

## Fizikalna otkrića u kontekstu nastajanja

Ovaj rad bavi se edukacijom s područja fizike. Osnovna teza rada je da smještanje fizikalnih otkrića u kontekst nastajanja može poslužiti kao sredstvo postizanja viših kategorija obrazovnih ciljeva, prije svega razumijevanja i primjene naučenog gradiva.

### 1. Obrazovni ciljevi nastave fizike

#### 1.1. Bloomova taksonomija obrazovnih ciljeva

Prema općeprihvaćenju podjeli obrazovnih ciljeva američkog psihologa Blooma, «oblici učenja dijele se u 3 kategorije: kognitivnu (znanje), afektivnu (stavovi) i psihomotoričku (vještine). U okviru kognitivne kategorije razlikuje se 6 razina učenja od kojih svaka pretpostavlja postojanje prethodnih:

1. ZNANJE (naglasak na pamćenju i reproduciranju činjenica)
2. RAZUMIJEVANJE (pretpostavka za upotrebu znanja; opisivanje, interpretacija i tumačenje činjenica)
3. PRIMJENA (upotreba poznatih pojmova ili principa za rješavanje problema u novonastalim situacijama)
4. ANALIZA (izlučivanje sastavnih dijelova iz informacije; razlikovanje činjenica od pretpostavki, razlikovanje odnosa i međusobnih utjecaja)
5. SINTEZA (sastavljanje informacija na nov, izvoran način; prijelaz prema sintezi);
6. VREDNOVANJE (ocjenjivanje ili kritična prosudba; prosudba točnosti ili opravdanosti neke tvrdnje ili postupka; razina vrednovanja važna je za razvoj kritičnosti i samokritičnosti).»<sup>1</sup>



Slika 1. prikazuje hijerarhiju kognitivne kategorije Bloomovih obrazovnih ciljeva. Sami ciljevi nisu se promijenili od prvog objavljivanja 1964. godine, no razvojem obrazovnih metoda njihova poželjnost eksponencijalno raste k naprednijim stupnjevima.

#### 1.2. Cjeloživotno učenje

Napredak tehnologije i ljudskog društva u cjelini postavlja nove izazove pred svakog pojedinca. Znanje stečeno u školama i fakultetima više nije dostatno za čitav radni vijek, već se sve više naglašava potreba za kontinuiranim odnosno cjeloživotnim učenjem. «Cjeloživotno učenje podrazumijeva:

- Stjecanje i osuvremenjivanje svih vrsta sposobnosti, interesa, znanja i kvalifikacija od predškole do razdoblja nakon umirovljenja. Promicanje razvoja znanja i sposobnosti

<sup>1</sup> Benjamin S. Bloom, Bertram B. Mesia, and David R. Krathwohl (1964); *Taxonomy of Educational Objectives* (dva sveska: The Affective Domain & The Cognitive Domain), New York, David McKay

koje će omogućiti građanima prilagodbu »društvu znanja« i aktivnom sudjelovanju u svim sferama društvenog i ekonomskog života te na taj način utjecanje na vlastitu budućnost.

- Uvažavanje svih oblika učenja: formalno obrazovanje (npr. tečaj na fakultetu), neformalno obrazovanje (npr. usavršavanje vještina potrebnih na radnom mjestu), i informalno obrazovanje, međugeneracijsko učenje (razmjena znanja u obitelji, među prijateljima).»<sup>2</sup>

Na zasjedanju Europskog vijeća u ožujku 2000. godine održanog u Lisabonu donesene su preporuke za primjenu cjeloživotnog učenja u praksi, a kroz različite projekte (Leonardo Da Vinci, Socrates) EU ulaže veliku količinu sredstava u cjeloživotno obrazovanje.



Držeći redovno jutarnje predavanje, profesor je prostrijelio pogledom vidno pospanog studenta koji je s 15 minuta zakašnjenja ušao u učionicu.

«Pa Vi uvijek kasnite, kolega!» povikao je.

«Ispričavam se, profesore, mislio sam da nikada nije kasno da čovjek nešto nauči.»

Suvremeni obrazovni trendovi neminovno pomiču poželjne obrazovne ciljeve prema naprednijim stupnjevima Bloomove taksonomije. Još nedavno nastavnici su bili zadovoljni učeničkim reproduciranjem gradiva i iskazivanjem razumijevanja materije, a primjena je za većinu bila nedostižan san. Danas, razina primjene je minimalan stupanj Bloomove taksonomije koji pojedinac mora dostići da bi se uspješno uklopio u društvo znanja!

