

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prirodoslovno-matematički fakultet**  
**Fizički odsjek i Geofizički odsjek**  
Zagreb, prosinac 2005., modificirano siječanj 2006.

**Prijedlog poslijediplomskog specijalističkog studijskog programa**  
**Područje: Prirodne znanosti**  
**Polje: Fizika; Nastava fizike**

Nositelj studija: Fizički odsjek i Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, u suradnji sa srodnim institucijama

Ciljevi:

- usvojiti nova saznanja o prirodnim zakonitostima potrebna za afirmaciju suvremenih programskih sadržaja na svim razinama školovanja,
- upoznati suvremene principe metodike, te se osposobiti za istraživanje i razvoj nastave fizike,
- upoznati nove trendove istraživanja u fizici, geofizici, astrofizici,
- usvojiti saznanja o važnosti fizike i postignućima u fizici, koja bitno utječu na uvjete života čovjeka.

**RED PREDAVANJA**

<b>Nastavnik</b>	<b>Predmet</b>	<b>Sati</b> (predavanja+ vježbe/seminari)	<b>Bodovi</b> (ECTS)
------------------	----------------	---	-------------------------

**1. godina**

*Obvezni predmeti*

M. Matijević	Škola i nastavni kurikulum	15 + 5	6
V. Vizek-Vidović	Psihologija učenja	15 + 5	6

*Izabрати pet predmeta iz skupine predmeta ( praktikumi obvezno, Klasična mehanika se preporuča, najviše dva predmeta iz skupine Povijest fizike, Filozofija znanosti, Trendovi u suvremenoj metodici fizike):*

V. Paar	Klasična mehanika	15 + 5	6
---------	-------------------	--------	---

A. M. Tonejc	Mikroskopija u fizici	15 + 5	6
M. Šunjić, L. Marušić	Fizikalne osnove čvrstog stanja	15 + 5	6
D. Herak	Fizika unutrašnjosti Zemlje	15 + 5	6
S. Kutleša	Povijest fizike	15 + 5	6
T. Vukelja	Filozofija znanosti	15 + 5	6
R. Krsnik	Trendovi u suvremenoj metodici fizike, sa seminarom	20 + 10	8
D. Kunstelj, A. Rubčić	Odabrani pokusi iz mehanike, praktikum	0 + 20	5
A. Rubčić	Odabrani pokusi iz elektromagnetizma, praktikum	0 + 20	5

*Izabрати jedan predmet iz skupine predmeta:*

I. Batistić	Statistička fizika u nastavi	15 + 5	6
K. Pisk, D. Androić	Elektronska škola, internet	15 + 5	5
N. Pavin	Kompjutorska simulacija u nastavi	15 + 5	6

*Izabрати jedan predmet iz skupine predmeta:*

G. Pichler	Moderna optika	15 + 5	6
K. Pavlovski	Astronomski sadržaji u nastavi fizike	15 + 5	6
S. Pallua, P. Prester	Teorija gravitacije i astrofizika	15 + 5	6
D. K. Sunko	Matematičke metode fizike	15 + 5	6

Uvjet za upis u drugu godinu studija: položiti ispite iz predmeta u vrijednosti od 35 bodova.

## **2. godina**

*Obvezni predmet:*

N. Pastuović	Edukacijske znanosti	15 + 5	6
--------------	----------------------	--------	---

*Izabрати tri predmeta (praktikum obvezno) iz skupine predmeta:*

M. Furić	Odabrana poglavlja moderne eksperimentalne fizike	15 + 5	6
A. Tonejc	Odabrana poglavlja fizike čvrstog stanja	15 + 5	6
S. Popović	Eksperimentalna fizika čvrstog		

	stanja	15 + 5	6
D. Klabučar	Osnove kvantne fizike	15 + 5	6
I. Picek	Odabrana poglavlja kozmičke fizike i fizike čestica	15 + 5	6
Z. Bencetić Klaić, M Orlić	Fizika atmosfere i mora	20 + 10	9
Đ. Miljanić	Odabrana poglavlja nuklearne fizike	15 + 5	6
G. Jerbić Zorc	Odabrani pokusi iz optike i termodinamike, praktikum	0 + 20	5
S. Brant	Kompjutorsko programiranje u fizici	5 + 15	6

*Izabrati dva predmeta ( jedan praktikum obvezno ) iz skupine predmeta:*

A. Hamzić	Fizikalne osnove supervodljivosti i njene primjene	15 + 5	6
B. Udovičić	Energetika i ekologija	15 + 5	6
V. Lopac	Uvod u teoriju determini- stičkog kaosa	15 + 5	6
S. Supek, S. Tomić, V. Svetličić	Suvremena istraživanja u biofizici	15 + 5	6
I. Kokanović	Odabrani pokusi iz fizike čvrstog stanja, praktikum	0 + 20	5
S. Pašić	Odabrani pokusi iz nuklearne fizike, praktikum	0 + 20	5
D. Veža	Odabrani pokusi iz atomske i molekulske fizike, praktikum	0 + 20	5

*Izabrati dva predmeta iz skupine predmeta ( preporuča se Školski sustavi  
u Europi ):*

A. Bjeliš	Odabrana poglavlja klasične fizike	15 + 5	6
A. Rubčić	Kozmološka proširenja Newtonovih zakona	15 + 5	6
V. Lopac	Odabrana poglavlja iz rada i energije	15 + 5	6
D. Babić	Fizika poluvodiča	15 + 5	6
K. Furić	Odabrana poglavlja atomske i molekulske fizike	15 + 5	6
D. Bosnar	Odabrana poglavlja fizike srednjih energija	15 + 5	6
M. Stubičar	Struktura i svojstva materijala	15 + 5	6
T. Legović	Fizika i ekologija	15 + 5	6

N. Trinajstić, S. Nikolić	Odabrana poglavlja primjene fizike u kemiji	15 + 5	6
M. Vrtar	Odabrana poglavlja medicinske fizike	15 + 5	6
B. Podobnik	Slučajni procesi	15 + 5	6
N. Pastuović	Odabrana poglavlja iz psiho- logije učenja	15 + 5	6
M. Matijević	Školski sustavi u Europi	15 + 5	6

### **Specijalistički rad**

Upisuje se ako se polože ispiti iz predmeta u vrijednosti 55 bodova.

