

---

# Fizika: pokretačka „sila“ četvrte industrijske revolucije?!

Verica Jovanovski

*Agencija za odgoj i obrazovanje, Podružnica Osijek*

**Sažetak.** Fizika kao znanstvena disciplina pomaže tehnološki napredak u području inženjeringa, informatike, pa čak i biomedicinskih istraživanja. Četvrta industrijska revolucija pokrenuta tehnologijom omogućava proizvode koji osiguravaju rast prihoda i poboljšavaju kvalitetu života stanovništva širom svijeta. Industrije koje se temelje na fizici generiraju oko 14% prihoda u EU-27<sup>1</sup> a zaposlenost u tim sektorima je u stalnom porastu. Osobe koje su obrazovanje stekle u području fizike imaju vještine koje su tražene u različitim gospodarskim sektorima. One imaju ključnu ulogu u ekonomskom aspektu pronalazjenja novih i boljih načina za proizvodnju i razvoj proizvoda i usluga koji povećavaju učinkovitost i zadovoljstvo potrošača: obrazovne i medicinske usluge, bankarske usluge, internetska trgovina, rezervacije letova, zabava i sl.. Interdisciplinarnost u poučavanju i učenju fizike učenike potiče na pronalazjenja rješenja u kontekstu složenih i realnih problema. Kad su ove karakteristike podržane odgovarajućim nastavnim i izvannastavnim programima mogu pomoći u odabiru karijere i budućim izazovima kroz različita područja i zanimanja. U radu će biti opisane vještine koje se razvijaju učenjem fizike a potrebne su za obavljanje ne samo u karijeri fizičara već i brojnim drugim poslovima koji nisu vezani za fiziku. Radoznali, kreativni i dobro obrazovani ljudi na polju fizike oblikovat će gospodarski, socijalni i ekološki svijet 21.stoljeća.

**Ključne riječi:** fizika, četvrta industrijska revolucija, interdisciplinarnost, obrazovanje, karijera

## UVOD

Gospodarski prosperitet u kojem je fizika temelj razvoja može se dogoditi samo kao nastavak i potpora sustava obrazovanja. Industrije temeljene na fizikalnim otkrićima mogu se definirati kao industrije u kojima je fizika kao znanstvena i praktična disciplina ključna u smislu tehnologije i stručnosti. Takve industrije se oslanjaju na teorije i rezultate istraživanja u području fizike a sve u svrhu postizanja komercijalnih ciljeva. Gospodarski napredak ovisi o udjelu kapitala i učinkovitosti zaposlenih a glavni izvor tehnološkog napretka je ulaganje u obrazovanje, istraživanje i razvoj. Tržišta rada postaju sve više turbulentna. Globalnu ekonomiju zahvatila je četvrta industrijska revolucija te je za cilj promicanja razvoja vještina 21.stoljeća OECD<sup>2</sup> obrazovnim sustavima preporučio kod mladih razvijanje generičkih vještina kako bi udovoljili potrebama sve zahtjevnijeg gospodarstva. Poučavanje fizike osim što je usmjereno na razvoj sposobnosti rješavanja fizikalnih problema treba biti usmjereno i na poticanje učenika na razvoj karijere u fizici i područjima vezanim za fiziku gdje naučene vještine imaju širok spektar primjena od znanstveno istraživačkog rada, razvoja novih tehnologija pa sve do područja ekonomije i financija.

## ČETVRTA INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA

Prva je industrijska revolucija nastala u trenutku kad je snaga vodene pare omogućila mehanizaciju proizvodnje. Druga ima temelje na pretvorbi električne energije u radnim

---

<sup>1</sup> Centre for Economics and Business Research Ltd, 2013

<sup>2</sup> <http://www.oecd.org/>

strojevima koji su omogućili masovnu proizvodnju. Treća industrijska revolucija je pokrenuta korištenjem elektroničkih sklopova i informacijske tehnologije kroz automatizaciju u proizvodnji. Četvrta industrijska revolucija je nadogradnja trećoj. Odlikuje ju fuzija tehnologija koja pomiče granice između fizičke, digitalne i biološke sfere [11].

