



Baština Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

## **Znanje kao univerzalna vrijednost - etički i moralni aspekti**

**Hafizovic, Resid; urednik**

**2024-10-29**

Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

<https://bastina.anubih.ba/handle/123456789/797>

Preuzeto s Baštine Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine

<https://bastina.anubih.ba/>

## ODGOVORNOST I OTVORENOST PRIRODNIH NAUKA

*Dejan Milošević\**

**Sažetak:** Znanje dolazi kao rezultat spoznajnog procesa. U području prirodnih nauka, pored toga što takvo znanje mora biti istinito, ono mora biti i odgovorno. Savremena dostignuća nauke i tehnike stavljaju naglasak na odgovornost više nego ikada u prošlosti. Nuklearna energija može da uništi svijet kakav poznajemo, ali može biti i nepresušni izvor energije potrebne za opstanak i razvoj čovječanstva. Da li će taj traženi “sveti gral” biti energija fuzije ili neki drugi neočekivani izvor energije tek treba otkriti. Pri tome treba voditi računa ne samo o korisnosti već i o etičnosti i moralnosti znanja i o učincima na pojedinca i cijelo društvo. Najnoviji primjer je primjena vještačke inteligencije koja bi mogla dovesti do revolucionarnih promjena. Pitanje je da li se pri razvoju vještačke inteligencije vodi dovoljno računa o etičnosti i moralnosti. Nezaobilazno je spomenuti i klimatske promjene koje već dovode do pogoršanih uslova života u određenim područjima i do migracija. Važno pitanje je i dostupnost rezultata spoznajnog procesa, tj. znanja. Plodovi znanja trebaju biti dostupni svima. U novije vrijeme zagovara se tzv. otvorena nauka (*Open science*). Na primjeru naučnih časopisa ukazat ću na niz problema sa kojima se suočava naučna zajednica, posebno u siromašnim zemljama (npr. problem tzv. open access časopisa, tj. časopisa kojima se može besplatno pristupiti, ali se objavljivanje naučnih rezultata u tim časopisima plaća).

**Ključne riječi:** Odgovornost, otvorenost, etičnost, moralnost, otvorena nauka

### Uvod. Kvantna fizika

U području prirodnih nauka znanje se akumulira u spoznajnom procesu koji uključuje kako eksperimentalna opažanja tako i teorijska promišljanja o rezultatima tih opažanja. Teorije formulirane na osnovu eksperimentalnih rezultata iziskuju dalju provjeru. Samo one teorije koje su u skladu sa eksperimentima predstavljaju osnovu za izgradnju novih, složenijih i sveobuhvatnijih teorija. Svaka nova teorija mora da bude u saglasnosti sa postojećim eksperimentalnim rezultatima. Primjeri su relativistička fizika i kvantna fizika koje su nastale početkom 20. vijeka [1,2]. U 19. vijeku se smatralo da se sve pojave u prirodi mogu opisati zakonima klasične fizike, Newtonove mehanike i Maxwelllove teorije elektromagnetnog polja. Međutim, krajem 19. vijeka otkriveni su novi efekti koji se nisu mogli objasniti klasičnom fizikom (npr.

---

\* Akademik, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine; milo@bih.net.ba

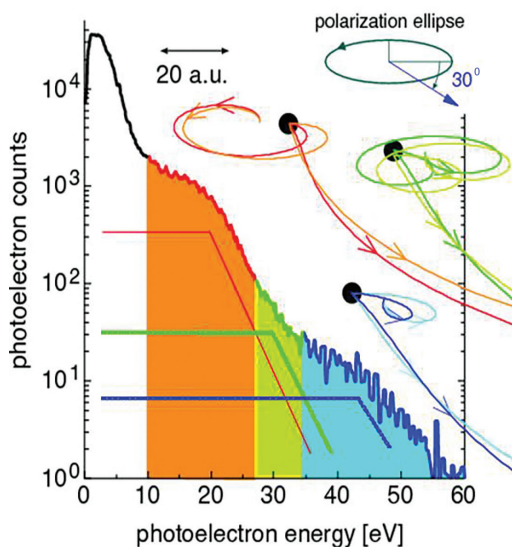
fotoelektrični efekat). Kvantna teorija uspjela je objasniti te pojave. Dana 14. decembra 1900. godine Max Planck (1858–1947, njemački fizičar, otac kvantne teorije; dobitnik Nobelove nagrade iz fizike 1918. godine “kao priznanje za doprinos u napretku fizike za otkriće kvantne energije”) predstavio je svoje rezultate na sastanku Njemačkog fizičkog društva u Berlinu. Taj dan se smatra rođendanom kvantne teorije. Bitno je naglasiti da se zakoni kvantne fizike svode na zakone klasične fizike ako su dimenzije posmatranih objekata makroskopske, tj. mnogo veće od dimenzija atoma. Kvantna mehanika, formulisana 20-ih godina 20. vijeka, svodi se na klasičnu mehaniku ako se pretpostavi da Planckova konstanta  $h$  teži nuli (ona zaista i jeste mala u međunarodnom sistemu jedinica (SI):  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J s). Analogno se zakoni relativističke fizike svode na zakone klasične fizike ako smatramo da se materijalni objekti kreću brzinama mnogo manjim od brzine svjetlosti u vakuumu  $c$  ( $c = 2,998 \cdot 10^8$  m/s).