Za izborne predmete mogu se upisati i predmeti drugih smjerova poslijediplomskog studija iz nastave prirodoslovlja, te iz znanstvenog poslijediplomskog studija fizike, a u dogovoru s voditeljem smjera.

## **PROGRAMI PREDMETA**

### **Andelka Tonejc: Mikroskopija u fizici ( 15 + 5)**

Predmet ima cilj da polaznici studija u jednoj konkretnoj problematici i na konkretnom eksperimentalnom uređaju upoznaju interdisciplinarno istraživanje mikrostrukture materijala, upoznaju povijesni razvoj ove moderne tehnike, prisustvuju eksperimentu i izrade seminarski rad. Razvoj metoda elektronske mikroskopije (EM) i difrakcije s razvojem fizike i novih tehnologija. Upotreba EM u fizici materijala, kemiji, geoznanostima, medicini i biologiji kao osnovna tehnika za istraživanje mikrostrukture svih vrsta materijala. Metodčki aspekti povijesnog razvoja osnovnih fizikalnih pojmova potrebnih za razmatranje metoda elektronske mikroskopije kao i najnovija dostignuća na tom području: rasterna elektronska mikroskopija, razni modovi rada konvencionalne EM, mikroskopija visokog razlučivanja (razvoj tehnologije razlučivanja na razini atoma), mikroanaliza u rasternom i transmisijском elektronskom mikroskopu. Utjecaj eksperimenta i razvoja eksperimentalne tehnike na napredak fizikalnih spoznaja i prodora u mikrosvijet.

Literatura:

D.B. Williams and C.B. Carter, Transmission Electron Microscopy, A Textbook for Materials Science, Plenum Press, New York 1996

J.J. Goldstein, D.E. Newbury, P. Echlin, D.C. Joy, C. Fiori, E. Lihshin, Electron Microscopy and X- ray Microanalysis, Plenum Press, New York / London, 1984

A. M. Tonejc: Elektronska mikroskopija i difrakcija, Interna skripta, Fizički odsjek. PMF, Zagreb, 2004  
Odabrani članci iz časopisa Science, Physics Today, Materials Research Bulletin

### **N. Pastuović: Edukacijske znanosti ( 15 +5 )**

Koncepcija i odrednice cjeloživotnog obrazovanja i odgoja. Teorije i znanosti o obrazovanju i odgoju (edukološki sustav spoznaja o edukaciji). Vanjski i unutarnji ciljevi obrazovanja i odgoja (gospodarski, politički, kulturni i samoostvarujući), prikriveni i otvoreni ciljevi ("hidden curriculum"). Struktura obrazovno-odgojnog sustava i njegove veze s okolinom. Najvažnije psihološke zakonitosti obrazovanja i odgoja. Najvažnije sociološke zakonitosti obrazovanja i odgoja. Najvažnije ekonomske zakonitosti obrazovanja i odgoja. Odnos pedagogije/andragogije i edukacijskih znanosti. Teorija kurikuluma: teorija ciljeva učenja, teorija sadržaja učenja, teorija učenja i poučavanja, teorija vrednovanja obrazovnih i odgojnih postignuća.

Literatura:

J. Delors i sur., Učenje: blago u nama, Zagreb, Educa, 1998 (Learning, The treasure within, Paris, UNESCO, 1996)

G. Mialaret, Uvod u edukacijske znanosti, Zagreb, Školske novine, 1989 (Introduction aux science de l'éducation, Paris, UNESCO, 1985)

N. Pastuović, Osnove psihologije obrazovanja i odgoja, Zagreb, Znamen, 1997

N. Pastuović, Edukologija: integrativna znanost o sustavu cjeloživotnog obrazovanja i odgoja, Zagreb, Znamen, 1999

Prema društvu koje uči: poučavanje i učenje. Bijeli dokument o obrazovanju, Zagreb, Educa, 1995 (Commission of the European Communities, White paper on education and the training: Teaching and learning – Towards the learning society, Luxemburg, Office for official publications of the European Communities, 1995)

### **V. Vizek Vidović: Psihologija učenja ( 15 + 5 )**

Ciljevi predmeta su upoznavanje s glavnim teorijskim pristupima i modelima učenja, demonstriranje nekih fenomena u području učenja i pamćenja te povezivanje modela učenja s pristupima poučavanju. Program obuhvaća sljedeće teme: Što je učenje? Biološka osnova učenja. Dva ključna pristupa učenju: bihevizizam i kognitivizam. Učenje i ponašanje: klasični bihevizizam, učenje operantnim uvjetovanjem. Učenje i razvoj (Piaget, Brunner, Vigotsky). Učenje i socijalni poticaji (Bandura). Učenje i spoznaja: model obrade informacija. Integrativni model učenja. (Gagne): primjena u nastavi. Samoregulirajuće učenje i transfer učenja.

