

Moderna fizika u razvoju darovitih učenika u 21. stoljeću

Patricija Nikolaus

Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu, Republika Hrvatska

Doktorski studij

Istraživanje u edukaciji u području prirodnih i tehničkih znanosti - usmjerenje Fizika

pnikolaus@pmfst.hr

Sažetak—U 21. stoljeću koncept darovitosti ne obuhvaća više samo iznimne intelektualne sposobnosti, već se proširio na kompetencije koje se odnose na kreativnost, kritičko razmišljanje, rješavanje problema i suradnju. Sve te kompetencije spadaju u skup bitnih kompetencija i vještina potrebnih za snalaženje i uspjeh u današnjem uurbanom svijetu. Daroviti učenici pokazuju niz kvaliteta koje ih izdvajaju od njihovih vršnjaka. Njihove iznimne intelektualne sposobnosti često se očituju u pojačanim vještinama rješavanja problema, naprednom kreativnom razmišljanju i pojačanoj znatiželji. Sve ove sposobnosti kod darovitih učenika razvijaju se prirodno. Kako se kroz povijest mijenjao pogled na darovitost isto se tako mijenjala i fizika od klasične do moderne. Moderna fizika je posljednjih desetljeća prošla niz transformacija, preoblikujući naše razumijevanje stvarnosti na makroskopskoj i mikroskopskoj razini. Kvantna fizika i teorija relativnosti promijenili su shvaćanje prostora, vremena i materije i danas su glavna okosnica tehnoloških inovacija. U ovom radu analizirati će se karakteristike darovitih učenika, kompetencije 21. stoljeća i karakteristike moderne fizike. Ovaj spoj između karakteristika darovitih učenika, kompetencija 21. stoljeća i karakteristika moderne fizike postavlja intrigantna pitanja. Možemo li prepoznati sličnosti između karakteristika darovitih učenika i karakteristika koje su ključne za uspješno razumijevanje moderne fizike? Kako daroviti učenici mogu iskoristiti kompetencije 21. stoljeća kako bi još dublje istraživali svijet moderne fizike i ostvarivali inovacije? Kako moderna fizika, sa svojim zahtjevima za apstraktnim razmišljanjem i kreativnošću, može inspirirati obrazovne metode i potaknuti razvoj ključnih kompetencija kod učenika? Na ova i još brojna druga pitanja pokušat će se odgovoriti u okviru doktorskog rada.

Ključne riječi—darovitost, karakteristike darovitih učenika, kompetencije 21. stoljeća, karakteristike moderne fizike

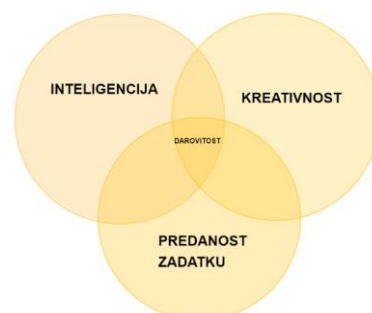
I. POAM DAROVITOSTI

Djecu koja se unutar cjelokupne populacije ističu svojim sposobnostima, većina znanstvenika, psihologa i stručnjaka naziva darovitim. Kada govorimo o darovitosti dvije najznačajnije zadaće su njezino otkrivanje i poticanje (Von Krafft i Semke, 2008.). Percepcije pojma darovitosti mijenjale se kroz povijest, tako da ne postoji sveopće prihvaćena definicija darovitosti, već dostupne definicije variraju u razinama restriktivnosti i karakteristikama darovitog učenika. Među prvim definicijama je ona Termana koji darovitim smatra svu djecu koja se nalaze unutar 1 % najinteligentnijih, odnosno onu djecu čiji je kvocijent inteligencije prema Stanford-Binetovu ili nekom sličnom testu viši od 140 (Jolly, 2008.). Možemo reći da se ljudska sposobnost raspoređuje prema zvonolikoj krivulji (najviše je prosječnih, dok je ispodprosječnih i natprosječnih jednak broj) (Adžić, 2011.).

Osim inteligencije, za identificiranje darovitog učenika uzima se u obzir i njihovo ponašanje. Inteligencija služi kao alat za postizanje uspjeha u bilo kojem društveno istaknutom području (Passow, 1955.). Prema Passowu društveno istaknuta područja uključuju samo nekoliko akademskih polja kao što su jezici, društvene znanosti, prirodne znanosti i matematika. Daljnji istraživači promatraju ponašanje darovitih učenika prema specifičnim kriterijima koji su proizašli iz prošlih istraživanja. Tako 1972. godine Ured za obrazovanje SAD-a (USOE- United States Office of Education) definira kriterije za identifikaciju darovitih učenika, kao onih koji pokazuju visoku razinu sljedećih sposobnosti:

1. opće intelektualne sposobnosti,
2. specifične akademske sposobnosti,
3. kreativno ili produktivno razmišljanje,
4. sposobnost vođenja,
5. sposobnost vizualnih i izvedbenih umjetnosti i
6. psihomotorne sposobnosti (Marlandovo izvješće, 1972.).

Kritike i sve složenija priroda koncepta darovitosti pridonijeli su modifikaciji konfiguracije empirijskih istraživanja, ali koncept inteligencije još uvijek ima značajnu ulogu i u novim konceptima darovitosti. Kritiku Termanovoj definiciji koji inteligenciju shvaća kao jedini element darovitosti daje 1978. Renzulli (Burušić i sur., 2019.). Renzulli iznosi svoju troprstenu teoriju darovitosti prikazanu na slici 1., prema kojoj je ona skup triju elementa: iznadprosječnih općih sposobnosti, predanosti zadacima i visokoj razini kreativnosti. Renzulli smatra da darovitost čini interakcija svih triju elemenata, a ne samo jedan od njih. Za njega su svi elementi jednako važni.



Slika 1. Renzullijeva troprstena model darovitosti (Burušić i sur., 2019.)

Za razliku od Renzullija, Franz Mönks modificira i proširuje Renzullijev troprsteni model i naziva ga multifaktorskim modelom darovitosti (Slika 2.). Dodaje tri ključna čimbenika školu, obitelj i vršnjake koji u korelaciji s individualnim obilježjima rezultiraju darovitošću (Burušić i sur., 2019.).

Gardner uvodi novi koncept u proučavanje darovitosti, predlažući teoriju višestruke inteligencije. U ovoj teoriji, predlaže postojanje sedam odvojenih, i donekle neovisnih, intelektualnih domena. Te inteligencije su lingvistička, logičko-matematička, prostorna, glazbena, tjelesno-kinestetička, intrapersonalna i interpersonalna (Gardner, 1983.), te još 1996. godine dodaje naturalističku inteligenciju (Gardner, 1996.). Gagne (1985.) je definirao darovitost kao posjedovanje i korištenje neutreniranih i spontano izraženih prirodnih sposobnosti u barem jednoj domeni sposobnosti do stupnja koji dijete svrstava među 10% najboljih njegovih vršnjaka.



Slika 2. Mönksov multifaktorski model darovitosti (Burušić i sur., 2019.)

U literaturi se mogu pronaći i drugi modeli darovitosti. Sintetički model mudrosti, inteligencije i kreativnosti navodi Sternberg (2005.), dok o modelu akademske produktivnosti /umjetnosti govore Subotnik i Jarvin (2005.). Jednu od najprihvaćenijih definicija darovitosti koja se određuje upravo preko postignuća, daje Koren (1989.), a glasi: *„Darovitost je svojevrsan sklop osobina na osnovi kojih je pojedinac u jednom ili više područja ljudskih djelatnosti sposoban trajno postizati izrazito visok natprosječni uradak.“* Nadalje, Čudina-Obradović (1991.) darovitost shvaća kao neobičnost ponašanja koje se očituje u kvalitetnijem i značajnijem rezultatu nego što ga ostvaruju ostali pojedinci sa sličnim karakteristikama. U Pravilniku o osnovnoškolskom odgoju i obrazovanju darovitih učenika (NN 34/1991.) definicija darovitosti glasi *„(...) darovitost je sklop osobina koje učeniku omogućavaju trajno postignuće natprosječnih rezultata u jednom ili više područja ljudske djelatnosti, a uvjetovano je visokim stupnjem razvijenosti pojedinih sposobnosti, osobnom motivacijom i izvanjskim poticanjem.“*

U dokumentu *Smjernice za rad s darovitom djecom i učenicima*, Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske iz 2022. godine navodi se definicija darovitosti: *„Darovitost je sklop osobina, iznadprosječnih općih ili specifičnih sposobnosti, visokoga stupnja kreativnosti i motivacije koji darovitim omogućava razvijanje izvrsnih kompetencija i dosljedno postizanje izrazito iznadprosječnih postignuća i/ili uradaka u jednome ili više područja.“*, te se navodi i definicija darovitog djeteta odnosno učenika:

„Darovito dijete/učenik je dijete/učenik u kojega su utvrđene iznadprosječne opće intelektualne sposobnosti i/ili specifične sposobnosti, visok stupanj kreativnosti i motivacije te dosljedno postizanje izrazito iznadprosječnih postignuća i/ili uradaka u jednom ili više područja.“ (MZO, 2022.)

Prema Sternbergu (Vlahović-Štetić 2008.), postoje neke zajedničke točke različitih definicija darovitosti: darovitost je više od samog kvocijenta inteligencije, sastoji se od kognitivnih i nekognitivnih činitelja, okolina je ključna za realizaciju darovitosti. Svim definicijama darovitosti je zajedničko da definiraju darovitost kao sposobnost koja takvu djecu čini superiornijom od vršnjaka (Milanović, 2016.).

Pojmovi nadarenost, darovitost i talentiranost često se koriste kao istoznačnice, iako postoje razlike među njima. Tako prema Korenu (2013.) pojmovi nadarenost i darovitost nemaju isto značenje, pod pojmom nadarenosti smatra pasivni oblik koji se odnosi na pojedinca koji posjeduje neki dar, a darovitost podrazumijeva i korištenje tog dara te spada u aktivni oblik. Prema Gagnéu osoba je darovita ako ima i koristi sposobnosti u minimalno jednom području te je kao takva smještena između 10% najboljih vršnjaka, dok talent definira kao: *„ovladavanje sustavno razvijenim sposobnostima u barem jednom području ljudskog djelovanja na razini koja pojedinca smješta najmanje među 10% najboljih vršnjaka koji ili su bili aktivni u tom području/ima“* (Burušić i sur., 2019., str. 24-25).

Prema Krafft i Semke (2008.) darovitost je urođena i to je razlog zašto pojedinac postiže iznadprosječne rezultate u područjima poput umjetnosti, znanosti ili praktično-tehničkim područjima. Nasuprot tome talent definiraju kao urođenu sklonost za neku vještinu, koja još nije ostvarila svoju potpunu stvaralačku snagu. Pojam darovit se ponekad zna koristiti za djecu koja su akademski uspješna, dok se pojmom talentiran naziva djecu koja pokazuju vrhunske rezultate u područjima kao što su umjetnost, glazba, ples i sport. Takva darovita i talentirana djeca posjeduju obilježja poput: prijevremene razvijenosti, inzistiranje da bude po njihovom te strast za uspješno rješavanje (Winner, 2005.). Kao zaključak možemo reći da su darovita djeca ona koja pokazuju potencijal za izuzetnu uspješnost u mnogim različitim područjima djelovanja, dok su talentirana ona koja pokazuju potencijal za izuzetnu uspješnost u jednom području (George, 2005.).

Darovitu djecu u odgojno-obrazovnom procesu može se prepoznati po tome što takvo dijete ima iznadprosječnu moć rasuđivanja, shvaćanja i stjecanja apstraktnih predodžbi, uopćavanja, shvaćanja značenja i uviđanja veza i odnosa, ono iskazuje veliku intelektualnu znatiželju, lako i brzo uči, te ima velik raspon interesa i pozornosti koji mu omogućuje koncentriranje i ustrajavanje u rješavanju problema i zadovoljavanju svojih interesa. Takvo dijete posjeduje kvantitativno i kvalitativno bogatiji rječnik od većine svojih vršnjaka, pokazuje sposobnost učinkovitog samostalnog rada, očituje istančanu moć zapažanja te rano uči čitati (Cvetković-Lay i Sekulić-Majurec, 2008.).

