



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA
FIZIKU



УНИВЕРЗИТЕТ у НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО:	6.1.2006.
ОРГАНИЗЈЕД	БРОЈ
0603	9/411

SAVREMENA PREZENTACIJA RAZVOJA KLASIČNE МEHANIKE

- diplomski rad -

Mentor: Prof. Darko Kapor

Kandidat: Ljiljana Mijatović

N o v i S a d , 2 0 0 6

S A D R Ž A J :

SADRŽAJ:	2
PREDGOVOR	3
VAVILONCI I EGIPĆANI.....	4
STARI GRCI.....	5
MEHANIKA	5
Aristotel (384-322).....	5
Arhimed (287-212).....	6
ASTRONOMIJA.....	7
Anaksagora iz Klazomene (oko 488-428 pre n. e.).....	8
Eudoks (409-356).....	8
Aristarh sa Samosa (oko 310-230 pre n. e.).....	8
Hiparh 2 v. p. n. e.....	9
Ptolemej (100-178).....	10
NAUKA U MRAČNOM DOBU (642-1453)	11
RAĐANJE SAVREMENE NAUKE	11
Leonardo da Vinči (1452-1519).....	11
ASTRONOMIJA.....	12
Nikola Kopernik (1473-1543).....	12
Đordano Bruno (1547-1600).....	13
Tiho Brahe (1546-1601).....	14
Johan Kepler (1571-1630).....	15
MEHANIKA	16
Simon Stevin (1548-1620)	16
Giovanni Batista Benedetti (1530-1590)	18
Galileo Galilej (1564-1642)	18
XVII VEK- VEK GENIJA.....	22
MEHANIKA	22
Rene Descartes (1596-1650)	22
Goilfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716)	23
Christian Huygens (1629-1697)	24
Isaac Newton (1642-1727)	25
ASTRONOMIJA.....	28
XVIII vek	29
MEHANIKA	29
Leonhard Euler (1707-1783).....	29
Jean le Rond D' Alembert (1717-1783)	29
Joseph-Louis Lagrange (1736-1813)	29
Pierre Simon Laplace (1749-1827)	30
William Rowan Hamilton (1805-1865)	30
XIX I XX VEK – DOBA SAVREMENE FIZIKE	31
Albert Ajnštajn (1879-1955)	31
ZAKLJUČAK	32
World Wide Web	34
Biografija Ljiljane Mijatović.....	36

P R E D G O V O R

Nastava istorije fizike spada medju predmete na fizici u kojem je možda najviše zastupljen isključivo verbalan pristup nastavi, a svako prikazivanje dodatnih materijala vezano je sa kopiranjem na folije brojnih originalnih tekstova i slično, što je vrlo nepraktično. S druge strane, upravo uključivanje što većeg broja originalnih tekstova angažuje pažnju studenata i omogućava njihovo bolje poimanje okolnosti pod kojima su učinjeni određeni pomaci u nauci. Ovo se izuzetno dobro može pratiti u istoriji mehanike koja je dobrim delom čvrsto povezana sa istorijom astronomije.

Za istoriju fizike sam se odlučila jer je mnogo koristim u redovnoj nastavi. Osim obaveznog gradiva za osnovnu školu deci mnogo pričam i kako je do čega došlo, šta je iz čega poteklo i na koji način. Kod dece sam naišla na veliko interesovanje vezano za sam život i rad naučnika.

Shvatila sam da decu treba animirati i zainteresovati sa uvek novim metodama i pričama da bi nastava na kraju dala što bolje rezultate. Dečija pažnja se uvek dobije ako bismo i njih same što više uključili u nastavu ili bar u njenu pripremu.

Danas, velik broj učenika poseduje računare i puno dece se sa njima sasvim solidno koristi. Međutim, deca se kući u radu sa računarom ne susreću sa konkretnim problemima koji bi probudili i njihovu kreativnost, usavršili korišćenje određenih programa, naročito iz Office paketa, i zainteresovali za neki dodatni rad koji je vezan za samu nastavu, u ovom slučaju za nastavu fizike. Samo uvođenje dece u ovakav rad je dobra priprema za njihovo dalje školovanje.

Upotrebotom prezentacija postiže se ušteda u vremenu tako da više vremena ostaje za diskusiju na času. Prezentacijama se postiže dobra priprema za seminare i samostalan rad učenika i studenata. Korišćenjem interneta možemo doći do ogromnog materijala za pravljenje prezentacije a time i prikazivanje tog materijala u nastavi.

U svom diplomskom radu sam pokazala jedan od načina kako prezentovati jednu od mnogih tema iz istorijskog razvoja fizike. Osim opširno obrađene teme razvoja mehanike kroz istoriju u samom tekstu se nalazi i velik broj slika, do kojih sam došla u raznim udžbenicima i sa interneta, koje mogu da pomognu boljem shvatanju teksta i njegovoj interesantnijoj obradi od strane učenika i studenata.

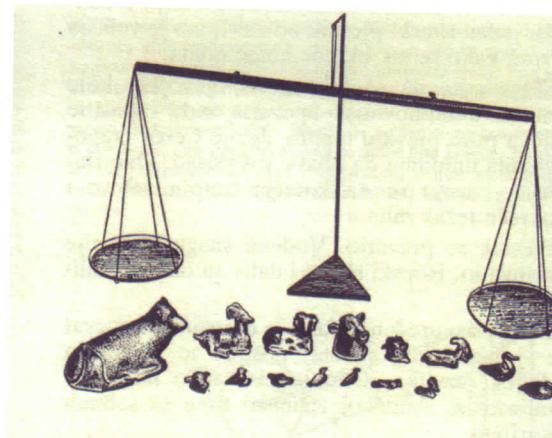
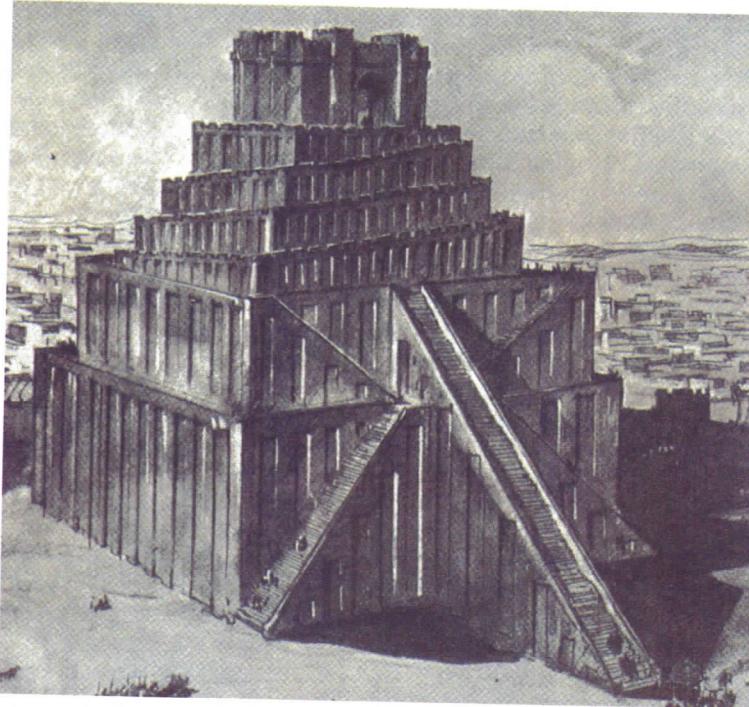
Uz pisani deo diplomskog rada data je i prezentacija koja prati sam tekst. Prezentacija je urađena u MS Office PowerPointu 2003. Svaka slika na prezentaciji koja je skinuta sa interneta je linkovana što daje mogućnost i studentu i učeniku kojeg interesuje nešto konkretno sa prezentacije da jednim klikom na sliku, pređe direktno na sajt sa kojeg je preuzeta slika.

V A V I L O N C I I E G I P Ć A N I

Prve civilizacije, kolevke današnjeg kulturnog sveta nastale su uz velike reke Eufrat i Tigar, Nil, Gang, Hoang-ho, Amur-Darju i Sir-Darju. Vavilonci i Egipćani nastojali su pre svega da što bolje urede svoj život. Pri velikim tehničkim zadacima radjala su se nacela koja su dovela do prvih nauka: aritmetike, geometrije, geografije, astronomije, hemije i mehanike.

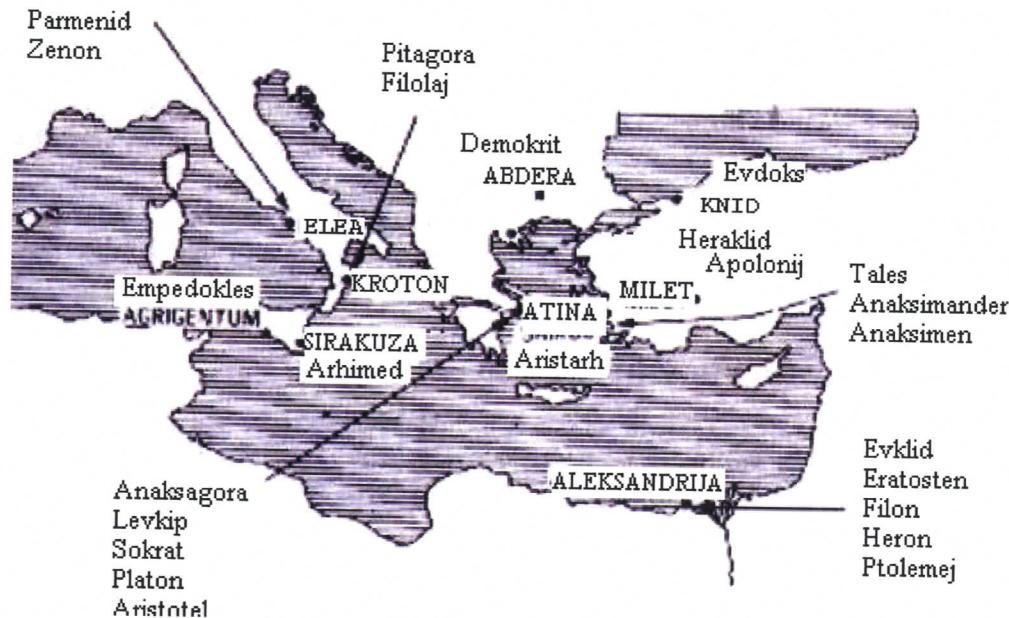
Sve što se radilo u tim prvim civilizacijama bilo je rezultat empiriskih istraživanja, odnosno opažanja. Ljudi su pokušavali ostvariti svoj zadatak na razne načine, pa bi se pokušaji mogli nazvati i primitivnim ogledima ali kad bi postigli svoj cilj, više se nisu nizašta pitali. Empirijski se postupalo i pri izgradnji velikih gradjevina, golemyih piramida. Pri tome su bila iskorištena empirijska znanja o statici, ali su se upotrebljavale i sprave čije je funkcionisanje bilo poznato iz iskustva. Sprave su bile vrlo jednostavne i konstruisane na temelju poluge. Iz iskustva, na temelju bezbrojnog ponavljanja istog postupka i na temelju bezbrojnih pogrešaka, bilo je jasno da će se teret lakše podići ako se poveća krak koji se pritiska rukom. Ali нико se u Egiptu nije pitao zašto je to tako.

Ostavili su nam važne jedinice za merenje uglova i vremena. Vavilonci su uveli nedelju od sedam dana i podelu dana i noći na po dvanaest sati. Stalno su koristili seksagezimalnu skalu: sat na šezdeset minuta, minut na šezdeset sekundi, isto i za ugao, zato su uspeli da naprave izuzetno precizna astronomска merenja. Imali su sunčane časovnike i vodene satove, za merenje položaja Sunca su koristili šipke. Imali su i veoma precizne terazije.



STARI GRCI

Mnogi starogrčki tekstovi spominju putovanja grčkih naučnika i filozofa u Vavilon i Egipt, ističući da su ti naučnici tamo upoznali pojedina matematička znanja. Oni su ta znanja tamo preuzezeli. Nisu Grci ponovo otkrili ona znanja koja su već bila poznata u Vavilonu i Egiptu, ali je istina da su ih interpretirali na nov način. Dok su Egipćani i Vavilonci u realnosti videli samo mnoštvo nepovezanih činjenica, mnoštvo podataka kojima nisu ni pokušavali tražiti uzročnu vezu, Grci su u tom mnoštvu dogadjaja pokušali razlikovati sličnosti, apstrahovati ih iz njihova okvira i generalizovati ih, deducirajući odatle druge odnose u skladu sa novim iskustvima.



Veoma su uspešni u apstraktnom razmišljanju, ali sve do Arhimeda nema eksperimenta. Bila su im potrebna osnovna statička iskustva. Mehanika se mogla razviti tek kad su u proizvodnju stupili različiti mehanizmi i sprave. Antički zidari i zanatlije služili su se najprimitivnijim napravama. Njihova znanja služila su samoj praksi. Dermom su dizali vodu, poluga je bila veslo. Jedno od najstarijih primena poluge je bila vaga.

MEHANIKA

Aristotel (384-322)



Platonov učenik u Akademiji 20 godina, posle njegove smrti odlazi, biva dvorski savetnik Hermija i poziva ga Filip da bude učitelj Aleksandru Makedonskom (oko 3 godine). Kasnije se vraća u Atinu i osniva svoj Licej, ali je ipak smatran makedonskim špijunom, tako da ponovo odlazi iz Atine pred kraj života.

Aristotel definiše predmet fizike (u "Metafizici") kao ispitivanje "bića koje može da se kreće", "bića čija supstanca sadrži princip kretanja ili zaustavljanja kretanja koje se vrši u njoj". Za njega je kretanje generalno promena i on naziva promenu mesta lokalnim kretanjem. To je u stvari Aristotelova dinamika.

Njegov pristup nauci je ispravan: od rezultata posmatranja do opštih principa, a od njih nazad ka novim rezultatima posmatranja (induktivno-deduktivni metod).

Vasiona je za njega sistem koncentričnih lopti, čije je zajedničko središte Zemlja. Iznad su se nalazile lopte koje su nosile Mesec, Sunce i pet poznatih planeta i najzad iznad svega se nalazi lopta zvezda nekretnica. Aristotel je smatrao da neka pokretačka sila mora biti u stalnom dejstvu da bi održavala u pokretu ove lopte i planete privezane za njih. Zato je postavio još jednu loptu, koja se nalazi izvan svih ostalih i koja daje pokretačku snagu. To je primarni pokretač. Ta sila je za Aristotela istovetna sa Bogom. Ona tera zvezde i planete da se kreću jednakim brzinama po svojim loptama.