Literatura:

R. Vasta, M. Haith, S. A. Miller, Dječja psihologija, Slap, Zagreb, 1998, str. 301-442

P. Zarevski, Psihologija učenja i pamćenja, Slap, Jastrebarsko, 1998

D. Wood, Kako djeca uče i misle, Educa, Zagreb, 1995

### **T. Vukelja: Filozofija znanosti ( 15 + 5 )**

Znanstveni natularizam i tradicionalna filozofija. Aristotelovska fizika i njena filozofska pozadina. Znanstvena revolucija 17. stoljeća. Metafizičke osnove i filozofija klasične fizike. Temeljni pojmovi klasične fizike i atomizam. Nastanak teorije relativnosti i filozofske novine koje ona donosi. Razvoj kvantne fizike i filozofski prijevori oko njene interpretacije, od vremena njenog nastanka do danas.

Literatura:

S. Lelas, Science and Modernity, Kluwer, 2000

S. Lelas, Promišljanje znanosti, Zagreb, 1990

J. Powers; Philosophy and the New Physics, London, 1982

### **R. Krsnik: Trendovi u suvremenoj metodici fizike ( 20 + 10 )**

Raspravljaju se postignuća i prodori u području metodika prirodnih znanosti, posebice metodike fizike, zadnjih tridesetak godina. U tijesnoj sprezi s kognitivnom psihologijom došlo se do novih spoznaja o procesu učenja koje zahtijevaju novi pristup nastavnom procesu. Konstruktivistička, interaktivna, problemski usmjerena nastava, u kojoj učenici aktivno sudjeluju u procesu konstruiranja novog znanja, pokazuje se superiornom u usporedbi s tradicionalnom, jednosmjernom i predavačkom nastavom. Te se tvrdnje argumentiraju i ilustriraju globalnim rezultatima istraživanja na fizikalnim sadržajima iz školskog programa kao i primjerima iz nastavne prakse. Ključne riječi: učenje, motivacija, edukacijski konstruktivizam, asimilacija, akomodacija, koncept, pretkonceptije, konceptualna promjena, deklarativno znanje, formalno mišljenje, proceduralno znanje.

Literatura:

Odabrani članci iz časopisa: Science Education, International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Education

Odabrani prilozi iz:

Development and Dilemmas in Science Education, P. Fensham (ed) Falmer Press, London, 1988

Children's Informal Ideas in Science, P. J. Black and A. M. Lucas (eds) Routledge, London, 1993

Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice, R. A. Duschl, R. J. Hamilton, (eds), State University of New York Press, Albany, 1992

Constructivism in Education, L.P. Steffe, E. J. Gale (eds), Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1993

R. Krsnik. Osnove suvremene metodike fizike, u pripremi za tisak

#### **D. Kunstelj: Odabrani pokusi iz mehanike, praktikum ( 0 + 20 )**

Cilj praktikuma je usavršavanje za izvođenje pokusa iz mehanike u učionicama i fizikalnim kabinetima. U programu je samostalno demonstriranje pokusa na nastavi, te provođenje računa, određivanje parametara i rasprava o uređaju. Nakon izvedenog pokusa svi studenti i voditelj sudjeluju u raspravi o pokusu i ponuđenom tumačenju te iznose svoje prijedloge za unapređenje prezentacije pokusa. Posebno se raspravlja o načinu provedbe i organizaciji pokusa u specifičnim okolnostima izvođenja nastave. U tom sklopu konkretno se obrađuju neki osnovni pokusi iz mehanike. Impuls sile i količina gibanja (velika kugla i konac, čaša vode na papiru, pokus s novčićem). Slobodni pad (pero i olovna kuglica u vakuumu i zraku, Atwoodov padostroj). Očuvanje količine gibanja (kolica na zračnom jastuku – klupi, centralni i necentralni sudari). Harmonijski oscilator (tijela vezana oprugama, elastična nit), stojni valovi (diskretne vrijednosti valne dužine – diskretna stanja u klasičnoj mehanici). Dinamika krutog tijela (impuls sile kroz težište i mimo težišta). Očuvanje kutne količine gibanja (Prandtllov stolić, kuglice u spiralnoj cijevi). Precesija (kotač od bicikla koji se vrti na osi koja rotira u horizontalnoj ravnini). Hidrostatika (pritisak tekućine na dno, bokove i uvis). Arhimedov zakon i Pascalov teorem (uzgon, hidraulički tijesak). Napetost površine (tlak u sfernim nakupinama čestica, hod po vodi, mjehuri, unutrašnjost zvijezda).

Literatura:

P. Kulišić, Fizika, Zagreb, 1981

A. Kittel, W. D. Knight, M. A. Ruderman, Mehanika, Berkeley kurs iz fizike, Tehnička knjiga, Zagreb, 1982

D. Halliday, R. Resnik, J. Walker, Fundamentals of Physics, J. Wiley, New York, 1997 ( i novija izdanja)

#### **K. Pisk: Elektronska škola, internet ( 15 + 5 )**

Smisao povezivanja znanstvenog sustava (sveučilišta, instituti) i školskog sustava (srednje škole) putem Interneta. Važnost interakcije između nadarenih i ambicioznih učenika, njihovih nastavnika sa znanstvenicima iz instituta i sveučilista, pogotovo u izbornoj satnici i neobaveznim sadržajima.

Obrađuju se sljedeći sadržaji: Upoznavanje i rad s tehnologijom Interneta

(e-mail, www, virtualne strukture...), odnosno upotrebom kompjutera. Upoznavanje i rad s posebnim sadržajima e-škole, kao što su: odabrane informacije, pitanja i odgovori, diskusijske liste, kućni eksperimenti. Organiziranje rada školskog praktikuma u okviru e-škole. Konceptcija i izvedba "mini znanstvenog projekta" u okviru e-škole.