Istraživači darovite djece navode da postoje najmanje tri skupine potencijalno darovite djece na koje treba obratiti pozornost:

1. djeca s visokim postignućima u aktivnostima kojima se bave, ona koja sve rade na iznimno visokoj razini;

2. djeca s problemima u ponašanju kod koje se tek procesom identifikacije darovitih otkriju njihove visoke sposobnosti;

3. neprimjetna darovita djeca, koja su tiha, stidljiva i povučena i koju je najteže otkriti jer uopće ne privlače pozornost na sebe.

Kao karakteristike darovitih navode se još i pozitivna slika o sebi, samopoštovanje, samopouzdanje, postavljanje visokih ciljeva, odsutnost straha od kritike, osjećaj vlastite vrijednosti te postavljanje visokih standarda u vlastitom radu (Cvetković-Lay, Sekulić-Majurec, 2008.).

II. KARAKTERISTIKE DAROVITIH UČENIKA

Daroviti učenici posjeduju jedinstvene kvalitete koje ih izdvajaju od njihovih vršnjaka. Njihove iznimne intelektualne sposobnosti, kreativnost i motivacija desetljećima zaokupljaju istraživače, te se tijekom dvadesetog stoljeća pristup pojmu darovitosti promijenio od jedinstvenog koncepta temeljenog na mjerenju kvocijenta inteligencije u višedimenzionalni koncept (Braggett 1994., Dai i Chen 2013.). Ispitujući karakteristike učenika koji se identificiraju kao daroviti istraživači su nastojali pronaći sličnosti u njihovom ponašanju, nadajući se da dijele neka ista ponašanja. Uočene karakteristike koje su se povezale s darovitim učenicima kod njih su bile izražajnije i razvijenije nego kod ostalih učenika u populaciji. (Cross, 2011.; Saranlı i Metin 2012.). U Marlandovom izvješću (1971.) navodi se da daroviti učenici imaju jedinstvene karakteristike zbog svoje visoke razine kognitivnog razvoja (Renzulli 1978.), asinkronizacije, brzog razumijevanja, složenih informacija, brzog prepoznavanja odnosa, obraćanja pozornosti na detalje, sveobuhvatne sinteze, samostalnog djelovanja (Clark, 2008.; Sayı i Emir, 2016.). Darovitost se smatra sintezom specifičnih vještina koje konceptualiziraju darovite poput inteligencije, kreativnosti, motivacije, predanosti zadatku (Sternberg, 1981., 2003.; Renzulli, 1999.). Karakteristika darovitih ima gotovo jednako kao i darovitih učenika (Tuttle i sur., 1988.), te je zato potrebno obratiti pozornost na dominantne karakteristike. Rogers (1986.) je u svom istraživanju usporedio oko 100 razvojnih osobina darovite i prosječne djece uz pomoć upitnika za roditelje, koji su jedini izvor za prepoznavanje darovite djece u ranoj dobi (Betts i Neihart, 1988.). Nakon provedenog istraživanja Rogers je došao do sljedećih karakteristika: sposobnost brzog učenja, opsežan rječnik, dobro pamćenje, dugi raspon pažnje, perfekcionizam, znatiželja, ustrajnost, izuzetna moć zapažanja. Karakteristike koje se u literaturi navode za darovite u području prirodoslovlja su prirodna znatiželja, pronalaženje problema u svojoj okolini i rješavanje istih, želja za istraživanjem, motivacija (Karnes i Riley, 2005.), vodstvo, kreativnost, kognitivni eksperimentalizam (Park, Park i Choe, 2005.).

A. Visoke intelektualne sposobnosti

Jedna od glavnih karakteristika darovitih učenika je visoka razina intelektualne sposobnosti. Za razliku od prosječnih učenika kod darovitih se opaža povećana sposobnost rješavanja problema (Çitil i Ataman, 2018.; Levent, 2011.; Özbay, 2019.; Silverman, 2003.), brzog učenja (Clark, 2002.; Çitil i Ataman, 2018.; Heller, 2004.; Levent, 2011.; Silverman, 2003.), perfekcionizam (Çitil & Ataman, 2018.; Levent, 2011.; Silverman, 2003, 2007.), jaka znatiželja (Bouchard, 2004.; Clark, 2002.; Çitil i Ataman, 2018.; Heller, 2004.; Özbay, 2019.; Silverman, 2003.; Tuttle i sur., 1988.), visoki stupanj kreativnosti (Ackerman, 1997.;

Clark, 2002.; Çitil i Ataman, 2018.; Heller, 2004.; Levent, 2011.; Özbay, 2019.; Renzulli, 2011.; Silverman, 2003.), oštra sposobnost zapažanja (Çitil i Ataman, 2018.; Levent, 2011.; Özbay, 2019.; Pfeiffer, 2001.; Silverman, 2003.).

Kao dio mjerljive intelektualne darovitosti trebalo bi smatrati hijerarhijski model sposobnosti (Carroll, 1993.), koji uključuje opće razmišljanje na vrhu i specifične sposobnosti ispod poput matematičkih, verbalnih i prostornih (Coleman i Cureton, 1959., Thompson i Oehlert, 2010.) Daroviti učenici imaju drugačiju sklonost ka učenju od svojih vršnjaka (Roberts i sur., 1988.) zbog povećane predanosti i visoke motivacije (Renzulli, 2003.) te unutarnje kontrole (McClelland i sur., 1991.). Daroviti učenici također imaju sposobnost brzog učenja, visoku sposobnost primanja, obrade i razvijanja informacija, te eliminiranja poteškoća na koje nailaze pri postizanju određenog cilja (Maker i Nielson, 1996.). Njihovo razvijeno kritičko mišljenje znači da ispravno razmišljaju na putu stjecanja valjanog i pouzdanog znanja (Schafersman, 1991.), te donošenje ispravnih odluka u što će vjerovati i što učiniti (Ennis, 1987.).

U tablici 1. dane su neke od kognitivnih i afektivnih karakteristika intelektualno darovitih učenika. Možemo vidjeti da daroviti učenici često imaju intenzivnu želju za učenjem o područjima koja ih interesiraju, ranije razvijaju sposobnost apstraktnog razmišljanja u odnosu na svoje vršnjake, formiraju vlastite načine razmišljanja o problemima i idejama te posjeduju visoku razinu energije koja je usmjerena na rješavanje problema. Visoka očekivanja darovitih učenika od sebe i drugih mogu dovesti do perfekcionizma, osobnog nezadovoljstva ili osjećaja beznađa (Clark, 2002.). Daroviti učenici rutinski pokazuju akademske i emocionalne osobine koje se mogu opisati kao intenzivne, a ponekad čak i ekstremne. Znatiželjniji su, zahtjevniji i osjetljiviji od svojih vršnjaka.

TABLICA 1. KOGNITIVNE I AFEKTIVNE KARAKTERISTIKE INTELEKTUALNO DAROVITIH UČENIKA (CHUSKA, 1989.; CLARK, 2002.; SILVERMAN, 2000.; WINEBRENNER, 2001.)

<i>Kognitivne karakteristike</i>	<i>Afektivne karakteristike</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Obrada i zadržavanje velike količine informacija - Razumijevanje materijala na naprednim razinama - Znatiželja, različiti interesi - Visoka razina jezičnih i verbalnih sposobnosti - Ubrzani i fleksibilni misaoni procesi - Uviđanje neuobičajenih odnosa među disciplinama ili predmetima - Vještina stvaranja originalnih ideja i rješenja problema - Upornost, usmjerenost na cilj - Formiranje vlastitih načina razmišljanja o problemima i idejama - Apstraktni mislioci u ranijoj dobi od svojih vršnjaka - Visoka razina energije i duži raspon pažnje 	<ul style="list-style-type: none"> - - Osjetljivost na osjećaje drugih - - Oštar ili suptilan smisao za humor - - Pojačan osjećaj samosvijesti - - Idealizam i osjećaj za pravdu - - Rani razvoj unutarnje kontrole - - Posjedovanje emocionalne dubine - - Visoka očekivanja od sebe i drugih - - Snažna potreba za dosljednošću sebi i drugima - - Napredne razine moralnog prosuđivanja

B. Kreativnost

Kao sljedeću temeljnu karakteristiku darovitosti mnogi istraživači navode kreativnost (Guignard i Lubart, 2007.; Leikin, 2009.; Renzulli, 2011.; Renzulli i Reis, 2014.; Sternberg i Grigorenko, 2002.), Istraživanja su pokazala da kreativni talent nije statičan već se može razvijati i poučavati kroz obrazovanje (Balka, 1974.; Newton i Newton, 2014.; Runco, 2008.). sama kreativnost je višestruka i složena (Csikszentmihalyi, 1996.; Kim, Cho i Ahn, 2003.; Lin i Cho, 2011.), objašnjava se kroz mnoge komponente: divergentno razmišljanje, konvergentno razmišljanje, motivaciju, općenita i specifična znanja i vještine te okolinu. (Csikszentmihalyi, 1996.; Kaufman i Sternberg, 2007.; Lin, 2017.; Lin i Cho, 2011.; Tordjman, Besançon, Pennycook i Lubart, 2021.). Divergentno razmišljanje definira se kao sposobnost generiranja znanja iz danih informacija naglašavajući raznolikost odgovora i kvalitete rezultata (Balka, 1974.; Guignard i Lubart, 2007.; Runco, 2014.). Divergentno razmišljanje koristi se za ispitivanje i procjenu kreativnih sposobnosti (Akgül i Kahveci, 2016.; Balka, 1974.; Guignard i Lubart, 2007.; Haavold, 2013.; Kahveci i Akgül, 2019.) s otvoreni pitanjima koja imaju mogućnost višestrukih odgovora i različitih rješenja (Balka, 1974.; Haavold, 2013.). Za razliku od divergentnog razmišljanja, konvergentno razmišljanje fokusirano je samo na jedan ili najprikladniji odgovor (Runco, 2014.), te se provjerava s pitanjima zatvorenog tipa koji imaju samo jedan točan odgovor (Guignard, Lubart, 2007.; Runco, 2014.). Koristeći svoju kreativnost i maštu, daroviti učenici mogu značajno doprinijeti različitim područjima, potaknuti inovacije i oblikovati budućnost na smislen način.

C. Motivacija

Sljedeća dominantna karakteristika darovitih koja se navodi u literaturi je motivacija (Frasier i Passow, 1994.). Motivacija je unutarnji proces koji aktivno vodi i održava ponašanje usmjeren ka cilju (Baron, 1991.; Renzulli, 2005.). Kreativnost i motivacija su usko povezani (Cooper i Jayatilaka, 2006.; Lin i Cho, 2011.; Renzulli, 2005.; Renzulli i Reis, 2014.; Tordjman i sur., 2021.). Pregledom literature Gruszka i Tang (2017.) naveli su da je intrinzična motivacija značajna karakteristika darovitih. Motivacija kod darovitih dolazi iz unutarnjih izvora, a ne samo iz vanjskih nagrada ili očekivanja. Daroviti učenici s kreativno produktivnom nadarenošću više su usmjereni prema intrinzičnoj motivaciji koja se temelji na razvoju vlastitih interesa, za razliku od onih sa školskom nadarenošću koji su više usmjereni ka vanjskoj motivaciji (Moneta i Siu, 2002.; Putwain, Kearsley i Symes, 2012.; Stanko-Kaczmarek, 2012.), koja je kod darovitih pojedinaca također više prisutna nego kod njihovih nedarovitih kolega (Altun i Yazıcı, 2010.). Daroviti učenici mogu satima biti posvećeni problemu ili području koje ih zanima, što ukazuje na veliku radnu energiju, odnosno posjedovanje izrazite intrinzične motivacije (Cvetković-Lay i Sekulić Majurec, 2008.). možemo zaključiti da su daroviti učenici motivirani vlastitom znatiželjom, interesima i osobnim zadovoljstvom zbog svoje duboko ukorijenjene želje za stjecanjem znanja. Motivirani su osjećajem osobnog postignuća i ispunjavanja koje proizlazi iz suočavanja s intelektualnim izazovima. Pružanjem prilika za neovisno istraživanje, samostalne projekte, njegovanje i podržavanje intrinzične motivacije može pomoći darovitim učenicima da oslobode svoj puni potencijal.