Aristotel je mišljenja da tela "vole" da se nadju na svojim prirodnim mestima. Podignemo li, na primer, neko telo sa tla, ono će težiti da se vrati na svoje prirodno mesto, na tlo. On razlikuje prirodna i prisilna kretanja. Svakom telu u kretanju, kao što je slobodan pad, treba pripisati unutrašnji izvor ili ljubav za prirodnim mestom. A ako imamo izbačen kamen iz katapulta, što je prisiljeno izvana i nemože se prema njemu svesti na unutrašnji izvor. Zato uvodi sredinu koja će dalje gurati kamen pošto ga je čovekova ruka kao uzročnik odbacila.

Za Aristotela je središte sveta svojstvo prostora. Sva tela padaju ili teže prema tom središtu pa se tako i Zemlja kao najteža postavila u to središte. Za Aristotela odnosi težina su obrnuto srazmerni vremenu pada. "Ako neka težina pada sa neke visine za neko vreme, dvostruko veća težina pada sa iste visine za upola kraće vreme". Osnovni problem je što očigledno nije ni pomišljao da proba eksperimentalno.

U statici uveo je paralelogram sila, ali samo za slučaj pravougaonika. Shvatao je uticaj dužine kraka kod poluge.

On je pisao naširoko o velikom broju pitanja iz fizike, ali su mu prepostavke bile skoro redovno pogrešne, takvi su mu bili i zaključci. Trebalо je da prodje skoro 2000 godina па da Aristotelova deduktivna metoda bude dopunjena induktivnom metodom, i da tek tada nauka kreće zaista napred. Zbog ovakvog načina razmišljanja stvorena je bila zabuna koja će potrajati do kraja srednjeg veka, a dotle su se svi Aristotelovi sudovi primali kao svetinja.

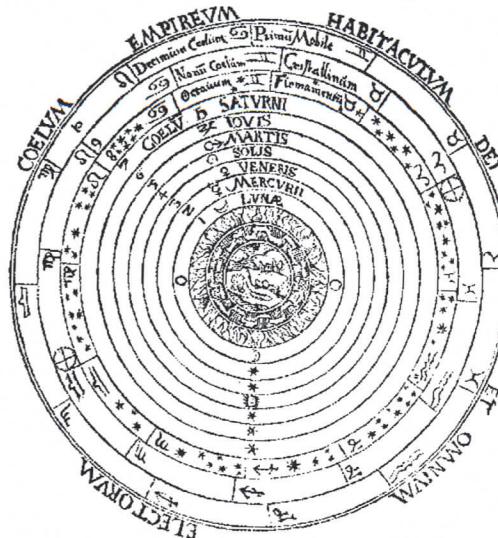
Rezimirajući moramo se ograditi: Aristotel je bio veliki mislilac, a to što je u srednjem veku od njegovog učenja nastala dogma koja je usporila razvoj nauke, ipak nije njegova krivica.

Arhimed (287-212)

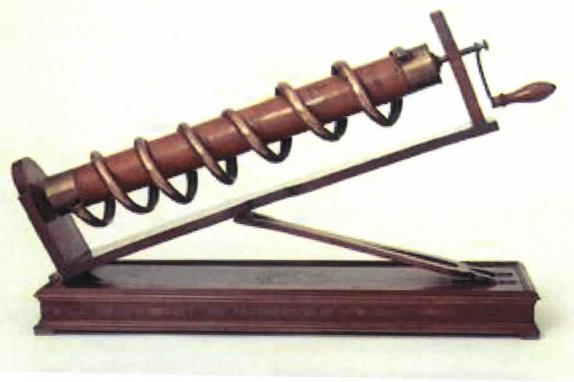


Stvarni osnivač mehanike. Najveći deo života proveo je u Sirakuzi, gde je i poginuo prilikom rimskog osvajanja grada. Za njim je ostalo sačuvano 6 dela iz matematike i dva iz fizike. Optika mu nije sačuvana.

Živeo je u doba ratova, njegova genijalnost u mehanici moral je uglavnom biti primenjena u vojničke svrhe. Tvrdi se da je pomoću ogledala i sočiva palio brodove koji su opsedali Sirakuzu, mada mnogi naučnici sumnjaju u ovu priču. Takodje se smatra da je od izmislio katapulte, koju su opsadnu vojsku držali daleko od zidina grada.



Medju njegovim više miroljubivim izumima nalazi se "Arhimedov zavrtanj"- naprava pomoću koje se izvlači voda, a koja se sve do nedavno koristila u Egiptu. On je izumeo i dizalicu koja pomoću točka zupčanika i zavrtnja podiže brodove pri spuštanju u more.



Najpoznatiji je njegov način merenja specifične težine raznih materija. Stavljao bi masu poznate težine u neki sud napunjen vodom do vrha pa potom merio težinu vode koja bi se prelila preko ivice suda. Poznata je priča kako je Arhimed na ovaj način otkrio prevaru nekoga zlatara koji je bio proneverio zlato koje mu je bilo dato da od njega načini krunu. U toj se priči dodaje da je svoju metodu otkrio na kupanju u kupatilu, i da je uzbudjen otkrićem nag potračao kroz gradske ulice, vičući: "eureka, eureka" (pronašao sam, pronašao sam).

Teorema: "Ako se telo lakše od tečnosti položi u nju, ono će uroniti toliko da volumen tečnosti jednak volumenu uronjenog dela tela ima istu težinu kao celo telo".

Osnovno delo iz statike: "O centrima teže ravnih figura".

Uvodi pojam težišta.

Formuliše polugu. Prvi je potpuno shvatio odnose između dužine krakova i težine tereta: "dve usporedive veličine u ravnoteži su na udaljenostima koje su obratno srazmerne težinama".



Ako je jedan krak dovoljno dug možemo s najmanjim naporom držati ravnotežu teretu na drugom kraku. Arhimedov je princip osnova statike- nauke o ravnoteži. Stari istoričari spominju da je arhimed izrekao sledeće reči: "dajte mi oslonac i dići ću celu Zemlju".

Ove reči nađenom zakonu ne stavljuju nikakve granice.

Kada su Rimljani najzad zauzeli Sirakuzu, vojnicima je bilo naređeno da poštede njegov život i njegov dom, ali, bilo nesrećnim slučajem ili namerno, ovo nije bilo učinjeno.

ASTRONOMIJA

Kod starih Grka se na njihovoј astronomiji, kao i na matematici, ogledao uticaj njihovih prethodnika u nauci, Vavilonaca i Egipćana. I Vavilonci i Egipćani su zamišljali vasionu kao ogromnu prostoriju kojoj je tavanica nebo, a pod Zemlja. Ovaj pod je opkoljen vodom. Na drugoj strani vode dižu se planine na kojima počiva nebeski svod. Četiri ogromna stuba nosila su tavanicu o koju su bile obešene zvezde kao neke svetiljke. U VI veku pre n. e. Tales je mislio da Zemlja plovi po vodi dok je Anaksimander otisao još dalje. Izveo je zaključak da su zvezde vezane za jednu potpunu loptu, a da Zemlja visi slobodno u prostoru kao neko središte bez ikakve potpore. On je zamišljao da Zemlja može ostati u ravnoteži na ovaj način, pošto se nalazi na podjednakom otstojanju od drugih nebeskih tela. On je skoro došao do zamisli da je Zemlja izložena privlačnoj sili drugih masa u vasioni.

Anaksimen piše da je svod za koji su pričvršćeni sunce i zvezde okreće iznad Zemlje u pravcu istok-zapad.

Posle Anaksimandera, Pitagorejci su postigli znatan napredak u astronomiji. Oni su smatrali da je Zemlja loptastog oblika i da se okreće jedanput dnevno oko jedne osovine.

Anaksagora iz Klazomene (oko 488-428 pre n. e.)

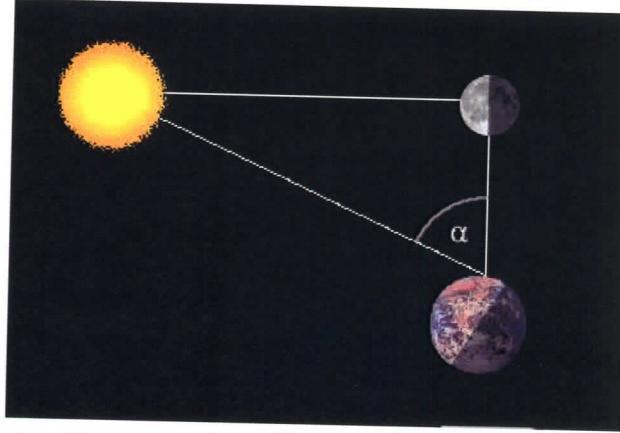
Otkrio je uzroke Mesečevih mena tvrdeći da se Mesečeve mene iz meseca u mesec dešavaju kao posledica njegovog putovanja za Suncem koje ga osvetljava, dok se njegava pomračenja dešavaju kad god upadne u Zemljinu senku. Tvrđio je da su nebeska tela uglavnom iste prirode kao Zemlja, sa tom razlikom što su se ona užarila usled brzog obrtanja. On je učio da je Sunce ogromna masa užarenog metala, a da Mesec na svojoj površini ima doline i planine slične ovima na Zemlji. Postavio je i teoriju o postanku sveta. Zbog svega ovoga Atinjani su odlučili da progone Anaksagoru zbog huljenja i bezbožništva, zbog pokušaja da ukloni njihove bogove.

Eudoks (409-356)

Zemlju je ne samo vratio u središte sveta, već ju je naterao da tamo mirno stoji. On pravi koncentrične sfere. Spoljna sfera nosi zvezde. Na sledećoj sferi je Sunce. Pravi sferu za Mesec, a onda dolaze planete i za njih je napravio četiri sfere.

Aristarh sa Samosa (oko 310-230 pre n. e.)

Prvo pravo merenje udaljenosti do Sunca izveo je, baš kao i prvo određivanje udaljenosti Zemlje od Meseca, Aristarh sa Samosa. On je uočio da kada Mesec vidimo u prvoj ili posljednjoj četvrtini, tada je trougao Sunce-Mesec-Zemlja pravougli, s pravim ugлом u onom vrhu u kojem je Mesec. Ugao u vrhu u kojem je smeštena Zemlja Aristarh je direktno izmerio i ustanovio da on iznosi 87 stepeni. Tako su mu, poznavajući sve uglove, postale poznate i razmere među stranicama.



To mu je konkretno dalo da je Sunce 19 puta dalje od Meseca što je čak dvadeset puta premalo. Naime, tačna veličina merenog ugla je 89 stepeni i 51 minut što daje da je Sunce skoro 400 puta dalje od Meseca. Premda se pogreška merenja ne čini velika, budući da je ugao toliko blizu pravom uglu, krajnji rezultat je izuzetno osetljiv na njegovu vrednost.

Kako je udaljenost do Meseca poznata, poznavanjem ove razmere udaljenosti do Sunca i do Meseca omogućuje nam poznavanje udaljenosti do Sunca.

Premda je Aristarh mislio da je Sunce samo devetnaest puta dalje nego Mesec, i to je bilo dovoljno da mu postane jasno da je ono mnogo veće i od Meseca i od Zemlje i da to po svoj prilici znači da se Zemlja vrti oko Sunca, a ne obratno. Tako je Aristarh postao prvi pobornik heliocentričnog sistema koji će postati prihvaćen tek gotovo dva milenijuma kasnije.

Hiparh 2 v. p. n. e.

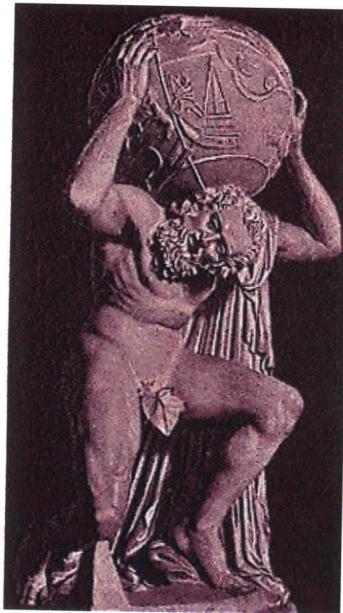
Roden u Nikeji (današnja Turska).

Nije poznat njegov izgled jer nisu pronađeni portreti iz tog vremena. Čak se nezna ni tačan datum rođenja i smrti. Međutim, njegovo se ime ispisivalo na novcu kovanom u 2. i 3. veku u Bitiniji u njegovu čast na kojima je prikazan zajedno s globusom. Veruje se da je Hiparh umro na otoku Rodosu gde je proveo veći deo svojega kasnijeg života. Ptolomej mu pripisuje posmatranja s Roda u periodu između 141 do 127 g. p. n. e.

Hiparhova glavna dela su izgubljena. Njegovo jedino sačuvano delo je "Toon Aratou kai Eudoxou Fainomenoon exegesis" ("Komentar o Eudoksovim i Aratovim Pojavama").



Hiparh je također napravio popis svojih glavnih dela u kojem je jasno naveo oko 14 knjiga koje su poznate jedino po spominjaju kasnijih autora. Njegov slavni zvezdani katalog je verovatno ubačen u Ptolomejev, pa se ne može pouzdano rekonstruisati. Zna se da je Hiparh napravio nebeski globus. Kopija kopije tog globusa možda je sačuvana u najstarijem sačuvanom nebeskom globusu koji pouzdano prikazuje sazvežđa. Globus je držao Farneseov Atlas.



Hiparh je poznat kao utemeljitelj i otac naučne astronomije. Jasno je da je Hiparh (a nakon njega i Ptolomej) imao potpun popis posmatranja pomračenja kroz mnogo vekova. Najverovatnije su ta posmatranja sastavljena s "dnevnih" pločica. To su glinene pločice na kojima su zapisana sva značajna posmatranja koja su Kaldejci svakodnevno obavljali. Hiparh je poznat kao prvi matematičar koji je sastavio trigonometrijske tablice. One su mu trebale prilikom računanja ekscentričnosti orbite Sunca i Meseca. Hiparh je podelio geometrijsku metodu kako bi pronašao parametre iz 3 položaja Meseca u posebnim fazama njegove anomalije. Ustvari, on je to učinio odvojeno za ekscentrični model i model epicikla.

Hiparhu se pripisuju izumi ili usavršavanja nekoliko astronomskih instrumenata koji su se koristili dugo vremena u posmatranjima golim okom. Prema zapisima iz Kirene, Hiparh je napravio prvi astrolabion što bi mogla biti armilarna sfera (za koju Ptolomej ipak kaže da ju je on konstruisao; Almagest V.1) ili prethodnik planarnih instrumenata nazvanih astrolab (kojeg spominje Teon iz Aleksandrije). S astrolabom Hiparh je bio prvi koji je mogao izmeriti geografsku širinu i vreme promatrajući zvezde. Prije njega to se radilo danju mereći bacanu senu gnomonom ili prenosnim instrumentom poznat kao skafion.