Svako od navedenih industrijskih revolucija prethodile su znanstvene i tehnološke revolucije: pronalazak i primjena parnog stroja, nafta i električna energija kao nove pogonske sile druge industrijske revolucije, tranzistor i masovna digitalizacija obilježavaju treću industrijsku revoluciju a četvrta je obilježena sofisticiranim tehnologijama [4]. Dvije glavne razine i šest stupnjeva znanstvene i tehnološke modernizacije prikazane su u tablici 1.

**TABLICA 1.** Dvije glavne razine i šest stupnjeva znanstvene i tehnološke modernizacije.

Stupanj	Okvorno vrijeme	Tehnologija	Obrazovanje i znanost
Prvi	1763-1870	Parni stroj i mehanička revolucija, specijalizacija, istraživanje.	Prva modernizacija u obrazovanju: specijalizacija, sistematizacija, institucionalizacija, podjela predmeta, moderna tehnologija, intelektualno vlasništvo.
Drugi	1870-1945	Električna, kemijska i revolucija u razvoju strojeva, privatni laboratoriji.	
Treći	1946-1970	Revolucija u području elektronike, automatizacija, nacionalni znanstveni i tehnološki sustavi.	
Četvrti	1971-2020	Informatička revolucija, visoka tehnologija, nacionalni sustavi za inovacije.	Druga obrazovna modernizacija. Visoka tehnologija, „velika“ znanost, povećanje interdisciplinarnosti, ekologija, internacionalizacija, dvojnost i nacionalni sustavi za inovacije.
Peti	2021-2050	Nova revolucija u biologiji i genetici, fizici i informacijskoj tehnologiji.	
Šesti	2051-2100	Revolucija „nove“ fizike, „nove“ energije i transporta.	

Razvoj tehnologije i globalizacija značajno su utjecale na poslovne modele u svim gospodarskim sektorima. Tempo promjena se povećava, stvaraju se nova zanimanja a neka stara potpuno nestaju. Predviđa se da će oko 65% učenika koji danas pohađaju osnovnu školu raditi poslove koji danas još uvijek ne postoje a njihovo obrazovanje ih neće pripremiti za njih jer obrazovni sustavi većine zemalja nisu prilagođeni potrebama industrija 21. stoljeća.

## Uloga fizike u poticanju ekonomskog rasta

Budućnost napretka nekog društva ovisi o rastu gospodarstva a ono ovisi o udjelu faktora proizvodnje i broja zaposlenih (rada i kapitala) te učinkovitosti kojom se ono koristi. Gospodarski rast moguće je održati povećanjem količine rada i/ili kapitala. Kada se dodaju dodatne jedinice nekog od tih faktora, količina izlaza („output“) rezultira tendencijom smanjivanja rasta, odnosno pad prihoda. Samo rast na razini tehnološkog napretka može nadoknaditi pad koji se javlja kao opadajući prinos rada i kapitala [1]. Dobra i usluge proizvedena u industrijama temeljenim na fizici<sup>3</sup> u zemljama EU27 procjenjuju se na 13,8% BDP-a što iznosi oko 4,13 trilijuna eura [2]. Na slici 1. prikazana je usporedba nekih zemalja koje imaju razvijene industrije temeljene na fizici. Studija je rađena za period 2011.-