Literatura:

<http://hpd.botanic.hr/>

<http://eskola.hfd.hr/>

<http://hpd.botanic.hr/ast/eastro.htm>

<http://enable.evitech.fi/enable99/>

### **M. Matijević: Škola i nastavni kurikulum ( 15 + 5 )**

Školski sustavi (pojmovi škola, školovanje, školske reforme). Unutarnja organizacija nastave škole. Nastavni kurikulum: pojam i vrste. Ciljevi odgoja i obrazovanja. Nastavni sadržaji: kriteriji izbora i raspored. Nastavni mediji: didaktičko oblikovanje i kriteriji izbora. Didaktičke strategije: pojam i vrste (nastava orijentirana na nastavnika i nastava orijentirana na učenika, istraživačka nastava i projektna nastava). Razredno-nastavno ozračje: pojam i uvjetovanost. Nastava na daljinu: pojam i vrste (multimedijalnost, multimedijaska nastava na daljinu, odnos prema tradicionalnoj nastavi). Alternativne škole (školski, pedagoški i didaktički pluralizam, Montessori, Steiner, Freinet, Petersen i drugi).

Literatura:

J.C.Marsh, Kurikulum: temeljni pojmovi, Educa, Zagreb, 1994

M. Matijević, Alternativne škole, Una-MTV, Zagreb, 1994

M. Matijević, Učiti po dogovoru, CDO Birotehnika, Zagreb, 2000

M. Matijević (ur.), Osnove suvremene pedagogije, HPKZ, Zagreb, 1999

O.Peters, Die Didaktik des Fernstudiums, ZIFF Papiere, No. 100, Fernuniversität, Hagen

I.Reece, S.Walker, Teaching, Training, and Learning, New College Durham and Business Education Publishers, 1994

### **V. Paar: Klasična mehanika ( 15 + 5 )**

Osnovne teme iz klasične mehanike u nastavi fizike u osnovnoj i srednjoj školi razmatrane s konceptualnog stajališta i s posebnim naglaskom na intuiciju, razumljivost, aktivno usvajanje znanja, korelaciju među pojmovima, zornost, korištenje realnih i virtualnih pokusa, korištenje kompjutorskih simulacija, korištenje zornih ilustracija i interdisciplinarnost. Konceptualna strana i metodički aspekti obrade Newtonovih zakona. Pojam inercije i mase kao mjere inercije. Središnja pozicija proračuna putanje tijela pomoću 2. Newtonovog zakona primjenom Eulerove metode. Primjeri kompjutorskih simulacija putanje u klasičnoj mehanici (putanja svemirskog broda, harmonijsko gibanje, kosi

hitac s trenjem) i metodička pitanja u nastavi. Metodika obrade kružnog gibanja pomoću kompjutorske simulacije. Regularni i kaotični režim gibanja u klasičnoj mehanici i metodika korištenja u nastavi. Klasična mehanika u filozofskom svjetonazoru na razini školske nastave. Konceptualni i metodički okvir zakona očuvanja u klasičnoj mehanici na razini školske nastave . Fizikalni odnos pojma sile i energije u klasičnoj mehanici i njegov odraz u nastavi. Prikaz uloge klasične mehanike u razvoju znanstvene metode. Katalog osnovnih školskih znanja iz klasične mehanike. Prikaz položaja klasične mehanike u znanosti i primjeni u 21. stoljeću.

Literatura:

A.Beiser, Physics, Benjamin, Menlo Park, 1982

J.S.Trefil, Physics as Liberal Art, Pergamon, New York, 1978

M.S.Sternheim, J.W.Kane, General Physics, Wiley, New York, 1991

W.E.Gettys, F.J.Keller, M.J.Skove, Physics, McGraw-Hill, New York, 1989

D.Halliday, R.Resnick, J.Walker, Fundamentals of Physics, Wiley, New York, 1997

M.Tabor, Chaos and Integrability in Nonlinear Dynamics, Wiley, New York, 1989

V.Paar, Kaos i red – nova slika svijeta (u pripremi)

#### **A. Bjeliš: Odabrana poglavlja klasične mehanike ( 15 + 5 )**

Klasična mehanika kao ishodište kasnijih fizikalnih teorija i metoda. Varijacijski pristup, primjeri njegove primjene u fizici, posebno varijacijska formulacija klasične mehanike. Uloga simetrija u klasičnoj mehanici. Veza simetrija i zakona sačuvanja. Utjecaj simetrija na strukturu klasično-mehaničkog faznog prostora. Koncept neintegrabilnosti. Pobliza analiza jednostavnijih i/ili povijesno značajnih primjera neintegrabilnih sustava: rotator s udarima, asimetrični zvrk, problem triju tijela. Problem Sunce -Zemlja - Mjesec i njegova uloga u povijesti astronomije, mehanike, matematičke fizike i numeričke matematike.

Literatura:

M. C. Gutzwiller, Chaos in Classical and Quantum Mechanics, Springer Verlag, 1978

F. Scheck, Mechanics; From Newton's Laws to Deterministic Chaos, Springer Verlag, 1999

#### **N. Pavin: Kompjutorska simulacija u nastavi ( 15 + 5 )**

Kompjutorsko rješavanje jednostavnih primjera gibanja u mehanici te grafički prikaz dobivenih rješenja. Eulerova metoda. Usporedba dobivenih rezultata s analitičkim izrazima. Grafički prikaz rezultata na

ekranu i na papiru (prikaz putanje, faznog prostora, s-t, v-t i a-t dijagrama. Korištenje numeričkih rezultata u animaciji, kao metode boljeg stjecanja uvida u dinamiku. Ilustracije na rješavanju primjera horizontalnog i kosoga hica, harmonijskog, neharmonijskog i gušenog oscilatora, njihala, gibanja u sfernosimetričnom potencijalu i gibanju rakete.

