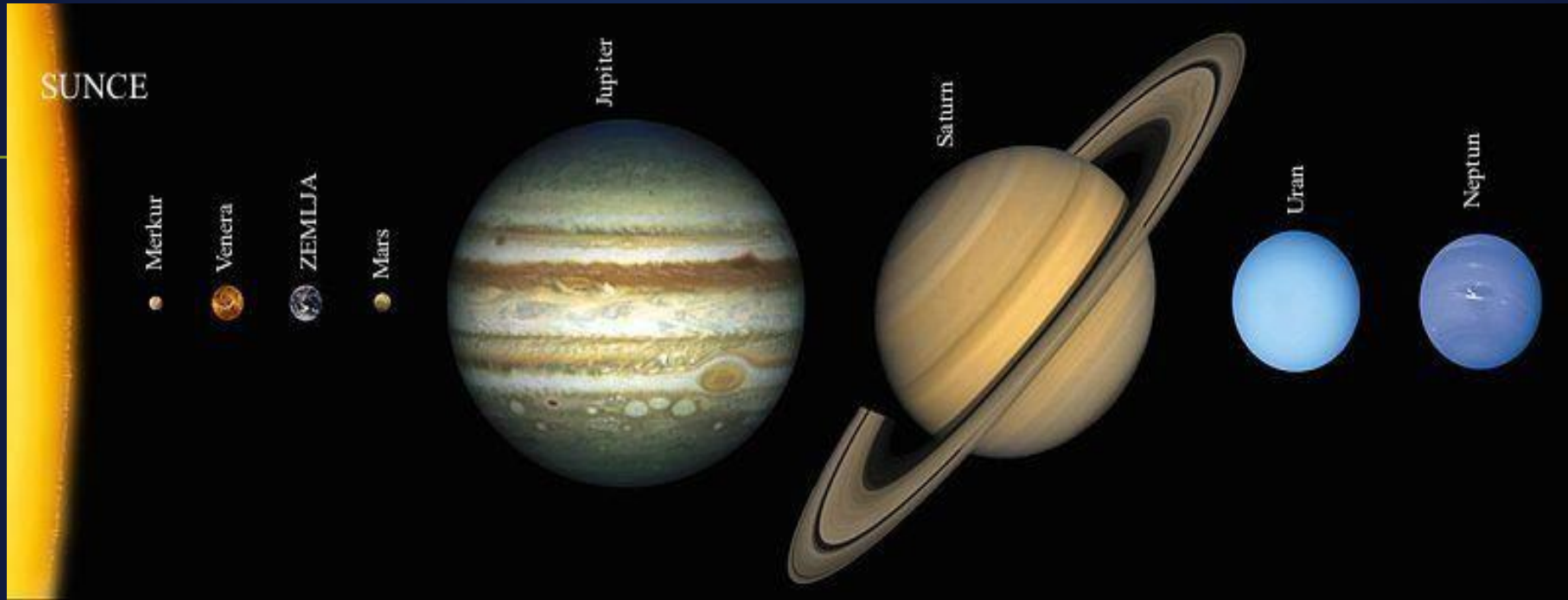
Sunčev sustav

- Sunce i manja svemirska tijela povezana gravitacijskom silom
- osam planeta, pet patuljastih planeta, više od 170 njihovih prirodnih satelita
- komete, planetoidi, kentauri, objekti Kuiperova pojasa, transneptunska tijela, meteoroida i međuplanetarne tvari
- Sunčeva plazma ispunjava heliosferu
- Sunčev vjetar širi se u svim smjerovima do rubova sustava

Tijela sunčeva sustava

- **unutarnja ili terestrička:** Zemlja, Merkur, Venera i Mars
stjenovita, s tankim atmosferskim slojem
- **vanjska ili jovijanska:** Jupiter, Saturnom, Uranom i Neptunom
plinoviti s malom stjenovitom jezgrom
sastav bliži sastavu protoplanetarnoga diska





Sunčev sustav

Sonde (misije)

- Merkur: Mariner 10 (1974. i 1975) i Messenger (2008–15)
- Venera: Venera 1 (1961.)
- Jupiter: Pioneer 10 (1973), Pioneer 11 (1974), Voyager 1 (1979), Voyager 2 (1979), Galileo (prosinac 1995.)
- Saturn: Pioneer 11 (1979), Voyager 1 (1980), Voyager 2 (1981), Cassini-Huygens (srpnju 2004.)
- Uran: Voyager 2 (1986)
- Neptun: Voyager 2 (1989.)

Patuljasti planeti

- svemirsko tijelo približno sferna oblika koje kruži oko Sunca i dijeli orbitu s manjim tijelima
- Cerera (1801.,)
- Erida (2005)
- Haumea (2004)
- Makemake (2005)
- Pluton (1930.)
- postoji nekoliko stotina



EGZOPLANETI

LANA ČURLA 3.c

EGZOPLANETI

- **Ekstrasolarni planeti** ili **egzoplaneti** su planeti izvan Sunčeva sustava
- Gotovo svi do danas otkriveni planeti imaju mase jednake ili veće masama plinovitih divova u Sunčevom sustavu (na primjer Jupiter)
- Takve planete je lakše otkriti jer zbog svoje mase, odnosno gravitacijskog privlačenja, ostvaruju mjerljive učinke na kretanje matičnih zvijezda

POVIJEST

- U 16. stoljeću Giordano Bruno je, podupirući teoriju Nikole Kopernika da se Sunce nalazi u središtu Sunčeva sustava, oblikovao ideju da se i oko drugih zvijezda gibaju planeti
- William Herschel razvio je astrometrijsku metodu za otkrivanje dvojnih zvijezda i smatrao je da se na sličan način, preciznijim mjerenjem, može prepoznati i utjecaj planeta na zvijezdu
- Otto Struve je 1952. pretpostavio da bi u nekim ekstrasolarnim planetnim sustavima planeti mogli biti mnogo bliže matičnoj zvijezdi nego što je to slučaj u Sunčevu sustavu, da bi ih se moglo otkriti s pomoću njihova utjecaja na gibanje zvijezde

The background is a dark blue space filled with stars and wavy horizontal bands. In the top left, there is a blue and white planet with a constellation of three stars. In the top right, there is a yellow and white striped planet with a constellation of three stars. In the bottom left, there is a pink and red striped planet. In the bottom right, there is a yellow and white striped planet with a constellation of three stars.