Napravio je katalog zvezda. Katalog mu je služio da pronađe bilo kakve promene na nebu, ali je ostao nesačuvan. Ipak, 2005. je provedena analiza antičkog kipa Atlasa koji pokazuje zvezde na položajima za koje se čini da su određen koristivši se Hiparhovim podacima. Njegova zvezdana mapa je bila u potpunosti promenjena 1000 godina kasnije. Kasnije je Halley koristio vlastiti zvezdani katalog da otkrije odgovarajuća kretanja.

Sistem nebeskih koordinata koji je korišten u Hiparhovom zvezdanom katalogu nije poznat. Od Ptolomejeve kopije u Almagestu koja je data u ekliptičnim koordinatama, taj

sistem se čini najverovatnijim, iako postoje dokazi da su i ekliptične koordinate i ekvatorijalne koordinate bile korištene u originalnim posmatranjima.

Hiparh je 134. p. n. e. poređao zvezde u šest grupa prema porastu njihove veličine i sjaja: dodao je najsjajnijim zvezdama (njih 20) vrednost od 1, slabijima vrednost od 2 i tako dalje sve do zvezda s sjajem 6, koje se jedva mogu videti golim okom. Taj nacrt je kasnije prihvatio Ptolomej i slični sistemi još su uvek u upotrebi.

Hiparh je možda najslavniji jer je bio prvi koji je izmerio precesiju ekvinocija. Postoje prijedlozi da su Vavilonci mogli znati o precesiji ali čini se da je Hiparh bio prvi koji je precesiju uistinu razumeo i izmerio. Hiparh je predložio teoriju epicikla jer je imao problema s trajanjem godišnjih doba, prividnom veličinom nebeskih tela i retrogradnim kretanjem. Kretanje spoljnje planete oko Zemlje se sastoji od dva kretanja: godišnjeg kretanja planeta po obimu malog kruga koji se naziva epicikl i kretanja centra tog epicikla po obimu većeg kruga koji okružuje Zemlju. Danas se zna da je ovaj drugi krug dobro opisivao putanju planete oko Sunca, da je epicilično kretanje prividno usled stvarnog kretanja Zemlje (ako se posmatrač kreće po krugu, za njega predmet koji miruje opisuje približno isti krug).

Claudius Ptolemaios (100-178)



Grk Klaudius Ptolemaios (kod nas poznat kao Ptolomej, iako je pravilnije Ptolemej), rodjen je u Aleksandriji, Egipat, gde je i radio. O njegovom životu, inače, malo se zna. U svom razvoju prvo se bazirao na tumačenjima Hiparha i Aristotela, prema kojima se Zemlja nalazila u centru univerzuma, a planete i zvezde rotirale oko nje po pravilnim kružnim putanjama. Ptolomejev sistem korišćen je posle njega punih četrnaest vekova, sve do Kopernikovih otkrića 1543 godine. Ptolomej je smatrao da je Zemlja obavijena nizom od osam kristalnih sfera na kojima su

raspoređeni Sunce, Mesec, planete (pet poznatih u to vreme – Merkur, Venera, Mars, Jupiter i Saturn) i zvezde. Da bi objasnio “petlje” koje nastaju u kretanju planeta po nebeskoj sferi uveo je i dodatno kružno kretanje planeta – one su se kretale po manjim kružnim orbitama spojenim sa odgovarajućim sferama. Ono što se nalazilo iza osme sfere, iza zvezda, ostalo je prilično neodređeno, ali nije predstavljalo deo vidljive Vasione. Ovaj model prihvatile je hrišćanska crkva kao sliku Vasione koja je u skladu sa Svetim pismom i čija je glavna prednost u tome što je ostavljala obilje prostora iza sfere zvezda za raj i pakao. U domenu matematike Ptolomej je ponudio prve proračune longituda i latituda (geografskih dužina i širina Zemlje), što je omogućilo prikazivanje projekcija sfernih površina sa ucrtavanjima karata u razmerama. I ove prve mape imaju dosta netačnosti, ekvator je suviše na severu, a Azija je previše na istoku



N A U K A U M R A Č N O M D O B U (6 4 2 - 1 4 5 3)

Fizika koja je dobro krenula napred, bila je ugušena skoro odmah po rođenju; astronomija, pošto je bila krenula ne može biti bolje u Aristarhovo doba, zaokrenula je pogrešno i sada je napredovala pogrešnim putem. Najgore zlo od svega predstavljao je otpor crkve. Čitava bujica klasičnih knjiga bila je prevedena na latinski, tako da su dela Aristotela, Euklida, Arhimeda i drugih postala dostupna kulturnom svetu na jeziku koji je taj svet mogao razumeti. Međutim interesovanje se obično prenosilo na lažne nauke-alhemiju, astrologiju i mađiju. Ove su se nauke mogle podićiti da su bile korisne svojim privrženicima, dok prava nauka, koja je nudila znanje znanja radi, nije to mogla reći za sebe.

R A Đ A N J E S A V R E M E N E N A U K E

Preporod naučnog duha je postepeno oživljavao posle hiljadugodišnje začmalosti. Ali ako bi smo morali da izaberemo jednu određenu godinu, mnogo što šta bi govorilo za to da to bude godina 1452, godina kada je rođen Leonardo da Vinči, koga mnogi pozdravljaju kao prvog naučnika koji je oslobođio svoju misao od one zbrke pogrešnih shvatanja srednjeg veka i pristupio proučavanju prirode u istinski savremenom duhu.

Leonardo da Vinci (1452-1519).



U prvo vreme on je bio umetnik i posvećivao je svoje glavne napore slikanju i vajanju. Njegovi nedostaci su bili isto tako veliki i izvanredni kao i njegovi talenti. Izvan izabranog polja rada na umetnosti, izgleda da je radio veoma tromo, sa naporom i lagano, pa je zbir njegovih dovršenih naučnih dela po količini zaista mali. On je retko dovršavao svoje rade.

Na polju primjenjene nauke on je izradio planove i modele za leteće mašine, helikoptere i padobrane, kao i za brzometne topove koji se odnatzad pune.



U astronomiji je shvatio da je Zemlja "zvezda kao i druge zvezde" (podrazumevajući da je ona planeta kao i druge planete). On je nagovestio da je Sunce u središtu vasiona. U mehanici je tvrdio da "svako telo ispoljava svoju težinu u pravcu u kome se kreće" i tvrdio je da telo u slobodnom padu povećava svoju brzinu što pad dalje traje. Izgleda da je svatio da sila prvenstveno proizvodi ubrzanje a ne kretanje, te je ovim osporio Aristotelovo učenje da je sila potrebna za kretanje, a pretkazao bitne elemente Galilejevog učenja iz mehanike. Govorio je da se cela vasiona pokorava neizmenjivim mehaničkim zakonima što je predhodilo Njutnovom učenju, mada nije dao nikakav ogled ili dokaz za to.

Za Leonarda nauka se mora zasnivati na posmatranju. Ona može korisno upotrebiti matematiku da pretrese ova zapažanja, ali je bolje da se završi odlučnim ogledom kojim bi se proverili krajnji zaključci.

ASTRONOMIJA

Nikolai Copernicito (1473-1543)



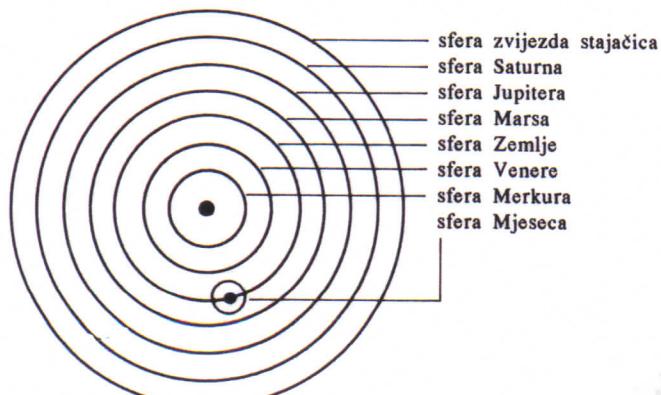
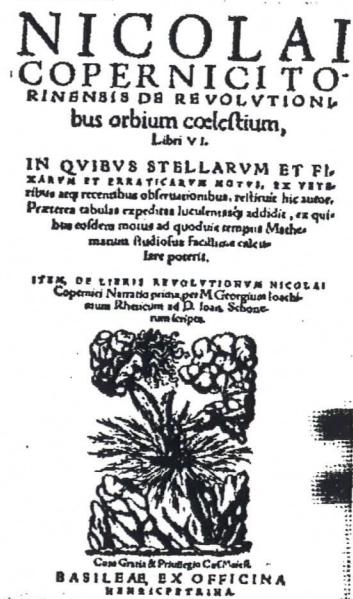
Nikola Kopernik rođen je u Torunju u Poljskoj. Po završetku srednje škole studirao je i posle navršene tridesete godine, na raznim univerzitetima u Italiji. Kao Leonardo da Vinči on je bio čovek širokog obrazovanja i raznovrsnih sposobnosti, ali se uglavnom bavio matematikom i astronomijom.

Na predavanjima Kopernik je slušao predavanja iz Ptolomejeve astronomije. Ta su predavanja još uvek predstavljala zvaničnu univerzitetsku astronomiju i crkvenu, ali izvestan broj naprednih misilaca već su osećali sumnju prema njoj i zastupali drukčija shvatanja, slična učenju Aristarha koje je postavljalo Sunce u središte vaspone.

U svom ključnom delu koje je verovatno pisao dvadeset pet godina "De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri VI"- "O obrtanju nebeskih sfera, 6 knjiga".

Kopernik počinje svoja izlaganja napomenom: "Svaka promena položaja koja se osmotri, posledica je kretanja bilo posmatranog predmeta, bilo posmatrača, ili možda kretanja i jednog i drugog... Ako bi Zemlja vršila ma kakvo kretanje, ovo bi se zapažalo na svemu što se nalazi izvan Zemlje, samo što bi se odvijalo u suprotnom smeru, kao da sve to putuje pored Zemlje". "Mi jedrimo iz pristaništa, a Zemlja i gradovi se povlače". Kopernik dalje navodi "Zemlja okreće se jedanput u toku dana". "Prema tome ne bi bilo neobično ako bi neko pripisao Zemlji, pored njenog dnevnog obrtanja, još i jedno drugo kretanje".

Kopernik je mislio da se prividna kretanja planeta po njihovim epiciklima mogu na sličan način objasniti kao odrazi stvarnog kretanja Zemlje oko Sunca. Ako je to tako, sva kretanja u sunčanom sistemu jesu kretanja Zemlje i ostalih planeta po kružnim putanjama oko nepomičnog Sunca u središtu, te bi, prema tome, Zemlja bila samo jedan od mnogih "putnika", dok bi "Sunce kao da sedi visoko na kraljevskom prestolu, upravljaljao porodicom zvezda koje kruže oko njega". Ovo nije bila neka nova pretpostavka, jer je istovetna sa Aristarhovom teorijom koju je postavio 1800 godina pre Kopernika. Ali ono što je Kopernik zaista učinio bilo je to što je pokazao da onaj stari



Aristarhov sistem može da objasni zapaženo kretanje planeta ili, još bolje, da može da stvori tačno one iste pojave na nebu kao i ona složena epiciklična Ptolomejeva kretanja.

Kopernik nije mogao biti siguran u svoja sopstvena izlaganja, niti je mogao očekivati od drugih da ih usvoje, sve dok ne bude u stanju da ih uskladi sa najboljim posmatrnjima koja su bila izvršena.

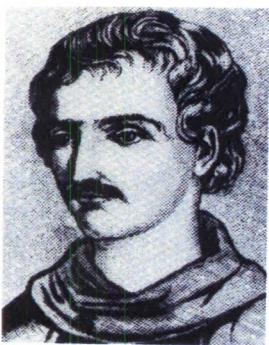
Najveći deo toga rada bio je uzaludan. Samo je trebala jedna mala ispravka, naime da se kružne putanje zvezda zamene nešto malo izduženim krivim linijama-elipsama. Godine 1609. Kepler je ovo pokazao, ali Kopernik čija je glava još uvek bila puna pitagorejskih i Aristotelovih učenja o "prirodnosti" i "neizbežnosti" kružnih kretanja, nije mogao da to shvati.

Zato je dodao neke nove krugove u obliku epicikla, slično onima koje je baš bio uklonio, i tako samo povećao zbrku krugova koji su već postojali na planu, pretpostavljajući da se središta putanja planeta ne poklapaju sa Suncem. Sam Kopernik je još uvek upotrebljavao trideset i četiri kruga. Složenost Ptolomejevog sistema bila je samo ublažena, a ne i uklonjena.

Kažu da je štampanje ovog njegovog dela završeno baš u poslednjem trenutku kada je pisac još mogao da uzme knjigu u ruke ležeći oduzet i bez svesti na samrtničkoj postelji.

Često se tvrdilo da je Kopernik zadržao ovu knjigu bojeći se da bi ona mogla prouzrokovati negodovanje katoličke crkve. Kopernik nije držao u tajnosti svoje zaključke, već ih je razaslao u svojim "Komentarima" mnogim crkvenim velikodostojnicima, od kojih su ga mnogi potsticali da objavi svoja otkrića. 1616. godine Kopernikova knjiga bila je stavljena na "indeks" – tako da je svim dobrim katolicima bilo zabranjeno da je čitaju.

Giordano Bruno (1547-1600)

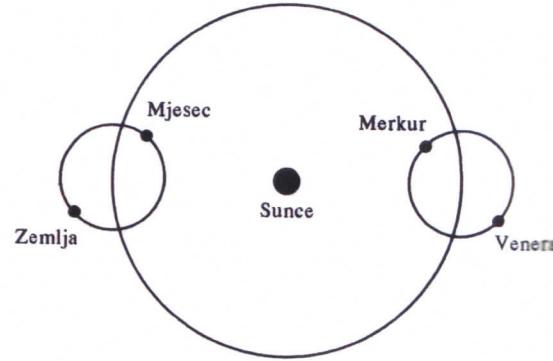


Bivši sveštenik koji je smatrao da zvezde uopšte nisu prikovane ni na kakvoj sferi nego da su rasute po beskonačnom prostoru. U tom svemiru više ne postoje privilegovana mesta i smerovi.

Bruno je podržavao Kopernikovu tvrdnju da se Zemlja okreće oko Sunca a to znači da je potpuno napustio geocentrični sistem, ali model

Brunovog sistema bio je sasvim drugačiji od Kopernikovog i još manje se slagao sa podacima koji su dobijeni iz posmatranja.

Uhvatila ga je inkvizicija i 1600. godine javno je spaljen na trgu u Rimu.



Ticho Brahe (1546-1601).



