

# Mjesto fizike u studiju suvremene medicine

---

Švarcer, Vesna

Source / Izvornik: **Liječnički vjesnik, 1980, 102, 221 - 224**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:425864>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



## MJESTO FIZIKE U STUDIJU SUVREMENE MEDICINE

## THE ROLE OF PHYSICS IN THE STUDY OF MODERN MEDICINE

VESNA ŠVARCER\*

**Deskriptori:** Fizika; Medicinska nastava**Descriptors:** Physics; Education, medical, undergraduate

**Sažetak.** Suvremenom je liječniku potrebno znanje fizike za razumijevanje bioloških funkcija čitavog organizma, sustava organa, pojedinih organa, stanica i dijelova stanica. Pored toga, fizika ima značajno mjesto u suvremenoj medicinskoj dijagnostici (rendgenska dijagnostika, pretrage radioaktivnim izotopima, dijagnostika ultrazvukom, kompjuterizirana tomografija, te mjerenje velikog broja fizikalnih parametara u čovjeka). I u terapiji se rabi niz fizikalnih postupaka, od kojih je najveći broj onih, koji iskorištavaju različite oblike energije. Ljudski se organizam nalazi u okolini određenih fizikalnih svojstava (gravitacije, temperature, tlaka, buke, zračenja). Promjena tih svojstava može dovesti do oštećenja organizma. Liječnici se suočavaju s problemom otklanjanja tih štetnih posljedica, kao i s preventivnim mjerama zaštite organizma. Za ovo je također potrebno poznavanje fizike. Ističe se potreba za većom suradnjom liječnika i fizičara u svrhu unapređenja pojedinih medicinskih struka, kao i u svrhu osuvremenjivanja nastave fizike na medicinskim fakultetima.

**Summary.** The importance of physics in the study of medicine is pointed out. The knowledge of physics is necessary to the modern doctor of medicine for the understanding of biological functions on the level of the organism as a whole as well as systems of organs, individual organs, cells and parts of cells. Physics has a significant place in modern medical diagnostics (x-rays, nuclear medicine, ultrasound, computerized tomography and the measurements of numerous physical parameters in man). There are numerous physical procedures which are used in therapy, of which the largest number use various kinds of energy. A human organism exists in an environment with physical properties (gravitation, temperature, pressure, noise, radiation). Changes in these properties can harm the human organism. Modern medical doctors must be well versed in physics in order to confront the problem of the elimination of such harmful consequences as well as the problem of preventive measures to protect the organism. The need for better cooperation between medical doctors and physicists is emphasized, both in individual medical fields and in terms of the more modern instruction of physics at medical schools.

Posljednjih se godina u okviru reforme studija medicine mnogo govori o skraćivanju plana i programa pretkliničkih predmeta, a djelomično se to i provodi. Drugi naziv tih predmeta je »temeljne medicinske znanosti«, što upravo najbolje objašnjava ulogu i značenje tih kolegija u studiju medicine.

Neosporna je činjenica da je medicina dobila naučnu podlogu tek onda kad je razvoj prirodnih znanosti omogućio objektivno i kvantitativno izražavanje nekih medicinskih parametara, kao tjelesne temperature, frekvencije srca, tlaka krvi, a i nakon otkrića kao što su mikroskop, rendgenske zrake i drugo. Razvoj biofizike, biokemije i biologije, posebno molekularne, kao i munjevit napredak tehnike i elektronike, umnogome su promijenili izgled klasične medicine. Gotovo da i nema grane medicine koju nije upravo razvoj temeljnih medicinskih znanosti sredinom ovog stoljeća umnogome promijenio. U ovom ću članku govoriti o fizici, i u nizu primjera pokušati pokazati da, upravo u reformi, u studiju suvremene medicine, fizika ima sve značajniju ulogu. Predmet fizika s biofizikom za medicinare doprinosi ostvarenju jednog od osnovnih ciljeva reforme; osim što uči studenta da nakon završetka studija vlada znanjem potrebnim za rad u struci, *doprinosi osposobljavanju medicinarâ da prate razvoj struke i sudjeluju u njezinu unapređenju.* Sjetimo se da su posljednjih decenija, zahvaljujući fizici nastale i neke nove grane medicine: radiologija, radioterapija i nuklearna medicina, a u novije vrijeme i dijagnostika ultrazvukom. Jedno od najepohalnijih nakon otkrića rendgenskih zraka u ovom stoljeću, za medicinu je kompjuterizirana to-