Zakoni kvantne fizike dolaze do izražaja u mikrosvijetu i često su u suprotnosti sa našim uobičajenim (makroskopskim) predodžbama. “Mislim da sa sigurnošću mogu reći da niko ne razumije kvantnu mehaniku” rekao je jednom čuveni fizičar Feynman (Richard Feynman, 1918–1988, američki fizičar, dobitnik Nobelove nagrade za fiziku 1965. godine). Npr. klasično nije moguće tuneliranje kroz barijeru ako je kinetička energija upadne čestice manja od potencijalne energije te barijere. U mikrosvijetu kvantni tunel-efekat ne samo da je moguć već je on osnova mnogih tehnoloških dostignuća 20. i 21. vijeka. Veliki procenat savremenih otkrića je baziran na kvantnoj fizici. Samo tranzistori i integralna kola u 20. vijeku postali su nositelji oko 30% svjetske ekonomije, da ne spominjemo lasere, nanotehnologiju, akceleratorne čestice i nadolazeće tehnologije kao što su kvantni računari i energija fuzije. U novije vrijeme govori se o kvantnoj tehnologiji [3,4,5] kao spoju fizike i inženjeringa baziranom na zakonima kvantne fizike.

Drugi primjer neslaganja kvantne fizike sa našim klasičnim shvatanjima je relacija neodređenosti – u kvantnoj fizici nije moguće istovremeno odrediti i položaj i brzinu čestice, dok je to u klasičnoj fizici uvijek moguće. Ne treba miješati ovu neodređenost sa filozofskim idealističkim učenjem, indeterminizmom, koje odbacuje opštu zakonitost i uzročnu zavisnost u prirodi i društvu, iako se to u modernoj nauci često povezuje sa Heisenbergovom relacijom neodređenosti (Werner Karl Heisenberg, 1901–1976, njemački fizičar, dobitnik Nobelove nagrade iz fizike 1933. godine za stvaranje i primjenu kvantne mehanike). Naime, ova relacija je posljedica fizikalnih zakona koji su jasno formulisani u kvantnoj fizici. Npr. jedna od posljedica relacije neodređenosti

je postojanje nulte energije kvantnomehaničkog harmonijskog oscilatora, što je eksperimentalno opaženo mjerenjem disperzije svjetlosti na kristalima [2]. Treba napomenuti da je teorija haosa (izuzetna osjetljivost na početne uslove) već ranije defakto uvela neodređenost u klasičnu fiziku.

A sada bih predstavio jedan primjer iz svojih vlastitih istraživanja. Radi se o još jednoj fascinantnoj realizaciji kvantne fizike – teoriji kvantnih orbita. U klasičnoj fizici trajektorija čestice je jednoznačno određena. U kvantnoj fizici procese možemo posmatrati kao da se odvijaju u crnoj kutiji: znamo koje čestice ulaze (početno stanje) i koje izlaze (konačno stanje) i to mjerimo u eksperimentu. Cilj teorije kvantnih orbita je da pokuša da objasni šta se “dešava” unutar crne kutije, odnosno između početnog i konačnog trenutka.



Slika 1: Spektar fotoelektrona oslobođenih jonizacijom atoma ksenona jakim eliptički polarizovanim laserskim poljem (prikazanim u gornjem desnom uglu). Različiti platoi u spektru i njima pridruženi parovi kvantnih orbita su označeni različitim bojama. Crni krugovi označavaju poziciju atoma, a obojene linije trajektorije (kvantne orbite) elektrona (na skali dužine 20 atomskih jedinica). Razdvojeno su prikazana tri para kvantnih orbita od kojih svaki odgovara određenom dijelu spektra. [7]

U eksperimentu čiji rezultati su prikazani na slici 1 su registrovani elektroni emitovani pri jonizaciji atoma ksenona jakim eliptički polarizovanim laserskim poljem (polje je prikazano u gornjem desnom uglu na slici 1; elektroni su emitovani pod uglom od 30 stepeni u odnosu na osu polarizacije). Na ordinati je predstavljen broj registrovanih elektrona (*photoelectron counts*) određene energije koja je predstavljena na apscisi. Zapažena su tri platoa

(osjenčena različitim bojama) u spektru tih elektrona (uočiti da je skala na ordinati logaritamska; svaki plato je određen intervalom energija u kojem je broj registrovanih elektrona približno konstantan). U skladu sa Feynmanovim metodom integrala po trajektorijama [6] amplituda vjerovatnoće procesa jednaka je sumi amplituda pojedinih procesa predstavljenih na slici. U ovom slučaju, primjenom teorije kvantnih orbita, koju je razvila naša istraživačka grupa, cijeli proces je opisan sa samo šest kvantnih orbita [7]. Npr. visokoenergetski dio spektra (35–60 eV) je dobro opisan sa dvije orbite (plave linije), za koje je karakteristično da se elektron “rodi” (tj. postaje slobodan u procesu tuneliranja) nekoliko atomskih jedinica (a.u., engl. *atomic units*) od atomskog jezgra označenog crnim kružićem, udaljava od jezgra u pravcu označenom strelicom, a zatim skreće nazad prema jezgru pod djelovanjem laserskog polja. Nakon toga elektron se rasije na jezgru i konačno odlazi prema detektoru u pravcu označenom plavom strelicom. Za niskoenergetske elektrone (10–27 eV) trajektorija je nešto složenija (crvena linija), kao što je prikazano na slici 1. Konačno, za srednje energije, trajektorija (zeleno linija) je najsloženija i elektron jednom obiđe oko jezgre prije nego što se ponovo vrati i rasije na njoj. Bitno je naglasiti da se svi ovi procesi dešavaju zajedno i da je elektron istovremeno i talas i čestica. Eksperimentalni rezultati su dobro opisani uzimajući u obzir samo šest prikazanih trajektorija, što je iznenađujuće (prema Feynmanovom metodu integrala po trajektorijama [6] procesu bi trebao doprinosti znatno veći broj kvantnih orbita). Zato je rad i objavljen u prestižnom časopisu *Science* [7]. Sve ovo je teško razumjeti sa stanovišta našeg svakodnevnog iskustva i klasične fizike. Međutim, upravo je razumijevanje procesa u mikrosvijetu dovelo do napretka nauke i tehnologije. Upravo su ovakva otkrića u fizici jakih polja<sup>1</sup> i atonauci<sup>2</sup> nagrađena Nobelovim nagradama.