Literatura:

Numerical Recipes, Cambridge University Press, 1993

H. Gould, J. Tobochnik, Introduction to Computer Simulation Methods, Applications to Physical System, 2/E, Benjamin Cummings 1996

D.H. Jonassen, Computers in the Classroom: Mindtools for Critical Thinking, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc. 1996

M.M. Woolfson, G.J. Pert, An Introduction to Computer Simulation, Oxford University Press, 1999

NTNU Virtual Physics Laboratory (2002)

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/> (77 mirror sites)

Easy Java Simulations (2002): <http://fem.um.es/Ejs/> and <http://www.phy.ntnu.edu.tw/osejs/>

Open Source Physics Project : <http://www.opensourcephysics.org/>

### **S. Kutleša: Povijest fizike ( 15 + 5 )**

Fizikalne spoznaje prvih civilizacija, počeci i razvoj znanosti u antičkoj Grčkoj. Srednjovjekovna fizika i problem gibanja. Novovjekovna fizika 16. i 17. stoljeća (Kopernikov sustav, Keplerova nebeska mehanika, Galileijeva zemaljska fizika i Bacon-Galileijeva eksperimentalna fizika, Descartesova mehanistička filozofija, Newtonova teorija univerzalne gravitacije, hidromehanika, akustika i optika 18. stoljeća). Razvitak klasične fizike u 18. i 19. stoljeću i njezina kriza. Nastanak teorije relativnosti i kvantne teorije. Početak i razvoj atomske fizike, nuklearne fizike i fizike elementarnih čestica. Razvitak astrofizike i teorije o postanku svemira. Razvoj teorije determinističkog kaosa.

Literatura:

V.Bazala, Pregled povijesti znanosti, Zagreb, 1980

Z.Faj, Pregled povijesti fizike, Osijek 1999

S.F.Mason, A history of the Sciences, New York, 1962

L.I.Ponomarjev, Kvantna kocka, Školska knjiga, Zagreb, 1995

I.Supek, Povijest fizike, Školska knjiga, Zagreb, 1990

### **M. Šunjić, L. Marušić: Fizikalne osnove čvrstog stanja ( 15 + 5 )**

Kvantno-mehaničko podrijetlo kohezivne energije, vrste vezanja u kristalima. Raspršenje elektrona u kristalnoj rešetki, nastanak i tipovi vrpčaste strukture. Električna vodljivost (metali, izolatori, poluvodiči). Spektroskopija kristala: elektromagnetski valovi, neutroni, elektroni.

Elastični i neelastični procesi. Pobuđenja u kristalima: fononi, plazmoni, magnoni, polaritoni. Interakcija elektron-elektron, elektron-fonon, supravodljivost. Klasični, poluklasični i kvantni efekti i pojmovi (koherencija, tuneliranje, sistemi reducirane dimenzije).

Literatura:

- A. Kittel, Introduction to Solid State Physics, Wiley, New York, 1996
- V. Šips, Uvod u fiziku čvrstog stanja, Školska knjiga, Zagreb, 1991

#### **D. Herak: Fizika unutrašnjosti Zemlje ( 15 + 5 )**

Elastičnost i seimički valovi ( napetost i deformacija, jednačba gibanja, valna jednačba, prostorni i površinski valovi potresa, disperzija, mjerenje grupne i fazne brzine ). Određivanje strukture Zemlje (Wiechert – Herglotzov teorem, Adams – Williamsov postupak, Zemljina struktura ). Kvantifikacija potresa ( ljestvice magnitude, seizmički moment, seizmička energija i magnituda ). Potresi i tektonika ploča.

Literatura:

- K. E. Bullen, B. A. Bolt, An Introduction to the Theory of Seismology, Cambridge University Press, Cambridge, 1985
- T. Lay, T. C. Wallace, Modern Global Seismology, Academic Press, San Diego, 1995
- P. M. Shearer, Introduction to Seismology, Cambridge University Press, Cambridge, 1999

#### **A. Rubčić: Odabrani pokusi iz elektromagnetizma, praktikum**

( 0 +20)

Cilj praktikuma je usavršavanje nastavnika za izvođenje pokusa iz elektromagnetizma u učionici i u fizičkom kabinetu u školi. Studenti samostalno demonstriraju pokuse uz prikladno tumačenje i prema potrebama računanje vrijednosti fizikalnih parametara i tretiranje sastavnih dijelova uređaja. Posebno se potiče vlastito dizajniranje pokusa u specifičnim uvjetima prostora i opreme. Obrađuju se konkretni primjeri osnovnih pokusa iz elektromagnetizma: predstavljanje električnih naboja i električnih polja, izvori električne energije, osnovni strujni krugovi i Ohmov zakon, električna struja i magnetsko polje, demonstriranje magnetskih polja, Faradayeva indukcija, izmjenična struja i osnovni sklopovi, korištenje osciloskopa, pokusi s transformatorom, električni titrajni krugovi i gušene oscilacije, te dodatni posebno odabrani pokusi.

Literatura:

- E.M.Purcell, Elektricitet i magnetizam, Udžbenik fizike na Sveučilištu Berkeley, Tehnička knjiga, Zagreb, 1988
- M.Paić, Osnove fizike 3. dio, Elektricitet i magnetizam, Liber, Zagreb, 1989

D. Halliday, R. Resnik, J. Walker, Fundamentals of Physics, J. Wiley, New York, 1997 ( i novija izdanja)

**G. Pichler: Moderna optika ( 15 + 5 )**

Spektroskopija s jednostavnim optičkim rešetkama i CCD kamerom uz PC podršku.

Optička mikroskopija pomoću CCD kamere.

Konfokalni mikroskop.

Laserom inducirana fluorescencija i apsorpcija.

Udvostručavanje frekvencije NdYAG lasera.

