

Boris Kalin

Trg Josipa Langa 2, HR-10000 Zagreb
boris.kalin@zg.t-com.hr

**Teorija relativnosti
u gimnazijskoj nastavi filozofije i fizike**

Sažetak

U nastavnim programima i udžbenicima filozofije teorija relativnosti zastupljena je u malo navoda, a javlja se uvijek u kontekstu onih dijelova programa filozofije koji se odnose na pojam znanosti i na odnos filozofije i znanosti. Primjereno prirodi filozofije, ti navodi, daka-ko, ne upućuju na zadatak izlaganja i propitivanja sadržaja i problema teorije relativnosti (što je zadatak nastave fizike), nego na filozofske implikacije što ih pojava teorije relativnosti (kao i spoznaje i rezultati suvremene znanosti uopće) ima na trajni problem odnosa filozofije i znanosti, na filozofiju znanosti, i na razvoj kritičkog pojma znanosti i na teoriju znanosti uopće.

U nastavnim programima fizike teorija relativnosti zastupljena je u 3. razredu gimnazije u dvjema sustavno raščlanjenim inačicama (»A« i »B«). Jasno su naznačeni obvezni sadržaji i izborni sadržaji. Isto je tako i u udžbenicima. Valja naglasiti da su to metodički suvremeno koncipirani, radni i problemski usmjereni udžbenici, koji se ujedno kontinuirano dorađuju i usavršavaju.

U ovom pregledu programa i udžbenika autor nije bio u mogućnosti da sa sigurnošću točno utvrdi kada se i u kojem obliku prvi put javljaju sadržaji koji se odnose na teoriju relativnosti. Dijelom je to zato što ne raspolažemo potpunom bibliografijom udžbenika, a ni Zavod za školstvo ne raspolaže potpunim i pouzdanim pregledom svih progama fizike od 1941. godine do danas. Posebno ne za 3. i 4. razred gimnazije, za ono vrijeme kada su škole dijelom samostalno oblikovale te programe »prema zahtjevima struke«.

Ostaju tako zadaci za daljnja istraživanja koja će provesti pojedinci i odgovarajuće ustanove (instituti i zavodi).

Ključne riječi

filozofija, fizika, teorija relativnosti, nastava

»Kad pristupimo povijesti, najprije nam se nameće pitanje da li sve mora biti tako kako je bilo i kako je sada. Takvu predrasudu jačaju udžbenici pisani apodiktički, izbjegavajući tako stranputice, zablude ili alternativne putove, a izričući sve same apsolutne istine. Nasuprot tome, povijest znanosti će nas poučiti da su u svakom vremenu istraživači imali vrlo različita mišljenja i često su se veoma sporili. Napredak znanosti nije samo gomilanje činjenica i stalno dotjerivanje teorija, već znači duboke preobrazbe uvriježenih nazora i načina rada. I neprestano će nas mučiti dvoumica je li se znanost morala baš tako razviti. Zacijelo, moderna fizika čini nam se sve više matematičko-eksperimentalnom pustolovinom kojoj nitko ne može predvidjeti kraj ili cilj – ako ga uopće ima.«

Prikazujem, najprije, nastavne programe i udžbenike u duhu istraživanja što stoji u naslovu ovog rada.

1. Nastava filozofije

1.1. Nastavni programi

a) Niti nastavni plan i program za gimnazije za šk. god. 1945./1946., kao niti onaj donesen 1948. godine, a niti nastavni plan i program za gimnazije iz 1962. i 1966. godine – ne sadrže nikakve naznake koje bi se odnosile na teoriju relativnosti.

b) Republički odbor za praćenje nastave filozofije i logike pri Ministarstvu prosvjete i kulture prihvatio je 1991. godine dvije inačice programa za filozofiju (objavljene u časopisu *Metodički ogledi*, br. 2, 1991). *Glasnik Ministarstva kulture i prosvjete* objavio je 1994. godine Nastavne programe za gimnazije, koji za filozofiju nude čak tri inačice (str. 107–116). Sve tri inačice sadrže temu odnosa filozofije i znanosti (str. 107). Tako u izboru tema iz suvremene filozofije nalazimo kompleksno raščlanjenu temu *Filozofija znanosti ... Položaj znanstvenih teorija. Znanstveni realizam kao tvrđenje da teorijskim pojmovima zrele znanosti odgovara »nešto« u realnosti (Galileo, Einstein)* (str. 112). Ili, pak, u sustavnoj obradi problema pojedinih filozofskih disciplina: *Filozofija znanosti i prirode: znanstvene metode, hipoteza i teorija, problemi determinizma; pojam prirode, tvar, sila, prostor, vrijeme, kretanje, kozmološka pitanja* (str. 115).

c) Ministarstvo prosvjete i športa donijelo je 2003. godine »Okvirni plan i program filozofije za gimnaziju u funkciji rasterećenja učenika«, u publikaciji *Kurikularni pristup promjenama u gimnaziji* (Ministarstvo prosvjete i športa, Zavod za unapređenje školstva, Zagreb 2003., str. 139–151). Za sve predmete, pa i za filozofiju, razrada je sustavno provedena u tabeli sa stupcima: 1) Nastavna cjelina, 2) Obvezne zadaće za učenike, 3) Neobvezne zadaće za učenike, 4) Korelacije s drugim predmetima. Izdvajam samo formulaciju koja se unutar određenih nastavnih cjelina odnosi na teoriju relativnosti. Uz nastavnu cjelinu *Filozofija XX. stoljeća pod Korelacije s drugim predmetima* stoji: *Teorijska fizika: teorija relativnosti, zakrivljenost prostora, princip neodređenosti* (str. 144).

1.2. Udžbenici (kronološkim redom)

a) *Antologija filozofskih tekstova s pregledom povijesti filozofije* (sastavili Branko Bošnjak, Vladimir Filipović, Milan Kangrga, Đorđe Mažuran, Gajo Petrović, Vanja Sutlić, Predrag Vranicki), Školska knjiga, Zagreb 1954., 539 stranica. Knjiga je odobrena kao pomoćni udžbenik za srednje škole, a bila je u upotrebi od 1954./1955. do 1964./1965. Taj prvi udžbenik filozofije u nas ne sadrži nikakve naznake o teoriji relativnosti.

b) Isto tako, ni sljedeći udžbenik: Nevenka Vejnović, *Historija filozofije s odabranim filozofskim tekstovima*, Školska knjiga, Zagreb 1985., 320 stranica. Udžbenik je odobren i u upotrebi od 1965./1966. do 1972./1973.

c) Boris Kalin, *Povijest filozofije s odabranim tekstovima filozofa*, Školska knjiga, Zagreb 1973. (28. prerađeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb 2004., 452 stranice). Udžbenik je odobren 1973. i 1995.

