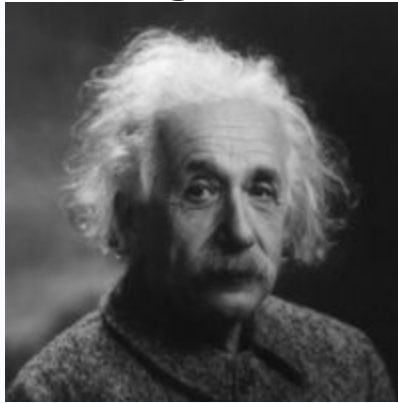


Seminarska Naloga -Albert Einstein



Albert Einstein, 11.2.1948



Albert Einstein

(* 14. marec 1879 - † 17. april 1955)

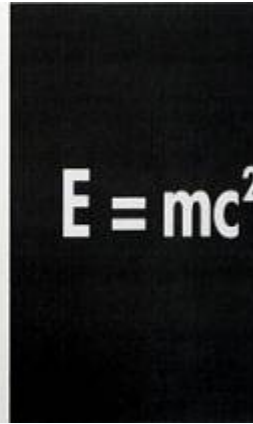
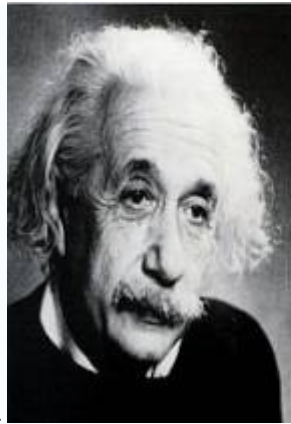
švicarsko-ameriški fizik in matematik nemškega rodu

Mladost

Einstein je bil sin judovskih priseljencev. Njegov oče Herman Einstein je bil trgovec, mati Paulina Einstein,rojena Koch, je bila hči premožnejšega žitnega trgovca. Njegov oče je za kratek čas odprl majhno trgovino z elektrotehničskimi potrebščinami. Starša sta se poročila v Stuttgart-Bad Cannstattu. Rojstna hiša na Bahnhofstraße blizu železniške postaje in celotna soseščina je bila uničena leta 1944 med zavezniškim bombardiranjem. Tu je danes majhen spomenik.

Einstein je hodil v katoliško osnovno šolo. Na materino vztrajanje se je učil igrati violino.

Pri petih letih mu je oče Einstein je spoznal, da je v »praznem«
prostoru izkustvo je kasneje razodetje v svojem gradil modele in njegovo učenje imeli za disleksije , preproste redke in nenavadne možganov, (ki so jih smrti). Kasneje je svoji razvoj teorije relativnosti



pokazal žepni kompas in nekaj delovalo na iglo. To opisal kot največje življenju. Čeprav je mehanske naprave , so počasno, verjetno zaradi plahosti ali morda zaradi zgradbe njegovih preučili po njegovi počasnosti pripisoval in dejal, da je razmišljal

o prostoru in času kasneje kot večina otrok, in zaradi tega je lahko uporabil bolj razvit razum. Druga novejša teorija o njegovem miselnem razvoju pojasnjuje, da je bolehal za Aspergerjevim sindromom, bolezenskim stanjem, povezanim z avtizmom.



Albert Einstein v mladosti

Einstein se je začel učiti matematike pri približno dvanajstih letih. Obstajale so ponavljajoče govornice, da je kasneje padel iz matematike, kar pa ni res. Do tega je prišlo le zaradi poznejših sprememb v ocenjevanju. Dva njegova strica sta v poznem otroštvu in zgodnji mladosti vzpodbujala njegova umstvena zanimanja in mu predlagala in priskrbela knjige o znanosti in matematiki.