## 2. Trenutno stanje obrazovanja s područja fizike

U svim obrazovnim institucijama u RH (škole, fakulteti...) student uči postojeće koncepte (definicije, izvode) na sustavan način koji prati strukturu fizike. Primjer za ovo je tradicionalan redoslijed učenja općih fizika – od mehanike, preko elektrodinamike i optike ka kvantnoj fizici. Izvodi i teorije izloženi su na sustavan i logičan način koji je potpuno usklađen s najsuvremenijim fizikalnim dostignućima, no takva izlaganja uglavnom imaju vrlo malo dodirnih točaka s originalnim načinom razmišljanja koji je



doveo do njihova otkrića.



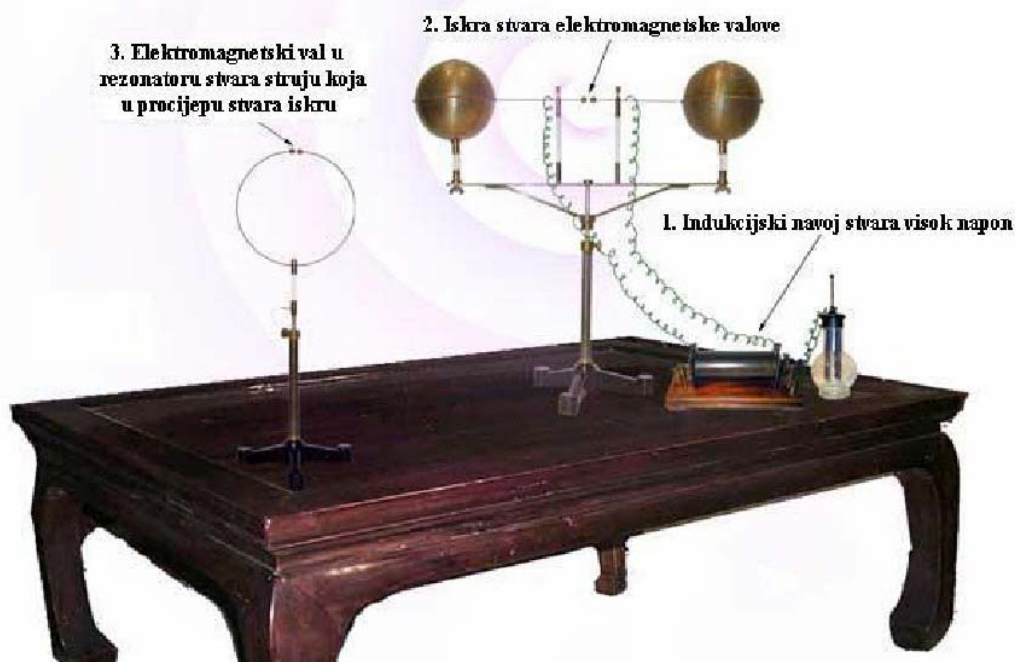
[arnet.hr/casopis/17/clanci/5](http://arnet.hr/casopis/17/clanci/5), 4.4.2005.

Usprkos raširenoj legendi o «zabavnim» pokusima koje je Galileo Galilei izvodio bacajući predmete s kosog tornja u Pisi, ovaj veliki fizičar ipak je većinu zaključaka temeljio na pokusima izvedenim u laboratorijskim uvjetima. Na slikama se nalazi jedan od brojnih Galilejevih modela kosina iz [Galilejevog online muzeja](#). Možemo li od budućeg fizičara očekivati nove znanstvene proboje bez da mu pokažemo kako je došlo do proteklih?

Glavne prednosti postojećeg načina učenja su jednostavnost razrade obrazovnog sustava i postizanje kvalitetnog razumijevanja koncepata na teorijskoj razini ili pak njihove primjene na razini

inženjerstva. Glavni nedostaci ovakvog načina učenja su privikavanje studenata na umjetnu situaciju (koliko je to znanje upotrebljivo za snalaženje u novima?) i njihovo ograničavanje na provjerene koncepte (koliko je poznavanje postojećih koncepata primjenjivo za razvoj novih?)

Današnji student fiziku uči na najlakši i najelegantniji način, no odgovara li stečeno znanje potrebama suvremenog društva?



Prikaz Hertzovog pokusa sa slike 4. je zoran i informativan. Pojavu prikazuje toliko jasno da se čini kako mu ne treba niti rečenice objašnjenja. No zašto ga se prvi dosjetio izvesti baš Hertz?