Tri godine posle Kopernikove smrti rodio se Brahe, sledeći veliki astronom toga vremena. U mnogo čemu on je bio puna suprotnost Koperniku. Kopernik je bio veliki matematičar i veliki teoretičar, ali slab posmatrač, dok je Brahe bio slab matematičar i teoretičar, ali veliki posmatrač.

Proučavao je Ptolomejeva dela i vršio prosta posmatranja pomoću primitivnih instrumenata koje je sam napravio. Danski kralj Fridrih II uzeo je

mladog astronoma pod svoju zaštitu i posle nekog vremena poklonio mu je ostrvo Huven da podigne tamo opservatoriju i sebi kuću.

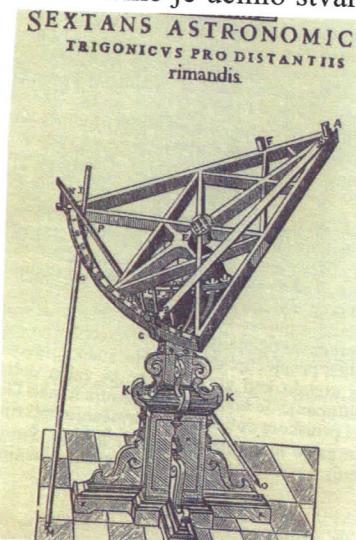
Kad je Fridrih 1588. umro, Tihova plata je bila smanjena i on je napustio ostrvo 1597. godine. Dve godine kasnije car Rudolf II ga je pozvao u Prag, dodelio mu platu i zamak da ga upotrebi za zvezdaru. Ali plodni deo Tihovog života već je bio prošao, oborila ga je iznenadna bolest i on je umro 1601. godine.



Tiko se protivio Kopenikovom učenju, jer je smatrao da je protivno i pravoj fizici i jasnom slovu biblije da se teška čvrsta zemlja može kretati po prostoru.

On je zadržao Zemlju kao središte svoje vasione i Aristotelovu loptu zvezda nekretnica na spoljnjoj njegovojo granici. Sunce je još uvek kružilo oko Zemlje, ali su druge planete, Merkur, Venera, Mars, Jupiter i Saturn, sve kružile oko Sunca po epiciklima. Ovo je bio "prelazni sistem".

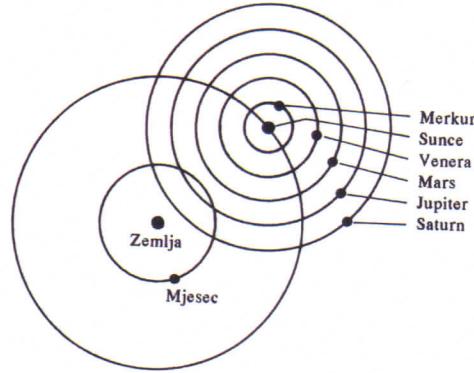
Tiko je učinio stvarnu uslugu astronomiji



ji kao posmatrač a ne kao teoretičar, on je uveo u astronomiju nova merila za tačnost. Ovo je postigao na dva načina: upotrebom boljih instrumenata i primenom boljih načina rada.

1572. on uočava novu zvezdu koja je trajala dve godine i o tome piše u "De nova stella" - "O novoj zvezdi".

On je ponovo odredio položaje zvezda što je objavljeno u njegovom spisku zvezda 1602. godine. Verovatno su njegova posmatranja položaja planeta njegovo najbolje delo, ne po tome što se on time koristio, već zbog udela koji su ona imala u kasnjem razvoju. On ih je predao Johanu Kepleru, svome pomoćniku, koga je uzeo u službu neposredno pred svoju smrt.



Joannes Kepplerus (1571-1630)



Neposredno pre smrti Tiho Brahe je dao Kepliju zadatku da proučava kretanje Marsa. Posle njegove smrti Kepler je pomoću podataka o posmatranju položaja planeta zaključio da Mars u toku svog kretanja oko Sunca ima putanju sličnu krugu ali to nije bio krug. Putanja beše, doduše, simetrična prema svome centru, ali se kroz taj centar mogao položiti jedan prečnik, koji beše veći od ostalih, i jedan koji beše manji od ostalih prečnika. Dakle putanja Marsova nije krug nego linija slična elipsi.

Za njega nije bilo dovoljno znati da putanja Marsa nije krug, nego je trebalo odgovoriti i na pitanje kakva je ona kriva i kojom matematičkom jednačinom je ona predstavljena. U tom pravcu

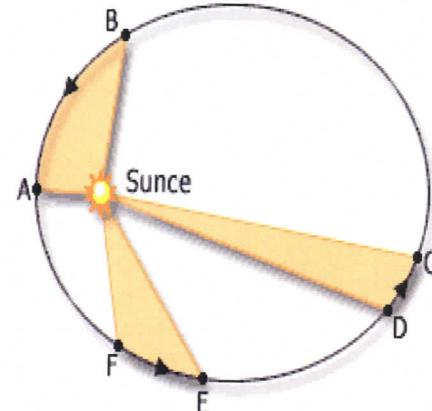
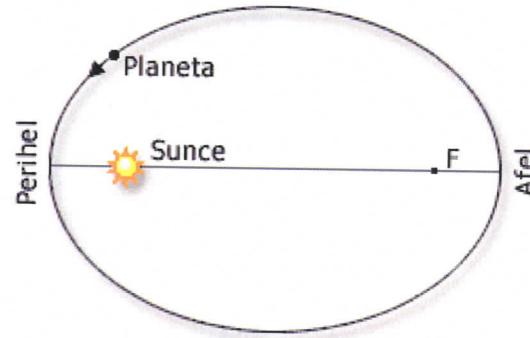
produžio je Kepler svoja ispitivanja. Kepler je bio sjajan matematičar i geometar i stajao je u tom pogledu daleko iznad Braha. U devetoj godini svog mučnog i besprekidnog rada Kepler je stigao do rešenja: Putanja planete Marsa je elipsa, u jednoj od njenih dveju žiža stoji Sunce. Svoje račune primenio je i na putanju Zemlje i ova se ispoljila kao elipsa, samo toliko malenog ekscentriciteta da se jedva razlikuje od kružne linije, zato ju je pre svoga otkrića smatrao za krug.

Sada je Kepler mogao da uopšti rezultat svojih računa i formira svoj prvi zakon: "Planete opisuju oko Sunca eliptične putanje, u zajedničkoj žiži tih elipsi nalazi se Sunce".

Keplerov genije nije se zaustavio na ovom rezultatu. Svojim računima nije on samo otkrio geometrijsku prirodu putanja planeta, nego je rešio i kinematički problem i našao zakone po kojima se planete kreću po tim svojim putanjama, a koji je obuhvaćen drugim Keplerovim zakonom: "Planete se kreću po svojim putanjama uvek tolikom brzinom da radijus vektor, povučen od Sunca do uočene planete, prevlači u jednakim intervalima vremena jednake površine".

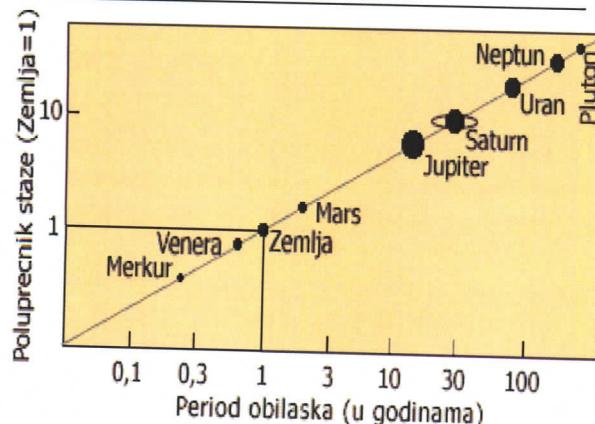
Sa ova dva svoja zakona oborio je Kepler jednim udarcem staro tvrdoglavu učenje svih svojih prethodnika, geocentričara i heliocentričara, da je kretanje nebeskih tela kružno i ravnomerno ili iz takvih kretanja sastavljeno. Novo jedno doba astronomije počelo je godine 1609. kada je Kepler publikovao svoje glavno delo i dao mu naslov "Astronomia nova"- "Nova astronomija".

Sa svoja dva zakona otkrio je pravila kretanja pojedinih planeta. Ali mu je njegov genije govorio da, sem ta dva zakona, mora još nešto postojati: zajednička veza koja ta pojedina kretanja međusobno vezuje. I on je i tu vezu pronašao: "Kvadrati vremena obilaženja pojedinih planeta oko Sunca stoe u proporciji trećih potencija velikih poluosa njihovih putanja". Ovo je treći Keplerov zakon koji dat u delu "De harmonia mundi".



Eto, tako je Kepler iz večne knjige neba pročitao tri važne rečenice.

Kepler je postigao veliki napredak u stvaranju nove fizike jer je matematizirao nebesku mehaniku.



MEHANIKA

U XIV veku deluju pripadnici Merton koledža u Oksfordu "Mertonijanci" (1323-1350) koji su sholastičari ali formalno pripadaju renesansi. Oni prvi uvode podelu na kinematiku i dinamiku. Razlikuju pojmove trenutne i srednje brzine. Uvode i ubrzanje. Oni daju teoremu koja u stvari govori o jednakom ubrzanom kretanju i formulišu kao **teoremu srednje brzine** da je predjeni put jednako ubrzanog kretanja jednak putu koji bi telo prešlo ako bi se ravnomerno kretalo srednjom brzinom između početne i krajnje brzine. Odavde izvode **teoremu udaljenosti** da je predjeni put u prvoj polovini kretanja tri puta manji od predjenog puta u drugoj polovini kretanja. Iz nje **Nikola Oremski (1325-1382)** izvodi zaključak da se prednjeni putevi u uzastopnim intervalima vremena odnose kao neparni brojevi. Problem je njihovo izražavanje: oni govore o "latitudama formi" ili "širinama intenziteta". Nikola Oremski crta grafike intenziteta kvaliteta (to nanosi vertikalno) a onda je kvantitet površina. Tako dobija različite grafike, a kada je to brzina u funkciji vremena, lako se dobija teorema o srednjoj vrednosti.

Stalno se postavlja pitanje pokretača kretanja. **Jean Buridan (1300-1359)** koristi predhodno uvedeni pojam **impetus**. Impetus je ono što ima telo u kretanju, njegov permanentni kvalitet. "Što je veća brzina kojom motor pokreće telo, jači je i impetus... Za koliko telo ima više materije, za toliko prima više impetusa". Ovo je očigledno kvalitativni opis veličine koja može da bude količina kretanja ili kinetička energija.

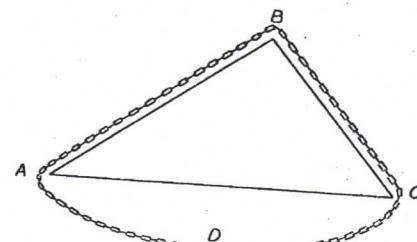
Simon Stevinus (1548-1620)



Bio je inženjer koji je dospeo do visokog čina u holandskoj vojsci. Njegov naročiti uspeh je bilo otkriće zakona koji mi sada nazivamo "paralelogram sila".

Retko je neki predmet pod dejstvom samo jedne jedine sile mnogo češće dejstvuje više sila u isto vreme. Postavljalo se pitanje: kako izračunati udruženo dejstvo dveju ili više sila kad one deluju zajedno?

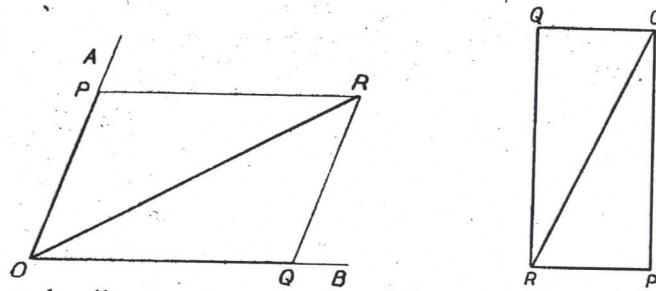
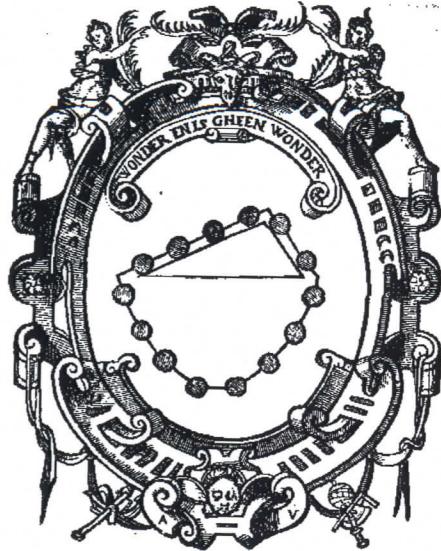
Stevin je zamislio trouglastu prizmu kao što je ABC na slici, koja bi bila dobro učvršćena i čija bi najduža strana AC bila vodoravna, dok je oko ove trouglaste prizme navučen beskrajni lanac ABCD. I bez ogleda Stevin je znao da će lanac ležati mirno, jer jedini drugi mogući način pored ovoga bilo bi vecito kretanje, za koje je bilo poznato da nemože postojati.



Sledeća prepostavka proizašla je iz čiste intuicije, a nije do nje došao na osnovu nekog ogleda ili razmišljanja. Bila je u tome da se onaj deo lanca ADC koji visi može otseći, a da se time ne poremeti ravnoteža preostalog lanca. Pošto su težine ova dva komada lanca srazmerne sa njihovim dužinama, Stevin je zaključio da će dva predmeta koji stoje na stranama AB i BC, a vezana su kanapom biti u ravnoteži ako su njihove težine u srazmeri sa dužinama AB i BC. Iz ove pojave putem jednostavnog računa dobija se previlo za određivanje dejstva sila koje istovremeno deluju na jedan isti predmet.

Ovo pravilo glasi: Pretpostavimo da dve sile deluju istovremeno na neki predmet u tačko O, a da deluju po pravcima OA i OB kao na slici. Na polupravama OA i OB otsecamo dužine OP i OQ srazmerne sa jačinom ove dve sile i tako dovršavamo paralelogram OPRQ. Tada nam pravilo kazuje da će dve sile imati isto dejstvo kao jedna jedina sila čija jačina odgovara dužini OR i koja deluje u pravcu OR.

Ovo zaista genijalno tvrdjenje osnivalo se na mešavini eksperimentalnog saznanja, intuicije i prepostavke. Ono je bilo važno zbog dveju stvari: razbistriло је појам о телу на које истовремено deluje više sila i donelo rezultat koji је bio neophodan за dalji napredak naučne mehanike.



Stevin je ovo objasnio sve u svojoj knjizi "Statika i hidrostatika" koju je objavio 1586. godine.