D. Intenzivan fokus i ustrajnost

Znatiželja i upornost kod darovitih učenika usko su povezani sa sigurnom privrženosti koju čini obitelj koja im pruža podršku (Blair, 2002.; Wellisch i Brown, 2013.). Visoka očekivanja darovitih učenika od sebe i drugih mogu dovesti do perfekcionizma, osobnog nezadovoljstva ili osjećaja beznađa (Clark, 2002.). Perfekcionizam je jedna od karakteristika ličnosti koja se opaža kod darovitih učenika (Rice i Ray, 2018.). Perfekcionizam je višedimenzionalna osobina ličnosti koju karakteriziraju pretjerano visoki standardi i pretjerano kritična samoevaluacija (Frost i sur., 1990.). U literaturi se razlikuju dvije vrste perfekcionizma: adaptivni koji je povezan sa sigurnom privrženosti i neprilagodljivi koji je povezan sa nesigurnom privrženosti gdje imamo nerealno visoka očekivanja (Speirs i sur., 2006.) Istraživanja su otkrila da učenici koji su identificirani kao daroviti pokazuju povišene razine „perfekcionističkog stremjenja“, samoorijentirane težnje za savršenstvom i postavljanje vrlo visokih standarda osobnog učinka (Strickeri sur., 2020.).

E. Osjetljivost i emocionalni intenzitet

Osjetljivost i emocionalni intenzitet uobičajene su karakteristike koje se često opažaju kod darovitih učenika. Ove karakteristike mogu imati duboki utjecaj na njihova iskustva, interakcije i opću dobrobit. Na sve darovite njihova darovitost ne utječe jednako, jer je osobnost rezultat genetske strukture i životnih iskustava (Betts i Neihart, 1988.). darovitost osim istaknutih intelektualnih sposobnosti uključuje mentalne i duhovne snage, kao što su altruizam, empatija, intuicija, mašta (Petrović i sur., 2013.). Roeper 1982. predlaže pet tipova darovite djece na temelju emocionalnih potreba, to su: perfekcionista, djetje/odrasla osoba, pobjednik natjecanja, samokritičar i dobro integrirano djetje. Daroviti učenici često pokazuju snažan osjećaj empatije i suosjećanja prema drugima, imaju sposobnost dubokog razumijevanja i povezivanja s emocijama (Skupnjak, 2019; Vučemić i Kovačević, 2010.), Kod nekih učenika nekompatibilnost u njihovim razvojnim karakteristikama, te osobnosti mogu uzrokovati različite emocionalne i socijalne razlike (Kuru, 2017.) i probleme prilagodbe (Boydak, 2019.), kao što su problem povezanosti s vršnjacima koji imaju iste interese odnosno osobni sukobi između potrebe za pripadanjem i potrebe za postignućem (Neihart i See Yeo, 2018.). daroviti često negativno doživljavaju različitost od vršnjaka jer vjeruju da to utječe na njihove društvene odnose u školskom okruženju (Gross, 2002., 2004.). Istraživanja pokazuju da daroviti koriste različite strategije suočavanja u društvenim kontekstima za koje vjeruju da ne prihvaćaju različitosti (Coleman i Cross, 2005). Isto tako kod nekih darovitih učenika emocionalni razvoj može zaostajati za intelektualnim razvojem pa njihovo emocionalno reagiranje može biti neprimjereno i dovesti ih do problema s okolinom (Skupnjak, 2019.; Sušwiłło, 2020.). Razumijevanje i podržavanje osjetljivosti i emocija darovitih učenika te stvaranjem sigurnog okruženja koje pruža priliku za emocionalno izražavanje, te poticanje osjećaja pripadnosti može pomoći darovitim učenicima da učinkovito upravljaju svojim emocijama.

Daroviti učenici posjeduju izuzetnu kombinaciju iznimnih intelektualnih sposobnosti, kreativnosti i motivacije za učenje. Razumijevanjem karakteristika darovitih učenika i uključivanjem rezultata istraživanja u odgojno-obrazovni proces, ključno je za pružanje potpore i prilika potrebnih kako

bi daroviti učenici mogli osloboditi svoj puni potencijal. Treba njegovati njihove intelektualne sposobnosti, kreativnost, motivaciju i socijalno- emocionalno okruženje kako bi ih osnažili da napreduju u različitim domenama i daju značajan doprinos društvu u budućnosti.

III. KOMPETENCIJE 21. STOLJEĆA

U užurbanom načinu života 21. stoljeća u kojem se razvijaju nove tehnologije, potrebno je mijenjati način na koji radimo, živimo i komuniciramo. Danas više nije dovoljno posjedovati znanje i diplomu 20. stoljeća, već se od pojedinca zahtjeva da posjeduje skup vještina i kompetencija (Wang, 2022.). Poslovni svijet ne traži samo zaposlenike koji dobro rade svoj posao, već pojedince koji su kreativni, spremni na rješavanje problema, produktivni, odgovorni, samostalni, jaki u komunikaciji i posjeduju društvene vještine. Razvoj ekonomije i novih ekonomskih pokazatelja poput indeksa kreativnosti i ljudskih potencijala, ima za cilj mjeriti razinu inovativnosti i konkurentnosti pojedinaca, tvrtki i nacija (Bacon-Shone i Hui, 2010.). Ekonomska globalizacija i internacionalizacija te informacijsko komunikacijske tehnologije (IKT) u koje spadaju računalna pismenost, računalno razmišljanje i podatkovna pismenost, stupovi su današnjeg društva znanja. To podrazumijeva stalne promjene u svim društvenim sferama i kontinuiranu transformaciju načina života, rada i učenja (Voogt i Pareja-Roblin, 2012.). Ubrzanom razvoju potrebno je prilagoditi društvo u cjelini, počevši od obrazovanja mladih i njihove pripreme za izazove 21. stoljeća i cjeloživotno učenje (Pedró, 2006.). Obrazovanje danas ima ulogu pripremiti učenike da postanu globalni i svjesni građani, ali i spremni za izazove koji još ne postoje (Castells, 2010.). Obrazovanje bi trebalo pripremiti učenike da budu kreativni, proaktivni, da nauče kritički misliti, surađivati, nadograđivati svoje znanje (Bereiter, 2002.) te moraju razviti IKT kompetencije tj. postati višepismena osoba (Borsheim i sur. 2008.; OECD, 2005.). Pojam vještine 21. stoljeća može se činiti kao moderan, ali vještine na koje ukazuje nisu nove već su sada postale bitne (Silva, 2009.). Danas se više koristi pojam kompetencije, a ne vještine jer se odnosi na složenu potražnju znanja, vještina i stavova (OECD, 2005.; UNESCO, 2012.). Kompetencije 21. stoljeća shvaća se kao skup znanja i vještina koje je osoba sposobna primijeniti ili koristiti za uspješno obavljanje zadataka u definiranom radnom okruženju (Sang i sur., 2018.). Vještine poput kritičkog razmišljanja, kreativnog razmišljanja ili rješavanja problema nisu novi konstrukti, ali im je promijenjena konotacija i relevantnost u obrazovanju (van de Oudeweetering i sur., 2018.). Posljednje desetljeće razvili su se razni okviri za kompetencije 21. stoljeća. Velika IKT poduzeća, međunarodne organizacije poput CISCO-a, OECD-a, EU pokrenule su projekte vezane uz kompetencije 21. stoljeća (Voogt i Pareja-Roblin, 2012.; Lee i Tan. 2018.). Jedan od prvih okvira mogao bi se smatrati UNESCO-vo Delorsovo izvješće (1996.) u kojem se pokušalo dati kakve će kompetencije biti potrebne u nadolazećem stoljeću. Dana su četiri stupa obrazovanja:

1. Učiti za znanje,
2. Učiti raditi,
3. Učiti živjeti zajedno ili učiti živjeti s drugima ,
4. Učiti za sebe.

Nadalje OECD u četverogodišnjem programu pod nazivom *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and conceptual foundations* (DeSeCo) identificira tri široke kategorije: interaktivno korištenje alata, interakcija u heterogenim grupama i autonomno djelovanje. Unutar svake kategorije nabrojane su potrebne kompetencije (OECD, 2005.). Još jedan okvir razvio je 2003. godine North Central Regional Educational Laboratory (NCREL) u kojem daju četiri ključne kompetencije: digitalna pismenost, inventivno razmišljanje, učinkovita komunikacija i visoka produktivnost te za svaku od njih potrebne pripadne vještine. Ključne kompetencije u Europi predstavilo je Vijeće Europe i Europski parlament 2006. godine i predlažu osam ključnih kompetencija koje su revidirane 2018. godine kako je prikazano u tablici 2. (European Community, 2006., 2018.).

TABLICA 2. ELEMENTI OKVIRA KLJUČNIH KOMPETENCIJA ZA CJELOŽIVOTNO UČENJE EUROPSKE ZAJEDNICE

KOMPETENCIJA	OPIS
Kompetencija pismenosti	Obuhvaća znanje čitanja i pisanja te dobro razumijevanje pisanih informacija, poznavanje glavnih vrsta verbalne interakcije, različitih književnih i neknjiževnih tekstova te glavnih obilježja različitih jezičnih stilova i registara, sposobnosti razlikovanja i upotrebe različitih vrsta izvora, te formuliranja i izražavanja usmenih i pisanih argumenata na uvjerljiv način primjeren kontekstu.
Kompetencija višejezičnosti	Obuhvaća poznavanje vokabulara, gramatike, društvenih konvencija stranog jezika i kulture.
Matematička kompetencija te kompetencija u prirodoslovlju, tehnologiji i inženjerstvu	Matematika- obuhvaća dobro poznavanje brojeva, mjera i struktura, osnovnih operacija, kao i razumijevanje nekih matematičkih pojmova i koncepata. Prirodoslovlje, tehnologija i inženjerstvo – obuhvaća poznavanje osnovnih načela prirodnog svijeta, znanstvenih pojmova i principa, tehnologije, tehnoloških proizvoda i procesa.
Digitalna kompetencija	Obuhvaća razumijevanje i poznavanje IKT-a u svakodnevnom kontekstu, digitalna komunikacija i svijest o valjanosti i pouzdanosti informacija dostupnih na internetu, kao i sposobnost pretraživanja, prikupljanja, obrade i korištenja informacija na kritičan i sustavan način.
Osobna i socijalna kompetencija te kompetencija učenja kako učiti	Obuhvaća sposobnost promišljanja o sebi, poznavanju vlastitih željenih strategija učenja, prepoznavanje prednosti i slabosti vlastitih vještina i komunikacija, održavanja fizičkog i mentalnog zdravlja, te sposobnost učenja i rada, u suradnji s drugima i samostalno.
Kompetencija građanstva	Obuhvaća sposobnost postupanja kao odgovoran građanin, učinkovite suradnje s drugima u svrhu općeg ili javnog interesa, pristupa tradicionalnim i novim oblicima medija. Građanska kompetencija temelji se na

KOMPETENCIJA	OPIS
	poznavanju pojmova demokracije, pravde, jednakosti, građanstva i građanskih prava.
Poduzetnička kompetencija	Obuhvaća sposobnost prepoznavanja dostupnih prilika za osobne, profesionalne i poslovne aktivnosti, donošenja financijskih odluka, učinkovitog komuniciranja i pregovaranja s drugima, razumijevanje funkcioniranja gospodarstva; također, prilike i izazove s kojima se poslodavac ili organizacija suočavaju.
Kompetencija kulturne svijesti i izražavanja	Obuhvaća sposobnost prepoznavanja i realizacije mogućnosti za stvaranjem određenih vrijednosti putem umjetnosti i ostalih kulturnih formi, svijest o lokalnoj, nacionalnoj i europskoj kulturnoj baštini i njihovom mjestu u svijetu.