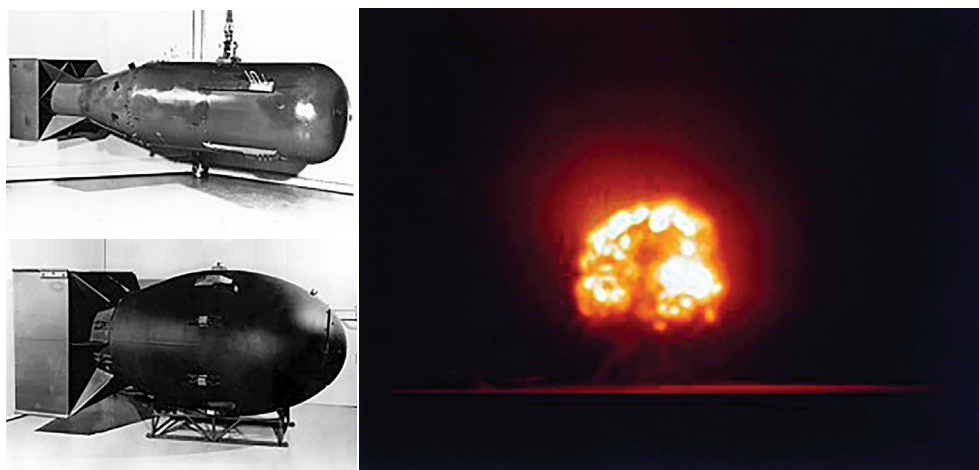
## Nuklearna prijetnja

Nakon ovog nešto dužeg uvoda dolazimo do glavne teme ovoga rada – odgovornosti prirodnih nauka. Maloprije spomenuti Richard Feynman dao je izuzetan doprinos savremenoj fizici. Poznat je kao originalni naučnik i popularizator nauke. Međutim, on se često spominje kao učesnik Manhattan

<sup>1</sup> Nobelovu nagradu (1/2) iz fizike za 2018. godinu podijelili su Gerard Mourou i Donna Strickland za otkriće metoda generisanja ultrakratkih optičkih impulsa velikog intenziteta [8].

<sup>2</sup> Nobelovu nagradu iz fizike za 2023. godinu dobili su Pierre Agostini, Ferenc Krausz i Anne L’Huillier za eksperimentalne metode generacije atosekundnih pulseva svjetlosti za istraživanje dinamike elektrona u materiji [9].

projekta, čiji je cilj bio pravljenje i razvijanje nuklearnog oružja. Projekat je započeo 1939. godine na inicijativu tadašnjih vodećih svjetskih naučnika koji su sumnjali da nacisti već razvijaju nuklearno oružje. U projektu je angažovano oko 130.000 ljudi i učestvovali su vodeći fizičari tog vremena. Projekat je bio uspješan, što je pokazao čuveni Triniti test 16. jula 1945. godine (radilo se o prvoj detonaciji nuklearne bombe (Alamogordo, New Mexico); vidjeti sliku 2). Interesantno je da legenda kaže da je samo Feynman posmatrao eksploziju atomske bombe bez zaštitnih naočara, ispravno pretpostavljajući da mu prednje staklo automobila pruža dovoljnu zaštitu od štetnog ultravioletnog zračenja.



Slika 2: Lijevo – gore: Little boy (mali dečko), uranijumska bomba bačena na Hirošimu, dolje: Fat man (debeli čovjek), plutonijumska bomba bačena na Nagasaki. Desno – eksplozija prvog testa fisione bombe (Trinitit test).

Manhattan projekt je dobro opisan u filmu *Oppenheimer* (Julius Robert Oppenheimer, 1904–1967, američki teorijski fizičar, jedan od voditelja projekta Manhattan) koji je 2024. godine nagrađen sa sedam Oskara. Nakon uspješnog Trinitit testa, 6. i 9. avgusta 1945. godine bačene su nuklearne bombe na japanske gradove Hirošimu i Nagasaki (vidjeti sliku 2) ubivši stotine hiljada ljudi. Pitanje opravdanosti upotrebe ovog oružja bilo je i ostaje kontroveržno. Jedni su tvrdili da su masovna ubijanja civila bila nepotrebna, a drugi da je time smanjen broj žrtava na objema stranama ubrzanjem kraja rata. Od tada, nuklearna oružja su detonirana više hiljada puta (u svrhu testiranja i demonstracije). Danas postoji veći broj država koje imaju nuklearno oružje (tzv. nuklearne sile) i opasnost od nuklearnog rata je realna. S druge strane, čovječanstvo koristi nuklearnu energiju u vidu nuklearnih elektrana, uz napomenu da je nuklearni eksploziv korišten i za razne civilne svrhe, kao

što je zaustavljanje požara, aktivacija naftnih bušotina itd. Druga generacija nuklearnog oružja (termonuklearna ili hidrogenska bomba) je bazirana na procesu fuzije. Kontrolisana nuklearna fuzija i dalje predstavlja izazov za naučnike, a njenim ostvarenjem čovječanstvo bi dobilo praktično neiscrpni izvor energije.