U prvom izdanju, pa sve do prerađenog izdanja 1991. godine, u »Izboru iz bibliografije«, na str. 395 navedena je bibliografska jedinica: (Einstein) Ajnštajn, A., *Moja slika svijeta*, Narodna prosvjeta, Sarajevo 1955.

Prerađeno izdanje 1991. godine u poglavlju »Odnos filozofije i znanosti« (str. 16–19), u potpoglavlju »Filozofsko propitivanje znanosti«, na str. 18 bilježi ovako:

»Dok je scijentizam polazio od pretpostavke o koherentnom temelju znanosti, daljnji je razvitak znanosti samoj znanosti postavio probleme koji su eminentno filozofske prirode. Riječ je ponajprije o implikacijama Einsteinovih teorija relativnosti i Heisenbergova načela neodređenosti u kvantnoj teoriji.«

Prerađeno izdanje 2001. godine, u poglavlju »Odnos filozofije i znanosti« (str. 8–13), u potpoglavlju »Tradicionalna i suvremena znanost«, na str. 11–12, kaže ovako:

»Tradicionalna novovjekovna prirodna znanost (osobito klasična fizika) sebe je shvaćala *objektivnom spoznajom svijeta*, svijeta koji je bez ostatka strogo determiniran apsolutnom kauzalnošću prirodnih zakona. Takav model znanosti i poimanja slike svijeta pokazao se neprimjerenim prevratnim otkrićima i spoznajama suvremene znanosti dvadesetog stoljeća, posebno u fizici (kao što su teorija relativnosti, kvantna mehanika, pojam diskontinuiteta, relacije neodređenosti, pojam indeterminizma, teorija kaosa (...)) i u biologiji (od spoznaje da se živi organizmi očituju kao svojevrsna dinamička neravnoteža, da oni posjeduju čak vlastiti okolni svijet, do otkrića gena – nosioca nasljednih svojstava i karte genoma).

Suvremena znanost napušta strogo determinističko poimanje svijeta. Zbivanja u prirodi, materija i njena struktura ne mogu se više shvaćati na klasičan način. (...)

Dok je scijentizam polazio od pretpostavke o koherentnom temelju znanosti, daljnji je razvitak znanosti samoj znanosti postavio probleme koji su eminentno filozofske prirode. Riječ je ponajprije o implikacijama Einsteinovih teorija relativnosti i Heisenbergova načela neodređenosti u kvantnoj teoriji.«

Na str. 11 reproducirana je fotografija Alberta Einsteina.

Nadalje, u »Kazalu imena«, na str. 417, dani su navodi uz ime *Einstein*, a isto tako u »Kazalu pojmova« na str. 451 navodi uz pojam *teorija relativnosti*.

d) Arno Anzenbacher, *Filozofija, Uvod u filozofiju*, Školska knjiga, Zagreb 1992., 275 stranica, prijevod s njemačkog. Knjiga je koncipirana tematski, a kao udžbenik odobrena je 1992.

U poglavlju »Zbiljnost«, u potpoglavlju »Prostor«, na str. 84, stoji navod i citat Einsteinova teksta:

»Prikladnom usporedbom s kutijom, A. Einstein prikazuje teškoće u koje dospijeva naša svakodnevna predodžba prostora: 'Dosada je naš pojam prostora bio vezan za kutiju. Ali pokazuje se da su smještajne mogućnosti koje konstituiraju kutiju-prostor neovisne o debljini zidova kutije. Ne može li ta debljina pasti na nulu, a da se 'prostor' pritom ne izgubi? Očita je prirodnost takvoga graničnog procesa, i sada za naše mišljenje postoji prostor bez kutije, samostalna stvar, koja se ipak čini tako nezbiljskom zaboravi li se iskon tog pojma. Razumijemo Descartesa koji prostor nije htio promatrati kao stvar, neovisnu o tjelesnim objektima i koja može egzistirati bez građe... Način na koji se u prostoru (kutiji) mogu smjestiti tijela predmet su trodimenzionalne euklidske geometrije, čije aksiomatsko ustrojstvo lako može prevariti u pogledu njezina odnosa isključivo na doživljive situacije. Ako se sada pojam prostora oblikovao na već skicirani način, nadovezujući se na iskustva o 'punjenju' kutije, onda je to najprije neki ograničen prostor. Ali ta se ograničenost čini nebitnom jer se naizgled uvijek može uvesti neka veća kutija koja obuhvaća manju. Prostor se tako čini nečim neograničenim'. (A. Einstein, *Relativitätstheorie nach dem heutigen Stande gemeinverständlich dargestellt*, 1954, 87f). Taj tekst sadrži najviše aporija (bezzlaznosti) svakodnevnog pojma prostora. Prva obuhvatna i do danas prirodnofilozofijski značajna kritika takve predodžbe prostora potječe od ARISTOTELA. Potanko razmotrimo njegovo središnje promišljanje...«

Nadalje u potpoglavlju »Vrijeme«, na str. 87, stoji navod:

»Znanosti barataju modelima te vrste. One konstruiraju neki geometrijski prostor kao koordinatni sustav s nekom nultom točkom te onda mogu egzaktno mjeriti razmake, sile kao pokretačke impulse i brzine. Ma koliko to bilo korisno, praktično i upotrebljivo, ne bi valjalo zaboraviti da

se time filozofski problem vremena rješava u jednoj modelskoj konstrukciji, pri čemu je posve svejedno je li riječ o NEWTONOVOJ mehanici ili o EINSTEINOVJOJ teoriji relativnosti.«

U poglavlju »Spoznaja«, u potpoglavlju »Značenje empirijskih teorija«, na str. 152–153, još je jednom citiran Einstein:

»Čini se da je razvitak teorije znanosti *prevladao onaj filozofski empirizam* (2.2.3, 4.2.3.1) sa svojega početka. (...) Upozorili smo na nerješivost prijedora između posebne psihičke i fizičke baze (2.2.3.2), na socijalni kontekst vodećega opažajnog interesa (4.6.3.1), na prijelaz od opažanja na pojmove (4.5.2.4), na problem teorijskih terma (4.6.5). To A. EINSTEIN ovako formulira: 'Uvjeren sam da se mora tvrditi čak i mnogo više: da su svi pojmovi koji se pojavljuju u našem mišljenju i u našim jezičnim izjavama – logički promatrano – slobodne misaone tvorbe i da se ne mogu induktivno zadobiti iz osjetilnih doživljaja. To nije lako opaziti samo stoga što smo stanovite pojmove i pojmovne spojeve naviknuti tako čvrsto povezivati sa stanovitim osjetilnim doživljajima da nismo svjesni jaza koji – logički nepremostiv – svijet osjetilnih doživljaja dijeli od svijeta pojmova i iskaza' (A. Einstein, *Bemerkungen zu B. Russells Erkenntnistheorie*).«

Pod naslovom »Bibliografske jedinice dostupne u hrvatskom prijevodu«, navedena su dva izvora koji se odnose na Einsteina: A. Einstein, *Geometrija i iskustvo*, Osijek 1923.; A. Einstein, *Moj pogled na svijet*, Zagreb 1991.

U »Kazalu imena« na str. 267 naveden je: EINSTEIN, Albert.

e) Johannes Hirschberger, *Mala povijest filozofije*, Školska knjiga, Zagreb 1995., 218 stranica, prijevod s njemačkog. Knjiga je odobrena kao priručnik za upotrebu u gimnazijama od 1995./1996. do 2003./2004. Ne sadrži nikakvih naznaka o Einsteinu ni o teoriji relativnosti.

f) Ivan Čehok – Filip Grgić, *Filozofija – Udžbenik za četvrti razred gimnazije*, Profil, Zagreb 2001., 248 stranica. Knjiga je odobrena za upotrebu od 2001./2002. do 2003./2004. Udžbenik je koncipiran kao tematski uvod u filozofiju. Einsteinova teorija relativnosti navedena je u tabelarnom »Usporednom prikazu povijesnih zbivanja« na str. 25, ovako:

Godina	Filozofska povijest	Društvena povijest	Duhovna povijest
1884.	Frege, Osnove aritmetike		Einsteinova teorija relativnosti, Proustov ciklus romana, Bohrova teorija atoma, prve filmske projekcije
1889.	Rođen Martin Heidegger		
1899.	Freudovo Tumačenje snova		
1903.	Moore, Principia ethica		
1905.	Rođen J. P. Sartre		

Kratak komentar uz programe i udžbenike filozofije

U nastavnim programima i udžbenicima filozofije teorija relativnosti zastupljena je u malom broju navoda, a javlja se uvijek u kontekstu onih dijelova programa filozofije koji se odnose *na pojam znanosti i na odnos filozofije i znanosti*. Primjereno prirodi filozofije, ti navodi, dakako, ne upućuju na zadatak izlaganja i propitivanja sadržaja i problema teorije relativnosti (što je zadatak nastave fizike), nego na filozofske implikacije što ih pojava teorije relativnosti (kao i spoznaje i rezultati suvremene znanosti uopće) ima na trajni problem odnosa filozofije i znanosti, na filozofiju znanosti, i na razvoj kritičkog pojma znanosti i na teoriju znanosti uopće.

2. Nastava fizike

2.1. Nastavni programi

U Zavodu za školstvo Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa (susretljivošću kolege Živka Jakopovića) dobio sam uvid u gimnazijske nastavne programe od 1945. do 2004. godine.

Programi iz 1945./1946., 1946./1947., 1947./1948., 1962., 1966., 1974. i 1984. godine *nigdje izričito ne upućuju na sadržaje koji bi se odnosili na teoriju relativnosti.* (Nazive spomenutih izvora navodim u priloženom popisu literature.)

Napomena uz programe iz 1974. i 1984. godine

(1974.) *Osnove nastavnog plana i programa za srednjoškolsko obrazovanje u SR Hrvatskoj*, Školska knjiga, Zagreb 1974. (Prosvjetni savjet Hrvatske donio je »minimalne obrazovne sadržaje i najmanji broj nastavnih sati potrebnih za izvođenje nastave pojedinih nastavnih predmeta« određenih obrazovnih područja – i to su te *Osnove.*) Za fiziku, *Osnove* sadrže (str. 130–137): Uvod (zadatke nastave fizike), Osnove nastavnog programa (teme s obrazloženjem) i Orijentacijsku raspodjelu broja sati. (Ukupan broj sati za realizaciju nastavnog programa iz fizike iznosi u osnovama nastavnog plana i programa za srednjoškolsko obrazovanje 175 sati. Za nastavu mehanike predlaže se 60 sati, za nauku o toplini 25 sati, za elektricitet 55 sati, a za optiku s fizikom atoma 35 sati.

(1984.) »Zajedničke programske osnove srednjeg usmjerenog obrazovanja prirodoslovno-matematičkog područja«, *Vjesnik Republičkog komiteta za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske*, br. 14, Zagreb 1984. Za fiziku raspored fonda sati glasi: I. godina: 68 sati, II. godina: 90 + 28 sati, III. i IV. godina: prema zahtjevima struke (!!!).

28 sati dodaje se predmetima prirodnih nauka od posebnog interesa za struku prema odredbi programskog savjeta.

Fizika (str. 18–27) sadrži: Uvod (obrazloženje programa; isticanje razlike klasične fizike – fizike tzv. objektivnog svijeta i moderne fizike – fizike eksperimentalnog uređaja; metodičke implikacije; objašnjenja o izbornom i fakultativnom programu i slobodnim aktivnostima), te program I. razreda (68 sati) i II. razreda (90 sati) s objašnjenjima i izbornim programima.

Napomena uz programe iz 1974. i 1984. godine odnosi se na mogućnosti da se »prema zahtjevima struke« u III. i IV. godini (razredu) pojave i drugi sadržaji. Ovdje upućujemo na potrebu da se detaljnije istraže nastavni programi fizike matematičko-prirodoslovnih, pedagoških i drugih gimnazija i srednjih tehničkih škola.