Organizacija Partnerstvo za vještine 21. stoljeća (<http://www.p21.org>), predlaže 2007. godine okvir s tri elementa: vještine učenja i inovacije, informacijske, medijske i tehnološke vještine i životne i karijerne vještine (Partnership for 21st Century Skills, 2009.). Još jedan okvir razvili su Ananiadou i Claro (2009.) koji su izradili dokument u kojem navode tri dimenzije vještina i kompetencija 21. stoljeća za učenike novog milenija u zemljama OECD-a. Tu spadaju informacijska dimenzija, komunikacijska dimenzija i dimenzija etike i društvenog utjecaja.

Istraživači ATCS-a (2010.) razvili su okvir sastavljen od četiri kategorije i deset kompetencija koji je prikazan u tablici 3 (Binkley i sur., 2010.).

TABLICA 3. OKVIR VJEŠTINA 21. STOLJEĆA PREMA PROJEKTU ATCS

KATEGORIJE	DESET KOMPETENCIJA
Načini razmišljanja	1. Kreativnost i inovativnost 2. Kritičko mišljenje, rješavanje problema, donošenje odluka 3. Učiti kako učiti, metakognicija
Načini rada	4. Komunikacija 5. Suradnja (timski rad)
Alati za rad	6. Informacijska pismenost 7. IKT pismenost
Živjeti u svijetu	8. Građanstvo – lokalno i globalno 9. Život i karijera 10. Osobna i društvena odgovornost – uključujući kulturnu svijest i kompetenciju

Zanimljiv okvir razvila je vlada Singapura 2010. godine kako bi se poboljšale kompetencije Singapurskih učenika za njihovo napredovanje u modernom svijetu punom promjena. Na slici 3. prikazana je predložena shema koja kao središnji element ima temeljne vrijednosti koje prate socijalne i emocionalne kompetencije. (Pei-Ling Tan i sur., 2017.).

Nove kompetencije u obrazovanju predstavljaju transverzalne kompetencije koje čine skup znanja i vještina koje učenici mogu primijeniti ili koristiti za obavljanje

akademske zadatke koja su prenosiva na svijet rada (UNESCO, 2015.).



Slika 3 Okvir koji je predložilo Ministarstvo obrazovanja Singapura preuzeto s : <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/21st-century-competencies>

Iz svih okvira moguće je kompetencije strukturirati u tri skupine:

1. Skupina: kompetencije važne za građanstvo, tu spadaju pismenost, matematika i znanstvena pismenost (P21, 2015.; EK, 2018; WEF, 2015.).
2. Skupina: visoke sposobnosti razmišljanja (Alberta Education, 2011.; Binkley i sur., 2012.) koje se odnose na generaliziranje, obradu i raspoređivanje složenih informacija, rješavanje problema, suradnju i timski rad. Ove kompetencije predstavljaju profil učenika koji su spremni na sve složenija radna i životna okruženja u današnjem svijetu (P21, 2015.).
3. Skupina: IKT ili digitalne kompetencije, odnose se na tehnološke resurse i njihovo primjereno korištenje (Murat i Cam, 2021.).

Kompetencije 21. stoljeća povezane su s rastom u kognitivnim, interpersonalnim i intrapersonalnim domenama. Sagledavajući kompetencije 21. stoljeća iz različitih perspektiva, istraživači su došli do nekih zajedničkih karakteristika kompetencija 21. stoljeća. Neke od njih koje se nalaze u međunarodnim okvirima i za koje se pokazalo da su mjerljive u višestrukim područjima života su:

1. Kritičko razmišljanje - sposobnost dizajniranja i upravljanja projektima, rješavanja problema i donošenja učinkovitih odluka korištenjem raznih resursa i alata (Fullan, 2013.). Kritičko razmišljanje od učenika zahtjeva usvajanje, obradu, interpretaciju, racionalizaciju i kritičku analizu velikih količina informacija koje su često proturječne, te donošenje odluke i pravodobnog poduzimanja određenih radnji. Digitalno doba u kojem živimo zahtjeva pojedince s visokim sposobnostima logičkog razmišljanja i rješavanja problema koji su loše zadani te s mogućnostima kritičkog pristupa i analize dostupnih informacija te formuliranjem kreativnih rješenja (C21, 2012.).
2. Komunikacija - u kontekstu 21. stoljeća odnosi se ne samo na sposobnost učinkovite komunikacije bila ona pisana ili usmena već i na vještine slušanja (Fullan, 2013.). Mnogi okviri uključuju informacijsku i digitalnu pismenost.

3. Suradnja - zahtjeva sposobnost timskog rada, učenje od drugih i doprinos učenju drugih (Fullan, 2013.). Suradnja zahtjeva od učenika da razviju kolektivnu inteligenciju te postanu kreatori i konzumenti različitih sadržaja. Ova vještina je neophodna kako bi kao članovi tima mogli doprinijeti zajedničkoj bazi znanja bez obzira rade li na daljinu ili u zajedničkom fizičkom prostoru.
4. Kreativnost i inovativnost - često se opisuje kao potraga za novim idejama, konceptima ili proizvodima koji zadovoljavaju potrebe tržišta. Inovacija sadrži elemente kreativnosti i opisuje se kao realizacija nove ideje koja daje koristan doprinos određenom području. Kreativnost uključuje koncepte ekonomskog i društvenog poduzetništva (Fullan, 2013.).

Kompetencije 21. stoljeća postale su ključne za uspjeh u suvremenom svijetu te njihovim razvijanjem pojedinci se mogu prilagoditi novim zahtjevima i doprinijeti zajednici i društvu. Možemo uočiti da inherentne karakteristike koje posjeduju daroviti učenici su usko povezane s kompetencijama 21. stoljeća. Njihova iznimna sposobnost rješavanja problema, kritičko razmišljanje i razvijene vještine suradnje visoko ih pozicioniraju u društvu. Oni su zbog svoje sklonosti ka digitalnoj pismenosti i prirodne sklonosti globalnoj svijesti idealni kandidati za napredovanje u digitalnom dobu. Prepoznavanjem i njegovanjem ovih inherentnih karakteristika nastavnici, ali i društvo u cjelini može pomoći darovitim učenicima da ostvare svoj potpuni potencijal i uvelike doprinesu boljoj budućnosti za sve.

IV. KARAKTERISTIKE MODERNE FIZIKE

Moderna fizika je dio fizike koji se bavi proučavanjem fenomena i principa koji su nad okvirom klasične fizike. Prema *Rječniku stranih riječi* (Anić i sur., 1998.) riječ *moderan* odnosi se na „sadašnji, današnji, koji je u duhu novog vremena“, međutim ta riječ u fizici ima malo drugačije značenje. Izraz moderna fizika koristi se za označavanje određenih specifičnih područja fizike, čiji razvoj počinje 1900. godine i teorija koje se koriste za objašnjenje fenomena kojima se ta polja bave. Objašnjenja tih teorija u potpunosti su različita od objašnjenja teorija koje su postojale prije 1900. (Eisberg, 1961.). Riječi moderno i klasično pri korištenju u fizici nemaju svoje normalno vremensko ograničenje. Moderna fizika gradi novi način razmišljanja i viđenja svijeta, za mnoge je ona iznenađujuća i šarmantna (Russo i Persano Adorno, 2018.). Područja kojima se bavi moderna fizika su kvantna mehanika, teorija relativnosti, fizika čestica, kozmologija, fizika visokih energija. Moderna fizika nije samo skup matematičkih izračuna za reprodukciju eksperimentalnih podataka već ima za cilj razviti nove tehnologije koje su sve više prisutne u svakodnevnom životu (Russo i Persano Adorno, 2018.).

Za razliku od klasične fizike, moderna fizika označava skup teorija i modela, istraživačkih metoda i sustava u prirodi u ekstremnim uvjetima – kao što su uvjeti brzina koje graniče s brzinama svjetlosti, ekstremne temperature, gustoće, koji se općenito ostvaruju u istraživanjima ekstremnih subatomske i kozmoloških sustava (Muller, 2023.; Planck; prijevod Johnston, 1931.; Eisberg, 1961., Young i Freedman, 2020.). Teorijske postavke koje se koriste u modernoj fizici su – teorija relativnosti (specijalna i opća) i kvantna fizika, uz specifične spoznajne elemente koji se odnose na dvije skupine ekstremnih sustava – subatomske sustave

(elementarne čestice i sustavi) i kozmološke sustave (neutronske zvijezde, crne rupe i drugi sustavi). Moderna fizika nudi mogućnost izgradnje pojmova i interpretativnih hipoteza, koji nemaju svojih pandana u klasičnoj fizici (Russo i Persano Adorno, 2018.).

A. Specijalna teorija relativnosti

Specijalna teorija relativnosti (STR) je intrigantno područje moderne fizike koje se sastoji od prividnih paradoksa koji izazivaju znatiželju i interes kod učenika (Belloni i sur., 2004.). Ova teorija zahtijeva da učenici razmišljaju izvan uobičajenih okvira, prihvaćajući da ono što su nekad smatrali apsolutnim sada može biti podložno promjeni. Oni su pozvani da prihvate model prostora i vremena koji je neobičan i nepoznat, a čije koncepte su istraživali McGratha i suradnici (2008.). Specijalna teorija relativnosti proizašla je iz intenzivnog nastojanja Alberta Einsteina da prevlada izazove i nelogičnosti u fizici s početka 20. stoljeća. Njegovo kreativno razmišljanje i sposobnost promatranja problema iz novih perspektiva vodili su do razvoja ove teorije koja je uvelike utjecala na našu percepciju svijeta. Uz to, STR nudi učenicima pristup idejama koje su obavijene misterijom, intrigom i složenošću (Shabajee & Postlethwaite, 2000.). Učenici se redovito susreću s jezikom, konceptima i implikacijama STR-a, putem medija i novih tehnologija (Shabajee i Postlethwaite, 2000.). Ova izloženost im pruža priliku da prepoznaju kako teorija fizike može biti u kontradikciji s njihovim svakodnevnim iskustvima i intuicijom (Borghini i sur., 1993.). Ovaj proces razvija njihovu maštu, kritičko razmišljanje i sposobnost suočavanja s neočekivanim situacijama (Angotti i sur., 1978.). Arriaseq i Greca (2010.) ističu da središnji koncepti STR-a, kao što su prostor i vrijeme, otvaraju duboka filozofska pitanja i analiziraju utjecaj znanosti na umjetnost. Razumijevanje STR-a postaje neophodno ne samo za razumijevanje fizike već i za tumačenje kulture 20. stoljeća. Prema Einsteinu, STR ispunjava kriterij "unutarnje savršenosti" i "vanjske potvrde" (Miller, 1998.). Mjerenja prostora i vremena ovise o relativnom gibanju objekta i promatrača (emiter i detektor) čija je uloga označiti i locirati događaje u prostor-vremenu. Prijenos signala ograničen je brzinom svjetlosti (Landauer, 1991). Einstein je pokazao da simultaneost nema apsolutno značenje i da udaljeni događaji mogu imati različite vremenske redoslijede ako imamo promatrača u relativnom gibanju. Povezanost prostora i vremena, relativnost događaja i brzina svjetlosti mijenjaju našu percepciju svijeta koji nas okružuje. Kroz ovu teoriju, daroviti učenici imaju priliku razviti svoje kritičke sposobnosti i sposobnost suočavanja s konceptima koji nisu uvijek intuitivni.