Dakle, otvoreno je pitanje odgovornosti naučnika. Da li su trebali inicirati projekat Manhattan, imajući u vidu da su vjerovatno bili svjesni da neće oni odlučivati o primjeni nuklearnog naoružanja, već da će to učiniti političari i vojne vlasti? Mnogi od inicijatora i učesnika Manhattan projekta su osjećali grižnju savjesti. Pedesetih godina 20. vijeka u Ženevi je održana jedna od prvih naučnih konferencija za korištenje nuklearnih istraživanja u mirnodopske svrhe sa sloganom "Atomi za mir, energija za sve". Ovdje treba spomenuti fizičara Ivana Supeka (1915–2007), počasnog člana Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Ivan Supek je bio i književnik, filozof i aktivist protiv nuklearnog naoružanja. Godine 1960. osnovao je Institut za filozofiju znanosti i mira, kao odjel Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. Institut je bio sjedište jugoslavenske konferencije svjetske organizacije protiv nuklearnog naoružanja Pugwash i organizacije Svijet bez bombe, čiji je također suosnivač i predsjednik akademik Ivan Supek bio.

## Problem zloupotrebe naučnih rezultata

Problem zloupotrebe naučnih dostignuća je prisutan od početka razvoja ljudske civilizacije. Otkriće vatre, upotreba metala, otkriće točka itd. su koristili za napredak čovječanstva, ali i za uništavanja i rat. Sa napretkom nauke i tehnologije, oružja su postajala ubojitija, a time je i odgovornost pronalazača i naučnika postajala veća. Da bih ilustrirao svjesnost naučnika o problemu zloupotrebe naučnih rezultata, navest ću jedan citat. U svom pozdravnom govoru [10] Predsjednik Komiteta Nobelove fondacije Arne Tiselius (Arne Wilhelm Kaurin Tiselius, 1902–1971, švedski biohemičar, dobitnik Nobelove nagrade za hemiju 1948. godine) na ceremoniji povodom 60 godina od predaje prve Nobelove nagrade (1961. godine, te godine je Ivi Andriću, počasnom članu Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, dodijeljena Nobelova nagrada za književnost) kaže sljedeće:

"Problem koji je na umu svih nas je činjenica da su neka od najznačajnijih naučnih otkrića u toku posljednjih nekoliko decenija upotrijebljena za proizvodnju oružja za masovno uništenje u razmjerama koje čovjek nikada ne bi smatrao mogućim i da ima ljudi koji pri tom vjeruju da ta oružja mogu da razriješe sukobe



pred kojima se nalazimo. Naučno istraživanje ima oblik kao Janus, biće sa tamnom i svijetlom stranom, i mi ćemo to sve više primjećivati. To se ne odnosi samo na istraživanja u oblasti tehnike. Želio bih da iznesem svoje ubjeđenje koje dijele i mnogi drugi, da u toku nekoliko narednih decenija možemo očekivati progres i u drugim granama prirodnih nauka, koji će nas staviti pred probleme podjednako teške ili čak i teže. Mislim u prvom redu na ispitivanja same suštine životnog procesa, ispitivanja u koja se u ovom trenutku ulažu ogromne rezerve snage i inteligencije i za koja se eksploatišu materijalna sredstva nezamislivih razmjera ... Mi ne možemo, tako da kažem, da sami sebe podignemo za kosu u vis. Možda zaista negdje postoji granica našim istraživanjima, ali dogod ne znamo gdje ta granica leži, moramo nastaviti rad. Nema nimalo sumnje da će ta istraživanja na mnogo načina biti od koristi čovječanstvu – pogotovo kroz medicinska otkrića za koja se može očekivati da će naići kao posljedica. I ovdje, međutim, nailazimo na mračnu stranu Janusovog lika, i to ovog puta sa naročito zastrašujućim izrazom. Moguće je – mnogi vjeruju da je čak i vjerovatno – da ovi putevi dovedu do metoda za direktno miješanje u život ljudi: za stvaranje novih bolesti, za kontrolisanje ljudske psihe, za uticanje na naslijeđe, čak možda i u željenom pravcu, da navedem samo nekoliko primjera. Sve ovo može imati za rezultat još rafiniranije i možda još opasnije načine za zloupotrebu rezultata naučnog istraživanja nego što su načini koje sadrže oružja masovnog uništenja. Svaki novi korak u nauci povećava moć čovjeka da utiče na svoju okolinu, i to vrijedi za gotovo sve oblasti nauke. Pred ovakvim izgledom zahtjev za međunarodnim moralnim kodeksom koji bi regulisao upotrebu naučnih rezultata postaje očiglednom neophodnošću, koja se mora ostvariti u bliskoj budućnosti ako želimo da i dalje život bude vrijedan da se proživi i ako treba uopšte da opstanemo.”

Tiselius ističe da on ipak nije pesimist i naglašava jedan faktor koji baca nešto svjetlosti na ovu inače mračnu sliku, a to je međunarodna saradnja i uzajamni dodiri koji su bili vrlo živi te 1961. godine. Očito je Tiselius mislio na mogućnosti zloupotrebe genetičkog inženjeringa koji je tada bio u povoju (upravo naredne, 1962. godine, Nobelovu nagradu za fiziologiju ili medicinu dobili su Francis Harry Compton Crick, James Dewey Watson i Maurice Hugh Frederick Wilkins “za njihova otkrića vezana za molekularnu strukturu nukleinskih kiselina i njihovog značaja za prenos informacija u živim materijalima”). Kao i u slučaju nuklearnog oružja, i ova opasnost je realna (npr. nedavna Covid-pandemija). Međutim, čovječanstvo je i 63 godine nakon ovog navedenog citata “živo”, pa je vjerovatno da će tako biti i u budućnosti.