mografija. I ona počiva na fizikalnim principima atenuacije i detekcije rendgenskih zraka. Suvremeni liječnik primarnog kontakta, kao i liječnici svih grana medicine, dolaze u kontakt s nalazima ovih specijaliziranih pretraga. Bez poznavanja fizike nije moguće potpuno shvatiti domete i ograničenja tih pretraga. U toku suradnje s liječnicima primijetila sam da njihov posao zahtijeva dobro poznavanje određenih dijelova fizike. Interesantno je da neki specijalisti smatraju kako je samo u njihovoj specijalnosti potrebno posebno dobro poznavanje fizike. No, to misle i fiziolozi i neurolozi, anesteziolozi, kardiolozi, specijalisti nuklearne i fizikalne medicine, radiolozi, a vjerojatno i drugi.

U ovom sam članku pokušala sistematizirati argumente o potrebi znanja fizike u liječničkom pozivu. Pored toga mislim da izneseni primjeri mogu koristiti i u nastavi fizike medicinarima. Smatram da je dobro studente uz predavanja upozoriti na važnost pojedinog dijela fizike u medicini. Na taj način predavanu fiziku studenti slušaju sa zanimanjem, jer uviđaju da im znanje fizike ne treba samo za ispit iz fizike, već i za čitav studij i budući rad. Program iz fizike na medicinskom fakultetima kvalitativno se razlikuje od programa iz fizike u srednjim školama i prilagođen je svojoj strogo određenoj ulozi.

\* Vesna Svarcer-Novak, dipl. inž. fizike, magister i doktor znanosti, docent u Zavodu za fiziku Medicinskog fakulteta u Rijeci i fizičar Zavoda za nuklearnu medicinu kliničke bolnice »Braća dr. Sobol« u Rijeci.

Primljeno 13. prosinca 1979., prihvaćeno 18. ožujka 1980.

Čini se da se značenje fizike u današnjoj medicini može sistematizirati obuhvatiti na sljedeći način:

1. Značenje fizike u razumijevanju bioloških funkcija organizma
2. Uloga fizike u suvremenoj dijagnostici
3. Fizikalni postupci u terapiji
4. Djelovanje različitih fizičkih uvjeta na organizam

*1. Značenje fizike u razumijevanju bioloških funkcija organizma*

Gotovo sve biološke funkcije imaju fizikalnu osnovu, te ih nije moguće razumjeti bez poznavanja fizike. Zbog opširnosti tematike samo podsjećamo na neke najjednostavnije (tablica 1).

Tablica 1.

*Neke biološke funkcije kojih razumijevanje nije moguće bez poznavanja osnova fizike*

— disanje (ventilacija i izmjena plinova)
— rad srca
— strujanje krvi, limfe
— kretanje
— gledanje
— slušanje
— govor, itd.
— akcijski potencijal u mišićima i živcima, postanak i širenje
— transport kroz membrane (plućna, placenta itd.)
— organizam kao kibernetički sustav
— mehanizmi regulacije (temperature npr.)
— bioenergetika

*2. Uloga fizike u suvremenoj medicinskoj dijagnostici*

Već u prvom kontaktu s bolesnikom liječnik se služi fizikalnim pretragama: perkusijom, auskultacijom i palpacijom. Suvremena medicina niti danas ne može bez ovih osnovnih fizikalnih pretraga. Međutim, pronađene su i usavršene nove metode, koje, zahvaljujući fizikalnoj osnovi, mogu potpuno objektivirati neke simptome i stanja. Među takve pretrage ubrajamo: rendgenski pregled, pretrage radioaktivnim izotopima, dijagnostiku ultrazvukom i kompjuteriziranu tomografiju (prva skupina u tablici 2). Osim ovih metoda koje smo izdvojili zbog izuzetnog značenja, postoji i velik broj drugih, mehaničkih, električnih i optičkih metoda. Neke od njih navedene su u tablici 2.