Dalje je opisivao kako su Grocius i on vršili oglede sa padom tela pod uticajem težine i pronašli da i jednom lakov i jednom teškom telu treba isto vreme da stignu do zemlje ako su pušteni sa iste visine. Ovo je bilo suprotno Aristotelu koji je tvrdio da tela različitih materija neće stići na zemlju u isto vreme.

Izmislio je decimalne brojeve i u hidrostatici protumačio je hidrostaticki paradoks i zakon spojenih sudova, ali nije imao koncept pritiska.



Giovanni Batista Benedetti (1530-1590)

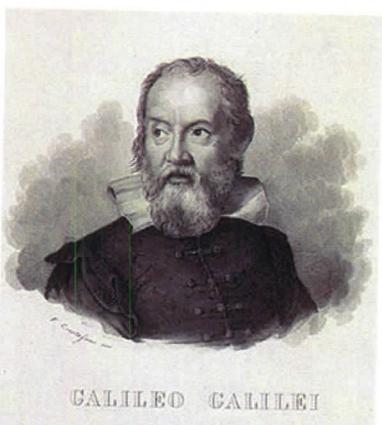
Veoma mnogo je uticao na Galileja. On pravi neku kombinaciju Aristotela i Arhimeda. Formulisao je očuvanje linearog impetusa: "Svako teško telo, bilo da se kreće prirodno ili iznuđeno, želi da se kreće prirodno po pravoj liniji, što možemo jasno uočiti kad okrećemo ruku da bismo praćkom bacili kamen, užad dobijaju težinu utoliko veću, ukoliko se praćka brže okreće, to potiče od prirodnog apetita u kamenu koji ga nagoni da se kreće po pravoj liniji..."

Za Kopernika težina tela nije težnja prema prirodnom mestu nego tendencija dela prema celini ili sličnoga sličnomu. On je pojam takve tendencije primenio i za nebeska tela. Sila se tokom XVI veka svaćala kao metafizička ideja, pa joj nije dato nikakvo matematičko određenje. Proces matematiziranja sile počeo je početkom XVII veka.

U XVI veku upućene su ozbiljne kritike Aristotelovom svatanju pojma prostora, a u vezi sti m i njegovom svatanju beskonačnoga. Po Aristotelu prostor je nedeljiv od materije koja se nalazi u njemu. Postoje prirodna mesta elemenata zemlje, vode, vazduha i vatre. Izvan sfere zvezda stajačica, po Aristotelu, ne postoji prostor, jer izvan nje nema nikakve materije ni zemaljske ni nebeske. Prostor je, po Aristotelu, u skladu s tim konačan.

Prostor se u ovom dobu smatrao homogen, i beskonačan i egzistencija mesta u njemu nije moguća. Kretanje tela u prostoru nije uzrokovano nikakvim težnjama prema prirodnom mestu već samo fizičkim silama.

Galileo Galilei (1564-1642)

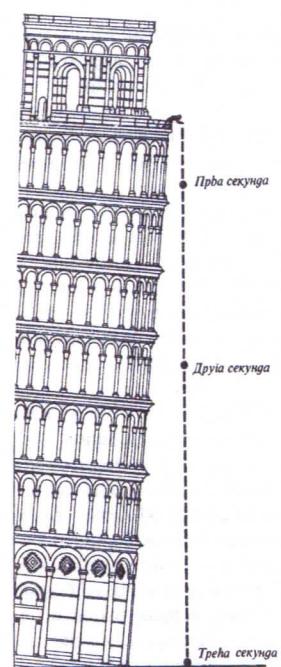


je u Pizi ostao samo dve godine, pa je potom postavljen za profesora matematike u Padovi na kome je položaju ostao sledećih osamnaest godina.

Galilej je dao grafičko tumačenje ravnomerno ubrzanog kretanja ali je tumačenje i matematički interpretirao. Pri tome je dao i interpretaciju ravnomerno ubrzanog kretanja pomoću pravouglog trougla kojem su katete proteklo vreme i konačna brzina a površina pređeni put. To se može ovako formulisati: Telo koje se kreće ravnomerno ubrzano počevši od mirovanja prevalice put jednakom brzinom koja je jednaka polovini maksimalne brzine pri ravnomerno ubrzanom kretanju.

To i druge mehaničke rezultate Galilej iznosi u delu "Rasprave i matematički dokazi o veoma novim naukama koje pripadaju mehanici i lokalnim kretanjima", koje je izašlo u Leidenu 1638. godine.

Rodio u Pizi onog istog dana kada je Mikelanđelo umro. Na univerzitetu u Pizi studirao je medicinu, ali jedno predavanje iz geometrije, koje je on slučajno slušao ubedilo ga da je matematika daleko interesantnija od medicine. U Firenci je držao predavanja i stekao naučnički glas pa je bio postavljen za nastavnika na svom starom univerzitetu u Pizi. Ali njegov nezavisni duh, podrugljiva narav i oštar jezik uskoro su učinili da ga nerado gledaju svi oni čija se mišljenja nisu slagala sa njegovim. Kao nastavnik on



Na osnovu predhodnog Galilej dolazi i do sledećeg zaključka: Ako se telo spušta iz stanja mirovanja ravnomerno ubrzanim kretanjem, putevi koje telo prevaljuje u bilo kojim vremenskim razmacima odnose se kao kvadrati tih vremenskih razmaka.

No nije bilo dovoljno samo matematički izvesti zaključke nego bilo je potrebno i eksperimentalno dokazati.

Galileju je pri izvođenju eksperimenata smetao otpor vazduha pa mu je bila potrebna jaka imaginacija da iz eksperimenta koji je ponovio više puta, apstrahira tu zakonitost. Galilej je potvrdio dvojako: eksperimentom i matematičkim izvodom. Slaganje jednog i drugog rezultata omogućilo mu je da matematičkom dedukcijom izvede i druge zaključke, koji bi se isto morali slagati sa iskustvom. Galilej je znači dobio snažno oruđe: eksperiment i matematički izvod.

Koristeći se matematičkom metodologijom Galilej je mogao rešiti pitanje slobodnog pada, kosog hica i horizontalnog hica.

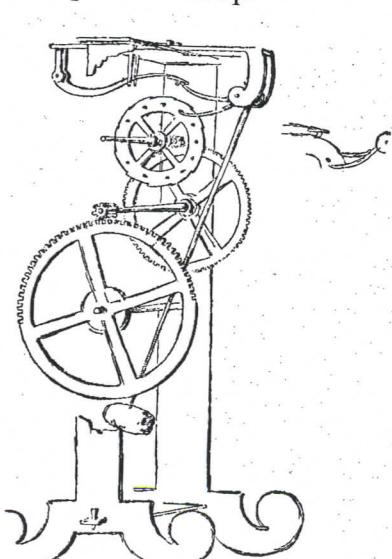
On uzima da je telo bačeno po horizontalnoj podlozi na kojoj nema prepreka i nema razloga da kretanje bude prekinuto ako se podloga proteže u bezkonačnost. Ako je ta podloga ograničena a telo dode do njene ivice ono bi se moralo kretati prema dole zbog sklonosti koje potiče od njegove težine. Naime on je smatrao da je telu svojstvena sklonost kretanja prema dole što potiče još od Aristotelovog svatanja o težnji prema dole iako je Galilej odbacivao svako ovako mišljenje. Galilejeva mehanika bila je čisto kinematička, a svaka dinamička rasudivanja bila su potpuno isključena. On razmatrajući samo kinematička svojstva kretanja, nije raspravljao o njihovim uzrocima, premda ih je priznavao. On priznaje da u prirodi postoji neka sila zbog koje telo pada prema dole ali o toj sili ne želi uopšte raspravljati, ostajući u sklopu kinematike.

Trebalо je na takvim temeljima izgraditi još i nebesku mehaniku. Zalagao se za Kopernikov sistem, ali nije izgrađivao mehaniku kretanja planeta. On je samo pomoću posmatranja tražio dokaze za heliocentrični sistem u čemu je imao dosta uspeha.



Zbog svojih ogleda i posmatranja Galilej je napravio teleskop i mikroskop.

Radi izvođenja svojih ogleda morao je da poboljša i merenje vremena. U to vreme jedini poznati načini su bili pomoću sunčanog sata, sagorevanja sveće ili ulja u svetiljci. Peščani sat ili vodeni sat su bili veoma grubi mehanički časovnici. Poboljšao je vodeni časovnik na dovitljiv način. Puštao je da voda kaplje u jedan prijemnik, pa potom veoma tačno merio količinu nakapale vode. Ali vreme koje je valjalo izmeriti bilo je još uvek nezgodno kratko. Zbog toga je Galilej usporio svoje oglede time što je vršio oglede sa sporijim kretanjem niz blago nagnutu ravan mesto brzog vertikalnog padanja verujući da isti zakon mora važiti i za jedno i za drugo kretanje, što je zaista tačno. Tako je on prvi koji je vršio oglede na strmoj ravni.



Posmatrajući kako se na povetarcu ljlja fenjer na tornju katedrale zapazio je da kratko klaćenje traje isto vreme kao i dugačko. Da ovo premeri on nije imao nikakvog drugog časovnika osim svog

sopstvenog srca, pa je zato određivao vreme oscilacija brojeći svoj puls. Ovo grubo zapažanje potvrdio je tačnim ogledom u laboratoriji. Ne samo da je vreme klaćenja klatna bilo isto za blago i za snažno klaćenje, već je ono bilo isto ma od kakvog materijala da je klatno načinjeno. Ovo je jasno pokazivalo da privlačna sila zemljina čini da sve materije povećavaju svoje brzine istom merom. Kasno u svom životu Galilej je video da ova osobina klatna može da omogući izradu časovnika tačnijeg nego li što su bile primitivne naprave koje su dotada bile u upotrebi. Glavna teškoća bila je da se pronađe način da se klatno održi u pokretu, ako je moguće, koristeći neki spoljni izvor sile. Galilej nikada nije načinio ovakav časovnik.

Galilej je uočio relativnost kretanja, uveo je pojam inercije i pojam ubrzanja.

Kratka analiza dela: "De Motu" je još početničko u smislu da ima puno principijelnih grešaka ali se ogleda stil: uglavnom zanemaruje ili umanjuje doprinos prethodnika i žestoko polemiše pre svega sa Aristotelom. 1604. piše "Pismo Sarpiju" u kojem navodi zaključke koje je dobio na osnovu eksperimenta iz kretanja tela.

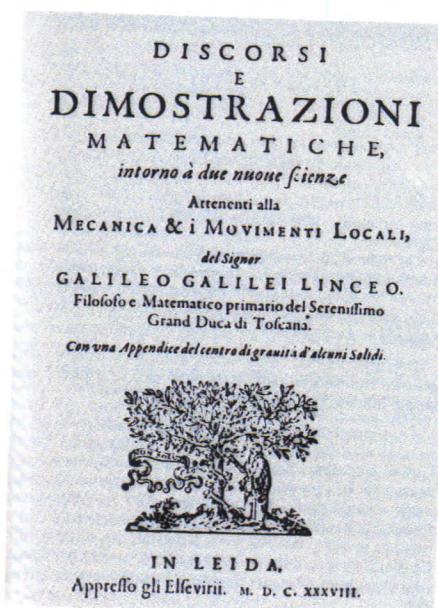
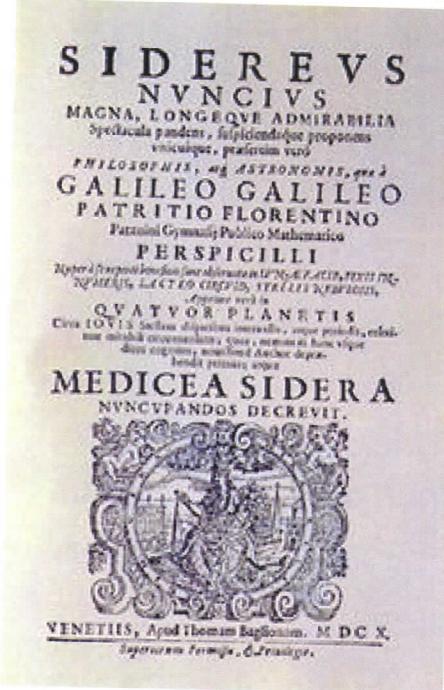
1632. piše "Dijalog o dva sveta"- "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo". Dijalog tri lica: Salviati je njegov student koji izlaže njegovo mišljenje, Sagredo je ljubopitiv, dobro obavešteni amater, takođe njegov student a treći je Simplicio koji predstavlja aristotelovca.

Knjiga je podeljena po danima. Prvog dana se razmatra pitanje podele sveta na savršeni gornji i nesavršeni donji gde su Galilejevi argumenti njegova astronomska razmatranja. U drugom danu se javljaju dva koncepta: relativnos kretanja i inercija. U trećem danu se zalaže za Kopernika mada radi sa krugovima iako zna za Keplerove elipse. U četvrtom danu daje pogrešnu teoriju plime i oseke. Značaj ove knjige je pre svega u borbi za oslobođanje od dogme.

"Matematiche rasprave i dokazi o dve nove nauke..."- "Discorsi e dimonstrazione matematiche intorno a due nuove scienze" (1638) – opet iste ličnosti razgovaraju četiri dana. Prva dva dana se odnose na primene mehanike.

Tu se stiže do ključne ekstrapolacije da bi u vakuumu sva tela padala jednako. U drugom danu se bavi kohezijom a onda ide treće dan, bitan za dinamiku i tu navodi da se neće baviti uzrokom kretanja već samo njegovim opisom. Četvrti dan se bavi kretanjem projektila koje je složeno kretanje od jednog ravnomernog i jednog ravnoverno ubrzanog kretanja. Opisuje horizontalan hitac kombinujući slaganje kretanja, inerciju i kontinuitet kretanja.

U svojoj sedamdesetoj godini Galileja poziva inkvizicija i zbog mišljenja o nepokretnom Suncu i pokretnoj Zemlji naređuje pod pretnjom kazne da ne sme "podržavati, ni braniti ili učiti na ma koji način, usmeno ili pismeno navedene



propozicije". Galilej se odrekao svog učenja pred inkvizicijom i pred svim spravama za mučenje, koje je četiri veka čovek pravio i u kojima je bio oličen ceo tehnički napredak onih vremena, ali ni inkvizicija ni te strašne sprave ne moguće zaustaviti Zemlju u njenom hodu oko Sunca.