(1994.) Prvi se put teorija relativnosti navodi u programima koje donosi ministarstvo za sve gimnazije u Hrvatskoj: »Nastavni programi za gimnazije«, *Glasnik Ministarstva kulture i prosvjete Republike Hrvatske*, Zagreb 1994. (»žuta knjiga« u Zavodu za školstvo). Za fiziku se nude dvije inačice.

»A« **inačica** (Vladimir Paar?) za treći razred donosi ove sadržaje:

3.20. **Teorija relativnosti (1).** Načelo relativnosti. Stalnost brzine svjetlosti. Dilatacija vremena. Raspad miona kao ilustracija dilatacije vremena.

3.21. **Teorija relativnosti (2).** Lorentzova kontrakcija. Zbrajanje brzina. Paradoks blizanaca.

3.22. **Teorija relativnosti (3).** Relativističko podrijetlo magnetskih sila. Relativnost mase. Masa i energija. Načelo ekvivalencije i opća teorija relativnosti.

»B« inačica (Rudolf Krsnik) za treći razred donosi ove sadržaje:

3.5–3.8. **Posebna teorija relativnosti.** Fizika na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće. Problemi u vezi s Galilejevim načelom relativnosti. Uloga Einsteina u razrješavanju problema. Dva Einsteinova postulata, nastanak posebne teorije relativnosti. Relativnost istodobnosti (Einsteinov vlak, misaoni pokus). Lorentzove transformacije i njihove daljnje posljedice.

Napomene

Ovi su sadržaji izabrani zato što čine daljnji revolucionarni pomak u razvoju fizike po liniji Aristotel – Galilei – (Newton) – Einstein; važni su za opću kulturu, a za učenike zanimljivi.

(2003.) Kurikularni pristup promjenama u gimnaziji: *Razrada okvirnog nastavnog plana i programa u funkciji rasterećenja učenika, Prirodoslovno-matematičko-informatičko područje*, Ministarstvo prosvjete i športa, Zavod za unapređivanje školstva, Zagreb 2003., na str. 73 u programu fizike za 4. razred navodi:

Nastavna cjelina: *Teorija relativnosti*

Obvezne zadaće za učenike:

- objasniti Galilejevo načelo relativnosti i zbrajanja brzina;
- protumačiti fizikalni smisao Michelson-Morleyeva eksperimenta;
- objasniti relativističku dilataciju vremena, kontrakciju duljine i relativističku količinu gibanja;
- raspraviti relativističku energiju i ekvivalent mase i energije;
- rješavati probleme primjenom jednadžbi iz relativnosti.

Neobvezne zadaće za učenike:

- izvesti Galilejeve i Lorentzove transformacije;
- objasniti relativističko podrijetlo magnetskih sila.

(2005.) U Zavodu za školstvo dobio sam u siječnju 2005. godine dorađeni (dorađivani) tekst službeno važećeg programa iz 1994. godine (»žute knjige«).

Uneseno je nekoliko manjih izmjena u formulacijama, a izdvojeni su Prošireni sadržaji za prirodoslovno-matematičke gimnazije i, posebno, Izborni sadržaji.

U programu za treći razred u »A« inačici dio teksta koji nas zanima glasi:

15.15. Teorija relativnosti (1). Načelo relativnosti. Konstantnost brzine svjetlosti. Lorentzove transformacije. Dilatacija vremena. Paradoks blizanaca. Zbrajanje brzina. Pojam relativističke energije i količine gibanja.

Izborni sadržaji

3.15.a. Teorija relativnosti (2). Relativističko porijeklo magnetskih sila. Izvod izraza za relativističku energiju. Načelo ekvivalencije i opća teorija relativnosti (str. 10–11).

2.2. Udžbenici

Kronološkim redom – od 2005. unatrag.

Pregledao sam udžbenike u kojima sam u skladu s nastavnim programima očekivao sadržaje koji se odnose na teoriju relativnosti. Svojim savjetima bitno mi je pomogla Branislava Valić, dugogodišnja urednica za fiziku u Školskoj knjizi u Zagrebu.

I. Vladimir Paar, *Fizika 3, Udžbenik za treći razred gimnazije* (»A« inačica programa), priredila Đurđa Vlaho, Školska knjiga, Zagreb 2004. (2005.), 183 stranica.

(U Predgovoru autor objašnjava da udžbenik donosi osnovne sadržaje izložene sukladno skraćenom programu gimnazijske fizike, zatim proširene i izborne sadržaje, pitanja za provjeru znanja, primjere i problemske zadatke, od kojih su neki popraćeni prikazom cjelovitog postupka rješavanja.)

1. Teorija relativnosti (str. 141–166)

1.1. Galilejeva relativnost (str. 142)

Galilejevo pravilo zbrajanja brzina (str. 143)

Izborni sadržaji (istražujemo samostalno):

Galilejeva transformacija koordinata (str. 144)

6.2. Einsteinova relativnost (str. 145)

6.2.1. Einsteinovo zbrajanje brzina (str. 147)

Izborni sadržaji (istražujemo samostalno):

Lorentzova transformacija koordinata (str. 148)

Provjerimo znanje (str. 149)

6.3. Relativnost istodobnosti (str. 150)

6.3.1. Relativističko usporenje vremena (str. 151)

Izborni sadržaji (istražujemo samostalno):

Izvod formule za vremensku dilataciju (str. 152)

Primjeri usporenja vremena (str. 154)

Paradoks blizanaca (str. 155)

Relativistički Dopplerov učinak (str. 157)

6.3.2. Relativističko shvaćanje duljina (str. 158)

Provjerimo znanje (str. 159)

6.4. Relativistička dinamika (str. 161)

6.4.1. Relativistička količina gibanja i relativistička energija

Provjerimo znanje (str. 164)

Crtice iz povijesti

Ruđer Bošković, Hendrik Antoon Lorentz, Henri Poincaré,
Ernst Mach, Vladimir Varićak, Albert Einstein (str. 165–166)

7.3. Opća teorija relativnosti (str. 178–180)

II. Vladimir Paar, *Fizika 3, Udžbenik za 3. razred gimnazije* (»A« inačica programa), Školska knjiga, Zagreb, I. izdanje 1998., VI. izdanje 2004., 216 stranica.