B. Kvantna fizika

Kvantna fizika „rođena“ je kao teorija atomske fizike početkom dvadesetog stoljeća i izrasla je u jedan od najznačajnijih i najneintuitivnijih koncepta u cijeloj znanosti. Njezin opseg se vremenom proširio do te mjere da danas podupire gotovo sve aspekte moderne fizike, osim gravitacije (Hardy, Spekkens; 2010.). No, unatoč njezinom neospornom uspjehu, kvantna fizika je i dalje izazvala kontroverze i kontinuirano potresa temelje tradicionalnog razumijevanja fizičkog svijeta. U ranim danima svoje formulacije, kvantna fizika naišla je na suprotstavljanje i skepticizam, slično kao i Einsteinova teorija relativnosti kad je prvi put predložena. Dok je teorija relativnosti s vremenom postala temeljna za razumijevanje prostora, vremena i gravitacije, kvantna fizika i dalje izaziva nelagodu među nekim fizičarima (Peres i

Terno, 2004.). Razlog za to leži u njenim duboko neintuitivnim konceptima i često čudnim posljedicama koje se ne podudaraju s našim svakodnevnim iskustvom. Albert i Galchen (2009.) govore o "kvantnoj prijetnji specijalnoj teoriji relativnosti", dok Clark i suradnici (2010.) tvrde da je "formalna kompatibilnost kvantne mehanike s specijalnom teorijom relativnosti vrlo netrivialna i na mnogo načina čudesna." Prije pojave kvantne mehanike, znanstvenici su vjerovali da se potpuni opis fizičkog svijeta može dobiti opisivanjem, pojedinačnih najmanjih i najelementarnijih fizičkih sastojaka. U našem fizičkom svijetu možemo izravno utjecati samo na predmete koje možemo dodirnuti; stoga nam se svijet čini lokalnim. Kvantna mehanika krši ovo uvjerenje. Jedan od najizazovnijih aspekata kvantne fizike je isprepletenost, u kojem se dvije čestice ponašaju sinkrono bez posrednika, postaju isprepletene na način da se informacije o jednoj čestici istodobno odražavaju na drugu česticu, bez obzira na udaljenost među njima. Ovaj nelokalni učinak nije samo kontraintuitivan već predstavlja i ozbiljan problem za Einsteinovu specijalnu teoriju relativnosti (Albert i Galchen, 2009.). U kvantnoj mehanici nalazimo operativna i realistička razmišljanja. U Heisenbergovom radu iz 1925. godine o matricnoj mehanici vidljivo je operativno razmišljanje jer u njemu želi uspostaviti osnovu za kvantnu mehaniku koja se temelji isključivo na odnosima fizičkih veličina koje su vidljive. Realističko razmišljanje vidljivo je u de Broglievom istraživanju kada pretpostavlja postojanje valova za opisivanje kvantnih pojava, te kod Schrödingera kod njegove jednačbe za gibanje tih valova, jer sugeriraju postojanje valova kao stvarnih entiteta u kvantnom svijetu. U suvremenim istraživanjima kvantne teorije prisutni su i operacionalizam i realizam. Operacionalizam pruža matematički okvir koji se može prilagoditi različitim teorijama vjerojatnosti, omogućavajući precizno opisivanje kvantnih pojava. S druge strane, realizam teži razumijevanju fizičkog svijeta kao stvarnosti, unatoč njegovim neintuitivnim aspektima (Hardy, Spekkens; 2010.). Privlačnost kvantne teorije opravdana je njezinim osnovnim elementima neizvjesnošću, što znači da klasični fizikalni zakoni determinizma ne upravljaju mentalnim fenomenima i uzročnosti koja nam dopušta postojanje prostora za intuiciju i slobodnu volju (Meijer i Korf, 2013.). Među glavne karakteristike kvantne teorije možemo uvrstiti kinematičku neovisnost, nekomutativnost i nelokalnost (Clifton i sur., 2003.). Povijesno gledajući fizikalna interpretacija kvantne teorije više se smatra filozofskom, nego eksperimentalnom (Baily i sur., 2010.). Kvantna mehanika poznata je kao jedna od najkontra intuitivnijih fizičkih teorija koja uključuje maštu i raznoliko razmišljanje te promjenu paradigme možda čak i najradikalniju od bilo koje u ljudskoj povijesti. To možemo zaključiti ako citiramo Nielsa Bohra „Svatko tko nije šokiran kvantnom teorijom, nije ju razumio“ (Maniscalco i sur., 2021.).

C. Simetrija

Sredinom prošlog stoljeća pojam simetrije počeo je imati značajnu ulogu u promišljanjima znanstvenika o samoj fizici. Profesor Hermann Weyl dao je definiciju simetrije: stvar je simetrična ako se može podvrgnuti određenoj operaciji i nakon te operacije izgleda potpuno ista (Weyl, 1952.). Feynman u svojim predavanjima o fizici (Feynman, 1964.) također govori o pojmu simetrije. Nakon toga počelo se istraživati uloga koju simetrija može imati u obrazovanju fizike, te su provedena istraživanja o redizajniranjima kurikuluma fizike. Naglašavanje temeljne uloge simetrije

može pomoći fizici da postane smisljena, zanimljiva i relevantna za veliki broj učenika (Hill, Lederman 2000.; Van der Veen, 2012.; 2013.). U svom radu Castellani i Brading naglašavaju kako je, počevši od antičkih vremena, koncept simetrije progresivno dobivao moderno značenje i kako se riječ "simetrija" semantički razvijala tijekom povijesti znanosti (Brading, Castellani; 2003.). Kako je potraga za ljepotom jedno od glavnih načela fizike, simetrija u tome uveliko pomaže. Ako fizičare suočite s dvije jednačbe, jednom „lijepom“ i jednom „ružnom“ uvijek će izabrati ljepšu (Zee, 1992.). Simetrija moderne fizike je elegantna, zamršena, lijepa, a ne komplicirana (Zee, 1992.), zato je i privlačna darovitim učenicima. Poznajući simetriju, fizičari mogu izvesti većinu prirodnih zakona koji upravljaju našim svemirom - bez da moraju raditi eksperiment ili vršiti opažanja. Simetrija čak može predvidjeti postojanje elementarnih čestica. Jedan od primjera je poznati Higgsov Bozon: teorijski fizičari predviđali su ga još 1960-ih, ali nisu ga uočili u stvarnom svijetu do 2012. godine.

D. Nove tehnologije

Kvantna pismenost je nevjerojatan izazov i prilika za masovno kulturno uzdizanje, gdje učenici uče kako naprjeđivati svoju kreativnost i prakticirati novi način razmišljanja, koji je ključan za napredak društva u cjelini. Kvantna fizika mijenja naš pogled na svijet na potpuno nov način i postaje sve relevantnija u našem svakodnevnom životu. U trenutnim tehnologijama i uređajima poput lasera, čipova, GPS navigacije i nanotehnologijama kvantna fizika ima vodeću ulogu. Isto tako je i temelj novim tehnologijama poput kvantnih računala, kvantne ekripcije, dekodiranja DNK tuneliranjem i kvantne teleportacije te istraživanja svemira. (Henriksen i sur., 2014.; Petterson i sur., 2020.). Nanoznanost i nanotehnologija jedno je od najbrže rastućih područja znanosti koje ima veliki utjecaj na globalno gospodarstvo i prisutnost sve većeg broja proizvoda dostupnih svima. Prisutnost sve više i više proizvoda koji su dostupni svakom građaninu, čini nužnim promicanje pismenosti u područjima nanotehnologije (Yawson, 2012.). Možemo reći da je nanotehnologija zapravo početak najnovije industrijske revolucije te je kod učenika potrebno razvijati kritičkog razmišljanja kako bi uvidjeli potencijalne koristi i rizike koje nove tehnologije donose (Jackman i sur., 2016.).

Unutar moderne fizike i teorija relativnosti koja sadrži specijalnu i opću relativnost zahtjeva da se odbace intuitivne ideje o prostoru i vremenu koje su duboko ukorijenjene u ljudskoj svijesti. Empirizmom moderne fizike Einstein smatra onaj matematičke konstrukcije, koja je tako osmišljena da povezuje podatke dobivene promatranjima teorijskih objekata s matematičkim aksiomima (van Gigh, 2002.). Zbog svoje orijentiranosti na istraživanja ekstremnih sustava u ekstremnim uvjetima, moderna fizika stvara osjećaje – kontradiktornosti u odnosu na spoznaje u sustavima s kojima se susrećemo u uobičajenom životu. Razumijevanje i opis ponašanja ovakvih ekstremnih sustava od fizičara zahtjeva intelektualnu kreativnost i fleksibilnost, razumijevanje i primjenu zahtjevnog matematičkog formalizma, te razvijanje i primjenu modernih tehnologija za potrebe prikupljanja i analize mnoštva podataka. Dodatno navedenim zahtjevima, za potrebe učinkovitog sudjelovanja u istraživačkim projektima i razumijevanju moderne fizike, za pojedince je korisno da su skloni apstraktnom razmišljanju, orijentirani na jednostavnost opisivanja

složenih sustava, osjećaj za simetriju unutar sustava, te stalnu potrebu za učenjem i dijeljenjem spoznaja s istraživačkim grupama (Shin i Park, 2020.). U odnosu na mnoga polja znanosti, pokazuje se da moderna fizika za mlade darovite učenika stvara uvjete izuzetne privlačnosti za stjecanje novih znanja i daljnji razvoj nadarenosti i drugih kompetencija. Glavne karakteristike moderne fizike koje stvaraju uvjete za razvoj darovitih učenika su već i njihove teorijske postavke, posebno kad znamo da povezane uz najistaknutije ime u povijesti znanosti, općenito – Albert Einstein (i za teoriju relativnosti i kvantnu fiziku, čije se primjene potpuno nalaze u kozmološkim i subatomskim sustavima). Revolucionarnost spoznajnih ideja, suprotnost uobičajenom životu, ljepoti otkrivenih simetrija, pronalaženju harmonija i odgovarajućoj jednostavnosti, misteriju matematičkog formalizma. Moderna fizika uključuje neuobičajenu složenost podataka, njihovih prikupljanja i analize, mnoštva novih svojstava te trajno granične zahtjeve za suvremenu tehnologiju.

Iako ne postoje istraživanja o najpoznatijim fizičarima 20. stoljeća, možemo reći da su neki od njih poput Alberta Einsteina, Nielsa Bohra, Richarda Feynmana, Stephena Hawkinga i mnogih drugih nadišli granice svojih disciplina unutar fizike, ostavivši trajno nasljeđe koje prožima sve pore modernog društva. Njihove revolucionarne teorije, transformativne tehnologije i filozofska istraživanja nisu samo oblikovali znanstveni krajolik, već su utjecali i na naše šire kulturne, društvene i filozofske perspektive. Nasljeđe ovih fizičara služi kao dokaz trajne moći ljudske znatiželje i potrage za razumijevanjem temeljne prirode svemira.

Promatrajući karakteristike moderne fizike i darovitih učenika uočava se da postoje čvrste veze među njima koje naglašavaju njihovu zajedničku težnju za znanjem, intelektualnim istraživanjem, inovacijama, znatiželjom, kreativnošću i suradnjom. Daroviti učenici pokazuju urođeni afinitet prema načelima i složenosti moderne fizike, koja je plodno tlo za njihov intelektualni razvoj. Prihvaćanjem, naglašavanjem i poticanjem zajedničkih osobina poput znatiželje, kreativnosti i interdisciplinarnog razmišljanja stvaramo temelje za osobni napredak darovitih učenika, ali i za znanstveni napredak i inovacije u današnjem svijetu koji se sve brže razvija.

V. PLAN ISTRAŽIVANJA

U nastavku istraživanja biti će postavljena sljedeća istraživačka pitanja:

RQ1. Koje su razvojne potrebe darovitih učenika, odnosno kako prepoznati koji pristup je naj bolji za svakog pojedinog učenika kako bi se on mogao dalje razvijati u svom području darovitosti.