EGZOPLANETI

Klara Lažeta 3.b

VRSTE EGZOPLANETA



PLINOVITI
DIVOVI

NEPTUNSK



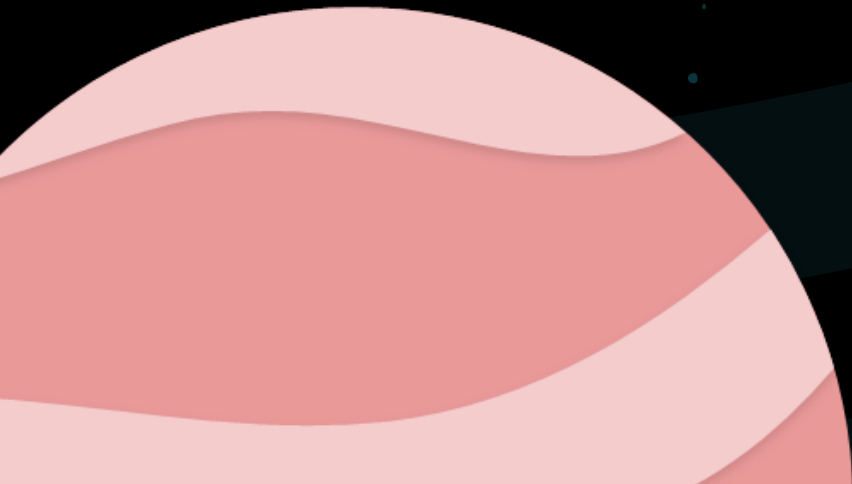
SUPER
ZEMLJA

ZEMLJANI



PLINOVITI DIVOVI

- Veliki planeti poput Jupitera
- Nemaju tvrde površine nego imaju vrtložne plinove iznad čvrste jezgre
- Kruže toliko blizu svojih zvijezda da im se temperature penju u tisuće stupnjeva "vrući Jupiteri,"



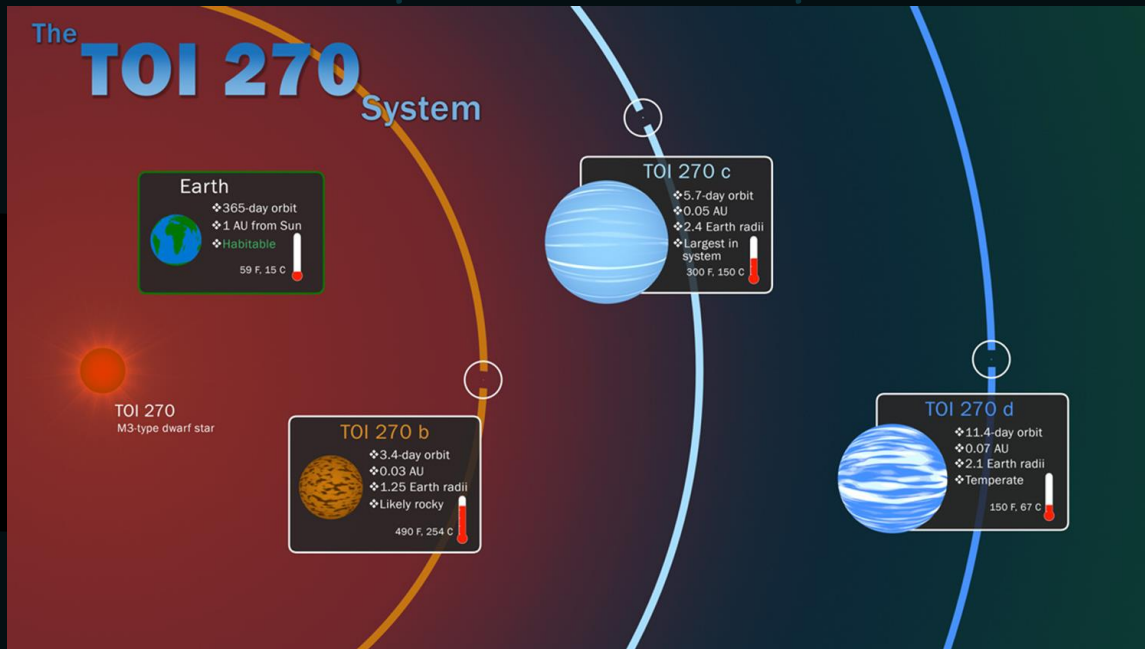
NEPTUNSKI

- slične su veličine Neptunu ili Uranu
- Teže je otkriti sastav neptunskih egzoplaneta jer često imaju guste oblake koji blokiraju prolaz svjetlosti, skrivajući molekule u atmosferi



SUPER ZEMLJA

- I do 10 puta veći od Zemlje
- Uglavnom od plina, kamena ili kombinacije oba



Super-Zemlja i dva mini-Neptuna koji kruže oko slabe, hladne zvijezde u južnom zviježđu Pictora