Leta 1894 se je družina preselila v Zendling in leta 1889 je začel obiskovati Luitpoldovo gimnazijo v Münchnu. Šolo je že od vsega začetka občutil kot nasilje. O njegovih otroških težavah in neuspehih v srednji šoli je veliko poročil, ki pa jih kaže jemati s pridržkom. Zares je začel pozno govoriti in je povedano tiho ponavljal, dokler ni bil star 7 let. A od vsega začetka se je izražal v stavkih. V srednji šoli ni shajal slabo, a je bil samosvoj v tem, da se je učil predvsem tisto, kar ga je zanimalo. Bil je zelo dober v matematiki in naravoslovju in dober v latinščini. Sodobni tuji jeziki in posebno grščina pa so mu povzročali težave. K temu je treba dodati, da so bile šole tedaj drugačne kot danes. Zares mu je profesor grščine rekel, da iz njega nikoli nič ne bo, a sicer Einstein ni veljal za slabega dijaka. Učitelji se niso niti približno zavedali njegovih zmožnosti, vendar so te prišle na dan pozneje. Podobni primeri niso tako redki.

Leta 1894 se je družina, zaradi slabega poslovanja očetove elektrotehniške trgovine preselila v PAVIO pri Milanu, kjer se je pozneje očetu obrnilo še na slabše. Einstein je ostal v Münchnu, kjer je živel v malem podnajemniškem stanovanju, da bi končal zadnji letnik gimnazije in maturiral. Počutil se je tako osamljenega, da si je po neki neprijazni pripombi profesorja pridobil zdravniško spričevalo, izstopil in zapustil šolo. Še pred koncem šolskega leta je odpotoval, ne da bi maturiral, k staršema v PAVIO in se odpovedal nemškemu državljanstvu. Neki življenjepisec je pripomnil, da je to storil v zadnjem hipu. Če bi namreč počakal še kak mesec, se zaradi vojaščine ne bi mogel izseliti zakonito.

Leta 1895 je na Švicarski državni tehniški visoki šoli (Eidgenössische Technische Hochschule (ETH)) v Zürichu opravil sprejemni izpit. Leta 1896 so mu svetovali naj se vpiše v zadnji letnik srednje šole. Maturiral je na kantonski srednji šoli v Aarauu. Švicarske šole so bile znatno manj toge kot nemške in so bolj upoštevale posebnost učencev. Na leto v Aarau se je spominjal kot na eno izmed svojih najprijetnejših razdobij. Brez sprejemnega izpita se je vpisal na pedagoško smer Politehnike ETH, kjer je začel študirati matematiko in fiziko.

Leta 1898 je spoznal srbsko sošolko in prijateljico Nikole Tesle Milevo Marić. Pri študiju mu je bil v veliko oporo Marcel Grossmann, ki mu je posojal svoje vestne zapiske iz predavanj in, ki je spoznal njegovo nadarjenost. Pri učiteljih je Einstein veljal za povprečnega in nedelavnega. Vendar je samostojno in zavzeto študiral tisto, kar ga je zanimalo. Med študijem se je zblížal z Marićevo. Leta 1900 je diplomiral, leto kasneje pa je prejel švicarsko državljanstvo. V nekem bančnem predalu v Berkeleyu je eden izmed izdajateljev *Zbranih del Alberta Einsteina*, ki so začela izhajati leta 1987, po pravem detektivskem podvigu našel 500 dotlej neznanih pisem. Na podlagi teh pisem je bilo mogoče dobiti o mladem Einsteinu precej bolj zaokroženo sliko. Pisma so odkrila, da je imel z Marićevo januarja 1902 nezakonsko hčerko Lieserl, za katero je izginila vsaka sled. Ali je zgodaj umrla ali je odrasla pri Milevinih sorodnikih ali sta jo starša dala v posvojitev?