Vezano za navedeni citat, postavlja se pitanje da li, npr., treba obustaviti savremena biološka istraživanja i biološki inženjering zbog mogućnosti zloupotrebe? Kada istraživanja u jednoj naučnoj oblasti, akumuliranjem



kvantitativnih informacija, dođu do kritične tačke, očekivati je da će se desiti kvalitativni skok. Čak i ako etički svjesni naučnici odbiju da učestvuju u novim istraživanjima, koja mogu dovesti do štetnih primjena rezultata istraživanja u vojne svrhe, uvijek će se naći dovoljan broj naučnika sa “nižim” moralnim barijerama koji će zbog lične koristi, ili ideoloških stavova, biti spremni da učestvuju u takvim istraživanjima. Zato je jedini ispravan put ugrađivanje etičkih principa u sam sistem nauke i u sve oblasti društva. Već postoje zakoni i propisi koji se primjenjuju i kod dobijanja naučnih projekata i kod publikovanja rezultata istraživanja u naučnim časopisima, čiji cilj je spriječiti zloupotrebe i osigurati primjenu etičkih principa. O tome je više napisano u drugim radovima ovog zbornika.

Kratko ću se osvrnuti na jedan potencijalni etički problem koji je sofisticiraniji nego što je to upotreba nuklearnog oružja – na razvoj vještačke inteligencije. Već vidimo da taj razvoj utiče na naš svakodnevni život. Ali, da li postoji realna opasnost po ljudsku civilizaciju, odnosno po svijet kakav poznajemo? Neki naučnici ukazuju na to. Predloženi su i zakonski propisi [11] koji će ograničiti razvoj vještačke inteligencije, zaštititi našu privatnost itd. Pred ljudskom civilizacijom su brojni izazovi, od nuklearne opasnosti koja je još uvijek realna, preko zloupotrebe vještačke inteligencije, do klimatskih promjena (klimatske promjene već dovode do pogoršanih uslova života u određenim područjima i do migracija; elaboracija ovog problema je složena i mogla bi biti tema nekog drugog naučnog rada). Mislim da će čovječanstvo preživjeti i izazove koje postavlja vještačka inteligencija. Postavlja se pitanje šta će biti naredni izazov za ljudsku civilizaciju. Pretpostavljam da će on biti u sferi duhovnosti, u nezamislivom spoju prirodnih i duhovnih nauka, koji nudi kvantna fizika.

Kao malu digresiju navest ću jedan primjer povezan sa organskom hemijom. Vladimir Prelog (Sarajevo 1906, Zürich 1998) bio je član Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Nobelova nagrada za hemiju mu je dodijeljena 1975. godine. Pri dodjeli Nobelove nagrade održao je predavanje o kiralnosti u hemiji. Enantiomerima se nazivaju kiralne molekule koje imaju isti hemijski sastav, ali imaju različitu trodimenzionalnu strukturu – razlikuju se kao predmet i njegova slika u ogledalu. Za enantiomere se veže tzv. thalidomide tragedija. Pedesetih godina prošlog vijeka lijek thalidomide je prepisivan trudnicama za ublažavanje jutarnjih mučnina. Ispostavilo se da kao lijek djeluje samo jedan od enantiomera, dok drugi, koji je njegova ogledalna slika, dovodi do deformiteta kod novorođenčadi. Pošto je prepisivani lijek sadržavao oba enantiomera, došlo je do tragedije (lijek je korišten u 46 država i više od 10.000 djece je rođeno sa deformitetima). Pokazalo se da je

potrebno razviti naučne metode za razlikovanje i odvajanje tih enantiomera. Pored toga, ova tragedija je dovela i do pooštavanja zakonskih propisa za testiranje i licenciranje lijekova. Ovaj primjer pokazuje da se u nauci mora biti pažljiv. I mala nepreciznost, odnosno nedovoljno poznavanje prirode, može dovesti do tragičnih rezultata.

## Prevare u nauci

Kao i u drugim oblastima ljudskih djelatnosti, i u naučnoj zajednici ima onih koji su spremni da se služe prevarama, kako bi ostvarili materijalnu korist ili da bi stekli slavu. Međutim, u nauci se svi rezultati višestruko provjeravaju, tako da se takve prevare otkrivaju i takvi naučnici odstranjuju iz nauke. Primjeri prevara u nauci mogu se naći u seminarskom radu [12,13]. Ja ću ovdje navesti tri primjera.