ZEMLJANI

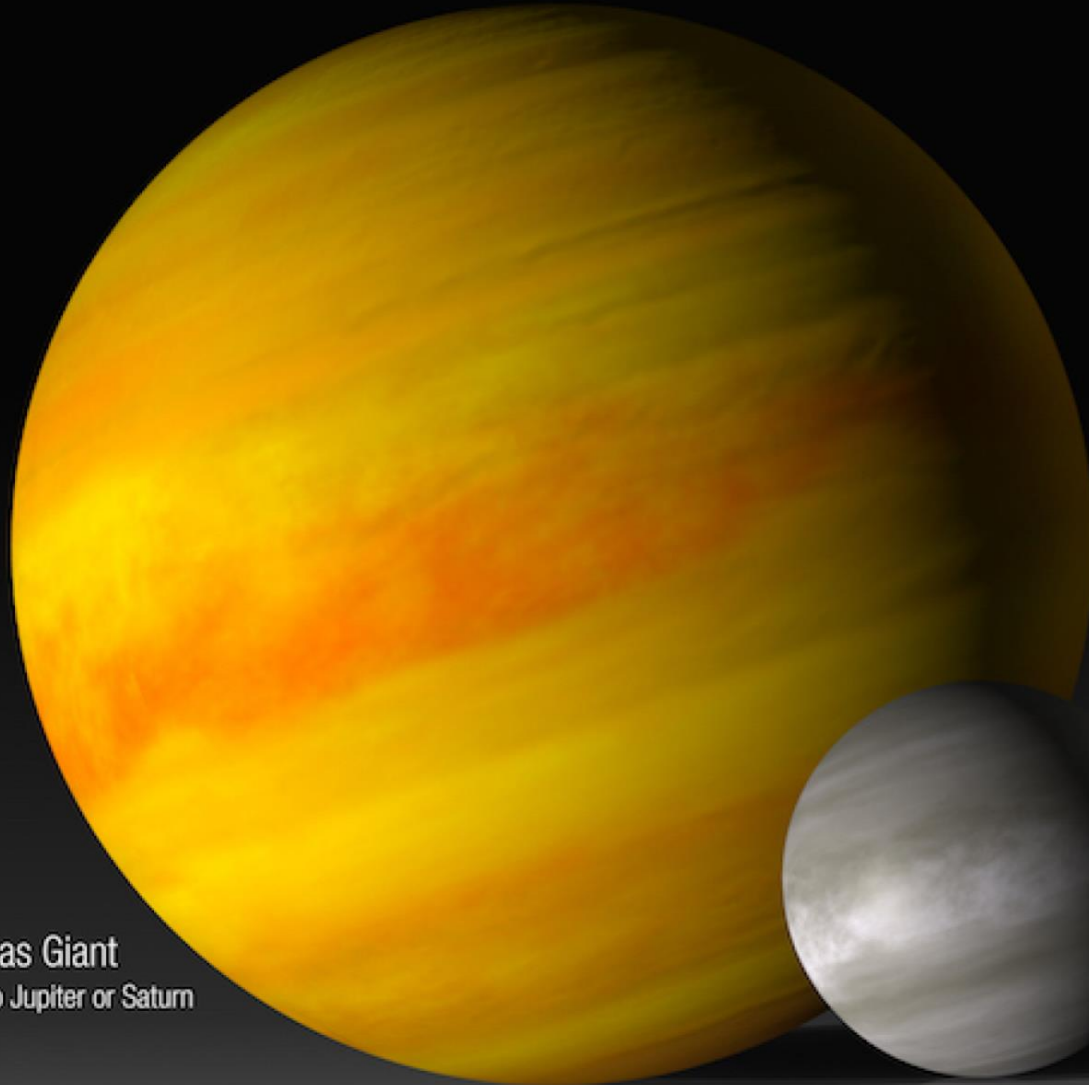
- Planeti veličine Zemlje i manji
- Sastavljeni od stijena, silikata, vode i/ili ugljika
- Pronađeni su stjenoviti planeti u rasponu veličine Zemlje, na odgovarajućoj udaljenosti od svojih matičnih zvijezda da sadrže tekuću vodu (nastanjiva zona)



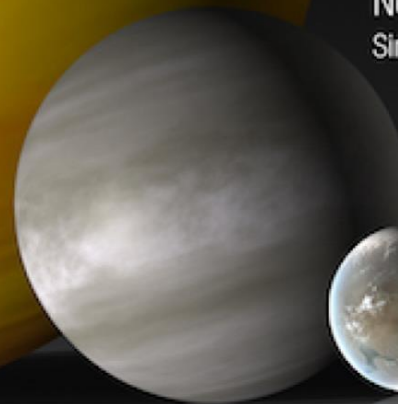


What's Out There? Exoplanet Types

Gas Giant
Similar to Jupiter or Saturn



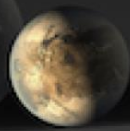
Neptune-Like
Similar to Uranus or Neptune