V prvi objavi »čudežnega« leta 1905 je Einstein postavil domnevo, da je svetloba sestavljena iz majhnih delcev, svetlobnih kvantov - čeprav je vladala tedaj splošna enotnost glede valovne narave svetlobe. V svoji drugi objavi je razložil Einstein Brownovo gibanje kot statistično gibanje delcev, namreč molekul, katerih obstoj v tistem času še niso zagotovo potrdili. V tretjem delu je Einstein skoraj v popolnosti razvil posebno teorijo relativnosti. V dodatku je proti koncu leta 1905 sledila tudi enačba $E = m \cdot c^2$. Einsteinovega dosežka ne zmanjša dejstvo, da so bile številne enačbe teorije relativnosti znane že pred njegovimi objavami. Kajti šele Einsteinove fizikalne razlage so dale količinam in zvezam med njimi smisel. V objavah iz leta 1905 se kažejo nekatere značilnosti Einsteinovega znanstvenega dela: pogledal je v ozadje na videz zanesljivih in splošno uveljavljenih predpostavk in zbral dovolj poguma, da je ovrigel običajne poglede ter jih nadomestil z novimi presenetljivimi razlagami. Pri tem je izhajal iz maloštevilnih eksperimentalnih rezultatov in brez predsodkov delal brezkompromisne logične zaključke. Njegov miselni tok lahko pogosto prikažemo na nekaj straneh z relativno majhno matematično zahtevnostjo.

Einsteinove enačbe polja so množica desetih enačb v Einsteinovi splošni teoriji relativnosti s katerimi je opisana osnovna sila gravitacija kot ukrivljenost prostora-časa, ki jo povzročata snov in energija. Enačbe je Einstein prvič objavil leta 1915 in se zaradi tega imenujejo tudi **Einsteinove enačbe** ali kar **Einsteinova enačba**. Ponavadi pa za *Einsteinovo enačbo* imenujejo zvezo med maso in energijo $E = mc^2$. Enačbe je v istem času izpeljal tudi David Hilbert in jih včasih imenujejo **Einstein-Hilbertove enačbe polja**. Hilbert se je delno zgledoval po Einsteinovem pristopu. Po letu 1997 so, kakor je poročal Irwin I. Shapiro, tudi

videli po Hilbertovih zapiskih, da je Hilbert računal drugače in v drugačnem smislu, tako, da je enačba v celoti Einsteinovo izvirno delo, kar večina priznava.

Enačbe so tenzorske. Enačijo ukrivljenost prostora-časa, izraženo prek Einsteinovega tenzorja, z energijo in gibalno količino, ki ju določa napetostni tenzor.

Ker so Einsteinove enačbe polja najbolj natančne enačbe polja za gravitacijo, se pogosto uporabljajo za določevanje ukrivljenosti prostora-časa, ki nastane zaradi prisotnosti mase in energije. Določajo metrični tenzor prostora-časa za dano razporeditev energijske napetosti v njem. Zaradi povezave med metričnim tenzorjem in Einsteinovim tenzorjem, so tedaj enačbe sklopljene, nelinearne diferencialne enačbe.

Zapis enačb

Enačbe imajo obliko:

$$R_{ab} - \frac{1}{2}R g_{ab} = -\kappa T_{ab}.$$

kjer je konstanta

$$\kappa = -\frac{8\pi G}{c^4}$$

Tu je R_{ab} Riccijev tenzor, R Riccijev skalar, g_{ab} metrični tenzor in T_{ab} napetostni tenzor. Konstante so: π (pi), G (splošna gravitacijska konstanta) in c hitrost svetlobe. Tenzorske enačbe povezujejo simetrične tenzorje reda 4×4 . Tu so zapisane z abstraktnim indeksnim zapisom, ki je v splošnem neodvisen od koordinatnega sistema. Vsak tenzor ima 10 neodvisnih komponent. Z omejitvijo na štiri koordinate prostora-časa, je neodvisnih enačb 6.

Čeprav so bile Einsteinove enačbe gravitacijskega polja sprva zapisane za teorijo štiri-razsežnega prostora-časa, veljajo tudi za n razsežnosti. Enačbe v okviru splošne teorije relativnosti še vedno imenujemo Einsteinove enačbe polja, če je razsežnost navedena.