XVII VEK - VEK GENIJA

MEHANIKA

Rene Descartes (1596-1650)



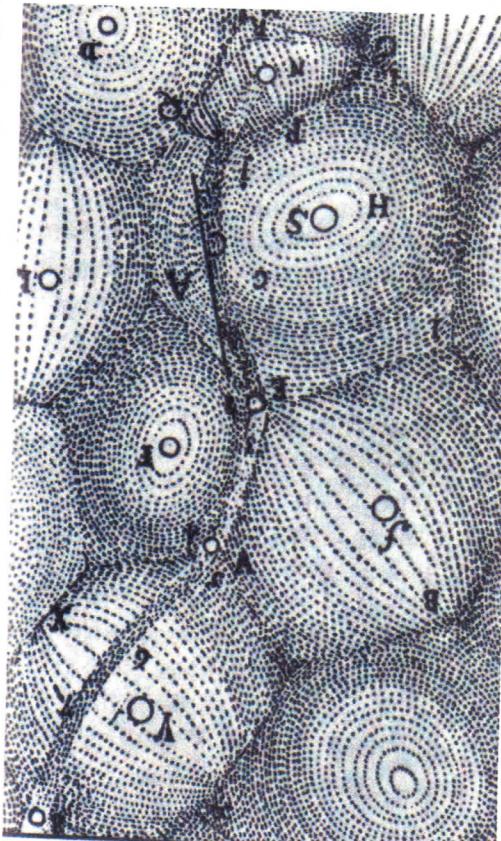
Galilej je postavio osnove, nastavio je René Dekart. On je učinio sledeći važan korak- važan, ma da je učinjen unatrag. Rođen je blizu Tura, u dobroj građanskoj porodici, a obrazovan je u jezuitskoj školi u varoši La Fleš. Tu se pokazao izuzetno sjajnim u matematici i kasnije je studirao matematiku dve godine kod čuvenog pariskog matematičara Mersena. Posle kratke službe u vojsci kneza Morisa Oranskog on je dao ostavku na oficirski čin, kad mu je bilo dvadeset i pet godina, pa je ceo ostatak života posvetio matematici i filozofiji. Naime dok je bio na vojnoj službi u varoši Bredi, on je jednom primetio neku objavu na ulici ispisano na holandskom jeziku. Dekart je zamolio nekog prolaznika da mu sadržinu prevede. Objava je sadržavala matematički problem. Prolaznik stranac bio je Bekman, direktor gimnazije u Dortu, koji mu je odgovorio da će prevesti objavu, ako Dekart preuzme na sebe da da rešenje problema. Ovo je Dekart učinio za nekoliko časova i ovo svedočanstvo o njegovim matematičkim sposobnostima ohrabrilo ga je, te se vratio matematičkom radu koji je bio započeo u mladosti.

Nastanio se u Holandiji i radio je punih pet godina na svojoj knjizi "Le Monde" - "Svet", u nadi da će to delo dati potpunu sliku stanja nauke, a isto tako i potpunu teoriju fizičke vasionе. Međutim kada je saznao za osudu Galileja, kao dobar katolik, odustao je i prešao je na bezopasnije teme.

Prvo objavljuje "Raspravu o metodu" u kojoj je skupio sve što je do tada radio. U nastavku piše "Meditacije o prvoj filozofiji, postojanju boga i besmrtnosti duše", njegovo najvažnije delo "Principi filozofije" i nakraju "Strasti duše".

Njegovi zaključci su bili bez vrednosti, ali Dekartova teorija je važna zato što je to bio prvi pokušaj da se vasiona objasni čisto mehaničkim putem. To je pre teorija filozofa nego teorija prirodnjaka, jer se više oslanja na opšte principe razmišljanja i nagađanja nego na ogled.

Vršio je podelu osobina supstancije na dve grupe, koje je on nazvao primarnim i sekundarnim. Sekundarne osobine su tvrdoća, mekoća, slatkost, kiselost i dr. za čija razaznavanja su potrebna čula. Primarne osobine su one koje postoje "za svoj račun" bilo da ih neko razaznaje ili ne. Dekart je mišljenja da postoje samo dve primarne osobine- prostiranje u prostoru i kretanje – pa tako van njih ništa nema nikakvog objektivnog značaja.



On je dalje dokazivao da je prostiranje u prostoru osnovna osobina materije jer je prostiranje bez materije nepojmljivo. Pa otuda ceo prostor mora biti popunjen materijom ove ili one vrste: "praznina ili prostor u kome nema apsolutno nikakvog tela neprihvatljiv je razumu". U saglasnosti sa ovim, on je zamišljao da su svi oni delovi prostora koji nisu popunjeni poznatom nam čvrstom materijom popunjeni nekom drugom "primarnom" materijom koja se sastoji iz veoma finih čestica koje naša čula ne mogu da razaznaju. Kretanje: prvi uzrok kretanja je Bog, a odатle sledi održanje impulsa. Definiše zakone održanja i prvi je koji kretanje smatra stanjem. Po njemu inercija je bogom dana. Sudare je uradio loše. "Ako je mirujuće telo C ma koliko malo veće od B, bez obzira kojom brzinom se B primiče, nikada neće imati silu da pokrene C, već će biti odbijeno na stranu sa koje je došlo". Isto tako on količinu kretanja ne smatra kao vektor.

Dalje Dekart je mislio "sva prirodna kretanja su na neki način kružna". Kad prosta gruba materija probija svoj put kroz more čestica, more se mora kretati zatvorenim kruženjima pa se to kretanje može prikazati kao niz vrtloga. Na ovoj osnovi Dekart je izradio svoju čuvenu teoriju o vrtlozima. Ovi vrtlozi bili su kovitlanja u moru čestica. U kasnijoj razradi utvrđuje da u središtu nekog velikog vrtloga ima toliko mnogo kovitlanja da tela postaju užarena i to objašnjava zašto sijaju Sunce i zvezde.

U svom radu on se služio sledećim metodom: prvo je vršio analizu, pa onda sintezu. Ljudski um je sam po sebi zdrav i dovoljan da se dodje do istine - "Mislim, dakle postojim". Pravila umovanja su zaista elementarna i logična, ali je suština u njihovoј primeni.

Osnovni značaj Dekarta je u tumačenju Svemira na mehanički način. Isto tako jedna od ključnih novina je i njegova tvrdnja: Svemir je beskonačan.

Na poziv mlade švedske kraljice Kristine odlazi u Švedsku i tu ubrzo umire od upale pluća.

Dekartovo neprihvaćanje sile i sasvim kinematičko tumačenje prirodnih pojava pomoću vrtloga vodilo je objašnjenju prirode koje danas poznajemo kao mechanističko. Ono se očito temenjilo na uverenju da pojam sile ne pripada mehanici. Protivljenja Dekartovom mechanističkom shvatanju pojavila su se već u drugoj polovini XVII veka tumačeći ne samo da sila postoji nego da je fundamentalna.

Goilfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716)



Takva svatanja su nazvana dinamizam (dinamis-grčki-sila). On ističe da je čisto kinetičko svatanje nedovoljno za razumevanje prirodnih pojava i da je zato potrebno uvesti i dinamički princip. U XVII veku bilo je fizičara koji su smatrali da sila deluje na daljinu i da nije potrebno postojanje sredstva preko kojega se širi. Drugi su smatrali da sila može delovati samo u neposrednom kontaktu, pa je sudar ili impuls jedini mogući oblik mehaničkog delovanja. Lajbnic je takođe smatrao da se sila ne može tumačiti kao delovanje na daljinu, nego upravo sudarom.

Lajbnic je čist teoretičar, empirija mu smeta. Zato se njegova teorija oslanja na metafiziku. On pokušava da izbegne eksperiment i dodje do zaključaka na bazi principa kombinujući ih sa logikom. Glavni logički instrument je princip dovoljnog razloga. Naravno uvek je pitanje šta je pravi razlog. Polazeći od svog infinitezimalnog računa, on stiže do principa kontinuiteta. Dalje slede principi savršenstva, harmonije i prethodno ustanovljene harmonije. Odavde na primer prosto sledi da ne mogu postojati ni vakuum ni atomi jer se najmanja čestica deli.

Sukobljavao se sa Dekartom jer ovaj radi konzervaciju impulsa kao skalara, a Lajbnic vidi da treba raditi vektorski.

Christian Huygens (1629-1697)



Holandski matematičar i fizičar.

Hajgens je rodjen u Hagu, studirao je prava u Lajdenu, a bavio se matematikom. Doktorirao je u Anzeru 1655. Godine 1655. sa bratom Konstantinom konstruisao je teleskop dužine 10 stopa, kojim je 25. marta 1655. otkrio najveći saturnov satelit Titan. Nešto kasnije objasnio je i saturnove prstenove, kao čvrste pratioce planete. Kao fizičar, verovao je da se svetlost ponaša kao talas, što je objavio 1690. u delu "Traite de la Lumiere" (Tretman svetlosti), a radi se o odbijanju i prelamanju svetlosti. Takvo njegovo mišljenje zanemarivano je čitav jedan vek, sve dok ga nije reafirmisao Tomas Jang (Thomas Young, 1773-1829). Hajgens ostaje zapamćen i po satu na bazi klatna, iz 1657-1658, opisanom u "Horologium" (Sat). Sat po principu Hajgensa postao je monumentalan za napredak u istraživanjima u domenu fizike. Matematički opis klatna prikazan je u radu "Horologium Oscillatorium" (Satno klatno) 1673. U tom radu Hajgens prvi put pominje pojам inercije. Hajgens je blisko saradjivao sa Leibnizom, koga je podržavao u kontroverznom sukobu sa Njutnom, u domenu gravitacije. Postoje indikacije da je Njutn prisvojio Hajgensove nalaze iz obasti svetlosti, kao i neke nalaze Roberta Huka iz oblasti vakuma.

U mehanici je najviše dao u vezi oscilacija – bitni moment je putovanje Jeana Richarda kada otkriva promenu perioda časovnika sa geografskom širinom. Hajgens to objašnjava centrifugalnom silom. Razradio je celu teoriju oscilacija i dao je praktične savete za izradu satova.

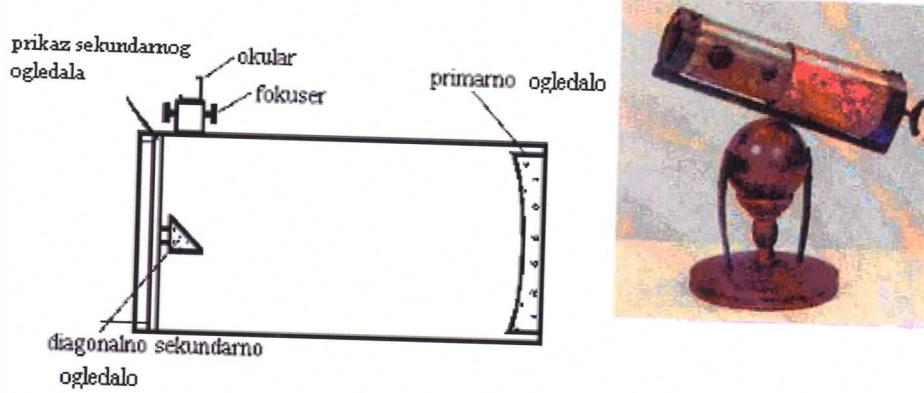
Objasnio je zakon elastičnog sudara i demonstrirao je neelastičan sudar, poznati su mu bili zakoni održanja kinetičke energije u elastičnim sudarima i zakon održanja impulsa, objašnjavao je princip relativnosti, dao je kvantitativnu formulaciju centrifugalne sile i objašnjavao je kretanje u otpornoj sredini.

Za Hajgensa se smatra da je osnivač Francuske akademije nauka za čijeg je člana biran 1665. i čiji ugled je podigao svojim radovima. Pre toga postao je član Engleskog kraljevskog društva 1663. godine.

Isaac Newton (1642-1727)



Rođen je prevremeno, na božić, u vlastelinskoj kući u Ulz dorpu blizu Grentema u Linkolnširu. Kada je došlo vreme za školu on je poslat u Grentem. Nije bio dobar đak jer je bio nepažljiv, ali je u igrama pokazivao neke sposobnosti za mehaniku. Kada mu je bilo trinaest godina, umro je njegov očuh i mati ga je pozvala kući da pomogne u radu na imanju. Međutim on je posvećivao mnogo više razmišljanja mehaničkim problemima nego poljoprivredi, pa je poslat u Triniti koledž u Kembridžu. Tokom 1665. i 1666. godine kuga je pustošila po Engleskoj, pa su učenici iz Kembridža bili raspušteni da se uklone od zaraze. U toku te dve godine daje osnovne stvari: diferencijalni račun, teoriju boja i razmišlja o gravitaciji. On navodi: "Iz Keplerovog pravila o periodičnim vremenima planeta izveo sam da one sile koje održavaju planete na njihovim putanjama moraju biti u obrnutom odnosu sa kvadratima njihovih otstojanja od središta oko kojih se obréu, stoga sam uporedio silu potrebnu da se Mesec održi na njegovoj putanji sa privlačnom snagom na površini Zemlje i pronašao da one prilično dobro odgovaraju jedna drugoj". Tako je Njutn, pre nego što mu je bilo 24 godine, već bio smislio program za veliki deo svoga životnog dela.



Po povratku u Kembridž on je bio izabran za nastavnika u svom koledžu 1667. Dve godine kasnije, tadašnji profesor matematike Isak Borou, koji je i sam bio odličan matematičar, podneo je ostavku na svoju katedru s naročitim ciljem da načini mesto za Njutnovo postavljenje. Kada je Njutn zvanično izabran, dobio je potpunu slobodu da posveti sve svoje vreme naučnom radu.

U januaru 1684. Huk, astronom Halej i Hristifor Vren sastali su se u Londonu. Oni su svi bili došli do zaključka da pravi zakon gravitacije mora biti zakon recipročne vrednosti kvadrata. Ovaj zaključak Njutn je postigao još 1666. godine na osnovu trećeg Keplerovog zakona. Ako planete kruže oko Sunca privlačene nekom takvom silom, hoće li se one kretati po elipsama, kao što je Kepler prvi utvrdio? Halej je uzeo na sebe da ode u Kembridž i upita Njutna za savet po ovom pitanju. Kada su se sastali, Njutn mu je bez oklevanja rekao da putanje moraju biti elipse i objasnio mu da je on taj problem rešio pre više godina. Obećao je da će ponovo izvesti izgubljene proračune, pa je ovo ne samo obavio, već je, potstican od Haleja, ispisao svoje rezultati za Kraljevsko društvo.

Ovaj rukopis je objavljen u svoje vreme pod naslovom "Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" - "Matematički princip filozofije prirode". Ovo je zaista jedno od najvećih naučnih dela koje je ljudski um ikada stvorio. Ono je objašljavalo veliki deo mrtve

prirode na osnovu mehaničkih principa, i navodilo na misao da se i ostatak prirode može objasniti na sličan način. Naravno, ključ za ovo objašnjelje bio je zakon gravitacije.