Super Earth
More massive than Earth,
lighter than Neptune

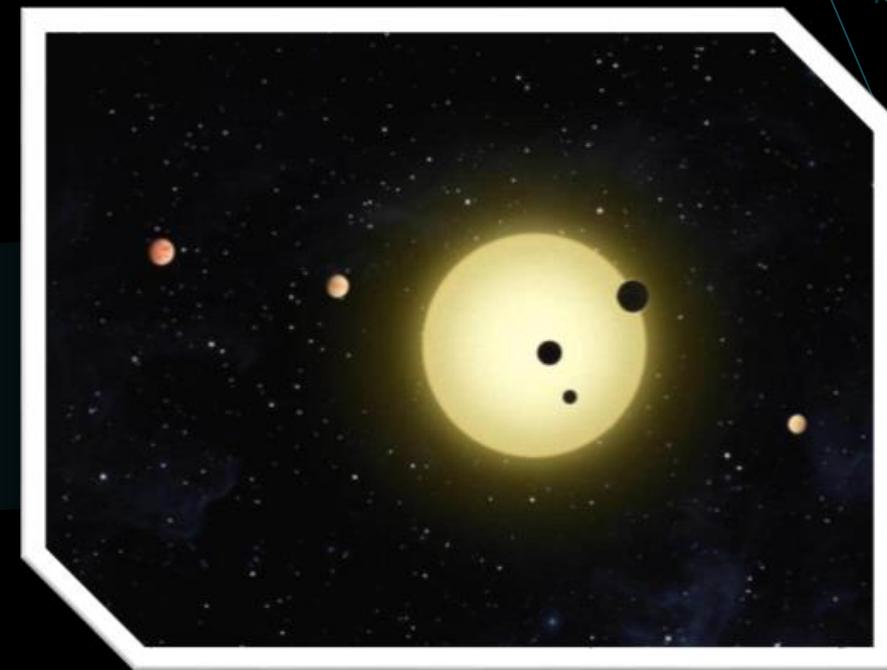


Terrestrial
Rocky, in Earth's
size range

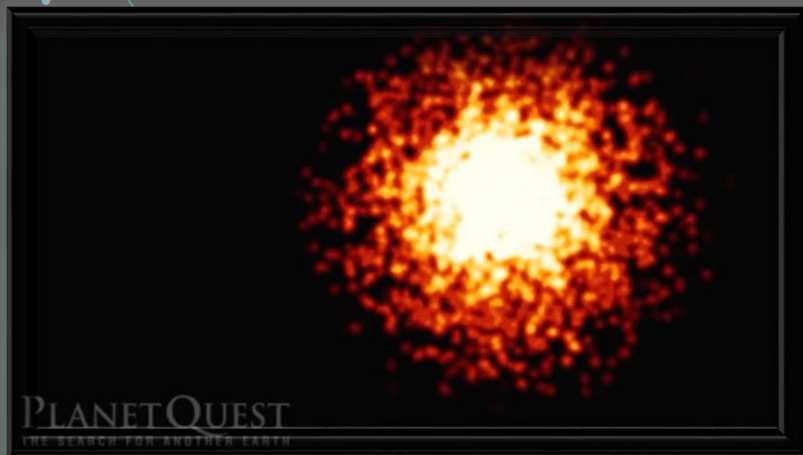


Harmonija i egzoplaneti

- Harmonija – usklađenost, suglasje, sklad
- Zvijezda HD 158259 i sustav šest planeta koji su u gotovo savršenom ritmu
(istraženo pomoću spektrografa SOPHIE)