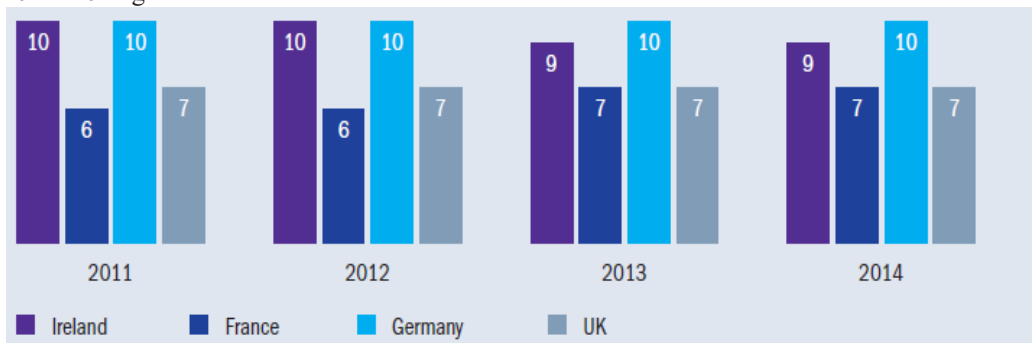
<sup>3</sup> Engl. Physics-based industry

2014.godine i pokazala je da bruto dodana vrijednost (BDV<sup>4</sup>) u tim industrijama u prosjeku iznosi oko 138. 273,00 eura godišnje po svakom zaposleniku.

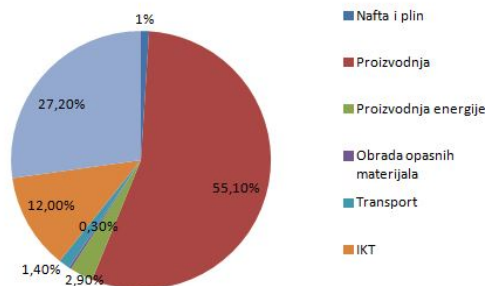


SLIKA 1.: Usporedba zemalja prema razini produktivnosti industrija temeljenih na fizici (€ "000 po osobi godišnje), Izvor: iop.org/strategy

U 2014.godini udio zaposlenih u industrijama koje su temeljene na fizici iznosio je u prosjeku 37% u Velikoj Britaniji, 44% u Francuskoj i 63% u Njemačkoj. Njemačka ima najveći udio zaposlenih u industrijama temeljenim na fizici (10%) u odnosu na cjelokupnu industriju. Na slici 2. prikazana je usporedba nekih zemalja te promjene u udjelu zaposlenih u periodu od 2011.-2014.godine.



SLIKA 2.: Udio zaposlenih u industrijama temeljenim na fizici u odnosu na sveukupne industrije (%),Izvor: iop.org/strategy



GRAFIKON 1.: Udio zaposlenih u industrijskim sektorima izravno ili neizravno temeljenim na fizici (Izvor: Eurostat SBS, Cebr analysis)

<sup>4</sup> Bruto dodana vrijednost – BDV: prema konceptu ESA-e 95, BDV je definiran kao vrijednost proizvodnje koja je umanjena za vrijednost intermedijarne potrošnje. Može se mjeriti bruto ili neto, tj. prije ili nakon odbijanja potrošnje fiksnog kapitala. BDV mjeri doprinos što ga BDV-u daje svaki pojedini proizvođač, vrsta djelatnosti ili sektor, izvor: [http://www.poslovniforum.hr/about03/stat\\_15.asp](http://www.poslovniforum.hr/about03/stat_15.asp), preuzeto, 10.ožujka 2017.god.

Industrije temeljene na fizici imaju utjecaj na ukupnu ekonomiju jer zauzimaju udio u onim sektorima kojima su djelatnosti neizravno povezane sa fizikom. Gledajući konačan proizvod ili uslugu u neizravnim sektorima broj ukupno zaposlenih povećao bi se za 1,8 puta. Neizravne djelatnosti (sektori) se odnose na područje graditeljstva, prometa i proizvodnje energije. Na grafikonu 1. prikazan je udio zaposlenih u industrijama u kojima je fizika izravno ili neizravno zastupljena.