Taj udžbenik prethodi udžbeniku iz 2005., a u poglavlju »7. Teorija relativnosti« (str. 147–170) ima razlika u nekim podnaslovima poglavlja i u izdvajanju »Proširenih i izbornih sadržaja« u posebnu cjelinu na kraju poglavlja. Evo tog rasporeda:

Galilejeva relativnost
Einsteinova relativnost
Einsteinovo zbrajanje brzina
Relativnost istodobnosti
Relativističko shvaćanje duljina
Relativistička dinamika

Provjerimo svoje znanje

Povijesne bilješke: Sv. Augustin, Ruđer Bošković, Hendrik Antoon Lorentz, Henri Poincaré, Ernst Mach, Vladimir Varićak, Albert Einstein.

Prošireni i izborni sadržaji, na str. 208–214, sadrže:

Galilejeve transformacije
Lorentzova transformacija koordinata
Izvod formule za vremensku dilataciju
Je li relativistička masa fizikalna?
Relativistički Dopplerov učinak
Opća teorija relativnosti

III. Đurđa Vlaho – Zlatko Vlaho – Vladimir Paar, *Priručnik za nastavnike F 3*, Školska knjiga, Zagreb 2003., 61 stranica.

Određene upute odnose se dakako na poglavlje »Teorija relativnosti«.

IV. Vladimir Paar – Vladimir Šips, *Zbirka riješenih zadataka F 3*, Školska knjiga, Zagreb 1999., 111 stranica.

Dio zadataka odnosi se na teoriju relativnosti.

V. Vladimir Paar, *Fizika: Gibanje i energija*, *Priručnik za 1. razred gimnazija*, Školska knjiga, Zagreb, III. izdanje 1995., 251 stranica. Kazalo imena upućuje na A. Einsteina (str. 197).

U poglavlju »5. Opći zakon gravitacije« (str. 176–202), u potpoglavlju »Želite li znati više« (str. 183–202), na str. 197, podnaslov u tekstu glasi »Einsteinova teorija gravitacije i Sunčev sustav«, te se na pola stranice referira o odnosu Newtonove i Einsteinove teorije gravitacije.

VI. Vladimir Paar, *Fizika: Gibanje i energija*, svezak A, radni udžbenik fizike za usmjereno obrazovanje, Školska knjiga, Zagreb, I. izdanje 1986., V. izdanje 1990., 200 stranica.

Udžbenik prethodi i sadržajem je podudaran onom iz 1995.

VII. Vladimir Paar, *Fizika 4, Udžbenik za 4. razred gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb 2004., 163 stranica.

Na str. 4 spominje se *Einsteinova teorija fotoelektričnog učinka*, a na str. 5 *Einsteinova jednadžba fotoelektričnog učinka*.

VIII. Tonči Andreis – Miro Plavčić – Nikica Simić, *Fizika 3, Udžbenik za 3. razred gimnazije*, (varijanta »B«), Profil, Zagreb 2004., 205 stranica.

Evo kako je strukturirano poglavlje o teoriji relativnosti:

5. Relativnost	(str. 119–143)
Stranice 119 i 120 donose 4 fotografije A. Einsteina i nekoliko navoda i anegdota o njemu.	
5.1. Princip relativnosti	(str. 121)
5.2. Galilejeve transformacije	(str. 122)
5.2.1. Transformacije koordinata	(str. 122)
5.2.2. Transformacije brzine	(str. 123)
5.3. Posebna teorija relativnosti	(str. 123)
5.3.1. Provjera principa relativnosti	(str. 124)
5.3.2. Michelson-Morleyev pokus	(str. 127)
5.4. Lorentzove transformacije	(str. 131)
5.4.1. Posljedice Lorentzovih transformacija	(str. 132)
5.4.1.1. Vrijeme (a. Paradoks blizanaca; b. Mezon)	(str. 133)
5.4.1.2. Duljina	(str. 136)
5.4.1.3. Količina gibanja	(str. 136)
5.4.1.4. Tromost (masa)	(str. 138)
5.4.1.5. Energija	(str. 139)
<i>Pitanja i zadaci</i>	(str. 141–143)

IX. Tonči Andreis – Miro Plavčić – Nikica Simić, *Fizika 4, Udžbenik za 4. razred gimnazije i srodnih škola s četverogodišnjim programom* (varijanta »B«), Profil, Zagreb 2000., 277 + X stranica.

O poglavlju »Fragmenti povijesti fizike« (str. 239–264), na str. 257, čitamo:

»1905. Einstein teorijski objašnjava fotoefekt. (Svi su ga napali, čak i M. Planck, koji ga je jako volio...).«

X. Rudolf Krsnik, *Fizika 3, Udžbenik za III. razred gimnazije* (»B« inačica programa), Školska knjiga, Zagreb 1998., 166 stranica.

(U Predgovoru autor upućuje na metodičko nastojanje da učenike ponajprije potakne na razmišljanje.)

Izdvajam sadržaj koji je predmet našeg zanimanja:

2. Relativnost u fizici	(str. 45–72)
2.1. Relativnost u klasičnoj mehanici	(str. 45)
2.1.1. Galilejeve transformacije	(str. 46)
2.1.2. Klasično zbrajanje brzina	(str. 48)
2.2. Problemi u svezi s Galilejevim načelom relativnosti	(str. 49)
2.3. Daljnji problemi u vezi s Galilejevim načelom relativnosti: Nastanak specijalne teorije relativnosti	(str. 53)
2.3.1. Relativnost istodobnosti	(str. 55)
2.3.2. Lorentzove transformacije	(str. 56)
2.3.3. Relativnost duljine	(str. 61)
2.3.4. Relativnost vremenskog intervala	(str. 62)
2.3.5. Relativistička transformacija brzina	(str. 64)
2.3.6. Masa i količina gibanja u specijalnoj teoriji relativnosti	(str. 66)
2.3.7. Relativistička ekvivalencija mase i energije	(str. 70)

XI. Rudolf Krsnik – Branka Mikuličić, *Fizika – Međudjelovanja, relativnost, titranja i zvuk, Priručnik za nastavu fizike u 3. razredu gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb 1992., II. dopunjeno izdanje 1995., III. izdanje 1996., 298 stranica.