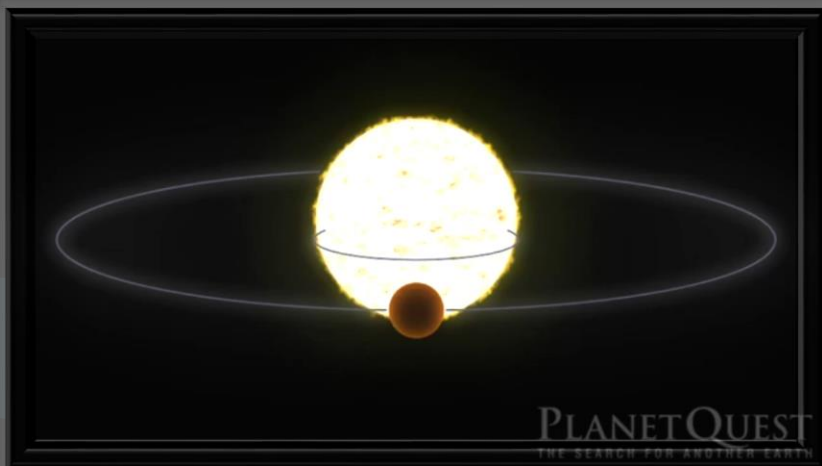
Otkrivanje egzoplaneta: metode



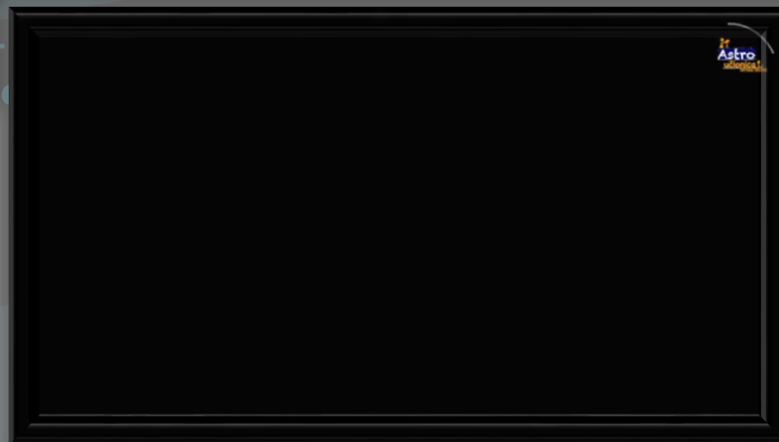
Izravno fotografiranje



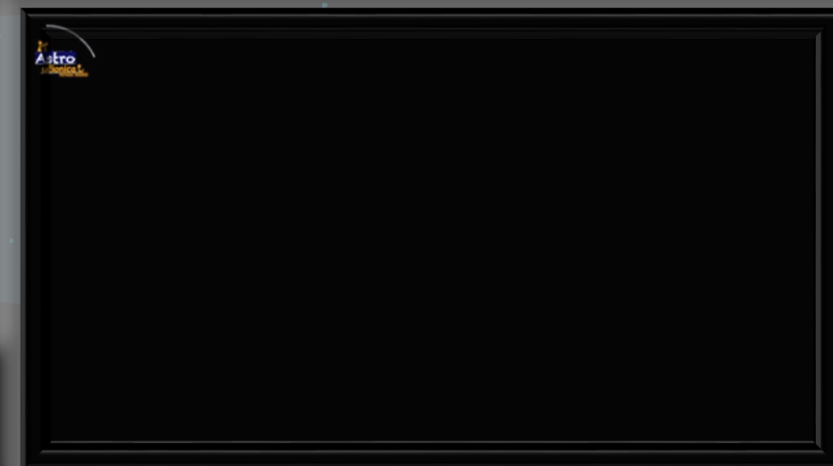
Radijalna brzina



Astrometrija

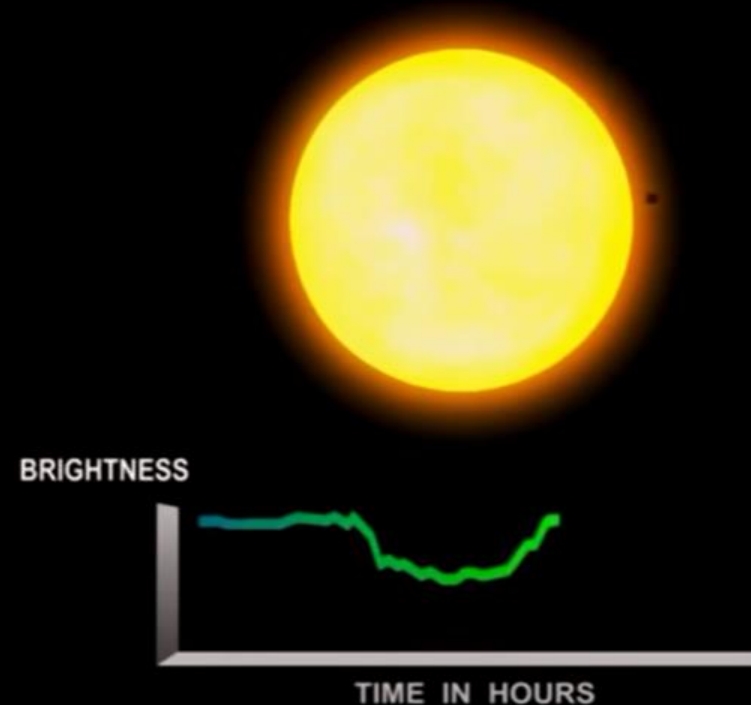


Metoda tranzita



Gravitacijske leće

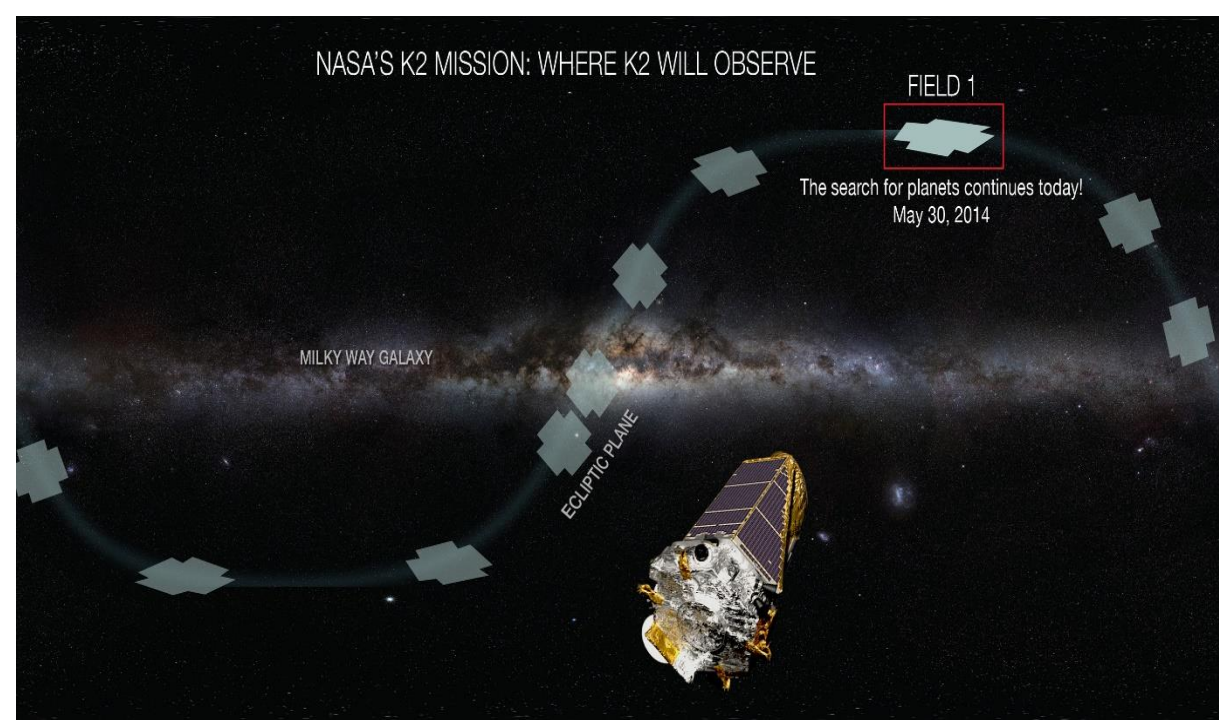
- Teleskop „Kepler” nije snimao planete izravno, nego mjereći sjaj zvijezda i vrlo precizno tražeći zatamnjenje svjetla
- To se događa kada planet u svojoj orbiti oko zvijezde slučajno prođe izravno između zvijezde i samog teleskopa te se svjetlost zvijezde smanji
- Prikupljeni podaci daju informacije o planetu, njegovoj veličini i orbitalnom periodu



Svemirski teleskop Kepler

- bio u funkciji nešto manje od devet godina, od lansiranja u ožujku 2009. do razgradnje 15. studenog 2018.
- zaslužan za otkrivanje više od 2.600 egzoplaneta
- u heliocentričnoj obiti u kojoj slijedi Zemljinu putanju