Tablica 2.

*Fizikalni postupci u dijagnostici*

— rendgenska dijagnostika
— nuklearna medicina
— ultrazvučna dijagnostika
— kompjuterizirana tomografija
— ergometrija
— mehanokardiografija
— audiološke dijagnostike (subjektivna i objektivna)
— govorna dijagnostika
— IC termografija
— optički aparati (pregled oka, endoskopija, itd.)
— EKG i VKG
— EEG
— Elektromiografija (detekcijska i stimulacijska)
— fizikalne laboratorijske pretrage (mikroskopija — optička i elektronska, spektrometrija, fotometrija, kolorimetrija, itd.)

U prvom dijelu tablice odijeljene su one životne funkcije čije se razumijevanje neposredno nadograđuje na poznavanje osnovnih fizikalnih zakonitosti.

U drugom dijelu tablice prikazana je važnost fizike u razumijevanju bioloških funkcija na razini stanice i njezinih dijelova. Većinom ovih pitanja do sada su se bavili fiziolozi. Kako se danas ti problemi tumače na molekularnom nivou, njima se bave biofizičari, u suradnji s biolozima, biokemičarima, i fiziolozima. Biofizika nužno sve više i sadržajno ulazi u predmet fizike za medicinare. Treba spomenuti da važan dio fizike za medicinare predstavlja proučavanje tekućih medija. Osim što se sve tjelesne tekućine vladaju po fizikalnim zakonitostima hidrostatičke i hidrodinamičke, one čine sredinu u kojoj se odigravaju svi biološki procesi.

U trećem dijelu tablice čitav se organizam promatra kao jedinstven složeni sustav koji se vlada po određenim bioenergetskim zakonitostima. Proučavanju organizma pristupa se analogno analizi složenih sustava.

Razvoj elektronike omogućio je izgradnju uređaja kojima se vizualizira i mjeri vrlo velik broj fizikalnih parametara u čovjeka. Spomenimo samo uređaje u odjelima intenzivne njege, koji sve više poprimaju izgled elektronskih laboratorija.

Upravo objektivan način promatranja — mjerenje, čiji se rezultat može brojčano izraziti, karakteristika je suvremene medicinske znanosti. Klasično medicinsko znanje sastavljeno prvenstveno od brižljivo sakupljenih empirijskih podataka, opažanja i ispitivanja bolesnika, ne može potpuno zadovoljiti kriterije suvremene znanosti.

Znanje fizike i biofizike doprinosi mogućnosti optimalne upotrebe mjernih medicinskih uređaja. Pored toga, kolegijem fizike, posebice putem laboratorijskih vježbi, medicinari stječu sposobnost spoznavanja vrijednosti brojčanog i grafičkog izražavanja, kao i kritičkog pristupa proceduri mjerenja bilo kojeg biološkog parametra u medicini.

### 3. Fizikalni postupci u terapiji

Nije moguće nabrojiti fizikalne postupke u terapiji, a vrlo ih je teško i sistematizirati. Donekle bi mogao služiti prikaz na tablici 3.