Navkljub preprostosti zapisa, so enačbe zapletene. Če sta dani porazdelitvi snovi in energije z napetostnim tenzorjem, so enačbe za metrični tenzor g_{ab} , saj sta Riccijev tenzor in Riccijev skalar odvisna od metrike na zapletene nelinearen način. V polnem zapisu so enačbe sistem desetih sklopljenih, nelinearnih, hiperbolično-eliptičnih parcialnih diferencialnih enačb.

Enačbe v zgoščeni obliki zapišejo z Einsteinovim tenzorjem:

$$G_{ab} = R_{ab} - \frac{1}{2}R g_{ab}$$

ki je simetrični tenzor drugega reda in je funkcija metrike. Z geometriziranimi enotami, kjer so $G = c = 1$, dobijo enačbe obliko:

$$G_{ab} = -8\pi T_{ab}$$

Leva stran predstavlja ukrivljenost prostora-časa, ki jo določa metrika. Desna stran predstavlja porazdelitev snovi in energije v prostoru-času. Na enačbe lahko gledamo kot na množico enačb, ki narekujejo kako je ukrivljenost prostora-časa povezana s porazdelitvijo mase in energije v vesolju.

Einsteinove enačbe polja skupaj z enačbami geodetik tvorijo jedro matematične opredelitve splošne teorije relativnosti.

Lastnosti Einsteinovih enačb polja

Ohranitev energije in gibalne količine

Pomembna posledica Einsteinovih enačb polja je krajevna ohranitev energije in gibalne količine. Pogojuje jo diferencialna Bianchijeva enakost:

$$\nabla_b G^{ab} = G^{ab}{}_{;b} = 0$$

ki skupaj z enačbami da:

$$\nabla_b T^{ab} = T^{ab}{}_{;b} = 0$$

kar označuje ohranitev. Ta ohranitveni zakon zahteva fizika. Pri iskanju enačb polj je Einstein poskušal najti enačbe, ki vedno zadovoljujejo ta ohranitveni pogoj.

Nelinearnost enačb polja

Nelinearnost Einsteinovih enačb polja ločuje splošno teorijo relativnosti od drugih osnovnih fizikalnih teorij. Maxwellove enačbe v elektriki in magnetizmu so linearne v električnih in magnetnih poljih. Drug zgled je Schrödingerjeva enačba v kvantni mehaniki ki je kot valovna funkcija linearna.

Načelo korespondence

Einsteinove enačbe polja dajo splošni gravitacijski zakon v približku s šibkim poljem in počasnim gibanjem. Tudi konstanta κ , ki se pojavlja v enačbah, je temu primerno tako izbrana.

Kozmološka konstanta

V enačbe je moč uvrstiti izraz, ki je sorazmeren z metriko:

$$G_{ab} + \Lambda g_{ab} = -8\pi T_{ab}$$

Konstanta Λ se imenuje *kozmoška konstanta*. Ker je Λ konstanta, to ne vpliva na zakon o ohranitvi energije.

Člen s kozmološko konstanto je izvirno vpeljal Einstein leta 1917, da bi omogočal takšno rešitev enačb polja, ki bi podprla model statičnega nerazširjajočega se vesolja. Ta poskus uvedbe konstante se je pokazal za neuspešnega zaradi dveh razlogov. Statično Vesolje je bilo po teoriji nestabilno in Edwin Powell Hubble je po desetletju opazovanj leta 1929 odkril oddaljevanje galaksij, kar je kazalo na razširjanje Vesolja. Einstein je člen z Λ opustil in imenoval svojo vpeljavo »za svojo največjo zablodo v življenju«. Dolgo časa so smatrali, da je vrednost kozmološke konstante enaka 0.

Navkljub Einsteinovi zgrešeni utemeljitvi vpeljave člena s kozmološko konstanto, z njeno vpeljavo v enačbe ni nič narobe. Novejša izboljšana astronomska opazovanja so odkrila, da jih lahko pojasni le od 0 različna Λ .