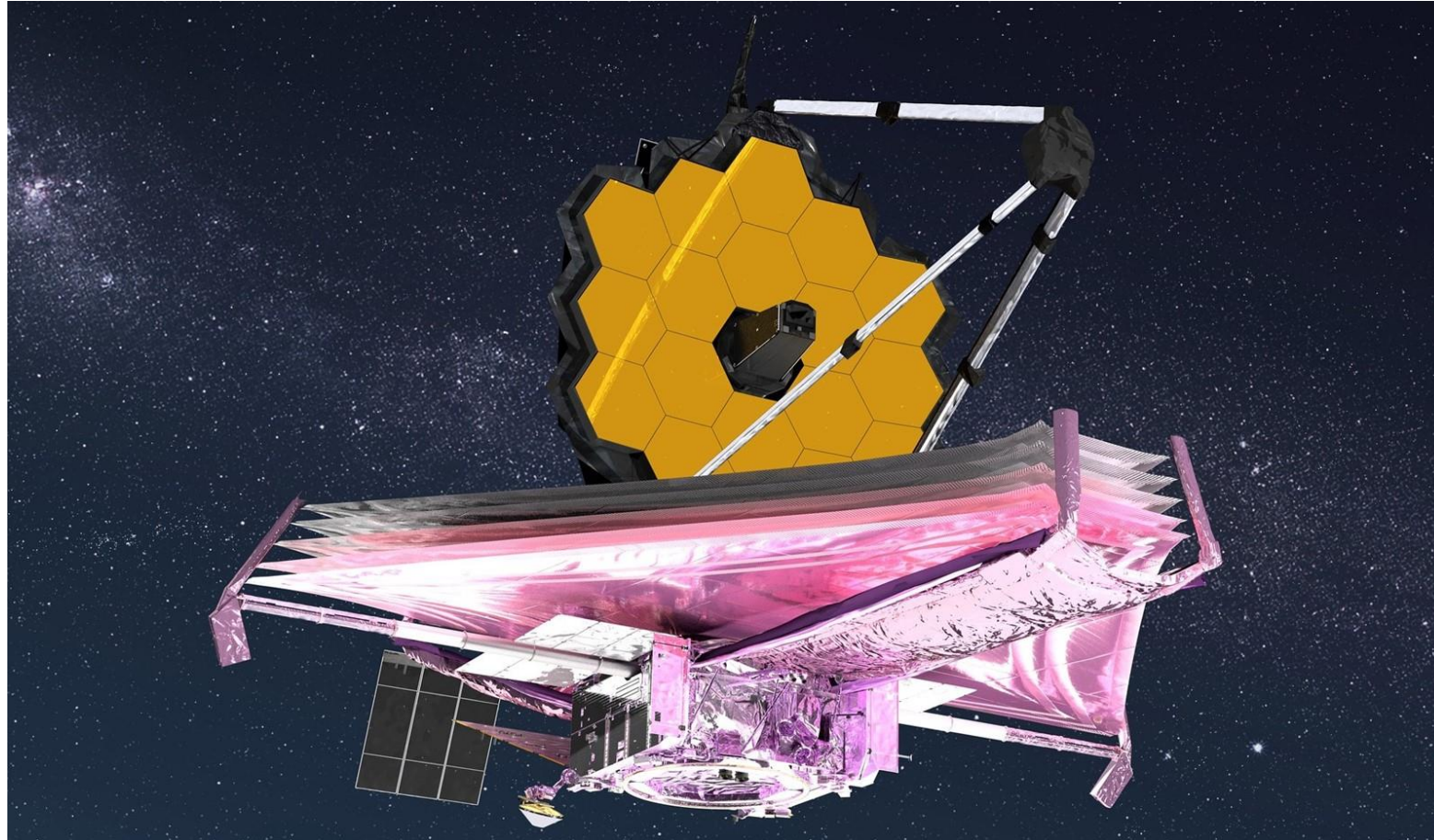
<https://www.youtube.com/watch?v=8IVMo9lvJQk> (video orbita Keplera)



Webbov teleskop

Lansiran krajem 2021., početkom srpnja 2022. godine na Zemlju poslao prve fotografije dalekih galaksija, udaljenih od nas i do 13 milijardi godina. Ima ogromno zrcalo promjera 6,5 metara sastavljeno je od 18 pozlaćenih šesterokutnih segmenata.

Izvor: NASA



Webbov teleskop

-podešen da detektira IC zračenje

-IC neophodno jer za najudaljenije objekte u Svemiru

-IC zračenje bolje prolazi kroz velike oblake svemirske prašine, pa Webb može snimiti i ono što nam je relativno blisko, ali u vidljivom spektru nevidljivo

-Webbovi senzori mogu spektrogramski izmjeriti sastav atmosfere brojnih egzoplaneta, omogućavajući znanstvenicima detaljni uvid u njihove karakteristike