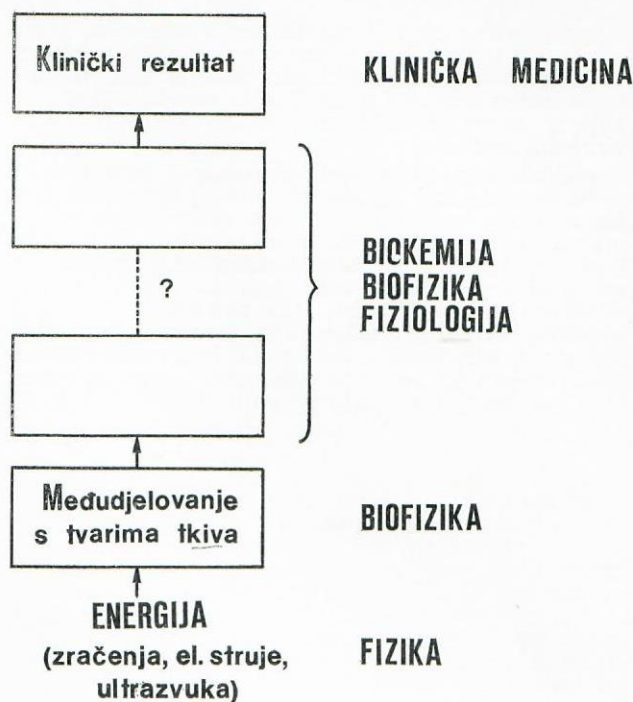
Tablica 3.  
Fizikalni postupci u terapiji

<ul style="list-style-type: none"> <li>— Infracrveno zračenje</li> <li>— Ultraljubičasto zračenje</li> <li>— Ionizirajuća zračenja                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— elektromagnetska (rendgen klasični i linearni akcelerator, gama-zračenje)</li> <li>— korpuskularna (mezoni, neutroni, elektroni)</li> </ul> </li> <li>— Laser</li> <li>— Električne struje i naponi                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— med. dijatermija</li> <li>— električna stimulacija (pacemaker, defibrilator)</li> <li>— elektroterapija</li> </ul> </li> <li>— Ultrazvuk</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Hiperbarične komore</li> <li>— Uređaji za umjetno disanje (respirator, anestezija)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Protetika (mehanička, optička i slušna)</li> </ul>

Ne bi imalo smisla opisivati svaki od navedenih postupaka. No, mogle bi se navesti neke njihove zajedničke karakteristike.

Prvom dijelu tablice 3. zajedničko je iskorištavanje različitih oblika energije (energije zračenja, električne i mehaničke energije). Dolaskom energije do tkiva dolazi do njezine djelomične transformacije u druge oblike energije, na koje stanica ili tkivo reagira. Taj proces, u literaturi poznat pod nazivom »međudjelovanje energije i tkiva« često daje dobar terapijski efekt. U stvari, zbiva se čitav lanac biofizikalnih, biokemijskih i fizioloških procesa. Mehanizam tih procesa najčešće je samo djelomično poznat. Klinička medicina koristi se krajnjom karikom lanca: statistički pouzdanim kliničkim rezultatom ispitanim na dobro odabranoj kontrolnoj skupini ispitanika (shema na slici 1). Čini se da je upravo nepoznavanje svih karika lanca u mehanizmu djelovanja fizikalnih postupaka važan razlog njihova nepotpuna iskorištenja.

Posebno treba kazati nešto o djelovanju ionizirajućih zračenja na rast neoplazmi. Korpuskularna i elektromagnetska ionizantna zračenja djeluju tako da predaju dio energije elektronima atoma koji grade molekule kemijskih tvari u stanicama tkiva koje se izlaže zračenju. Nastali efekt ekscitacije ili ionizacije atoma najčešće dovodi do raskida molekule i stvaranja slobodnih radikala i peroksida vrlo štetnih za stanicu. Zestina biološkog efekta stvorenog zračenjem, u ovom slučaju bolesnog tkiva, u direktnoj je vezi s brojem ekscitacija i ionizacija stvorenih u jedinici volumena tkiva. Ovo je i osnova istraživanja optimalnih vrsta zračenja za radioterapiju. Nastale promjene u molekulama očituju se u oštećenju makromolekula, što dovodi do gubitka moći reprodukcije stanice, promjene kinetike, disfunkcije



Slika 1. Shematski prikaz terapijskog djelovanja energije

stanice itd. U radioterapiji vrlo često dolazi i do neželjenih očitovanja tih efekata na nivou organa, sustava organa pa i čitavog organizma. I vrlo pojednostavljeno biološki i terapijski efekt zračenja nemoguće je tumačiti bez fizikalne, primarne osnove tih efekata.