Literatura:

W. Demtroeder, Laser Spectroscopy, Springer, Berlin, 1996

M. Born and K. Wolf, Principles of Optics, Cambridge University Press, 1999

**K. Pavlovski: Astronomski sadržaji u nastavi fizike ( 15 + 5 )**

Astronomski pojmovi i pojave prate se slijedom kurikuluma fizike za srednje škole. Uz problem dvaju tijela i Newtonov zakon gravitacije kao primjer izložiti gibanje planeta oko zvijezda ili zvijezda u dvojnog zvjezdanom sustavu (otkriće planeta drugih zvijezda te određivanje mase zvijezda). Plimne sile mogu se ilustrirati ne samo na primjeru plime i oseke mora na Zemlji već i plimnim silama koje izobličuju zvijezde ili uvjetuju raspadanje zvjezdanih skupova u galaksiji. Pulsacije zvijezda analogne su titrajnim sustavima (matematičkom njihalu ili titranju elastične opruge). Uz pojam hidrostatičkog tlaka može se opisati hidrostatička ravnoteža zvijezda što zajedno s opisom termonuklearnih reakcija u jezgrama zvijezda daje opis razvoja zvijezda. Širenje svemira može se tumačiti u okviru Newtonove mehanike i očuvanja energije. Dopplerov efekt koji vrijedi za sve valne pojave ima niz primjena u astrofizici (rotacija zvijezda i galaksija, termičko širenje spektralnih linija, crveni pomak galaksija). U program se uključuje i niz drugih primjera koji mogu obogatiti nastavu fizike u osnovnoj i srednjoj školi.

Literatura:

M.Harwit, Astrophysical Concepts, Springer, Berlin, 1998

H.Karttunen, P.Kröger, H.Oja, M.Poutanen.K.J.Donner, Fundamental Astronomy, Springer, Berlin, 1996

M.Zeilik, S.A.Gregory, Introductory Astronomy and Astrophysics, Saunders College Publishing, Fort Worth, 1998

**M. Furić: Odabrana poglavlja moderne eksperimentalne fizike ( 15 + 5 )**

Optička spektroskopija: Principi rada spektroskopa, kutna raspodjela zračenja i rezolucija. Primjena optičke spektroskopije. Spektroskopija kao metoda.

Istraživanje mikrostrukture difrakcijom: Raspršenje u kristalu kao koherentni efekt koji potječe od periodičke strukture. Primjena u rekonstrukciji uzorka.

Holografsko snimanje: Princip snimanja i rekonstrukcije valne fronte. Primjene holografskih tehnika. Akustička holografija.

Arhitektura visokoenergijskog eksperimenta: gubitak energije zračenja u materijalu, podloga rekonstrukcije prolaska zračenja. Rekonstrukcija trajektorije nabijenih čestica. Kalorimetri. Ilustracija otkrića W-bozona i "top" kvarka.

Literatura:

M.Furić, Moderne eksperimentalne metode, tehnike i mjerenja u fizici, Školska knjiga, Zagreb, 1992

R. A. Dunlap, Experimental Physics: Modern Physics, Oxford University Press, 1988

A. C. Melissinos and J. Napolitano, Experiments in Modern Physics, Academic Press, 2003

### **A. Tonejc: Odabrana poglavlja fizike čvrstog stanja ( 15 + 5 )**

Povijestni pregled, kristalna struktura, međuatomske veze u kristalima, defekti kristalne rešetke, difuzija, mehanička svojstva kristala, titranje kristalne rešetke, toplinski kapacitet kristalne rešetke, Drudeov model metala, Sommerfeldov model metala, elektron u periodičkom potencijalu, prijenosne pojave (vodiči, poluvodiči, supravodljivost), dielektrična svojstva kristala, magnetska svojstva kristala.

Literatura:

V.Šips, Uvod u fiziku čvrstog stanja, Školska knjiga, Zagreb, 1991

R.E.Hummel, Understanding Materials Science History-Properties-Applications, Springer, Berlin, 1997

### **G. Jerbić-Zorc: Odabrani pokusi iz optike i termodinamike, praktikum ( 0 +20 )**

Termodinamika: Odabrane vježbe omogućuju ilustraciju i provjeru nekih zakona iz nauke o toplini: jednadžba stanja idealnog plina (Gay-Lussacov zakon, Boyle-Mariotteov zakon, Charlesov zakon) i prvi zakon termodinamike. Promatraju se i mjere rad i toplina koje sustav izmjenjuje s okolinom, što omogućuje provjeru gornjih zakona i pomoću njih računanje toplinskog kapaciteta plina kod stalnog tlaka i kod stalnog volumena, te promjene unutarnje energije sustava. Za organizaciju i izvođenje mjerenja nužno je primijeniti i znanja iz elektrodinamike (na pr. Ohmov zakon) i mehanike (tlak, trenje, gravitacija, ...).

Optika: Odabrane vježbe omogućuju proučavanje atomskih spektara i teorije indeksa loma, te interferencije i polarizacije svjetlosti. Za dobivanje spektara nekih elemenata (Hg, Ne, He, Cd, Zn, H, ...) koristi se optička prizma. Mjerenje kuta otklona poznatih linija (kalibracijski spektri) omogućuje identifikaciju nepoznatih linija i time elementa kojemu spektar pripada. Frekvencija neke linije, kut otklona i kut devijacije daju vezu između indeksa loma i frekvencije. Interferencija svjetlosti iz dvaju koherentnih izvora (dobivenih pomoću Fresnelove biprizme ili Fresnelovih zrcala) daje svijetle i tamne pruge (pruge interferencije). Određuje se udaljenost virtualnih izvora, valna duljina itd. Polarizacija svjetlosti se ostvaruje pomoću kristala koji ima svojstvo dvoloma. Mjeri se kutna raspodjela intenziteta svjetlosti što ilustrira teoriju. Vježbe uključuju i primjenu zakona geometrijske optike.