RQ2. Kakvo okruženje je potrebno za razvoj darovitog učenika? Jesu li potrebni dodatni izvori financiranja, sudjelovanje u projektima, grupni rad, individualni rad i utječe li i sam rad nastavnika i njegove osobine ličnosti na razvoj darovitog učenika?

RQ3. Koje kompetencije 21. stoljeća se mogu prepoznati u karakteristikama darovitih učenika?

RQ4. Koje kompetencije i karakteristike traže poslodavci od svojih budućih radnika i podudaraju li se one s karakteristikama darovitih učenika?

RQ5. Koji fizičari su zanimljivi darovitim učenicima

RQ6. Koja područja znanosti i umjetnosti je moguće razvijati unutar područja moderne fizike.

Iz istraživačkih pitanja proizlazi hipoteza istraživanja:

H1 Teme moderne fizike dobra su podloga za poticanje i razvoj darovitih učenika.

Oslanjajući se na istraživačka pitanja i hipotezu daljnji plan istraživanja je osmisliti, validirati i provesti upitnik kojim bi se ispitali nastavnici, učenici i poslodavci kako bi se utvrdile zajedničke karakteristike darovitih učenika, moderne fizike i kompetencija 21. stoljeća. U ovom istraživanju podaci će biti prikupljeni empirijski uz pomoć anketnog upitnika i konceptualnih testova. Cilj je dobivanje podataka koji se mogu obraditi, analizirati i iz njih dobiti odgovore na postavljenu hipotezu. Istražiti će se može li se unutar tema moderne fizike pronaći prostora za razvoj darovitosti i u drugim granama poput umjetnosti, izražavanja i razvoja socijalnih vještina. Aktivnosti koje se budu osmišljavale moraju biti usmjerene na razvoj svakog pojedinog učenika, a ne na grupu u cjelini. Provoditi će se konceptualni testovi iz moderne fizike kako bi se uočilo postoji li napredak u razvoju fizičkih koncepata i među učenicima koji su daroviti u drugim područjima, a ne u prirodoslovlju. Isti testovi će se provoditi i sa svim učenicima razrednih odjela iz kojih dolaze daroviti učenici te će se uspoređivati dobiveni rezultati.

LITERATURA:

1. Ackerman, C. M. (1997). Identifying gifted adolescents using personality characteristics: Dabrowski's over excitabilities. *Roeper Review*, 19(4), 229-236. <https://doi.org/10.1080/02783199709553835>
2. Adžić, D. (2011). Darovitost i rad s darovitim učenicima, Kako teoriju prenijeti u praksu. *Život i škola*, 25(1/2011), god. 57., str. 171-184
3. Akgül, S., & Kahveci, N. G. (2016). A study on the development of a mathematics creativity scale. *Eurasian Journal of Educational Research*, 62, 57-76 <http://dx.doi.org/10.14689/ejer.2016.62.5>
4. Alberta Education (2011). Framework for student learning: Competencies for engaged thinkers and ethical citizens with an entrepreneurial spirit. Edmonton: Author. Preuzeto: <https://open.alberta.ca/dataset/4c47d713-d1fc-4c94-bc97-08998d93d3ad/resource/58e18175-5681-4543-b617-c8efe5b7b0e9/download/5365951-2011-framework-student-learning.pdf>
5. Albert D. Z, Galchen, R. (2009). A Quantum Threat to Special Relativity. *Scientific American*, pp. 32-39.
6. Altun, F., and H. Yazıcı. (2010). "Learning Styles of the Gifted Students in Turkey." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 9: 198–202
7. Ananiadou, K., Claro, M. (2009). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. *OECD Education Working Papers*, No. 41, OECD Publishing. doi: [dx.doi.org/10.1787/218525261154](https://doi.org/10.1787/218525261154)
8. Angotti, J.A., Caldas, I.L., Pelizoicar Neto, D., Rudinger, E., Pernambuco, M.M. (1978). *Teaching*

- relativity with a different philosophy. *American Journal of Physics*, 46, 1258–1262.
9. Anić Š., Klaić N., Domović Ž. (1998). Rječnik stranih riječi. Sani-plus, Zagreb
 10. Arriasecq, I., Greca, I. (2010). A teaching–learning sequence for the special relativity theory at high school level historically and epistemologically contextualized. *Science and Education*, DOI [10.1007/s11191-010-9231-5](https://doi.org/10.1007/s11191-010-9231-5).
 11. Bacon-Shone, J. H., Hui, D. (2010). Design and construction of the Hong Kong Creativity Index. In E. Villalba (Ed.), *Measuring Creativity* (pp.91–102). Luxembourg: Publications Office of the European Union.
 12. Bailly C. i Finkelstein N. D. (2010). Interpretation in quantum physics as hidden curriculum. *AIP Conf. Proc.* 1289,69
 13. Balka, D. S. (1974). The development of an instrument to measure creative ability in mathematics. Unpublished doctorate dissertation. University of Missouri, Columbia.
 14. Baron, R. A. (1991). Motivation in work settings: Reflections on the core of organizational research. *Motivation and Emotion*, 15(1), 1-8.
 15. Belloni, M., Christian, W., Dancy, M. H. (2004). Teaching special relativity with PhysletsR. *Phys. Teach.* 42 284–90
 16. Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
 17. Betts, G. T., & Neihart, M. (1988). Profiles of gifted and talented. *Gifted Child Quarterly*, 32, 248-253.
 18. Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Rumble, M. (2010). *Draft White. Paper 1: Defining 21st Century Skills*. Assessment and Teaching of 21st Century Skills (ATCS). Preuzeto: https://oei.org.ar/ibertic/evaluacion/sites/default/files/biblioteca/24_defining-21st-century-skills.pdf
 19. Binkley, M., Erstad, O., Hermna, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., Rumble, M. (2012). Defining 21st century skills. En P.E. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17–66). Dordrecht: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2
 20. Blair, C. (2002). School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children’s functioning at school entry. *American Psychologist*, 57, 111–127.
 21. Borghi, L., DeAmbrosio, A., Ghisolfi, E. (1993). Teaching special relativity in high school. In J. Novac (Ed.), *Proceedings of the third international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University. Pristupljeno: srpanj 2023, www.mlrg.org/proc3pdfs/Borghi_SpecialRelativity.pdf.
 22. Borsheim, C., Merritt, K., Reed, D. (2008). Beyond technology for technology’s sake: advancing multiliteracies in the twenty-first century. *The Clearing House*, 82(2), 87–90.
 23. Bouchard, L. L. (2004). An instrument for the measure of Dabrowskian overexcitabilities to identify gifted elementary students. *Gifted Child Quarterly*, 48(4), 339-350. <https://doi.org/10.1177/001698620404800407>
 24. Boydak, Š. (2019). Investigation of the relationship between perfectionism, empathy levels and perceived parenting behaviors of gifted and talented secondary school students. (Tez Numarası: 585685) [Yüksek lisans tezi, Osmangazi Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
 25. Brading, K., Castellani, E. (2003). *Symmetries in Physics, Philosophical Reflections*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
 26. Braggett, E. J. (1994). *Developing programs for gifted students: A total-school approach*. Highett, VIC: Hawker Brownlow Education.
 27. Burušić, J., Šerepac, V., Babarović, T., Blažev, M., Glasnović Gracin, D., Jagušć, T., Martinis, O., Šakić Velić, M. (2019). *Stem daroviti i talentirani učenici. Identifikacija, metode nastavnog rada i profesionalno usmjeravanje*. Zagreb: Alfa
 28. C21 Canada (Canadians for 21st Century Learning and Innovation). (2012). *Shifting minds: A 21st century vision of public education for Canada*. Preuzeto: www.c21canada.org/wp-content/uploads/2012/11/Shifting-Minds-Revised.pdf
 29. Carroll, J.B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytical studies*. New York: Cambridge University Press.
 31. Castells, M. (2010). *The rise of the network society: The information age: Economy, society, and culture* (2nd ed.). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
 32. Chuska, K. R. (1989). *Gifted learners K–12: A practical guide to effective curriculum and teaching*. Bloomington, IN: National Educational Service.
 33. Çitil, M., i Ataman, A. (2018). The reflection of the primary level gifted students’ behavioral characteristics to the educational settings and the problems that may arise. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty (GUJGEF)*, 38(1), 185-231. <http://www.gefad.gazi.edu.tr/tr/download/article-file/462740>
 34. Clark, B. (2002). *Growing up gifted: Developing the potential of children at home and at school*, 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
 35. Clark, B. (2008). *Growing up Gifted*. 7th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice.
 36. Clark, S.R., Connor, A.J., Jaksch, D., Popescu, S. (2010) Entanglement consumption of nonlocal quantum measurements. *New Journal of Physics* 12, 083034.
 37. Clifton, R., Bub, J. Halvorson, H. (2003). Characterizing Quantum Theory in Terms of Information-Theoretic Constraints. *Foundations of Physics* 33,1561–1591. <https://doi.org/10.1023/A:1026056716397>
 38. Coleman, W., Cureton, E.E. (1954). Intelligence and achievement: The “jangle fallacy” again. *Educational and Psychological Measurement* 14: 347–51. <https://doi.org/10.1177/001316445401400214>
 39. Coleman, L. J., & Cross, T. L. (2005). *Being gifted in school: An introduction to development, guidance, and teaching*. Waco, TX: Prufrock Press.