Taj udžbenik prethodi *Fizici 3* iz 1998.

Poglavlje »Relativnost u fizici« (str. 79–108) sadržajno se podudara s odgovarajućim poglavljem u udžbeniku iz 1998.

XII. Rudolf Krsnik, *Fizika 4, Udžbenik za 4. razred gimnazije* (»B« inačica programa), Školska knjiga, Zagreb 2000., 224 stranice.

U tom udžbeniku nema sustavnog predstavljanja teorije relativnosti. Ona je spomenuta samo na jednom mjestu: »Iz problema etera razvila se teorija relativnosti« (str. 103). Einstein je spomenut nekoliko puta: uz Plancka (str. 107); »Revolucionarno rješenje fotoelektičnog efekta ponudio je Albert Einstein« (str. 110); citiran je Einsteinov rad iz 1905.; »Einstein je na svjetlost primijenio Planckovu ideju o zračenju crnog tijela« (str. 111); Einsteinov odnos prema kvantnoj mehanici i kvantnoj teoriji (str. 130); uz prikaz lasera (str. 144 i 145); spominje se i Einsteinovo pismo Rooseveltu u kojem on upozorava na opasnost da Nijemci naprave atomsku bombu (str. 193); »A. Einstein kreirao je hipotezu o kvantu svjetlosti, koji je kasnije prozvan fotonom I« (str. 201).

XIII. Željko Jakopović – Vjera Lopac, *Fizika 1, Udžbenik za 1. razred strukovnih škola s četverogodišnjim programom fizike*, Školska knjiga, Zagreb 1996., 205 stranica.

Na str. 154 donosi se fotografija Alberta Einsteina i napomene o njegovu znanstvenom djelovanju i utjecaju (objavio je radove o fotoelektričnom efektu).

XIV. Željko Jakopović – Petar Kulišić, *Fizika 1, Priručnik za dvogodišnje i trogodišnje programe fizike*, Školska knjiga, Zagreb 1994.

U poglavlju »3.9. Energija i masa«, na str. 153, uz fotografiju i navode o životu i djelu Alberta Einsteina, naglašeno je da je Einstein u svojoj teoriji relativnosti povezoao energiju i masu.

XV. Nikola Cindro – Petar Colić, *Fizika, I. dio: Atomi, molekule, zakon očuvanja energije, relativnost, svemir, Odabrana poglavlja za fakultativnu nastavu fizike u 3. razredu tehničkog usmjerenja u srednjim školama*, Školska knjiga, Zagreb, I. izdanje 1987., V. izdanje 1990., 164 stranice.

Od istih je autora i udžbenik: *Fizika, II. dio: Titranje, kvanti, struktura tvari, atomska jezgra*, Školska knjiga, Zagreb, I. izdanje 1987., III. izdanje 1990., 192 stranica.

(Podatke sam pronašao u Bibliografiji Školske knjige, koja sadrži podatke do 1990. godine.)

U arhivi udžbenika Školske knjige pronašao sam primjerak udžbenika: Nikola Cindro – Petar Colić, *Fizika: Atomi, molekule, zakon očuvanja energije, relativnost, svemir, Odabrana poglavlja za fakultativnu nastavu fizike u 3. razredu tehničkog usmjerenja u srednjim školama*, Školska knjiga, Zagreb 1979., 165 stranica.

Udžbenik ne spominje A. Einsteina, ali sadrži ova poglavlja:

- | | |
|---|----------------|
| 4.5. Specijalna teorija relativnosti | (str. 93) |
| 4.5.1. Paradoks blizanaca | (str. 93) |
| 4.5.2. Tromost se mijenja | (str. 94) |
| 4.5.3. Relativističko porijeklo elektromagnetske sile | (str. 96) |
| 4.6. Masa i energija | (str. 98) |
| 4.6.1. $E = mc^2$ | (str. 98) |
| 4.6.2. Kinetička energija | (str. 100) |
| 4.6.3. Energija vezanja i defekt mase | (str. 101–103) |

XVI. Branko Maksić – Josip Goldberg – Alfred Kurelec, *Fizika za prvi razred gimnazije*, X. izdanje, prema IX. izdanju usklađenom s nastavnim programom, Školska knjiga, Zagreb 1974. (I. izdanje: ?).

U poglavlju »Princip relativnosti klasične mehanike« (str. 50–51) na kraju stoji »Napomena«:

»Mehaniku, odnosno i cijelu fiziku – koja nije poznavala modernu atomsku fiziku niti je znala za fiziku izuzetno velikih brzina, a koja je otkrivena tek početkom ovog (dvadesetog) stoljeća u teoriji relativnosti – zovemo klasičnom mehanikom, odnosno klasičnom fizikom.«

XVII. Vjera Lopac – Petar Kulišić, *Fizika 4, Udžbenik za 4. razred srednjih stručnih škola*, VI. izdanje, Školska knjiga, Zagreb 2004.

Poglavlja »1.2. Relativnost gibanja«, »1.2.1. Relativističko zbrajanje brzina« ne sadrže naznake o teoriji relativnosti.

XVIII. Elza Vernić – Berislav Liščić – Gustav Šindler, *Fizika 1 za srednje škole. Mehanika i toplina*, X. dopunjeno izdanje, priredio Gustav Šindler, Školska knjiga, Zagreb 1982., (stranica: ?), (I izdanje: ?).

Udžbenik ne sadrži naznake o teoriji relativnosti.

Komentar uz programe i udžbenike fizike

U nastavnim programima fizike teorija relativnosti zastupljena je u 3. razredu gimnazije u dvjema sustavno raščlanjenim inačicama (»A« i »B«). Jasno su naznačeni obvezni sadržaji i izborni sadržaji. Isto je tako i u udžbenicima. Valja naglasiti da su to metodički suvremeno koncipirani, radni i problemski usmjereni udžbenici, koji se ujedno kontinuirano dorađuju i usavršavaju.