Literatura:

D. Halliday, R. Resnik, J. Walker, Fundamentals of Physics, J. Wiley, New York, 1997 ( i novija izdanja)

M. Paić, Osnove fizike: svjetlost, holografija, laseri, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1997

#### **D. Klabučar: Osnove kvantne fizike ( 15 + 5 )**

Kratki povijesni pregled razvoja kvantne fizike. Pregled osnovnih pojmova kvantne fizike i osvrt na njih sa stajališta prikladnog prikaza u školi. Zračenje crnog tijela. Fotoelektrični efekt. Valno-čestična dualnost elektromagnetskog zračenja i materije. Energijski spektri. Pregled formalizma kvantne fizike: postulati kvantne mehanike i Schrödingerova jednadžba, vjerojatnostna interpretacija valne funkcije i Heisenbergove relacije neodređenosti. Jednostavni primjeri kvantnih sustava. Klasična granica kvantne fizike. Simetrije i zakoni očuvanja. Paritet. Kvantnomehanički harmonijski oscilator. Impuls vrtnje i spin. Kvantnomehaničko rješenje strukture vodikovog atoma i usporedba s Bohrovim modelom. Bozoni i fermioni, Paulijev princip i objašnjenje periodnog sustava elemenata. Struktura tvari od molekula i atoma do elementarnih čestica.

Literatura:

R.L.Liboff, Introductory Quantum Mechanics, Addison-Wesley, 1998

E.H.Wichmann, Kvantna fizika (Berkeley physics course 4), Tehnička knjiga, Zagreb, 1988

J.-M-Levy-Leblond, F.Balibar, Quantics, North-Holland, 1990

Ciljani srednjoškolski udžbenici: V.Paar, Fizika 4 (udžbenik za 4. razred gimnazije), Školska knjiga, Zagreb, 1997; V.Paar i V.Šips, Zbirka riješenih zadataka Fizika 4, Školska knjiga, Zagreb, 2000

Popularizacijska literatura: L.Ponomarjov, S onu stranu kvanta, Školska knjiga, Zagreb, 1973

### **S. Brant: Kompjutorsko programiranje u fizici ( 15 + 5 )**

Opće razumijevanje kompjutorskog programiranja u školi. Osnovni koncepti razmišljanja o problemu. Jednostavne teme iz klasične mehanike (Keplerov problem, oscilatori), klasične elektrodinamike (gibanje elektrona u kombiniranom električnom i magnetskom polju, elektrostatički potencijal – Laplaceova i Poissonova jednadžba) i kvantne fizike (čestica na prilazu potencijalnoj barijeri). Problemi se formuliraju, a zatim analiziraju pomoću kompjutorski upravljanih video simulacija. Upoznavanje s bibliotekama numeričkih algoritama (NAG i Numerical Recipes). Primjeri složenih problema: dijagonalizacija hamiltonijana za nuklearnu strukturu, parcijalne diferencijalne jednadžbe u dinamičkim sustavima, problemi nelinearne fizike (Duffingov oscilator, Henon-Heilesov potencijal).

Literatura:

Numerical Recipes, Cambridge University Press, 1993

NAG Fortran Library, Oxford NAG Ltd, 1990

### **I. Batistić: Statistička fizika u nastavi ( 15 + 5 )**

Razvoj ideja statističke fizike od Demokrita do Boltzmana. Elementi računa vjerojatnosti. Težnja prema vjerojatnijim stanjima. Entropija i informacija. Magnetsko hlađenje. Statistička raspodjela brzina molekula u plinovima. Promjena atmosferskog tlaka s visinom. Temperaturno širenje čvrstih tijela i tekućina. Toplinski kapacitet plinova. Toplinski kapacitet čvrstih tijela. Zasićenje i titranje elektrona u plazmi. Zakoni zračenja crnih tijela. Einsteinove prijelazne vjerojatnosti. Kvantni generatori elektromagnetskog zračenja. Einsteinova kondenzacija. Suprafluidnost i supravodljivost. Fermioni pri niskim temperaturama.

Literatura:

L.Landau, Kitaigorodsky, Physics for Everyone (Motion – Heat), Mir Publishers, Moscow, 1978

I.Supek, Teorijska fizika i struktura materije 1, Školska knjiga, Zagreb, 1992

I.Supek, Teorijska fizika i struktura materije 2, Školska knjiga, Zagreb, 1989

V.Šips, Uvod u statističku fiziku, Školska knjiga, Zagreb, 1990

V.Šips, Uvod u fiziku čvrstog stanja, Školska knjiga, Zagreb, 1991

### **A. Hamzić: Fizikalne osnove supravodljivosti i njene primjene ( 15 + 5 )**

Osnovne karakteristike supravodljivosti. Pregled supravodljivih materijala. Fenomenološke teorije (Londonova teorija, termodinamika supravodljivog stanja, Ginzburg-Landau model). Supravodiči I i II vrste,

kritične struje. Osnove BCS teorije. Josephsonov efekt. Visokotemperaturni supervodiči. Makroskopske i mikroskopske primjene supervodljivosti.

Literatura:

C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, John Wiley, New York  
M.Cyrot, D.Pavuna, Introduction to Superconductivity and High Tc-Materials, World Scientific, Singapore, 1992

E.A. Lynton, Superconductivity, Chapman and Hall, 1962

### **S. Supek, S. Tomić, V. Svetličić: Suvremena istraživanja u biofizici (15 + 5 )**

Cilj predmeta je približiti studentima interdisciplinarno područje biofizike definiranjem glavnih bioproblema te fizikalnih metoda i pristupa koji se koriste u njihovom rješavanju. Detaljniji uvid u neka od suvremenih istraživanja u biofizici uključuju: 1) samouređenje organskih molekula u vodenom okolišu; 2) molekulska modeliranja; 3) metode funkcionalnog oslikavanja mozga.