### 4. Uloga fizike u razumijevanju djelovanja različitih fizičkih uvjeta na organizam

Ljudski se organizam nalazi u okolini određenih fizikalnih karakteristika: gravitacije, određenih parcijalnih tlakova plinova atmosfere, temperature, vlažnosti, svjetlosti i buke, pa i određenog prirodnog ionizirajućeg zračenja. Organizam možemo smatrati složenim sustavom na koji djeluje okolina. Često dolazi do promjene fizikalnih uvjeta okoline. Mehanizam reakcije organizma i eventualna oštećenja posljedica su niza biofizikalnih, biokemijskih i fizioloških procesa.

Povećana i smanjena gravitacija kojoj su izloženi kozmonauti stvorila je novu granu medicine — svemirsku medicinu. Odlazak ljudi u morske dubine postao je uobičajen u čitavom nizu različitih namjena. Oštećenje organizma zbog izlaganja niskim i visokim temperaturama pitanja su za koja i danas ima interesa. Problem hibernacije aktualan je u modernoj medicini. Važan je i utjecaj buke, koja ovisno o frekvencijama, intenzitetu, kontinuiranosti ili diskontinuiranosti i naročito ako je praćena vibracijama djeluje na slušni i živčani sustav. Biofizikalni mehanizam djelovanja još nije potpuno objašnjen.

Danas su ljudi, osim prirodnom zračenju kozmičkog porijekla i zračenju prirodnih radioaktivnih elemenata iz zemlje, izloženi i ionizirajućem zračenju sve većeg broja umjetnih izvora. Donedavno to su bili različiti radioaktivni izvori koji su se upotrebljavali u medicini i industriji, te rendgenski uređaji. Ušli smo u eru iskorištavanja nuklearne energije u

mirnodopske svrhe. U preventivnim mjerama, a posebno u mjerama koje se poduzimaju u slučaju eventualnog incidenta, medicinsko osoblje ima nesumnjivo važnu ulogu. Nezamisliva je suradnja liječnika koji ne razumije fizikalne principe djelovanja ionizirajućih zračenja.

Iznijela sam samo mali dio onog u čemu fizika treba suvremenom liječniku. Danas u bolnicama kao članovi tima rade i fizičari. U mnogim našim odjelima za radioterapiju, nuklearnu medicinu i u odjelima za dijagnostiku ultrazvukom rade fizičari. U razvijenim zemljama veće bolnice imaju odjel medicinske fizike (ili biofizike), i fizičari surađuju sa svim medicinskim granama. No, liječnici mogu surađivati s fizičarima, i ta suradnja ima pravi smisao i može dati adekvatan doprinos samo ako liječnici bar donekle poznaju fiziku. Naši se li-

ječnici, osim u usko specijaliziranim strukama, rijetko obraćaju fizičarima za pomoć i suradnju. A ta bi suradnja bila od obostrane koristi: fizičari bi mogli pridonijeti rješavanju stručnih i znanstvenih problema liječnika. Za fizičare ima zaista mnogo zanimljivih područja i problema. Fizičari bi u toj suradnji upoznali liječničku problematiku, što bi im pomoglo u pristupu nastavi fizike. Takvi bi nastavnici mogli oživiti predmet fizike primjerima iz medicinske primjene, što bi osuvremenilo i aktualiziralo nastavu fizike na medicinskim fakultetima.

Razvoj prirodnih znanosti nesumnjivo doprinosi napretku medicine. U tome i fizika ima vrlo značajnu ulogu. Zbog toga nastojimo da nastava fizike na medicinskim fakultetima dobije zasluženo mjesto. Nadam se da bi ovaj članak mogao pridonijeti da nam i liječnici daju podršku u tim nastojanjima.