U našem pregledu programa i udžbenika, autor nije bio u mogućnosti iz izvora koji su mu bili dostupni sa sigurnošću točno utvrditi kada se i u kojem obliku prvi put javljaju sadržaji koji se odnose na teoriju relativnosti. Dijelom je to zato što ne raspolažemo potpunom bibliografijom udžbenika, a ni Zavod za školstvo ne raspolaže potpunim i pouzdanim pregledom svih progama fizike od 1941. godine do danas. Posebno ne za 3. i 4. razred gimnazije, za ono vrijeme kada su škole dijelom samostalno oblikovale te programe »prema zahtjevima struke«.

Ostaju tako zadaci za daljnja istraživanja koja će provesti pojedinci i odgovarajuće ustanove (instituti i zavodi).

Literatura

a) Nastavni programi filozofije

Nastavni plan i program za gimnazije i klasične gimnazije za školsku godinu 1945–1946, Ministarstvo prosvjete Federalne Hrvatske.

Nastavni plan i program za gimnazije i klasične gimnazije za školsku godinu 1946–1947, Ministarstvo prosvjete Federalne Hrvatske.

Nastavni plan i program za gimnazije i klasične gimnazije i sedmogodišnje škole: za školsku godinu 1947–1948, Ministarstvo prosvjete Narodne republike Hrvatske.

»Nastavni plan i program za gimnazije pedagoškog smjera«, *Prosvetni vjesnik. Službeni organ Savjeta za prosvjetu NR Hrvatske*, Zagreb 1962., br. 9–10.

»Nastavni plan i program za gimnazije općeg smjera«, *Prosvetni vjesnik. Službeni organ Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske*, Zagreb 1966., br.1–2.

Osnove nastavnog plana i programa za srednjoškolsko obrazovanje u SR Hrvatskoj, Školska knjiga, Zagreb 1974.

»Nastavni programi za gimnazije«, *Glasnik Ministarstva kulture i prosvjete*, Zagreb 1994., str. 107–116 (*Metodički ogleđi*, 2/1991).

»Okvirni plan i program filozofije za gimnaziju u funkciji rasterećenja učenika«, u: *Kurikularni pristup promjenama u gimnaziji*, Ministarstvo prosvjete i športa, Zavod za unapređenje školstva, Zagreb 2003., str. 139–151.

b) Srednjoškolski udžbenici filozofije

Antologija filozofskih tekstova s pregledom povijesti filozofije, sastavili Branko Bošnjak, Vladimir Filipović, Milan Kangrga, Đorđe Mažuran, Gajo Petrović, Vanja Sutlić, Predrag Vranicki, Školska knjiga, Zagreb 1954., 539 stranica.

Boris Kalin, *Povijest filozofije s odabranim tekstovima filozofa*, Školska knjiga, Zagreb 1973. (28. prerađeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb 2004., 452 stranice).

Arno Anzenbacher, *Filozofija, Uvod u filozofiju*, Školska knjiga, Zagreb 1992., 275 stranica.

Johannes Hirschberger, *Mala povijest filozofije*, Školska knjiga, Zagreb 1995., 218 stranica.

Ivan Čehok – Filip Grgić, *Filozofija – Udžbenik za četvrti razred gimnazije*, Profil, Zagreb 2001., 248 stranica.

c) Nastavni programi fizike

Nastavni plan i program za gimnazije i klasične gimnazije za školsku godinu 1945–1946, Ministarstvo prosvjete Federalne Hrvatske.

Nastavni plan i program za gimnazije i klasične gimnazije za školsku godinu 1946–1947, Ministarstvo prosvjete Federalne Hrvatske.

Nastavni plan i program za gimnazije i klasične gimnazije i sedmogodišnje škole: za školsku godinu 1947–1948, Ministarstvo prosvjete Narodne republike Hrvatske.

»Nastavni plan i program za gimnazije pedagoškog smjera«, *Prosvetni vjesnik. Službeni organ Savjeta za prosvjetu NR Hrvatske*, Zagreb 1962., br. 9–10.

»Nastavni plan i program za gimnazije općeg smjera«, *Prosvetni vjesnik. Službeni organ Republičkog sekretarijata za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske*, Zagreb 1966., br. 1–2.

Osnove nastavnog plana i programa za srednjoškolsko obrazovanje u SR Hrvatskoj, Školska knjiga, Zagreb 1974.

»Zajedničke programske osnove srednjeg usmjerenog obrazovanja prirodoslovno-matematičkog područja«, *Vjesnik Republičkog komiteta za prosvjetu, kulturu i fizičku kulturu SR Hrvatske*, Zagreb 1984., br. 14.

»Nastavni programi za gimnazije«, *Glasnik Ministarstva kulture i prosvjete Republike Hrvatske*, Zagreb 1994. (»žuta knjiga« u Zavodu za školstvo).

Kurikularni pristup promjenama u gimnaziji, Razrada okvirnog nastavnog plana i programa u funkciji rasterećenja učenika, Prirodoslovno-matematičko-informatičko područje, Ministarstvo prosvjete i športa, Zavod za unapređivanje školstva, Zagreb 2003. – Otisnuti doradeni (doradivani) tekst službeno važećeg programa iz 1994. godine (»žute knjige«). U Zavodu za školstvo dobio sam u siječnju 2005. godine primjerak tog nastavnog programa: *Fizika u gimnazijama*, 36 stranica (otisnuto kao rukopis za internu upotrebu?).

d) Srednjoškolski udžbenici fizike

Vladimir Paar, *Fizika 3, Udžbenik za treći razred gimnazije* (»A« inačica programa), priredila Đurđa Vlaho, Školska knjiga, Zagreb 2004. (2005.), 183 stranice.

Vladimir Paar, *Fizika 3, Udžbenik za 3. razred gimnazije* (»A« inačica programa), Školska knjiga, Zagreb, I. izdanje 1998., VI. izdanje 2004., 216 stranica.

Đurđa Vlaho – Zlatko Vlaho – Vladimir Paar, *Priručnik za nastavnike F 3*, Školska knjiga, Zagreb 2003., 61 stranica.

Vladimir Paar – Vladimir Šips, *Zbirka riješenih zadataka F 3*, Školska knjiga, Zagreb 1999., 111 stranica.

Vladimir Paar, *Fizika: Gibanje i energija, Priručnik za I. razred gimnazija*, Školska knjiga, Zagreb, III. izdanje 1995., 251 stranica.