Prvi je vezan za njemačkog eksperimentalnog fizičara Emila Ruppa (Philipp Heinrich Emil Rupp, 1898–1979) [14]. Ovaj primjer je karakterističan po tome što je Rupp prevario čak i čuvenog Einsteina (Albert Einstein, 1879–1955, njemačko-američki fizičar, dobitnik Nobelove nagrade iz fizike 1921. godine “za razvoj teorijske fizike, a posebno za otkriće zakona fotoelektričnog efekta”). Einstein je najpoznatiji po razvoju teorije relativnosti i doprinosu razvoju kvantne teorije i smatra se jednim od najznačajnijih naučnika svih vremena). Nakon otkrića te prevare među njemačkim fizičarima se udomaćio izraz “geruppt” da označi problematična istraživanja. Radi se o eksperimentu sa kanalnim zracima koji je Rupp počeo izvoditi sredinom 1920-ih godina i koji su naveli Einsteina da predloži eksperiment koji bi mogao doprinijeti objašnjenju čestično-talasnog dualizma. Ispostavilo se da su rezultati Ruppeovog eksperimenta bili pogrešni, odnosno radilo se o prevari. Godine 1935. godine Rupp je povukao pet svojih radova, uz psihijatrijski nalaz da boluje od psihastenije (psychasthenia). Nakon te sramote doživio je nervni slom i proveo izvjesno vrijeme u sanatorijumu. Nikada se nije vratio fizici.

Drugi primjer je slučaj iz prošle godine [15]. Tim sa južnokorejskog univerziteta tvrdio je da je otkrio superprovodnost na sobnoj temperaturi i pod atmosferskim pritiskom u materijalu LK-99. Superprovodnici su važni jer mogu da prenose elektricitet bez otpora i imaju niz magnetnih karakteristika koje ih čine nezamjenjivim u tehnologiji. Obično se moraju hladiti do veoma niskih temperatura, tako da bi superprovodnici koji mogu da rade van laboratorija zaista bili revolucionarni, a mnogi naučnici vjeruju da bi to moglo da bude naučno otkriće vijeka koje bi dovelo do revolucije u mnogim aspektima

nauke i tehnologije. Drugi naučnici su kasnije dokazali da materijal LK-99 nema osobine superprovodnika. Još jedan naučnik, Ranga Dias sa Rochester univerziteta u New Yorku, tvrdio je da je ostvario superprovodnost na sobnoj temperaturi. Međutim, nakon reakcije drugih naučnika, 7. novembra 2023. godine časopis *Nature* je povukao radove Diasove grupe [16,17,18]. Ovaj primjer pokazuje da se i danas dešavaju prevare u nauci. Na prevare nisu imuni ni najprestižniji časopisi kao *Science* i *Nature*. U posljednje vrijeme se trend povlačenja radova znatno povećao. Novi rekord od preko 10.000 povučenih naučnih radova postavljen je 2023. godine. Veliki broj radova je povučen zahvaljujući web-stranici *Retraction Watch* [19,20].

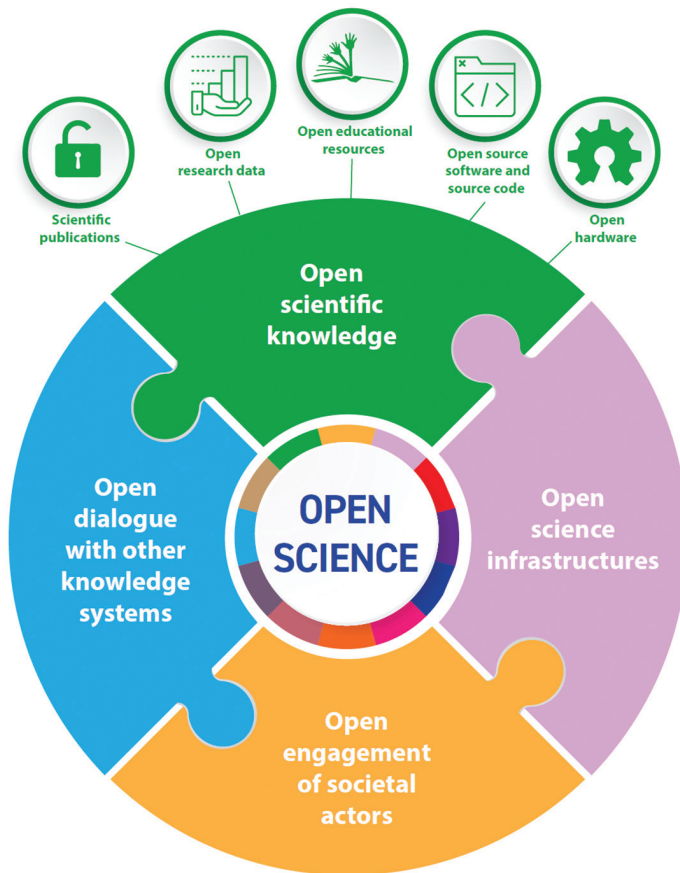
Treći primjer se odnosi na članak britanskog gastroenterologa A. Wakefielda koji je objavljen u prestižnom časopisu *Lancet* 1998. godine. Rad je povučen 2010. godine, a Andrew Wakefield je izbačen iz registra doktora [21,22,23]. Radi se o metodološki lošoj i namještenoj studiji koja je ukazivala na to da MMR vakcina izaziva autizam kod djece, što je dovelo do toga da mnogi roditelji odbiju da vakcinišu svoju djecu tom vakcinom. Neki naučnici ovaj slučaj smatraju najvećom medicinskom prevarom u posljednjih stotinu godina. Wakefield je bio inspiracija i za “novu školu” antivaksera, tvrdeći npr. da mRNA vakcina za COVID-19 permanentno mijenja naš DNA.