Infracrvena astronomija

opažanja *hladnog* svemira, najčešće u području od 1 μm do 300 μm

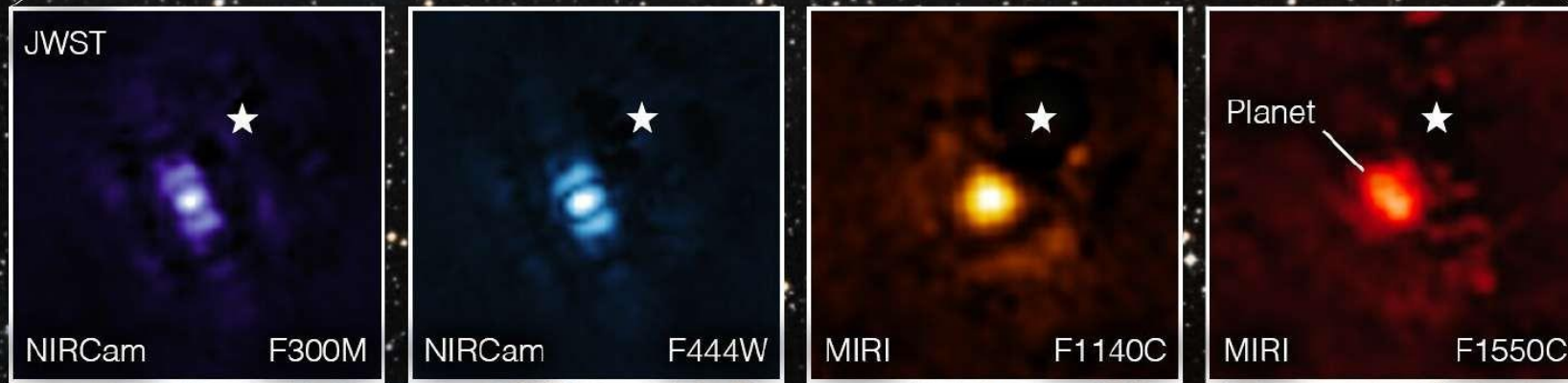
PODRUČJE SPEKTRA	VALNA DULJINA
gama	< 1 μm
rendgensko	10 nm – 1 μm
ultraljubičasto	400 nm – 10 nm
vidljivo	750 nm – 400 nm
infracrveno	1 mm – 750 nm
mikrovalno	10 cm – 1 mm
radio	> 10 cm

**Prva fotografija s Webbova teleskopa predstavljena 11. srpnja 2022. godine prikazuje klaster galaksija SMACS 0723; crveni lukovi na fotografiji predstavljaju svjetlo iz galaksija u vrlo ranom svemiru
Izvor: NASA/ ESA/ CSA/ STScI**



Star
HIP 65426

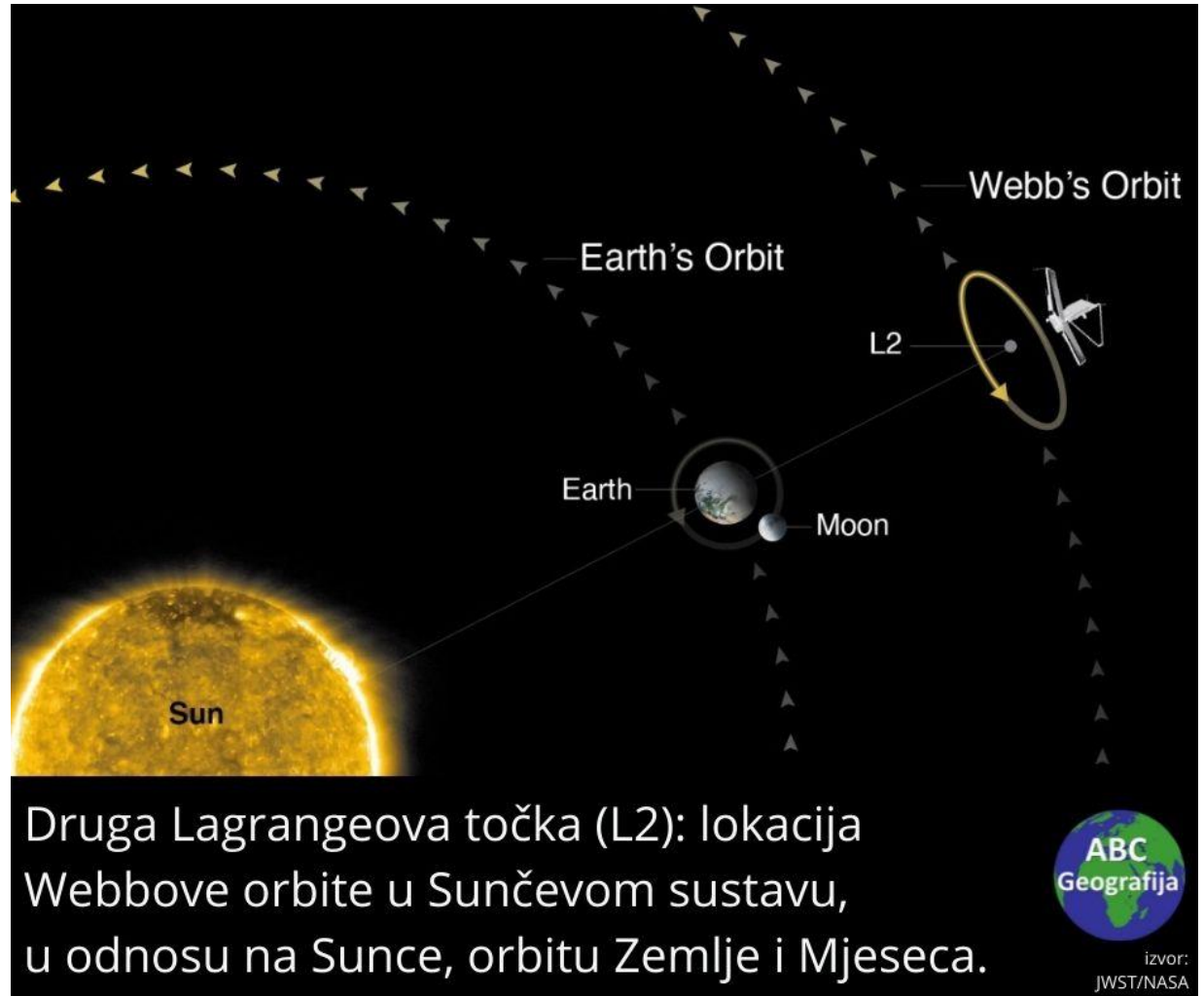
Exoplanet
HIP 65426 b



Prva izravna slika jednog egzoplaneta

- Teleskop je na lokaciji L2 udaljenoj oko 1,5 milijuna kilometara od Zemlje
- Točka u svemiru u kojima gravitacijsko privlačenje Sunca i Zemlje uravnotežuje centripetalnu silu potrebnu da se letjelica kreće s njima i zbog toga smanji potrošnju goriva kako bi zadržala svoju poziciju