### **Primjer: Fizika u irskoj ekonomiji**

Republika Irska je drugu godinu za redom najbrže rastuća ekonomija Europske unije, te je trenutno među deset najbogatijih zemalja svijeta gledajući BDP po stanovniku. Do sredine osamdesetih godina prošlog stoljeća, životni standard u Republici Irskoj bio je sličan kao u Hrvatskoj da bi danas njihove prosječne neto plaće bile oko tri puta veće u odnosu na hrvatske. Od zemlje masovne emigracije Republika Irska je postala jedna od najzanimljivijih destinacija imigranata cijelog svijeta [8]. Republika Irska izvezla je oko 37 bilijuna eura proizvoda i usluga iz industrija temeljenih na fizici što je oko 88% ukupnog prihoda. Godišnje ulaže oko 1,3% BDP-a u Istraživanje i razvoj. U industrijama izravno temeljenim na fizici zaposleno je 160 000 ljudi što iznosi 8,6% ukupno zaposlenih. A u industrijama koje su povezane zaposleno je 287 600 zaposlenih. Industrije temeljene na fizici ostvarile su 48,7 bilijuna eura ili 14% ukupnog prihoda a prihod povezanih industrija u iznosu od 73 bilijuna eura [1].

## **VJEŠTINE POTREBNE TRŽIŠTU RADA 21. STOLJEĆA**

Istraživanje Svjetskog ekonomskog foruma (WEC – World Economic Forum) pokazalo je da će neke vještine koje su trenutno potrebne na tržištu rada do 2020. godine potpuno nestati. Primjerice, vještine aktivnog slušanja i kontrola kvalitete će nestati dok će rješavanje kompleksnih problema, kritičko mišljenje i kreativnost biti tri najvažnije vještine u 2020. godini. Top 10 vještina u 2020. godini prema WEC [14]:

- |                                    |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1. Rješavanje kompleksnih problema | 6. Emocionalna inteligencija |
| 2. Kritičko razmišljanje           | 7. Donošenje odluka          |
| 3. Kreativnost                     | 8. Orijentacija na usluge    |
| 4. Upravljanje ljudima             | 9. Pregovaranje              |
| 5. Koordiniranje timovima          | 10. Fleksibilnost            |

### **Razvoj vještina potrebnih tržištu rada kroz nastavu fizike**

Sve veća uloga znanosti i tehnologije u životima ljudi i njihovom radu pruža priliku za stavljanje fizike u središte obrazovanja za 21. stoljeće. Poučavanje i učenje fizike treba biti usmjereno na učenje koncepata i razumijevanje te njihove međusobne odnose kao i na razvoj generičkih vještina i vrijednosti koje se mogu prenijeti u druga područja istraživanja, rada i života [6]. Kad gledamo opću populaciju učenika, većina ih neće nastaviti karijeru u fizici ali doprinos nastave fizike osim razvijanja vještina treba biti usvajanje znanstvene pismenosti i razumijevanje koju ulogu fizika kao znanstvena disciplina ima u nacionalnom i ekonomskom razvoju. U promicanju fizike kod opće populacije učenika i poticanje učenika na karijeru u području fizike, naglašene su slijedeće vještine koje se smatraju važnim za obavljanje poslova 21. stoljeća a razvijaju se kroz učenje u nastavi fizike [7]:

1. Primjena matematičkih modela u rješavanju problema,
2. Vještine koje omogućavaju rad s vrhunskom tehnologijom,
3. Analiza i modeliranje fizičkih procesa,
4. Prikupljanje podataka, izrada i testiranje modela,

5. Primjena teorijskih znanja na izračunavanje i eksperiment,
6. Znanstveno razmišljanje primjenjivo u svim područjima života,
7. Sposobnost brzog i učinkovitog učenja,
8. Sposobnost logičkog i sustavnog promišljanja,
9. Jasnoću i preciznost u oblikovanju zaključaka,
10. Donošenje odluka na osnovi logičkih podataka,
11. Dosljednost i samostalnost u obavljanju zadataka,
12. Strategijsko planiranje, provedba i upravljanje vremenom,
13. Rješavanje kompleksnih problema,
14. Kreativno razmišljanje.