Einstein je obravnaval kozmološko konstanto kot neodvisni parameter, vendar je moč njen člen algebrsko prestaviti na drugo stran kot del napetostnega tenzorja:

$$T_{ab}^{(\text{vak})} = -\frac{\Lambda}{8\pi}g_{ab}.$$

Konstanta

$$\rho_{\text{vak}} = \frac{\Lambda}{8\pi}$$

se imenuje *energija vakuuma*. Obstoj kozmološke konstante je enakovreden obstoju od nič različne energije vakuuma. V splošni teoriji relativnosti se člena uporabljata enakovredno.

Drugače pa kozmologija v okviru nekvantne splošne teorije relativnosti kozmološke konstante ne potrebuje.

Posebna teorija relativnosti in relativnosti (ali skrajšano **PTR**) je fizikalna teorija, ki opisuje gibanje teles izven gravitacijskega polja. Leta 1905 jo je razvil Albert Einstein. Pred tem je v fiziki prevladovalo mnenje, da so fizikalne količine kot hitrost ali sila absolutne in neodvisne od opazovalca oziroma opazovalnega sistema, v katerem jih merimo. Lorentz in nekateri drugi fiziki pa so opozarjali na dejstvo, da se Maxwelllove enačbe pri zamenjavi koordinatnega sistema ne vedejo v skladu s klasično mehaniko, da torej isti fizikalni pojav dva opazovalca, ki se relativno gibljeta drug glede na drugega, različno opišeta (po zamisli o transformaciji fizikalnih zakonov med opazovalnimi sistemi, ki se gibljejo *relativno* drug na drugega, je teorija dobila svoje ime). Pri tem teorija tudi *zavestno* zanemari vpliv gravitacije na oba opazovalca. Lorentz je razvil tudi popravek, znan kot Lorentzova transformacija, s katerim Maxwelllove enačbe uskladimo z zakoni klasične mehanike.

Posebna teorija relativnosti v Einsteinovi formulaciji sloni na dveh osnovnih načelih:

- načelo relativnosti — zakoni narave imajo v vseh inercialnih opazovalnih sistemih enako obliko. Vsi inercialni opazovalni sistemi so med seboj enakovredni.
- načelo o hitrosti svetlobe — hitrost svetlobe oziroma hitrost elektromagnetnega valovanja v praznem prostoru je v vseh inercialnih opazovalnih sistemih konstantna.

Implicitno posebna teorija relativnosti privzame tudi načelo o homogenosti časa ter o homogenosti in izotropnosti prostora, ki ga Einstein ni izrecno navedel kot osnovno načelo.

Splošna teorija relativnosti

Splošna teorija relativnosti in **relativnosti** (ali skrajšano **STR**) je fizikalna teorija gravitacije, ki jo je leta 1915 razvil in objavil Albert Einstein. Splošna teorija relativnosti razlaga gravitacijsko silo kot posledico ukrivljenosti prostora-časa. Teoriji rečejo tudi *splošna relativnostna teorija*.

Gre za posplošitev Einsteinove posebne teorije relativnosti, ki pravi, da je v inercialnih (nepospešenih) opazovalnih sistemih hitrost svetlobe konstantna, torej invariantna količina. Iz tega sledi spoznanje, da fizikalne zakonitosti ne morejo biti odvisne od lege in gibanja opazovalca, spreminjajo se le enačbe, ki te zakonitosti opisujejo. Prek Lorentzovih transformacij, ki opisujejo navidezno skrčitev dolžin in podaljšanje časa, tako vidimo, da sta merjeni čas in dolžina odvisna od hitrosti gibanja opazovalca, torej sta relativna.:

$$l = l' \sqrt{(1 - (v/c)^2)}$$
$$t = \frac{t'}{\sqrt{(1 - (v/c)^2)}}$$

Splošna teorija relativnosti je razširitev posebne teorije relativnosti na inercialne sisteme, torej sisteme, v katerih je prisotna gravitacijska sila. Glavni doprinos je v načinu gledanja na prostor in čas. V Newtonovem času so namreč gledali na prostor, kot na posodo v kateri se nahajajo snovna telesa (materialni objekti) in na čas kot na neko gonilo, s pomočjo katerega lahko razločimo dva dogodka. Splošna teorija relativnosti prostor in čas poenoti v prostor-čas, saj prostor brez časa ne more obstajati in obratno.