### 3. Struktura znanstvenih otkrića i društvo znanja

| HOTEL NEW YORKER<br>FIRST FLOOR RESTAURANT<br>March 2, 1912 |          | Total amount of vegetables | Postum value<br>X = 6.25                       |
|---|----------|----------------------------|--|
| 112 ounces  |          |                            |  |
| Leeks (only the whites)                                     | 2 ounces | 0.80                       |  |
| Heart of cabbage  | 24 "     | 2.80                       |  |
| Carrots   | 8 "      | 0.60                       |  |
| Cauliflower (white flower)                                  | 12 "     | 1.80                       |  |
| Celery heart  | 8 "      | 0.65                       |  |
| White potato  | 8 "      | 1.00                       |  |
| Sweet potato  | 12 "     | 1.50                       |  |
| Spinach   | 12 "     | 1.75                       |  |
| Fresh tomato  | 8 "      | 0.60                       |  |
| White turnip  | 10 "     | 0.82                       |  |
| White turnip  | 4 "      | 0.30                       |  |
| Turnip  | 4 "      | 0.52                       |  |
| Total weight of vegetables 112 "                            |          |                            | Postum 1312<br>Total<br>equal to about 13 eggs |

Dvadesetih godina prošlog stoljeća Nikola Tesla počeo je provoditi sve više vremena u gradskim parkovima. Nakon nekoliko godina, patentirao je recept hrane za golubove prikazan na slici 3.

U kontekstu rastućih potreba za multidisciplinarnim pristupom znanosti, možemo li Teslino zanimanje za ptičji jelovnik odbaciti kao puku ekscentričnost?

Prema čuvenom filozofu

znanosti Thomasu Kuhnu, znanstveni napredak temelji se na “običnoj” znanosti i darovitim pojedincima. Iako je Kuhn danas umnogome osporavan, većina teoretičara i dalje se slaže da znanstveni “proboji” potječu uglavnom od pojedinaca ili skupina koje problemima prilaze na nov, do tada neviđen ili barem neuobičajen način. Ovaj zaključak vrijedi i za osnovu suvremene znanosti – timski rad.

Način razmišljanja vrhunskog znanstvenika sadašnjosti sve više nalikuje načinu razmišljanja pripadnika društva znanja budućnosti!

#### 4. Kako razviti “znanstvenu kreativnost” u studenata?

Prije svega potrebno je jasno postaviti obrazovne ciljeve i težiti njihovu ispunjenju. Prema Bolonjskoj konvenciji, neki od tih ciljeva su:

- Student treba biti motiviran za cjeloživotno učenje
- Student treba steći sposobnost snalaženja u novim situacijama barem na razini rješavanja problema
- Student treba biti u stanju brzo i efikasno pronaći potrebne informacije; također treba znati izvršiti njihovu analizu, sintezu i vrednovanje
- Student treba biti u stanju brzo usvojiti nepoznati koncept, prema potrebi ga modificirati ili kreirati novi.

Navedeni obrazovni ciljevi znatno se razlikuju od tradicionalnih, a obrazovni proces postaje sve zahtjevniji kako za predavača tako i za studenta.



Snalaženje u novim situacijama, brzo i efikasno pronalaženje potrebnih informacija i sposobnosti kreiranja novih koncepata preduvjet je za uspješan znanstveni rad!

#### 5. Kako postići zadane ciljeve?

Prema Bolonjskoj konvenciji, navedene ciljeve moguće je postići decentralizacijom učenja i znanja, i to prvenstveno:

- Prostornom – rast broja visokih učilišta izvan velikih gradova, obrazovanje na daljinu
- Vremenskom – obrazovanje mora postati dostupnije svima, naročito zaposlenima
- Formalnom – smanjenje razlike između formalnih i manje formalnih načina stjecanja znanja
- Konceptijskom – svo znanje potrebno za polaganje ispita više se ne nalazi kod predavača, nego ga treba tražiti u vanjskim izvorima.

#### 6. Zaključak

Kako bi ostao konkurentan u dugom radnom vijeku, suvremeni fizičar treba biti upoznat s velikim brojem različitih područja fizike. Pored poznavanja struke, on mora poznavati kontekst njenog razvoja kao i teorijske temelje na kojima počiva.

Kako bi stekao motivaciju za cjeloživotno usavršavanje ovih znanja, suvremeni fizičar mora otkriti ljepotu fizike!