U predgovoru Njutn objašnjava da sile gravitacije zbog koje nebeska tela teže ka Suncu i ka pojedinim planetama mogu biti otkrivene "iz nebeskih pojava". Pošto je pronašao koje su ovo sile, on odmah izvodi matematičkom analizom "kretanje planeta, kometa, Meseca i mora". On nastavlja: "Želeo bih da možemo da otkrijemo i ostatak prirodnih pojava istim načinom razmišljanja na osnovu mehaničkih principa, jer iz veš razloga sklon sam da poverujem da sve one zavise od izvesnih sila koje čine da se čestice tela, iz uzroka dosad nepoznatih, ili međusobno privlače, stvarajući pravilne oblike, ili međusobno odbijaju, udaljavajući se jedna od drugih, a kako su ove sile nepoznate filozofi su dosad uzalud pokušavali da istražuju prirodu".

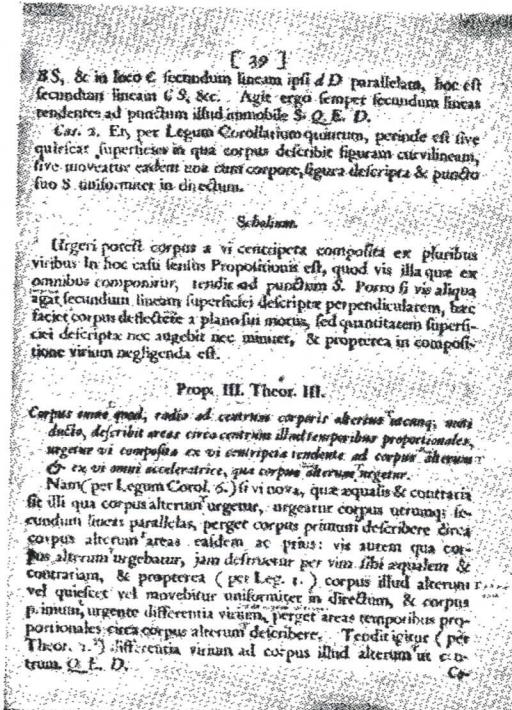
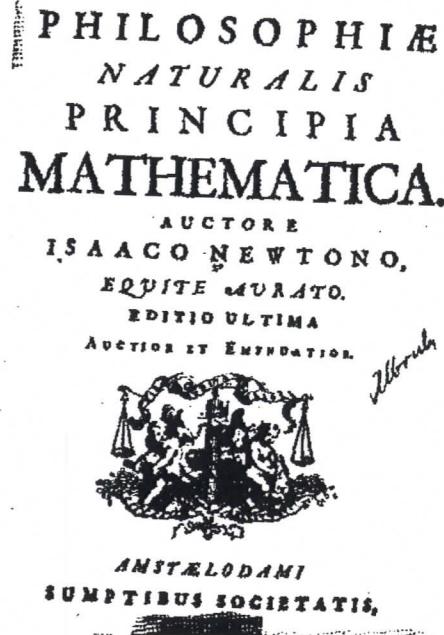
U saglasnosti sa ovim planom njegova prva knjiga ispituje kako se može matematički istraživati kretanje tela pod uticajem poznatih sila. Galilejevi su ogledi otkrili odnos kretanja prema sili, a Njutn u celosti preuzima Galilejev mehanički sistem i izlaže ga u prve dve "Aksiome ili zakoni kretanja".

I zakon – Svako telo ostaje u stanju mirovanja ili ravnomernog kretanja po pravoj liniji sve dok ne bude prinuđeno dejstvom neke spoljne sile da to stanje ili kretanje promeni.

II zakon – Promena kretanja (tj. količina promene momenta sile) srazmerna je spoljnoj pokretačkoj sili a ispoljava se u pravcu u kome deluje ta sila.

Pre nego što je objavio ove zakone Njutn je dao više definicija kojima je bio cilj da objasne izraze upotrebljene u ovim zakonima. Prvo je definisao masu koja je, kako on kaže, zapremina tela pomnožena njegovom gustinom i da masa nekog tela u kretanju ostaje nepromenjena pri promeni brzine kretanja, a sada mi znamo da ovo nije tačno. Potom je definisao momenat ("količinu kretanja"): to je masa nekog tela pomnožena njegovom brzinom kretanja, a ovo naravno, odmah postavlja pitanje kako se može definisati brzina kretanja.

Upotrebljavao je hipotezu da u najudaljenijim delovima vaspone postoje ogromne nepokretne mase prema kojima bi se mogla meriti kretanja drugih predmeta. "Moglo bi biti da ne postoji nikakvo telo koje je zaista u miru, prema kome bi se mesta i kretanja drugih tela mogla odmeravati. Uistinu do krajnosti je teško otkreti i jasno razlikovati istinsko kretanje od prvidnog kretanja nekog tela,



jer delovi onog nepomičnog prostora u kojima se ova kretanja vrše ni na koji način ne dopuštaju posmatranje putem naših čula".

Zatim on kaže da je vreme nešto što "teče ravnomerno bez obzira na ma šta spoljnje", ali ovo, naravno, nije nikakva definicija.

Tačno dvesta godina pošto je Njutn postavio ove hipoteze jedan ogled koji su izvršili Mikelson i Morli, izazvao je sumlju da one nisu univerzalno tačne u prirodi, ali ova stvar nije bila potpuno razjašnjena sve do pojave Ajnštajnovе teorije relativnosti. Ova teorija je pokazala da Njutnovе postavke o apsolutnom vremenu i apsolutnom prostoru ne važe za tela koji se brzo kreću, ali da važe za predmete koji se kreću sporije, na koje ih je i primenio.

Drugi zakon uvodi novo shvatanje o sili, ali nije bio u stanju da definiše silu.

III zakon – Svakoј akciji uvek se suprotstavlja podjednaka reakcija.

Tako su dve sile kojima dva tela uzajamno deluju jedno na drugo jednake po količini, ali dejstvuju u suprotnom smeru. Najzad ovde nam je rečeno nešto novo – jedna stvarna fizička činjenica o sili. Zakoni I i II preuzeti su u celini od Galileja, ali zakon III je čisto Njutnov.

Galilejeva mehanika bila je ograničena na Zemlju i na ponašanje zemaljskih tela, ali Njutn je želeo da pokaže da se i kretanje nebeskih tela mogu objasniti sličnim principima. On počinje treću knjigu "Principija" navodeći da "sada ostaje da na osnovu istih principa prikažem okvir sistema sveta", pa nastavlja pokušavajući da odredi potpunu nebesku mehaniku.

Rešava čuveni problem delovanja tri tela, objašnjava "precesiju ravnodnevnicu", objašnjava pojavu plime i oseke, pokazao je da se neke komete kreću po veoma izduženim elipsama (Halejeva kometa).

Pokazao jedna planetarna kretanja stvorena na način kako ih je Dekart zamislio, ne bi mogla da zadovolje Keplerove zakone. Ovo je zadalo smrtni udarac teoriji vrtloga.

Njutn se nikad nije ženio, možda su snažni intelektualni naporostavljalji premalo duševne snage za neka viša ljudska zanimanja. Umro je sam u osamdeset i petoj godini.

ASTRONOMIJA

Astronomija u ovom periodu mogla bi se nazvati teleskopska astronomija. U to doba teleskop je bio divna sprava za otkrivanje nebeskih čudesa, ali je bio manje pogodan za upotrebu kao precizni instrument, pošto nije pružao nikakve mogućnosti za vršenje tačnih merenja položaja i kretanja nebeskih tela. Vrednost teleskopa bila je ogromno povećana čim su ljudi izumeli naknadne naprave za tačna merenja na nebu raznih otstojanja i kretanja.

Razne mikroskope stvorene uglavnom na istim principima izmislili su Hajgens i Ozu i Pikar sa Pariske opservatorije. Ovi instrumenti su omogućili astronomima da sa velikom tačnošću mere mala uglovna rastojanja. Časovnik sa klatnom, koji je izumeo Hajgens, pružio je odgovarajuće sredstvo za tačna merenja malih vremenskih razmaka.



Kasini je proračunao vremenske tablice za pomračenje Jupiterovih satelita i verovao da se one mogu upotrebljavati za određivanje vremena, a i bile su upotrebljavane na kopnu za određivanje geografskih dužina raznih neispitanih delova zemljine površine.

Remer je zapazio da su sateliti Jupitera izmicali kada je Jupiter bio blizu naše Zemlje, a da su zaostajali kada je on bio daliko od nje – svetlost pomoću koje ih je on video stizala mu je kasno. Razlika u vremenu kada su pomračenja ugledana iznosi oko 22 minuta, a to je vreme koje je potrebno svetlosti da proputuje otstojanje jednako prečniku zemljine putanje oko Sunca. I tako je došao do vrednosti za brzinu svetlosti.

Remer je uspeo ono što Galilej nije mogao izmeriti na zemaljskim rastojanjima, radeći sa astronomskim rastojanjima, došao je do vrednosti brzine svetlosti i dokaza da kretanje svetlosti nije trenutno.

X V I I I v e k

Sada se približavamo dobu koje možda nije tako izuzetno sjajno kao doba koje mu je predhodilo. Ono je ipak doba ozbiljnog i stelnog napretka. Nije dalo drugog Njutna ali je dalo mnogo prvakasnih istraživača.

M E H A N I K A

Nastavlja se doterivanje Njutnove teorije sa nekim novim idejama. U ovom dobu svoje doprinose su dali: Ruđer Bošković koji je stvarao poeme o nebeskim pojavama, slavna švajcarska porodica Bernoulli je ostavila dubokog traga u matematici i mehanici jer svi su se bavili primenom matematike, Maupertuis koji je uveo akciju ili dejstvo mvs .

Leonhard Euler (1707-1783)



Bernulijev učenik. On je prvi uveo termin "mehanika". Koristio je formalizam infinitezimalnog računa. Prvi piše jednačinu kretanja. Prvo govori o tački a zatim prelazi na fluide. Kako su ga zanimala čvrsta tela, uvodi polarne koordinate i zatim piše jednačine za čvrsta tela: uvodi pojmove momenta inercije i glavnih osa inercije. Tako je proučavao čigre i dao teoriju žiroskopa. Ključna dela su mu: "Mehanika ili analitičko predstavljanje nauke o kretanju" (1736) i "Teorija kretanja čvrstih tela" (1765). On pokazuje da minimizacijom dejstva direktno dobijamo formulaciju jednaku Njutnovoj.

Jean le Rond D' Alembert (1717-1783)

Sa 26 godina piše "Raspravu o mehanici" u kojoj odbacuje silu i sve na neki način svodi na kinematiku, tačnije geometriju kombinujući Njutna i Dekarta. Glavni doprinos je ono što danas zovemo Dalamberov princip koji se svodi na to da možemo uvek posmatrati ravnotežu momenata realnih i inercijalnih sila.

Joseph-Louis Lagrange (1736-1813)



Objavljuje "Analitičku mehaniku" (1853) i vrlo je ponosan što u njoj nema nijedne slike jer se sve radi analitički tj, matematički preko komponenata. On je prvo generalisao mehaniku na sisteme tačaka, detaljno razredio Dalamberov princip preko varijacionog računa. Uveo je generalisane koordinate i napisao jednačine koje danas nose njegovo ime. On uvodi u stvari i potencijalnu energiju ili generalisani potencijal.

Pierre Simon Laplace (1749-1827)



izdata 1799. godine.

Njegov opus "Exposition du systeme du monde", je sadržao 5 knjiga: Prva je bila o vidljivom kretanju nebeskih tela, o kretanju mora i o atmosferskom prelamanju; druga knjiga je bila o aktuelnom kretanju nebeskih tela; treća je bila o sili i impulsima; četvrta je bila o teoriji opšte gravitacije uključujući i račun o kretanju mora i okeana i oblika zemlje; poslednja knjiga je dala istorijski račun o astronomiji. Godine 1786., je dokazao da ekscentričnost i inklinacija (nagib) planetarnih orbita jedne prema drugoj uvek ostaju male, konstantne i ispravne. Ovi i mnogi raniji njegovi rezultati formirali su osnovu za njegov veliki rad "Traite du Mecanique Celeste", izdat u 5 tomova, gde su prva dva

Prvi tom "Mecanique Celeste" (Nebeska mehanika) je podeljen u dve knjige, gde je prva o osnovnim zakonima ravnoteze i kretanja čvrstih tela i isto tako i tečnosti, dok je druga knjiga o zakonima univerzalne gravitacije i kretanjima centara gravitacije tela u sunčevom sistemu.

Glavni matematički pristup ovde je postavljanje diferencijalnih jednačina i njihovo rešavanje radi opisa rezultujućih kretanja. U "Mecanique Celeste" pojavljuju se Laplasove jednačine. Lagandre-ova funkcija se isto pojavila ovde i bila je poznata dugi niz godina kao Laplasov koeficijent.

William Rowan Hamilton (1805-1865)



Dvorski astronom Irske. Kao veliki obožavaolac Lagranža, ali konstruktivan, načinio je mnogo poboljšanja. On u stvari uvodi funkciju $L = T - U$ i formuliše princip ekstrema njenog integrala. Odatle dobija jednačine koje mi zovemo Lagranžovim. Međutim on uvodi još jednu veličinu $H = T + U$ i formuliše je preko generalisanih koordinata i impulsa (eliminiše brzinu) tako su nastale kanonske jednačine koje su postale osnova za statističku fiziku i kvantnu mehaniku. Isto tako njegova je zasluga što je uveo vektore u današnjem obliku.

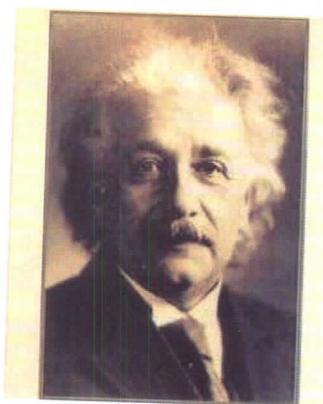
XIX I XX VEK – DOBA SAVREMENE FIZIKE

Naučna građevina koja se izgrađivala tokom predhodna dva veka smatrana je kao četvorougaona, potpuna i neoboriva. Bilo je teško zamisliti da bi fizičari u budućnosti mogli naći ikakvog uzbudljivog zanimanja.

Niko nije ni slutio da će biti potpuno drukčiji stvarni tok događaja. Ipak je već godina 1887., u kojoj je postavljen onaj završni kamen na hramu nauke, videla kako je ova građevina počela da podrhtava, to je bila godina kada je izvršen Mikelson – Morljev ogled koji nam je prvi pokazao da postoji neka greška u temelju ove građevine. Nauka je otkrila sisteme zakona koji su nam dali savršene ili skoro savršene opise o kretanjima planeta i projektila, o kamenu koji pada i lopti koja se kotrlja, ona je pokazala da se tela srednje veličine ponašaju kao da je priroda u celini mehanizovana. I sve ovo bilo je dobar, ozbiljan napredak. Ali sada je nauka započela ispitivanje prirode u daleko širem obimu.