Vladimir Paar, *Fizika: Gibanje i energija, svezak A*, radni udžbenik fizike za usmjereno obrazovanje, I. izdanje 1986., V. izdanje 1990., stranica 200.

Vladimir Paar, *Fizika 4, Udžbenik za 4. razred gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb 2004., 163 stranice.

Tonči Andreis – Miro Plavčić – Nikica Simić, *Fizika 3, Udžbenik za 3. razred gimnazije* (varijanta »B«), Profil, Zagreb 2004., 205 stranica.

Tonči Andreis – Miro Plavčić – Nikica Simić, *Fizika 4, Udžbenik za 4. razred gimnazije i srodnih škola s četverogodišnjim programom* (varijanta »B«), Profil, Zagreb 2000., 277 + X stranica.

Rudolf Krsnik, *Fizika 3, Udžbenik za III. razred gimnazije* (»B« inačica programa), Školska knjiga, Zagreb 1998., 166 stranica.

Rudolf Krsnik – Branka Mikuličić, *Fizika – Međudjelovanja, relativnost, titranja i zvuk, Priručnik za nastavu fizike u 3. razredu gimnazije*, Školska knjiga, Zagreb 1992., II. dopunjeno izdanje 1995., III. izdanje 1996., 298 stranica.

Rudolf Krsnik, *Fizika 4, Udžbenik za 4. razred gimnazije* (»B« inačica programa), Školska knjiga, Zagreb 2000., 224 stranice.

Željko Jakopović – Vjera Lopac, *Fizika 1, Udžbenik za 1. razred strukovnih škola s četverogodišnjim programom fizike*, Školska knjiga, Zagreb 1996., 205 stranica.

Željko Jakopović – Petar Kulišić, *Fizika 1, Priručnik za dvogodišnje i trogodišnje programe fizike*, Školska knjiga, Zagreb 1994.

Nikola Cindro – Petar Colić, *Fizika, I. dio: Atomi, molekule, zakon očuvanja energije, relativnost, svemir, Odabrana poglavlja za fakultativnu nastavu fizike u 3. razredu tehničkog usmjerenja u srednjim školama*, Školska knjiga, Zagreb, I. izdanje 1987., V. izdanje 1990., 164 stranice.

Branko Maksić – Josip Goldberg – Alfred Kurelec, *Fizika za prvi razred gimnazije*, X. izdanje, prema IX. izdanju usklađenom s nastavnim programom, Školska knjiga, Zagreb 1974. (I. izdanje: ?).

Vjera Lopac – Petar Kulišić, *Fizika 4, Udžbenik za 4. razred srednjih stručnih škola*, VI. izdanje, Školska knjiga, Zagreb 2004.

Elza Vernić – Berislav Liščić – Gustav Šindler, *Fizika 1 za srednje škole. Mehanika i toplina*, X. dopunjeno izdanje, priredio Gustav Šindler, Školska knjiga, Zagreb 1982. (stranica: ?), (I. izdanje: ?).

e) Još nekoliko bibliografskih jedinica

Max Born, *Einsteinova teorija relativnosti i njezini fizički osnovi*, preveo i nadopunio Danilo Blanuša, Hrvatsko prirodoslovno društvo, Zagreb 1948.

Albert Einstein, *Moj pogled na svijet*, Izvori, Zagreb 1991.

Werner Heisenberg, »Slika svijeta suvremene fizike«, u: Werner Heisenberg, *Promjene u osnovama prirodne znanosti / Slika svijeta suvremene fizike*, Kružak, Zagreb 1998.

L. D. Landau – J. B. Rumer, *Što je teorija relativnosti*, Školska knjiga, Zagreb 1980., III. izdanje 1985.

Srđan Lelas, *Filozofija znanosti*, Školska knjiga, Zagreb 1996.

Tomislav Petković, *Uvod u modernu kozmologiju i filozofiju*, II. prošireno izdanje, Gradska knjižnica »J. Šižgorić« – Element, Šibenik – Zagreb 2002.

Ivan Supek, »Einsteinova teorija relativnosti«, u: Ivan Supek, *Put u mikrokozmos. Razvoj moderne fizike*, Tehnička knjiga, Beograd 1962.

Ivan Supek, »Einsteinova teorija relativnosti«, u: Ivan Supek, *Povijest fizike*, Školska knjiga, Zagreb, I. izdanje 1980., III. izdanje 2004.

Ivan Supek – Miroslav Furić, »Teorija relativnosti«, u: Ivan Supek – Miroslav Furić, *Počela fizike. Uvod u teorijsku fiziku*, Školska knjiga, Zagreb 1994.

Ivan Supek, *Od antičke filozofije do moderne teorije o atomima*, Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb 1946.

Boris Kalin

The Theory of Relativity in High School Philosophy and Physics

Abstract

In high school curricula and philosophy textbooks, the theory of relativity is mentioned in very few entries, and always in the context of those sections of the philosophy syllabus which refer to the concept of knowledge and the relationship between philosophy and science. According to the nature of philosophy, these entries certainly do not present and question the subject matter and problems of the theory of relativity (which is a task of physics class), but lead to the discussion of the philosophical implications of the theory of relativity (like the understandings and results of modern science in general) on the perennial problem of the relationship between philosophy and science, on the philosophy of science, and on the development of the critical concept of science and the theory of science in general. In the high school physics curriculum, the theory of relativity is included in the 11th grade syllabus in two systematically decomposed versions ('A' and 'B'). Mandatory and optional subject matter is clearly indicated. The same goes for textbooks. It is necessary to stress that these are methodologically contemporarily concipated, work and problem oriented textbooks, which are regularly improved and perfected. In our reviews of high school curricula and textbooks, the authors could not with certainty determine at what time and in which form the first contents regarding the theory of relativity were included. This is partly due to the fact that we do not have access to the entire bibliography of the textbooks and the Institute for Education does not have access to a complete and reliable overview of all the physics curricula from 1941 to the present. This is particularly true for the junior and senior years of high school during the period when schools partially modeled their curricula independently according to the »requirements of the profession«. As a result, further investigation is required which will be conducted by individuals and the appropriate institutions.

Key Words

philosophy, physics, theory of relativity, education