Da bi se u nastavi fizike razvile gore nabrojane vještine Meltzer i Thornton [5] predlažu istraživački model poučavanja odnosno interaktivni angažman ili aktivno učenje kroz tri značajke koje: (1) se temelje na istraživačkom učenju i poučavanju fizike, (2) u učionici/laboratoriju uključuju aktivnosti koje zahtijevaju angažman svih učenika u izražavanju vlastitog mišljenja, (3) redovito se provjeravaju usvojenosti naučenog gradiva kroz primjenu na nepoznatim problemima. “ Za učinkovitu provedbu ovih metoda u nastavi fizike učenicima je potrebno omogućiti jasne postupke i prilagodbu postojećim uvjetima u razredu. Karakteristike pojedinih metoda su:

- Istraživačko učenje na osnovi promatranja određenih pojava te rješavanje konceptualnih zadataka;
- Razumijevanje – da bi razumjeli koncept učenici trebaju osmisliti vlastite modele,
- Aktivno sudjelovanje i rad na zadacima uz mentorstvo učitelja/nastavnika;
- Fokus na konceptualnom razumijevanju omogućuje učenicima primjenu temeljnih fizikalnih modela na novim problemima;
- Verbaliziranje mišljenja – učenici kroz razgovor internaliziraju<sup>5</sup> nove ideje uz praćenje učitelja/nastavnika ili kroz raspravu odgovarajući na pitanja drugih;
- Vršnjačka rasprava – učenici uče jedni od drugih kroz iznošenje vlastitih zaključaka,
- Izrada modela – učenici rješavaju probleme na osnovi realnih fizičkih sustava i pretpostavci kreirajući vlastite modele,
- Suočavanje s poteškoćama – izravno i zajedničko rješavanje fizikalnih problema koji stvaraju poteškoće učenicima;
- Formativno ocjenjivanje – procijeniti kvalitetu znanja koje je usvojeno tijekom dijela poučavanja. Rezultat daje povratnu informaciju i učeniku i učitelju/nastavniku o usvojenosti dijela gradiva a na kojem dijelu treba dodatno raditi;
- Organiziranje „znanja“ – upute učenicima na koji način organizirati sadržaje u koherentnu strukturu međusobno povezanih ideja kako bi imali resurse za rješavanje novih problema;
- Metakognicija<sup>6</sup> – učenike potičemo na eksplicitno razmišljanje o vlastitom procesu razmišljanja radi boljeg razumijevanja [3];
- Pozivanje na epistemologiju<sup>7</sup> - učenike učimo da je fizika koherentan okvir koji mogu koristiti za opisivanje realnog svijeta a ne slučajan skup činjenica koje su čuli tijekom predavanja.

## Karijera fizičar

U našim školama učenici nisu dovoljno informirani o tome što je karijera i kakve mogućnosti imaju nakon završetka obrazovanja. Samo 1 od 10 učitelja/nastavnika sudjeluje u

<sup>5</sup> Internalizacija, psih. proces usvajanja socijalnih normi, standarda ponašanja i doživljavanja

<sup>6</sup> Odnosi se na znanje i upravljanje kognitivnim sustavom pojedinca, odnosno, skup znanja i izvršnih kontrola o procesu učenja

<sup>7</sup> Epistemologija (grč. znanje, znanost + -logija), filozofska disciplina koja istražuje uvjete, mogućnosti i granice znanstvene spoznaje; <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=18148>