V splošni teoriji relativnosti je lastni čas funkcija Newtonovega absolutnega časa. V tem nekateri vidijo pomanjkljivost teorije. Nekaj od teh pomanjkljivosti naj bi odpravila kronotopologija. V Schwarzschildovi metriki:

$$ds^2 = c^2 \left(1 - \frac{r_g}{r}\right) dt^2 - r^2 (\sin^2 \theta d\phi^2 + d\theta^2) - \frac{dr^2}{1 - \frac{r_g}{r}}$$

ima na primer časovna spremenljivka vrednosti kot $t \in T = \mathbb{R}^1$.

Einsteinova splošna teorija relativnosti ima tudi globlji filozofski in življenjski pomen. Iste stvari namreč izgledajo drugače, če jih gledamo z drugačnega gledišča. Vse je relativno.

Splošno teorijo relativnosti je Einstein objavil leta 1916 (kot niz predavanj jo je že 25. novembra 1915 poslal Pruski akademiji znanosti). Intenzivno jo je razvijal od leta 1907. Krajevna Lorentzova simetrija v prisotnosti snovi nadomesti skupno Lorentzovo simetrijo posebne teorije relativnosti. Splošna teorija relativnosti je geometrijska teorija, kjer prisotnost snovi »ukrivlja«
prostor-čas in ta ukrivljenost spreminja poti prostih delcev (in celo svetlobe). Za opis gravitacije, kot posledico geometrije prostora-časa, teorija uporablja matematična

orodja diferencialne geometrije in tenzorjev, ki so bila ob njenem nastanku novost v fiziki. Teorija temelji na splošnem načelu relativnosti, ki zahteva da so fizikalni zakoni enaki za vse opazovalce, in ne samo za tiste, ki se gibljejo enakomerno. Od tod izvira tudi ime teorije.

Svetóvnica točkastega telesa je v fiziki množica dogodkov pri njegovem gibanju skozi štirirazsežni prostor-čas. Zamisel »svetovnice« je posplošitev pojma »tira« ali poti in se od njiju razlikuje za časovno razsežnost. Svetovnica ponavadi vsebuje večje področje prostora-časa, znotraj katerega se zaznavne ravne poti preračunavajo in kažejo svoje (relativno) bolj absolutne lege. Zamisel svetovnice izhaja iz fizike, zamislil pa si jo je Albert Einstein. Danes izraz pogosteje uporabljajo za teorije relativnosti, kot sta splošna in posebna teorija relativnosti. Dogodke v prostoru-času opišejo svetovni četverci.

Svetovnica

Svetovnice so splošen način opisovanja toka dogodkov. Njihova uporaba ni vezana na nobeno določeno teorijo. V splošni rabi je svetovnica zaporedna pot osebnih dogodkov s časom in prostorom kot razsežnosti, ki označuje zgodovino osebnosti, in se začne v času rojstva in kraja rojstva do njegove smrti. Dnevnik ladje je opis svetovnice ladje vse dokler vsebuje podatek o času za vsak položaj ladje. S svetovnico je z dano dolžinsko mero (metriko) moč izračunati hitrost ladje, ki odgovarja ukrivljeni površini Zemlje.

Svetovnice delcev s konstantno hitrostjo se imenujejo geodetke. V posebni teoriji relativnosti so geodetke premice v prostoru Minkowskega.