Izvor: [JWST/NASA](#)



2019. međunarodni astronomski savez (IAU) raspisao svjetski natječaj: „Imenujte egzoplanetni sustav”

-Hrvatskoj je dodijeljen [sustav u zviježđu Ris](#) u kojem se oko zvijezde trenutno službenog imena [HD 75898](#) okreće divovski planet ([HD 75898b](#)) mase gotovo tri puta veće od Jupiterove

-HD 75898 zvijezda je osme magnitude koja je od nas udaljena 255 svjetlosnih godina. Zvijezda je spektralnog tipa G, poput našeg [Sunca](#), ali je nešto veća, sjajnija i mlađa u usporedbi s našim Suncem.

-Planet HD 75898 b divovski je plinoviti planet koji kruži oko zvijezde HD 75898. Gotovo je trostruko (točnije 2,71 puta) masivniji od Jupitera i potrebna su mu 422,9 dana da jedanput obiđe oko svoje zvijezde, od koje je udaljen 1,191 astronomsku jedinicu (jedna astronomska jedinica odgovara prosječnoj udaljenosti Zemlje od Sunca).



Zvijezda HD 75898; Izvor: [Aladin Lite](#), [Digitized Sky Survey](#)



CROATIA

Name of Star

Name of Exoplanet

Stribor

Veles

Rezultat:

- Ime zvijezde: Stribor
- Ime egzoplaneta:
Veles

Rezultat:

Hrvatska je izabrala imena za zvijezdu HD 75898 i egzoplanet HD 75898 b, koji čine egzoplanetni sustav u zviježđu Ris

Zvijezda je dobila ime **Stribor**, a egzoplanet **Veles**.

Zajednička tema koja veže ova imena slavenska su božanstva.

Stribor je bog vjetra u slavenskoj mitologiji, kao i lik iz knjige *Priče iz davnine* Ivane Brlić Mažuranić.

Veles je slavenski bog zemlje, voda i podzemlja, bog prirode i tajnog znanja o prirodnim zakonitostima.

Zaključak:

Zakoni fizike i fizikalni pojmovi uspješno opisuju harmoniju svijeta i pojava


Primjenjivi su u različitim područjima i primjera ima bezbroj

Sami zakoni su harmonija za sebe zbog svoje usklađenosti, povezanosti s matematikom i životom

Nastavit će se...

A vibrant space-themed background featuring a dark blue and black sky with wavy bands of lighter blue and pink. Various celestial bodies are scattered throughout, including a large yellow sun in the top left, a blue and white striped planet in the top right, a red and white striped planet in the middle right, a blue planet with a yellow ring in the bottom right, and a large red and white striped planet in the bottom left. Numerous small white stars and larger four-pointed starburst shapes are also present.

Hvala na pažnji!



Sudjelovali: Katarina Klepo, Maria Dubravac, Dolores Šagud, Mara Zadro, Petra Kušter, Lana Čurla, Klara Lažeta, Ivona Ćuzić,
Mentor: Renata Borovec

Literatura

- ▶ https://hr.mozaweb.com/hr/search?search=Kepler&mw_source=https%3A%2F%2Fwww.mozaweb.com%2Fhr%2FSearch%2FsetSearch%3Fsearch%3DKepler%26mw_redirect_off%3D1
- ▶ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=31226>
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=3Wxd3fDFmO4&t=266s>

Literatura

- <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/8b109d99-b37e-4aa4-821c-ab1d3c48e3d6/html/24168> Opci zakon gravitacije.html
- <https://pressbooks.uiowa.edu/clonedbook/chapter/newtons-universal-law-of-gravitation/>
- R. Krsnik, Fizika 1 (1998.)
- Newtonovi zakoni. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 12. 3. 2023. <<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=43656>>.

Literatura

- <https://exoplanets.nasa.gov/>
- <https://www.astroucionica.hr/imenujte-egzoplanetni-sustav/>
- <https://studentski.hr/vijesti/hrvatska/hrvatska-je-imenovala-egzoplanet-i-zvijezdu-oko-koje-se-okrece-i-to-po-slavenskim-bozanstvima>
- <https://www.bug.hr/astronomija/sve-sto-trebate-znati-o-svemirskom-teleskopu-james-webb-koji-ce-promijeniti-24862>
- <https://www.youtube.com/watch?v=8IVMo9lvJQk>
- <https://www.pmf.unizg.hr/aktualnosti?@=1ljli>
- <https://dariohrupec.org/predavanje/svemirski-teleskop-webbvodeci-opservatorijinfracrvne-astronomije/>
- <https://hrti.hrt.hr/videostore>

Literatura

- <https://exoplanets.nasa.gov/what-is-an-exoplanet/overview/>
- <https://www.astroucionica.hr/5-nacina-kako-otkriti-egzoplanet/#toc-4698353-0>

Literatura:

- Edutorij; 5.1 Opći zakon gravitacije, https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/8b109d99-b37e-4aa4-821c-ab1d3c48e3d6/html/24168_Opci_zakon_gravitacije.html
- Enciklopedija; Keplerovi zakoni, <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=69783>

Literatura

- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=58787>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=58774>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=40221>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=64246>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=67110>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=39096>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=29529>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=54704>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=63293>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=43437>
- <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=69896>
- <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A3597/datastream/PDF/view>