## Otvorenost prirodnih nauka

Druga tema ovog rada je otvorenost prirodnih nauka i dostupnost rezultata spoznajnog procesa, tj. znanja. Svi se slažu da plodovi znanja trebaju biti dostupni svima. Naravno, pojedina otkrića i izumi trebaju biti zaštićeni patentima. Pod znanjem koje treba biti dostupno svima mislim na rezultate koji se objavljuju u naučnim časopisima (ovo uključuje i naučne podatke koji trebaju biti dostupni preko interneta). Problem nastaje kada se dođe do pitanja finansijske koristi za učesnike u procesu. Tokom moje dosadašnje karijere rezultate svojih naučnih istraživanja sam objavljivao besplatno u naučnim časopisima. Svoje troškove su izdavači časopisa u većini slučajeva pokrivali preko pretplata biblioteka i drugih ustanova, a finansijeri su, bilo direktno ili posredno, bile države (javna sredstva). Međutim, u posljednjoj deceniji je došlo do značajnih promjena. Pojavljuje se sve veći broj tzv. *open access* časopisa, kojima se može besplatno pristupiti preko interneta. Pri tome su troškovi objavljivanja prebačeni na autore radova. Dakle, ako naučnik želi objaviti rad u takvom časopisu, mora izdvojiti značajna sredstva, što praktično onemogućava naučnike iz siromašnih zemalja da objavljuju radove u

takvim časopisima. Pri tome se pojavljuje i problem kvaliteta objavljenih radova. Naime, ako je motiv izdavača takvih časopisa zarada, recenzije radova će biti manje stroge. S druge strane, pošto su ti radovi svima dostupni, oni su više citirani i takvi časopisi postaju bolje vrednovani u citatnim bazama kao što su Web of Science i Scopus. Konkretno, u oblasti fizike, časopis *Physical Review*, u kojem većina fizičara objavljuje svoje rezultate, pao je u niže kvartile (citatne baze svrstavaju časopise u četiri kvartile sa po 25% časopisa). Ovo je dovelo do problema, jer je npr. u Republici Hrvatskoj za izbore u određena naučno-nastavna zvanja potrebno imati radove u prvom kvartilu, a to je postalo jako teško bez plaćanja objavljivanja u *open access* časopisima. Problem bi se mogao riješiti ako bi država (bilo direktno ili kroz finansiranje projekata) finansirala objavljivanje radova, što je naravno problem za siromašnije zemlje. Čak i ako bi se to ostvarilo, ostaje problem kvaliteta radova. Napominjem da su i navedene citatne baze u privatnom vlasništvu, a da profit ostvaruju uglavnom od pretplata. Vrednovanje časopisa i radova se zasniva na scientometrijskim kriterijima. Jedan od glavnih kriterija je citiranost radova, a, kao što sam maloprije spomenuo, radovi u *open access* časopisima su besplatno dostupni, a time i više citirani (da ne spominjemo predatorske časopise koji uslovljavaju objavljivanje radova zahtjevom da se citiraju upravo radovi iz tih časopisa). S obzirom na to da nauka treba biti otvorena, trebalo bi naći način da se minimizira uticaj tržišnih uslova, odnosno profiti koje ostvaruju izdavači časopisa i vlasnici citatnih baza. Kao pokušaj rješavanja ovog problema u novije vrijeme zagovara se tzv. otvorena nauka (*Open science*), pokret koji podrazumijeva da svi društveni nivoi imaju pristup naučnim istraživanjima i podacima i da i sami mogu da učestvuju u diseminaciji rezultata istraživanja. Ustvari, otvorena nauka kao pokret pojavila se još u 17. vijeku sa nastankom akademskih časopisa. Ja ovdje mislim na moderni koncept otvorene nauke zasnovan na preporuci UNESCO-a iz 2021. godine [24]. Kao što se vidi sa slike 3, koncept otvorene nauke ne obuhvata samo akademske časopise i naučne publikacije već je mnogo širi, obuhvatajući naučnu infrastrukturu, podatke, software, hardware itd. Problem otvorenosti nauke je složen i višeslojan. Da li će prevelik broj slobodno dostupnih informacija, koje nisu valjano sistematizovane, opteretiti naučnike? Da li će iz šume dostupnih podataka biti moguće verifikovati pravo otkriće? Da li može doći do zloupotrebe naučnih podataka ako su oni slobodno dostupni? Da li će podaci biti pogrešno protumačeni u javnosti? Pitanja su mnogobrojna. Prednost otvorene nauke je što otvoreni pristup rezultatima omogućava lakše otkrivanje grešaka i prevara (vidjeti odjeljak o prevarama u nauci). I pored svega pomenutoga, može se

reći da je otvorena nauka danas opšteprihvaćena. Preporuku UNESCO-a za otvorenu nauku [24] prihvatile su 193 države. Bitno je naglasiti da biblioteke i bibliotekari sa svojim znanjem imaju veliku ulogu u uspostavljanju otvorene nauke. Biblioteke ne trebaju biti samo mjesta na kojima će se doći do informacije. Finansirane iz javnih fondova, one bi trebale formirati repozitorije naučnih radova i podataka, vršiti obuke, ukazivati na put razvoja novih tehnologija itd. Time će biti manje potrebe za “bibliotekama sjenkama” kao što su web-stranice LibGen (Library Genesis) i Sci-hub, koje omogućavaju besplatan pristup preko interneta fajlovima sa naučnim radovima i knjigama, kako piratskim tako i onim zaštićenim autorskim pravima.



Slika 3. Šematski prikaz koncepta otvorene nauke [24].