40. Cooper, R. B., & Jayatilaka, B. (2006). Group creativity: The effects of extrinsic, intrinsic, and obligation motivations. *Creativity Research Journal*, 18, 153–172. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1802_3
41. Cross, T. L. (2011). Beliefs of supporters of gifted education. *Gifted Child Today*, 34(1), 24–25. <https://doi.org/10.1177/107621751103400108>
42. Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. New York: Harper Perennial.
43. Cvetković-Lay, J., Sekulić-Majurec, A. (2008). *Darovito je, što ću s njim?: priručnik za odgoj i obrazovanje darovite djece predškolske dobi*. Zagreb.
44. Čudina-Obradović, M. (1991). *Nadarenost: razumijevanje, prepoznavanje, razvijanje*. Zagreb: Školska knjiga
45. Dai, D. Y., Chen, F. (2013). Three Paradigms of Gifted Education In Search of Conceptual Clarity in Research and Practice. *Gifted Child Quarterly*, 57(3), 151–168.
46. Delors, J. (1996). *Learning: The treasure within*. UNESCO. Paris: UNESCO
47. Eisberg R. (1961). *Fundamentals of Modern Physics*. John Wiley & Sons, Inc., New York , London, Sydney Preuzeto: <https://archive.org/details/ost-physics-eisberg-fundamentalsofmodernphysics/page/n11/mode/2up>
48. Ennis, R.H. (1991). Goals for a critical thinking curriculum, in a costa (ed.). *developing minds*. (Vol.1). Alexandria: Virginia. ASCD.
49. European Community. (2006). Recommendation of the European parliament and of the council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning (2006/962/EC). *Official Journal of the European Union*, L394, 10–18.
50. Europska komisija (2018). *PREPORUKE VIJEĆA o ključnim kompetencijama za cjeloživotno učenje*. Preuzeto: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01))
51. Feynman R., Leighton R., Sands M., (1964). *The Feynman Lectures on Physics*. Vol. I (Addison-Wesley), Chapt. 52
52. Frasier, M. M., Passow, A. H. (1994). *Towards a New Paradigm for Identifying Talent Potential*. Research Monograph 94112.
53. Frost, R. O., Marten, P., Lahart, C., Rosenblate, R. (1990). The dimensions of perfectionism. *Cognitive Therapy and Research*, 14(5), 449–468.
54. Fullan, M. (2013). *Great to excellent: Launching the next stage of Ontario's education agenda*. Toronto: Ontario Ministry of Education.
55. Gagne, F. (1985). Giftedness and talent: Reexamining a reexamination of the definition. *Gifted Child Quarterly*, 29, 103–112.
56. Gardner, H. (1983). *Frames of Mind*. New York: Basic Book Inc.
57. Gardner, H. (1996). Probing more deeply into the theory of multiple intelligences. *NaSSP Bulletin*, 80(583), 1–7.
58. George, D. (2005). *Obrazovanje darovitih: kako identificirati i obrazovati darovite i talentirane učenike*. Zagreb: Educa.
59. Gross, M. U. M. (2002). Musings: Gifted children and the gift of friendship. *Understanding Our Gifted*, 14(3), 27–29.
60. Gross, M. U. M. (2004). *Exceptionally gifted children* (2nd ed.). London, England: Routledge.
61. Gruszka, A., Tang, M. (2017). The 4P's creativity model and its application in different fields. In C. H. Werner i M. Tang (Eds.), *Handbook of the management of creativity and innovation* (pp. 51–71). London, England: World Scientific.
62. Guignard, J. H., Lubart, T. I. (2007). A comparative study of convergent and divergent thinking in intellectually gifted children. *Gifted and Talented International*, 22(1), 9–15. <http://dx.doi.org/10.1080/15332276.2007.11673481>
63. Haavold, P. Ø. (2013). *What are the characteristics of mathematical creativity? An empirical and theoretical investigation of mathematical creativity*. Unpublished doctorate dissertation. University of Tromso, Norway.
64. Hardy, L., Spekkens, R. (2010). Why Physics Needs Quantum Foundations. *Physics in Canada* 66, 73–76 [arXiv:1003.5008](http://arxiv.org/abs/1003.5008) <https://doi.org/10.48550/arXiv.1003.5008>
65. Hébert, T. P. (2001). If I had a new notebook, I know things would change: Bright underachieving young men in urban classrooms. *Gifted Child Quarterly*, 45, 174–194.
66. Heller, K. A. (2004). Identification of gifted and talented students. *Psychology Science*, 46(3), 302–323. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.538.4180&rep=rep1&type=pdf>
67. Henriksen, Ellen & Bungum, & Angell, Carl & Tellefsen, Cathrine & Frågåt, Thomas & Bøe, Maria (2014). Relativity, quantum physics and philosophy in the upper secondary curriculum: Challenges, opportunities and proposed approaches. *Physics Education*. 49. 678- 684. [10.1088/0031-9120/49/6/678](https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/6/678).
68. Hill, C. T., Lederman, L. M. (2000). Teaching symmetry in the introductory physics curriculum. *The Physics Teacher*, 38(6), 348–353. [doi:10.1119/1.1321816](https://doi.org/10.1119/1.1321816)
69. Jackman, J.A., Cho, D.J., Lee, J., Chen, J.M., Besenbacher, F., Bonnell, D.A., Hersam, M.C., Weiss, P.S., Cho N.J. (2016). Nanotechnology Education for the Global World. *Training the Leaders of Tomorrow*, ACS Nano 10(6) 5595–9
70. Jolly, J. L. (2008). Lewis Terman: Genetic Study of Genius- Elementary School Students. *Gifted Child Today*, 31(1), 27–33.
71. Kahveci, N. G., Akgül, S. (2019). The relationship between mathematical creativity and intelligence: a study on gifted and general education students. *Gifted and Talented International*, 34(1–2), 59–70. <https://doi.org/10.1080/15332276.2019.1693311>
72. Karnes, F. A., Riley, T. L. (2005). Science education for gifted. In Johnsen K S, Kendrick J (Eds). *Developing an early passion for science through competitions*. Prufrock Pres, Inc., USA.
73. Kaufman, J. C., Sternberg, R. J. (2007). Resource Review: Creativity. *Change The Magazine of Higher Learning*, 39(4), 55–60. <https://doi.org/10.2307/40178059>

74. Kim, H., Cho, S., Ahn, D. (2003). Development of mathematical creative problem solving ability test for identification of the gifted in math. *Gifted Educational International*, 18, 164–175. <https://doi.org/10.1177/026142940301800206>
75. Koren, I. (1989). Kako prepoznati i identificirati nadarenog učenika. Zagreb: Školske novine. Prosvjetni savjet SR Hrvatske
76. Koren, I. (2013). Povijesni osvrt na konceptualizaciju pojave nadarenosti. *Napredak : časopis za pedagogijsku teoriju i praksu*, 154(3), 339–361.
77. Krafft, T., Semke, E. (2008). Kako otkriti i potaknuti darovitost. Njemačka: Mozaik knjiga
78. Kuru, A. (2017). The labeling effects of gifted children between 10-14 years old on self esteem and empathy levels (Tez Numarası: 466290) [Doktora tezi, Okan Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
79. Landauer, R. (1991). Information is Physical. *Physics Today*; 44 (5): 23–29. <https://doi.org/10.1063/1.881299>
80. Lee, W. O., Tan, P.L. (2018). “The New Roles for Twenty-First-Century Teachers: Facilitator, Knowledge Broker, and Pedagogical Weaver.” In *The Teacher’s Role in the Changing Globalizing World: Resources and Challenges Related to the Professional Work of Teaching*, edited by Hannele Niemi, Auli Toom, Arto Kallioniemi, and Jari Lavonen, 11–31. Leiden: Brill Sense.
81. Leikin, R. (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In R. Leikin, A. Berman & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 129–145). Sense Publishers.
82. Levent, F. (2011). Üstün yeteneklilerin eğitime yönelik görüş ve politikaların incelenmesi [A study of the views and policies on gifted education] (Tez Numarası: 298643) [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
83. Lin, C. Y. (2017). Threshold effects of creative problem-solving attributes on creativity in the math abilities of Taiwanese upper elementary students. *Hindawi Education Research International*, 2017, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2017/4571383>
84. Lin, C. Y., Cho, S. (2011). Predicting creative problem-solving in math from a dynamic system model of creative problem solving ability. *Creativity Research Journal*, 23(3), 255–261. <https://doi.org/10.1080/10400419.2011.595986>
85. Maniscalco S., Foti C., Chiofalo M. (2021) Quantum Games as Tools in a Strategic Educational Vision: the experience of QPlayLearn, Symposium : Games for Quantum Physics. Education https://indico.cern.ch/event/1025696/contributions/4631744/attachments/2353838/4016178/WCPE_GAMES4OPER.pdf
86. Maker, J.N. i Nelson, A.B. (1996). Curriculum development and teaching Strategies Gifted Students. (2. Ed): Pro-Ed, Austin, Tex.
87. Marland Report. (1971). Education of the Gifted and Talented-Volume 1: Report to the Congress of the United States by the US Commissioner of Education. Pristupljeno: 25.6. 2023. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED056243.pdf>.
88. Marland Jr, S. P. (1971). Education of the Gifted and Talented-Volume 2: Report to the Congress of the United States by the US Commissioner of Education. <https://numerous.files.wordpress.com/2012/04/marland-report-volume-ii.pdf>
89. McClelland, R., Yewchuk, C., Mulcahy, R. (1991). “Locus of Control in Underachieving and Achieving Gifted Students.” *Journal for the Education of the Gifted* 14 (4): 380–392.
90. McGrath, D., Savage, C., Williamson, M., Wegener, M., McIntyre, T. (2008). Teaching special relativity using virtual reality. *Proc. Symp. Visualisation and Concept Development* ed A Hugman and K Placing (Uniserve Science, University of Sydney) pp 67–73
91. Meijer, D. K.F. i Korf J. (2013). Quantum Modeling of the Mental State: the Concept of a Cyclic Mental Workspace.. *Syntropy Journal*. 1–41.
92. Milanović, A. (2017). Teorije o darovitima. *Godišnjak Pedagoškog fakulteta u Vranju*, 8 (1), 191–201. Preuzeto sa [https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/2466-3905/2017/2466-39051701191M.pdf#search=%22Kreativnost%22\(10.3.2022.\)](https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/2466-3905/2017/2466-39051701191M.pdf#search=%22Kreativnost%22(10.3.2022.))
93. Miller, A. (1998). Albert Einstein’s special theory of relativity—Emergence (1905) and early interpretation (1905–1911). New York: Springer. Preuzeto: <https://archive.org/details/alberteinsteinss0000mill/page/n15/mode/2up>
94. Moneta, G. B., Siu, C. M. Y. (2002). Trait intrinsic and extrinsic motivations, academic performance, and creativity in Hong Kong college students. *Journal of College Student Development*, 43, 664–683.
95. Muller, F.A. (2023). The Influence of Quantum Physics on Philosophy. *Found Sci* 28, 477–488. <https://doi.org/10.1007/s10699-020-09725-6>
96. Murat, M., Cam, A. (2021). Flipped Classroom on Fifth Grades’ 21st Century Skills and Scientific Epistemological Beliefs. *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 4(4), 752–771. <https://doi.org/10.46328/ijte.94>
97. MZO <https://mzo.gov.hr/UserDocsImages//dokumenti/Publikacije//Smjernice-za-rad-s-darovitom-djecom-i-ucenicima.pdf>
98. National Association for Gifted Children. (2014). Definitions of giftedness. <https://nagc.org/page/what-is-giftedness>
99. NCREL & Metiri Group. (2003). enGauge 21st century skills: Literacy in the digital age. Chicago, IL: NCREL
100. Newton, L. D., Newton, P. D. (2014). Creativity in 21st-century education. *Prospects*, 44, 575–589. <https://doi.org/10.1007/s11125-014-9322-1>
101. Neihart, M., See Yeo, L. (2018). Psychological issues unique to the gifted student. In S. I. Pfeiffer, E. Shaunessy-Dedrick, . Foley-Nicpon (Eds.), *APA handbook of giftedness and talent* (Vol. 1, pp. 497–510). Washington, DC: American Psychological Association.