informiranju i planiranju karijere svojih učenika. Karijera je proces koji traje gotovo cijeli život – ne počinje zapošljavanjem niti se završava mirovinom. U današnje vrijeme karijera je "bez granica" tj. može uključivati rad kod nekoliko poslodavaca ili čak bavljenje različitim zanimanjima [12]. Velik broj učenika smatra da je učenje fizike važno samo onim učenicima koji žele razvijati svoju karijeru u području fizike i to kroz poslove učitelja i nastavnika u školi ili na visokom učilištu ili karijeri znanstvenika i istraživača. Malobrojni razumiju važnost fizike u drugim područjima i industrijama poput: zdravstvenog sektora (medicinska fizika i biomedicinsko inženjerstvo); sektora inženjerstva (IKT, robotika, aeronautika, dizajniranje inteligentnih sustava); energetskom sektoru; novim tehnologijama (nano-znanost i nanotehnologije, 3D tisak, sigurnost virtualnog prostora); geofizici i meteorologiji; financijama i bankarstvu (analize i predviđanja); graditeljstvu i arhitekturi; transportu; komunikacijama; multimediji i mnogim drugim područjima kojima su potrebne vještine koje se razvijaju učenjem fizike [13].

## Umjesto zaključka

„Priroda promjena ne utječe samo na ono što radimo već i na ono tko smo. Promjene nastale u industriji utječu na naš identitet i probleme vezane za naš osjećaj privatnosti, vlasništva, obrazaca ponašanja i potrošnje. Globalni mediji i zabava već nekoliko godina velikim dijelom utječu na odnos koji imamo prema okruženju. Sektor financijskih usluga i investicija tek će se radikalno transformirati i promijeniti poslovanje u budućnosti. Oni koji rade u prodaji i proizvodnji trebaju vještine tehnološke pismenosti. Industrije iz područja Informacijsko komunikacijske tehnologije su ispred svih drugih a mobilni Internet i tehnologije "oblaka" uvelike su utjecale na način obavljanja različitih poslova. Umjetna inteligencija, 3D tisak i moderni materijali su u ranim fazama korištenja ali i njihov tempo promjena je iznimno brz. Promjene neće čekati: poslovni lideri, učitelji, nastavnici i vlade moraju biti pro aktivni u razvijanju vještina i prekvalifikacijama ljudi kako bi svi mogli imati koristi od četvrte industrijske revolucije i promjena koje ona donosi.“

*Godišnji sastanak u Davosu od 20. do 23. siječnja 2017.godine.  
Tema pod nazivom:*

*"Ovladavanje četvrtom industrijskom revolucijom".*

## LITERATURA

1. A report produced for the Institute of Physics by the Centre for Economics and Business Research, Ireland, January 2017.
2. A report produced for the Institute of Physics by the Centre for Economics and Business Research, IOP Institute of Physics, London, UK, January 2017
3. Brown, A. L.: Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 1, pp. 77-165). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1978.
4. Chuanqi He: *Modernization Science: The Principles and Methods of National Advancement*, China Center for Modernization Research, Beijing, China (ISBN 978-3-642-25458-1, Springer Heidelberg Dordrecht London New York), 2012.
5. David E.Meltzer; Ronald K.Thorton: Resource Letter ALIP-1: Active – Learning Instruction in Physics, American Association of Physics Teachers, 2012.
6. E. F Ripin, B. (2001). Preparing physicists for life's work. *Physics Today*, April 2001.
7. E.F.Redish: Who needs to learn physics in the 21<sup>st</sup> century – and why?; Department of Physics, University of Maryland, College Park MD USA, 2000.
8. Irish economy grew by 7.8 percent in 2015, best in EU again, URL:<http://uk.reuters.com/article/uk-ireland-economy-idukkcn0wc19i> (10.3.2017.)

9. The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution, URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/> (20.12.2016.)
10. Redish and R. N. Steinberg, Teaching physics: figuring out what works, *Physics Today* vol. 52(1),pp. 24-30, January, 1999.
11. Schwab, Klaus: The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond, Foreign Affairs, The Magazine, 2015., URL: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> (10.2.2017.)
12. V.Jovanovski: Razvoj karijere pojedinca u okruđu menadžmenta znanja, doktorski rad; Ekonomski fakultet u Osijeku, 2012.
13. What can you do with a Physics degree? URL: <https://www.topuniversities.com/student-info/careers-advice/what-can-you-do-physics-degree> (3.3.2017.)
14. World Economic Forum: The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution, URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/> (12.3.2017.)