## Reference

- [1] Bederson, Ben (ur.) (1999) *More things in heaven and earth: a celebration of physics at the millenium*, Springer and The American Physical Society, New York.
- [2] Fetić, Benjamin; Milošević, Dejan (2024) *Osnove kvantne mehanike*, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- [3] Milburn, Gerard J. (1997) *Schrödinger's machines. The quantum technology reshaping everyday life*, W. H. Freeman & Co., New York.
- [4] Dowling, Jonathan P.; Milburn, Gerard J. (2001) Quantum Technology: The Second Quantum Revolution, *Quantum Physics*, arXiv:quant-ph/0206091.
- [5] Osada, Alto; Yamazaki, Rekishu; Noguchi, Atsushi (2022) *Introduction to quantum technologies, Lecture notes in physics*, Vol. 1004, Springer, Singapore.
- [6] Feynman, Richard P.; Hibbs, Albert R. (1965) *Quantum mechanics and path integrals*, McGraw-Hill, New York.
- [7] Salières, P.; Carré, B.; Le Déroff, L.; Grasbon, F.; Paulus, G. G.; Walther, H.; Kopold, R.; Becker, W.; Milošević, D. B.; Sanpera, A.; Lewenstein, M. (2001) Feynman's path-integral approach for intense-laser-atom interactions, *Science* 292(5518), 902-905.
- [8] The Nobel Prize in Physics 2018. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2018/summary/>.
- [9] The Nobel Prize in Physics 2023. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2023/summary/>.
- [10] *Oslobodenje*, 11. decembra 1961. godine.
- [11] General Assembly adopts landmark resolution on artificial intelligence, *UN*, 21. 3. 2024. <https://news.un.org/en/story/2024/03/1147831>.
- [12] Tunja, Mirsad (2023) *Prevare u nauci*, seminarski rad na III ciklusu studija Teorijske fizike iz predmeta Metodologija naučnog istraživanja u fizici, profesor Dejan Milošević, Odsjek za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Sarajevu.
- [13] List of experimental errors and frauds in physics, *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_experimental\\_errors\\_and\\_frauds\\_in\\_physics](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_experimental_errors_and_frauds_in_physics).
- [14] Joosse, Tess (2023/2024) December 1934: Emil Rupp's research, which fooled even Einstein, is exposed as fraud, *APS news* 33(2), December 2023/January 2024.
- [15] Garisto, Dan (2023) LK-99 isn't a superconductor – how science sleuths solved the mystery, *Nature* 620, 705-706.
- [16] Dasenbrock-Gammon, Nathan; Snider, Elliot; McBride, Raymond; Pasan, Hiranya; Durkee, Dylan; Khalvashi-Sutter, Nugzari; Munasinghe, Sasanka; Dissanayake, Sachith E.; Lawler, Keith V.; Salamat, Ashkan; Dias, Ranga P. (2023) Evidence of near-ambient superconductivity in a N-doped lutetium hydride, *Nature* 615, 244-250; Retraction Note: *Nature* 624, 460.
- [17] Snider, Elliot; Dasenbrock-Gammon, Nathan; McBride, Raymond; Debessai, Mathew; Vindana, Hiranya; Vencatasamy, Kevin; Lawler, Keith V.; Salamat, Ashkan; Dias, Ranga P. (2020) Room-temperature superconductivity in a carbonaceous sulfur hydride, *Nature* 586, 373-377 (2020); Retraction note: *Nature* 610, 804 (2022).
- [18] Castelveccchi, Davide (2023) Nature retracts controversial superconductivity paper by embattled physicist, *Nature*, 7. 11. 2023. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-03398-4>.
- [19] *Retraction Watch*, *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Retraction\\_Watch](https://en.wikipedia.org/wiki/Retraction_Watch).
- [20] *Retraction Watch*. <https://retractionwatch.com/>.



- [21] Andrew Wakefield, *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Andrew\\_Wakefield](https://en.wikipedia.org/wiki/Andrew_Wakefield).
- [22] *Lancet* MMR autism fraud, *Wikipedia*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Lancet\\_MMR\\_autism\\_fraud](https://en.wikipedia.org/wiki/Lancet_MMR_autism_fraud).
- [23] Kalinić, Jelena (2023) MMR vakcina: Wakefieldova studija i njene mane: vakcine ne uzrokuju autizam, *Vaccine.ba*, 2. 2. 2023. <https://vaccine.ba/dezinformacije-2/mpr-vakcina-i-wakefieldova-studija-o-povezanosti-ove-vakcine-i-autizma/>.
- [24] UNESCO (2021) *UNESCO Recommendation on Open Science*, UNESCO General Conference, Paris. <https://doi.org/10.54677/MNMH8546>.

## RESPONSIBILITY AND OPENNESS OF NATURAL SCIENCES

**Abstract:** Knowledge comes as a result of a cognitive process. In the field of natural sciences, in addition to the fact that such knowledge must be true, it must also be responsible. Modern advances in science and technology emphasize responsibility more than ever in the past. Nuclear energy can destroy the world as we know it, but it can also be an inexhaustible source of energy needed for the survival and development of humanity. Whether the coveted “holy grail” will be fusion energy or some other unexpected source of energy remains to be discovered. Along the way, we should take into account not only the usefulness, but also the ethics and morality of knowledge and the effects on the individual and the entire society. The latest example is the application of artificial intelligence that could lead to revolutionary changes. The question is whether ethics and morality are sufficiently taken into account when developing artificial intelligence. It is also inevitable to mention climate changes, which are already leading to worsening living conditions in certain areas and to migration. An important issue is the availability of the results of the cognitive process, i.e. knowledge. The fruits of knowledge should be available to everyone. In recent times, the so-called Open Science is being advocated. Using the example of scientific journals, I will point out a number of problems faced by the scientific community, especially in poor countries (e.g. the problem of so-called open access journals, which actually charge for publication of scientific results).

**Keywords:** Responsibility, openness, ethics, morality, open science