Prva velika izmena je bila brisanje apsolutnog prostora, koji je Njutn uveo i postavio kao okvir za svoj naučni rad. Za etar, koji sačinjava skromnu pozadinu, pretpostavljalo se da treba da posluži dvostrukom cilju, da pruži utvrđeni okvir prema kome bi se mogla meriti otstojanja u prostoru, takođe i da prenosi zračenja u obliku elektromagnetnih talasa. Ali dokaza da postoji etar nije bilo.

Albert Ajnštajn (1879-1955)



Novi obrt u proučavanju ovog problema dao je Albert Ajnštajn godine 1905. godine, koji je tada bio ispitivač patente u kancelariji za patente u Bernu. U svojoj teoriji "Princip relativiteta" on daje nov način tumačenja fizičkih pojava i nove poglede o ciljevima nauke. Brzina svetlosti, kako je sad izgledalo nije stalna prema nekom apsolutnom prostoru omeđenom nekim materijalnim etrom, već prema posmatraču. Zatim da neko telo koje gubi od svoje energije mora takođe gubiti i od svoje mase.

Poljski matematičar Minkovski je godine 1908 izložio celu sadržinu ove teorije na jedan nov i veoma elegantan način. Dotada se smatralo da prirodni zakoni opisuju pojave koje se dešavaju u trodimenzionalnom prostoru, dok vreme protiče ravnomerno i neometano u jednoj drugoj i sasvim različitoj svojoj sopstvenoj dimenziji. Minkovski je sada uzeo da ova četvrta dimenzija – vreme – nije odvojena niti je nezavisna od one tri dimenzije prostora. On je uveo nov četvorodimenzionalni prostor u koji običan prostor unosi tri dimenzije, a vreme četvrtu, ovo bismo mogli sada nazvati "prostor - vreme".

Obe teorije, i Njutnova i Ajnštajnova, predvidele su isto kretanje za telo koje ne trpi uticaj nikakve sile, naime, ravnomerno kretanje po pravoj liniji. One su predvidele isto kretanje i za telo koje se kreće lagano pod dejstvom neke privlačne mase. Ali se ove dve teorije razlikuju po shvatanju kretanja kod tela koja se kreću velikim brzinama.

To je bio vrhunac mehaničkog doba u fizici i početak nemehaničkog doba.

Z A K L J U Č A K

Sa grupom zainteresovane dece sam u dodatnoj nastavi organizovala pravljenje prezentacija, upravo na teme iz razvoja mehanike. Sami smo prikupljali materijal i pravili prezentacije, a zatim ih i prezentovali ostalim učenicima.

Prvo na šta sam naišla kod ovakvog rada jeste potpuno oduševljenje dece kako istraživačkim delom posla, gde su došli do okvirne spoznaje o gotovo neiscrpnim kapacitetima interneta i širokom lepezom alata koje poseduje MS Office PowerPoint 2003, tako i novim pristupom istoriji fizike i situacijom da sada zajedno sa nastavnikom pripremaju čas. Učenici su prezentacije, koje su manje-više sami uradili, prezentovali ostalim učenicima. U prezentacijama deca su mogla da vide slike naučnika, detalje koji su svojstveni za doba u kojem su oni živeli, navedene zakone do kojih su došli i njihove autentične ilustracije i razne slike koje pokazuju detalje vezane za njihov rad.

Drugo na šta smo naišli je velika zainteresovanost dece koja su sa zanimanjem slušali o velikim imenima iz oblasti fizike, njihovom životu i njihovom radu. Efekti same prezentacije nisu ostali nezapaženi.

Posebno bih naglasila da sam najveći deo slika kako naučnika tako i originalnih stranica njihovih dela preuzela sa zvaničnog sajta Instituta i muzeja istorije nauke (Institute and Museum of the History of Science) u Firenci.

Verzija 2003 PowerPointa nudi veliku mogućnost tranzicije slajdova, ubacivanje zvučnih efekata i kontrole njihovog trajanja kao i razne mogućnosti animacije koje ga izdvajaju u odnosu na prethodne verzije. Konkretna prezentacija ovog rada može da se prikaže i starijim verzijama ovog programa, ali ostajemo uskraćeni za neke efekte koje, za sada, nudi samo ovaj paket. Moj zaključak je da je prezentacija izuzetno dragocen alat u nastavi, dodatnom radu sa učenicima i studentima i da bi trebala da bude prisutna što više.

LITERATURA :

Domaća literatura:

Osnovnu literaturu na našem jeziku sačinjavaju knjige prof. **Milorada Mlađenovića** koji je svojim opusom obuhvatio klasičnu fiziku kao i delove savremene fizike, mada je dve poslednje knjige vezane za nuklearnu fiziku objavio na engleskom jeziku kod renomiranih stranih izdavača. To su sledeće knjige:

Razvoj fizike

I Mehanika i gravitacija, Građevinska knjiga, Beograd (1986)

II Optika, Građevinska knjiga, Beograd (1986)

III Elektromagnetizam, Građevinska knjiga, Beograd (1987)

IV Termodinamika, Naučna knjiga, Beograd (1989)

Atom od Talesa do Bora, Gradina, Niš (1990)

Koraci otkrića prirode, Gradina, Niš (1991)

M.Mlađenović, M.Jakšić: Istorija klasične fizike za učenike srednjih škola, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd (1994)

Ove knjige predstavljaju osnovnu i veoma vrednu literaturu na našem jeziku, tako da su predavanja na kursu «Istorijski razvoj fizike» na Departmanu za fiziku PMF koncipirana u osnovi po njima, a samim time čine i osnovu priložene prezentacije.

Odlomci izvornih tekstova sa komentarima i biografskim beleškama su dati u danas veoma retkoj knjizi:

Svetislav Marić: Na izvorima fizike, Kulturni centar, Novi Sad (1971)

Ivan Supek – POVIJEST FIZIKE – Školska knjiga, Zagreb 1990- Autor nas vodi od samih prvih civilizacija pa do danas kroz razvoj fizike i matematike. Knjiga je prepuna interesantnih slika naučnika i njihovih dela, ogleda ...

Milutin Milanković – KROZ VASIONU I VEKOVE – Dereta,Beograd 2002- Milutin Milanković je jedno od najslavnijih imena u svetskoj klimatologiji i astronomiji, nebeskoj mehanici, geofizici i geografiji. Ova knjiga je zbirka pisama koje Milanković šalje dragoj dami, sa najdužeg putovanja koje se maštom može zamisliti – putovanja kroz prošlost duboku nekoliko milijardi godina i putovanja kroz beskrajni kosmos. Milankovićeva pisma su istovremeno putopis i riznica naučnih, lirskega objašnjenja; antologija portreta slavnih ličnosti astronomije, matematike i filozofije od Talesa, Pitagore, Eratostena do Keplera, Kopernika, Ajnštajna.

Džems Džins – FIZIKA KROZ VEKOVE – Novo pokolenje,Beograd 1952- Knjiga opisuje glavne pravce po kojima je napredovala naučna misao u fizici, uključujući astronomiju i matematiku. Napisana je tako da i dovoljno nestručan čitalac može da je razume. Knjiga bi mogla da posluži i onim čitaocima koji se bave izučavanjem drugih drugih oblasti a možda bi hteli nešto da znaju i o tome kako je rasla i razvijala se fizička nauka, što je sve postigla i šta još može postići.

Božidar Aničin, Vukota Babović, Dragomir Davidović – ESEJI IZ FIZIKE – Naučna knjiga, Beograd 1991- U ovoj knjizi je nekoliko članaka koji su većinom prvobitno štampani u međunarodnim časopisima, na engleskom jeziku. U knjigu su uvršteni i neki prilozi koje su autori prikazali stručnjacima na domaćim i stranim naučnim skupovima pa i članke koji su tada nastali. Tretirane su teme iz fizike i njene istorije.

Volter – FILOZOFSKA PISMA-Moderna, Beograd 1992

Žarko Dadić-POVIJEST IDEJA I METODA U MATEMATICI I FIZICI

Posebna literatura:

Kao izvor podataka poslužile su mi i beleške sa predavanja profesora Darka Kapora iz predmeta Istoriski razvoj fizike.

Strana literatura:

Simonyi Károly- "A FIZIKA KULTÚRTÖRTÉNETE"

World Wide Web**Sajtovi na engleskom**

1. www.google.com
2. www.answers.com
3. www.yahoo.com
4. www.britannica.com
5. www.macchinedileonardo.com/eng/catalogo.asp
6. brunelleschi.imss.fi.it/genscheda.asp?appl=SIM&xsl=biografia&lingua=ENG&chiave
7. www.google.com/search?q=Buridan&hl=en&lr=lang_sr&start=20&sa=N
8. www.geocities.com/naroz_zakop/KTG.htm
9. statlab.fon.bg.ac.yu/srb1/IstorijaVer/mat1.htm
10. brunelleschi.imss.fi.it/genscheda.asp?appl=SIM&xsl=catalogo&indice=54&lingua=ENG
11. brunelleschi.imss.fi.it/genscheda.asp?appl=SIM&xsl=biografia&lingua=ENG&chiave
12. www.astrologyinserbia.com/s/thebest/srbin_1.htm
13. www2.arnes.si/~gljsentvid10/urapragx.html
14. bs.wikipedia.org/wiki/Anaksagora
15. galileo.rice.edu/lib/student_work/experiment95/inclined_plane.html
16. hal9000.vets.edu.yu/im/htm/Radionica/Matematicari/Lagranz.htm
17. galileo.rice.edu/lib/student_work/experiment95/inclined_plane.html
18. www.hao.ucar.edu/Public/education/bios/galileo.5.html
19. www.worldtempus.com/wt/1/3543/
20. hal9000.vets.edu.yu/im/htm/Radionica/Matematicari/Lajbnic.htm
21. hal9000.vets.edu.yu/im/htm/Radionica/Matematicari/Ojler.htm
22. halexander.pmf.ukim.edu.mk/predmeti/graphics/proekti/kvaternioni/Biografija.htm
23. galileo.rice.edu/sci/instruments/pendulum.html
24. cyber-mahala.com/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=2

Sajtovi na srpskom

1. www.astronomija.co.yu/razno/zanimljivo
2. www.astronomija.co.yu/teorije/mmuniverzum/nasaslika.htm
3. www.astronomija.co.yu/teorije/keplerovizakoni/zakoni.htm
4. www.ad-loznica.org.yu/dopisi%202005/postanak%20svemira.htm
5. www.prezimenik.co.yu/KNJIZEVNE_SITNICE/Velikani_koji_su_obelezili_civilizaciju_
6. hal9000.vets.edu.yu/im/htm/Radionica/Matematicari/Dekart.htm
7. hal9000.vets.edu.yu/im/htm/Radionica/Matematicari/Laplas.htm
8. hal9000.vets.edu.yu/im/htm/Radionica/Matematicari/Njutn.htm
9. www.astronomija.co.yu/instrumenti/telerazvoj.htm

10. www.ad-loznica.org.yu/planete/ajnstajn/galileo%20galilej.htm
11. eskola.hfd.hr/fizika_svemira/udaljenosti/u-sunce.html
12. hpd.botanic.hr/ast/astronomija/povijest/povijest1.htm
13. www.znanje.org/i/i24/04iv09/04iv0918/LEONARDO.htm
14. www.mitovi.beotel.yu/atlas.htm
15. www.tvorac-grada.com/forum/viewtopic.php?t=1662&start=0
16. www.astronomija.co.yu/suncsist/sateliti/mesec/uticaj/precesija.htm

Biografija Ljiljane Mijatović

Rođena sam u Vrbasu 01.06.1975. Devojačko prezime mi je Krstonošić. Osnovnu školu sam završila u Sivcu gde sam i živila 27 godina. Srednju ekonomsku školu sam upisala 1990. godine u Kuli. Prirodno - matematički fakultet u Novom Sadu sam upisala 1994. godine. 1999. godine sam primljena u radni odnos na određeno vreme u Osnovnoj školi u Crvenki na mesto nastavnika fizike. Na tom radnom mestu sam se zadržala i do danas. Od 2003. godine živim u Somboru.

**UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET****KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA***Redni broj:***RBR***Identifikacioni broj:***IBR***Tip dokumentacije:***TD**

Monografska dokumentacija

TZ*Tip zapisa:*

Tekstualni štampani materijal

VR*Vrsta rada:*

Diplomski rad

AU*Autor:*

Mijatović Ljiljana

MN*Naslov rada:*

Savremena prezentacija razvoja klasične mehanike

NR*Jezik publikacije:*

srpski (latinica)

JP*Jezik izvoda:*

srpski/engleski

JI*Zemlja publikovanja:*

Srbija

ZP*Uže geografsko područje:*

Vojvodina

UGP*Godina:*

2006

GO*Izdavač:*

Autorski reprint

IZ*Mesto i adresa:*

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA*Fizički opis rada:*

9/37/24/0/54/1/0

FO*Naučna oblast:*

Istorija nauke

NO*Naučna disciplina:*

Istorija fizike

ND*Predmetna odrednica/ ključne reči:*

Mehanika, Klasična, Prezentacija

PO**UDK***Čuva se:*

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU*Važna napomena:*

nema

VN*Izvod:*

Autor predstavlja razvoj mehanike kroz istoriju sa kratkim osvrtom na život i rad naučnika koji su obeležili određene periode razvoja ovog dela fizike.

*Datum prihvatanja teme od NN veća:***DP**

10.07.2006.

*Datum odbrane:***DO***Članovi komisije:***KO**

Profesorica Agneš Kapor

Član, mentor:

Profesor Darko Kapor

član:

Profesor Dušan Lazar

**UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS**

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph publication

TR

Textual printed material

CC

Final paper

AU

Ljiljana Mijatović

MN

Mentor/comentor:

Professor Darko Kapor

TI

Title:

Modern presentation of the classical mechanics development

LT

Language of text:

Serbian (Latin)

LA

Language of abstract:

English

CP

Country of publication:

Serbia

LP

Locality of publication:

Vojvodina

PY

Publication year:

2006

PU

Publisher:

Author's reprint

PP

Publication place:

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

PD

Physical description:

9/37/24/0/54/1/0

SF

Scientific field:

History of science

SD

Scientific discipline:

History of Physics

SKW

Subject/ Key words:

Mechanics, Classical, Presentation

UC

Holding data:

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note:

None

N

Abstract:

Author presents development of mechanics trough history and gives the short look back on life and work of scientists, whose represents some time in development of this part of physics.

AB

Accepted by the Scientific Board:

ASB

Defended on:

DE

Thesis defend board:

DB

President:

Professor Agneš Kapor

Member, mentor :

Professor Darko Kapor

Member:

Professor Dušan Lazar