102. OECD. (2005). The definition and selection of key competencies: Executive summary. Paris, France: OECD. Preuzeto: <http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>.
103. Özbay, Y. (2019). Gifted children and their families. T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Aile ve Toplum Hizmetleri Genel Müdürlüğü. https://www.ailevecalisma.gov.tr/media/4773/01_05_uestuen-yetenekli-%C3%A7ocuklarkitab%C4%B1.pdf
104. Park, S., Park, K., Choe, H. (2005). The relationship between thinking styles and scientific giftedness in Korea. *The Journal of Secondary Gifted Education*, 16, 2/3, 87–97.
105. Partnership for 21st Century Skills (P21). (2009). P21 framework definitions. Preuzeto: http://p21.org/storage/documents/P21_Framework_Definitions.pdf.
106. P21 (2015). P21 Framework Definitions. Partnership for 21st Century Skills. Preuzeto: http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf.
107. Passow, A. H. (1955). *Planning for talented youth: Consideration for public schools*. New York: Bureau of Publications, Teachers College, Columbia.
108. Pedró, F. (2006). The new millennium learners: Challenging our views on ICT and learning. OECD-CERI. Preuzeto: <http://www.oecd.org/edu/cei/38358359.pdf>.
109. Pei-Ling Tan, J., Choo, S.S., Kang, T., Liem, A.G.F., (2017). Educating for twenty-first century competencies and future-ready learners: research perspectives from Singapore. *Asia Pacific Journal of Education*, 37:4, 425-436, DOI: 10.1080/02188791.2017.1405475 Preuzeto : <https://doi.org/10.1080/02188791.2017.1405475>
110. Patterson, Z. i Ding, L.(2020). Students' pre-instructional perspectives of quantum physics. 388-393. 10.1119/perc.2020.pr.Patterson
111. Peres, A., Terno, D.R. (2004). Quantum information and relativity theory. *Rev. Mod. Phys.*, vol.76, American Physical Society, pp.93-123, doi : 10.1103/RevModPhys.76.93 <https://link.aps.org/doi/10.1103/RevModPhys.76.93>
112. Petrović, R., Trifunović, V. Milanović, R.(2013). Giftedness and Creativity of Students and Teachers in the Proces of Education, *International Education studies*, Published by Canadian Center of Science Education, 6,7,111-118
113. Pfeiffer, S. I. (2001). Professional psychology and the gifted: Emerging practice opportunities. *Professional Psychology: Research and Practice*, 32(2), 175-180. <https://doi.org/10.1037/0735-7028.32.2.175>
114. Planck M., Johnston W. H.(1931). *The Universe in the Light of Modern Physics*. George Allen & Unwin Ltd Museum Street, London Preuzeto: <https://archive.org/details/the-universe-in-the-light-of-modern-physics-max-planck-w.-h.-johnston/page/7/mode/2up>
115. Pravilnik o osnovnoškolskom odgoju i obrazovanju darovitih učenika (NN 34/1991., 87/2008.).
116. Pravilnik o osnovnoškolskom odgoju i obrazovanju darovitih učenika, 1991.,
117. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1991_07_34_967.html
118. Pravilnik o srednjoškolskom obrazovanju darovitih učenika 1993., https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1993_1_0_90_1755.html
119. Putwain, D., Kearsley, R., Symes, W. (2012). Do creativity self-beliefs predict literacy achievement and motivation? *Learning and Individual Differences*, 22(3), 370–374. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2011.12.001>.
120. Renzulli J. (1978). What makes giftedness? Reexamining a definition. *Phi Delta Kappan*, 60(3), 180–184. <https://gseuphsdlibrary.files.wordpress.com/2013/03/what-makes-giftedness.pdf>
121. Renzulli, J. S. (1999). What is thing called giftedness and how do we develop it? A twenty-five-year perspective. *Journal for the Education of Gifted*, 23 (1), 3-54
122. Renzulli, J.S. 2003. "The Three- Ring Conception of Giftedness: Its Implications for Understanding Nature of Innovation." In *The International Handbook on innovation*, edited by L. V. Shavinina, 79–96. Amsterdam: Elsevier Science Ltd.
123. Renzulli, J. S. (2005). The Three-Ring Conception of Giftedness: A Developmental Model for Promoting Creative Productivity. In Robert J. Sternberg, & Janet E. Davidson (Eds), *Conceptions of Giftedness* (pp. 246-280). United States of America: Cambridge University Press.
124. Renzulli, J. S. (2011). What makes giftedness? Reexamining a definition. *Phi Delta Kappan*, 92(8), 81-88. <https://doi.org/10.1177/003172171109200821>
125. Renzulli, J., Reis, S. (2014). *The schoolwide enrichment model: A how-to guide for talent development* (3rd ed.). Prufrock Press Inc.
126. Rice, K. G., Ray, M. E. (2018). Perfectionism and the gifted. In S. I. Pfeiffer (Ed.), *Handbook of giftedness in children* (Vol. 2, pp. 227–254). Cham: Springer.
127. Roberts, R.D., Beh, H.C., Stankov, L.(1988). "Hick's Law, Competing-Task Performance, and Intelligence." *Intelligence* 12: 111–130.
128. Rogers, K. B. (1986). Do the gifted think and learn differently? A review 1080 October 1997. *American Psychologist of recent research and its implications for instruction*. *Journal for the Education of the Gifted*, 10, 17-39.
129. Runco, M. A. (2008). Creativity and education. *New Horizons in Education*, 56 (1), 96-104.
130. Runco, M. A. (2014). *Creativity: Theories and themes: Research, development, and practice*. (Second Edition) Elsevier Academic Press.
131. Russo A. i Adorno D.P. (2018). An inquiry-based learning path to introduce modern physics in high-school. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1076 012007 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1076/1/012007>
132. Sang, G., Liang, J. C., Chai, C. S., Dong, Y., Tsai, C. C. (2018). Teachers' actual and preferred perceptions of twenty-first century learning

- competencies: a Chinese perspective. *Asia Pacific Education Review*, 1-11. doi: <https://doi.org/10.1007/s12564-018-9522-0>
133. Saranlı, A. G., Metin, N. (2012). Socioemotional problems observed in gifted children, *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 45(1), 139-163. https://doi.org/10.1501/Egifak_0000001239
 134. Sayı, A.K., Emir, S. (2016). The Effects of Differentiated Foreign Language Instruction on Critical Thinking of Gifted Students." *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi* 8: 13–31.
 135. Schafersman S.D. (1991). An Introduction to critical thinking. Preuzeto: www.usafreepress.org/50k/ct_edu.html.
 136. Shabajee, P., Postlethwaite, K. (2000). What happened to modern physics?. *School Science Review*, 81(297), 51–56.
 137. Shin, W., Park, J. (2020). Developing a list of behavioral characteristics of creative physicists during their growth period. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10082-w>
Preuzeto: <https://link.gale.com/apps/doc/A95205358/AONE?u=googlescholar&sid=bookmark-AONE&xid=e4bd67f9>
 138. Silva, E. (2009). Measuring skills for 21st-century learning. *The Phi Delta Kappan*, 90(9), 630–634.
 139. Silverman, L. (2000). Characteristics of giftedness scale. Denver, CO: Gifted Development Center. www.gifteddevelopment.com/Articles/Characteristics_Scale.htm.
 140. Silverman, L. K. (2003). Characteristics of giftedness scale: Research and review of the literature. *The Gifted Development Center*, 1452, 1-9. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.620.7480&rep=rep1&type=pdf>
 141. Silverman, L. K. (2007). Perfectionism: The crucible of giftedness. *Gifted Education International*, 23(3), 233-245 <https://doi.org/10.1177/026142940702300304>
 142. Skupnjak, D. (2019) Socio-emocionalne osobitosti darovitih i moguće poteškoće. *Varaždinski učitelj: digitalni stručni časopis za odgoj i obrazovanje [online]*, 2 (2). Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/224269> [9.6.2023.]
 143. Speirs Neumeister, K. L., & Finch, H. (2006). Perfectionism in high-ability students: relational precursors and influences on achievement motivation. *Gifted Child Quarterly*, 50, 238–251.
 144. Stanko-Kaczmarek, M. (2012). The effect of intrinsic motivation on the affect and evaluation of the creative process among fine arts students. *Creativity Research Journal*, 24(4), 304–310. <http://dx.doi.org/10.1080/10400419.2012.730003>.
 145. Sternberg, R. J. (1981). Intelligence and non-entrenchment. *Journal of Educational Psychology*, 73, 1–16.
 146. Sternberg, R. J. (1993). Procedures for identifying intellectual potential of the gifted: A perspective on alternative “Metaphors of the Mind”. In K. A. Heller, F. J. M’onks, & A. H. Passow (Eds.), *International handbook of research and development of giftedness and talent* (pp. 185–208). Oxford, UK: Pergamon.
 147. Sternberg, R. J., & Grigorenko, E. L. (2002). The theory of successful intelligence as a basis for gifted education. *Gifted Child Quarterly*, 46 (4), 265–277. https://doi.org/10.1177/0016986_20204600403
 148. Sternberg, R. J. (2003). WICS as a model of giftedness. *High Ability Studies*, 14(2), 109–137. <http://dx.doi.org/10.1080/1359813032000163807>.
 149. Sternberg, R.J., & Davidson, J. E. (Eds.). (2005). *Conceptions of giftedness*. (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
 150. Sternberg, R. J. (2005). The WICS model of giftedness. In R. J. Sternberg, & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness* (2nd ed., pp. 327–342). New York, NY: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610455.019>
 151. Stricker, J., Buecker, S., Schneider, M., Preckel, F. (2020). Intellectual giftedness and multidimensional perfectionism: a meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, 32(2), 391–414.
 152. Subotnik, R. F., & Jarvin, L. (2005). Beyond expertise: conceptions of giftedness as great performance. In R. J. Sternberg, & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness* (2nd ed., pp. 343–357). New York, NY: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610455.020>
 153. Suświłło, M. (2020). Gifted student in a polish school in the perception of teachers, parents and the child: the interpretative research. *Školski vjesnik: časopis za pedagoški teoriju i praksu [online]*, 69 (2). Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/249029> [9.6.2023.]
 154. Thompson, Lee A., Oehlert, J. (2010). The etiology of giftedness. *Learning and Individual Differences* 20: 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.11.004>
 155. Tordjman, S., Besançon, M., Pennycook, C., Lubart, T. (2021). Children with high intellectual and creative potential: Perspectives from a developmental psycho-environmental approach. In R. J. Sternberg, & D. Ambrose (Eds), *Conceptions of Giftedness and Talent* (pp. 251-279). Switzerland: Palgrave Macmillan: Cham.
 156. Tuttle, F. B., Becker, L. A., Sousa, J. A. (1988). *Characteristics and identification of gifted and talented students* (3rd ed.). NEA Professional Library Press.
 157. UNESCO. (2012). Preuzeto : <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000220416>.
 158. UNESCO (2015). *Rethinking education: towards a global common good?* Paris: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232555>
 159. van Gigch, J.P. (2002). Comparing the epistemologies of scientific disciplines in two distinct domains: modern physics versus social sciences. II: Epistemology and knowledge characteristics of the ‘new’ social sciences. *Syst. Res.*, 19: 551-562. <https://doi.org/10.1002/sres.466>
 160. van de Oudeweetering, K., Voogt, J. (2018). Teachers’ conceptualization and enactment of twenty-first century competences: exploring dimensions for new curricula. *The Curriculum*

- Journal*, 29(1), 116-133. doi:
<https://doi.org/10.1080/09585176.2017.1369136>
161. van der Veen, J. (2012). Draw Your Physics Homework? Art as a Path to Understanding in Physics Teaching. *American Educational Research Journal*, 49(2), 356 - 407. doi:[10.3102/0002831211435521](https://doi.org/10.3102/0002831211435521)
 162. van der Veen, J. (2013). Symmetry as a thematic approach to physics education. *Symmetry: Culture and Science*, 24(1-4), 463-484.
 163. Vlahović-Štetić, V. (2008). Teorijski pristupi darovitosti. U: Vlahović-Štetić, V., ur., *Daroviti učenici: Teorijski pristup i primjena u školi*. Drugo dopunjeno i izmijenjeno izdanje. Zagreb: Institut za društvena istraživanja u Zagrebu, str. 13-22.
 164. Voogt, J., Pareja-Roblin, N. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321. doi:
<https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
 165. Vučemil, M., Kovačević, M. (2010) Darovita, talentirana i kreativna djeca – potencijalni stručnjaci i stvaratelji. *Školski vjesnik: časopis za pedagoškijsku teoriju i praksu* [online], 59 (1). Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/82341> [9.6.2023.]
 166. Wang, A. Y.. (2022). Understanding levels of technology integration: A TPACK scale for EFL teachers to promote 21st-century learning. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9935–9952. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11033-4>
 167. Wellisch, M., Brown, J. (2013). Many faces of a gifted personality: Characteristics along a complex gifted spectrum. *Talent Development and Excellence*, 5, 43–58.
 168. Weyl, H. (1952). *Symmetry*. Princeton University Press, Princeton.
 169. Winebrenner, S. (2001). Teaching gifted kids in the regular classroom: Strategies and techniques every teacher can use to meet the academic needs of the gifted and talented, revised, expanded, and updated edition, ed. P. Espeland. Minneapolis, MN: Free Spirit Publishing.
 170. Winner, E. (2005). *Darovita djeca: mitovi i stvarnost*. Lekenik: Ostvarenje
 171. World Economic Forum (2015). *New vision for education: Unlocking the potential of technology*. Ginebra: World Economic Forum. Preuzeto: http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf.
 172. Yawson, R.M. (2012). An epistemological framework for nanoscience and nanotechnology literacy, *Int. J. Technol. Des. Ed.* **22** 297-310
 173. Young, H. D., Freedman, R.A. (2020). *University Physics with Modern Physics*, in SI units. 15th Edition Sears And Zemansky's, *Pearson Education*
 174. Zee, A. (1992). *Symmetry and the Search for Beauty in Modern Physics*. *New Literary History*, Vol. 23, No. 4, Papers from the Commonwealth Center for Literary and Cultural Change
 175. Zrilić, S., Marin, D. (2018). Zakonski okvir odgoja i obrazovanja darovitih učenika u Republici Hrvatskoj, *Magistra ladertina*, 12(1), str. 91-104