Uvod u biofizička istraživanja. Struktura i funkcije bioloških makromolekula. Međumolekulske interakcije. Površinske sile. Supramolekulske strukture u vodenom okolišu – monomolekulski slojevi, nano i mikro čestice, bio-filmovi, gel faze. Reguliranje izmjene tvari i energije u vodenom okolišu. Fizikalne osnove molekuskog modeliranja. Molekulska mehanika. Molekulska dinamika. Kvantitativno koreliranje strukturnih parametara molekule s biološkom aktivnošću (QSAR) i mjernim svojstvima (QSPR). Primjena molekuskog modeliranja. Fizikalne osnove metoda za funkcionalno oslikavanje mozga (PET, MEG, fMRI, TMS). Dinamičko oslikavanje magnetskih izvora u praćenju senzornih i kognitivnih funkcija. Neuronske osnove memorije, učenja i pažnje.

Literatura:

J. Israelachvilli Intermolecular and Surface Forces, 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press, London, 1992

V. Žutić and V. Svetličić, (2000) Interfacial Processes. The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 5, Part D, Marine Chemistry, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2000, pp. 149-165

K. B. Lipkowitz and D. B. Boyd, (Eds): Reviews in Computational Chemistry, Indiana University-Purdue University at Indianapolis (IUPUI) Vol. 1- 17, 1990-2001.

S. Tomić, L. Nilsson and R.C. Wade: Nuclear Receptor-DNA Binding Specificity: A Combine and Free-Wilson QSAR Analysis, J. Med. Chem. 43 (2000)1780-1792

W. Andra and H. Nowak(Eds): Magnetism in Medicine, Wiley, VCH Verlag, Berlin 1998.

S. Supek, C. Aine, D. Ranken, E. Best, E. R. Flynn, C. C. Wood: Single vs paired visual stimulation: Superposition of early neuromagnetic responses and retinotopy in extrastriate cortex in humans, *Brain Research*, 830(1999) 4345

### **B. Udovičić: Energetika i ekologija ( 15 + 5 )**

Konvencionalni i alternativni energetske izvori. Ograničenost energetske izvora, procjena rezervi. Ekološki efekti pojedinih energetske izvora (ozonske rupe, topljenje ledenjaka, zdravlje živih bića) . Ekonomski faktori u energetici, ekonomičnost pojedinih energetske izvora. Tehnološki razvoj i energetika. Energetika u svijetu i energetika u Hrvatskoj. Trendovi budućeg razvoja energetike ( fuzija, vodik kao gorivo).

Literatura:

B.Udovičić, Energetika, Školska knjiga, 1992

V.Paar, Energetska kriza, Školska knjiga, Zagreb, 1984

### **V. Lopac: Uvod u teoriju determinističkog kaosa ( 15 + 5 )**

Cilj predmeta je upoznavanje studenta s pojmovima i problemima kojima se bave teorija kaosa i nelinearna fizika i sa značenjem teorije kaosa u kontekstu znanstvenih otkrića 20. stoljeća. Premet uvodi u neke metode kompjutorskih simulacija te pruža uvid u svestranost primjena ideja teorije kaosa.

Program sadrži: Temeljni pojmovi teorije kaosa i nelinearne fizike. Kaos u konzervativnim i disipativnim mehaničkim sustavima. Kaos u polju sile teže. Ostale primjene teorije kaosa. Kvantni kaos. Kompjuterske simulacije u teoriji kaosa. Povijesni i društveni aspekti teorije kaosa.

Literatura:

R. V. Jensen: Chaos, Encyclopedia of Modern Physics, Academic Press 1990, pp. 69- 96

H. J. Korsch, H. J. Jodl: Chaos, Springer 1999.

Odabrani članci iz znanstveno-nastavnih časopisa i zbornika.

### **S. Popović: Eksperimentalna fizika čvrstog stanja ( 15 + 5 )**

Otkriće rentgenskih zraka i utjecaj tog otkrića na razvoj prirodnih znanosti. Difrakcija rentgenskih zraka u kristalu: priroda rentgenskih zraka, prostorna periodičnost u kristalu. Interpretacija difrakcijske slike kristalne tvari: identifikacija tvari, fazna analiza, kristalna struktura, mikrostruktura, veličina ( nanometarskih) kristalita, defekti u kristalu, temperaturno rastezanje tvari, čvrste otopine, fazne pretvorbe, fazni dijagrami. Radikalna raspodjela elektronske gustoće u amorfnoj tvari. Metalna stakla. Suvremene metode istraživanja kristalnih tvari.

Sinkrotronsko zračenje: struktura proteina, vremensko razlučivanje dinamike kristalne rešetke. Važnost difrakcije u znanosti i tehnologiji.

Literatura:

B.K.Vainstein et al., Modern Crystallography, Springer, Berlin, 1995

R.Jenkins, R.L.Snyder, X-ray Diffractometry, Wiley, New York, 1996

S.Popović, Kristalografija, Tehnička enciklopedija, svezak 7,

Leksikografski zavod, Zagreb, 1980

C. Giacovazzo et al., Fundamentals of Crystallography, Oxford University Press, 1998

### **I. Picek: Odabrana poglavlja kozmičke fizike i fizike čestica ( 15 + 5 )**

Tradicionalno su fizika čestica i kozmologija nastupale prema realnosti na suprotan način: prva usredotočena na pronalaženje sve sitnijih sastavnica pri ispitivanju sve sitnijih detalja strukture materije, dok je kozmologija nastojala komadiće znanja složiti u mozaik razumijevanja svijeta kao cjeline. No danas postaje sve očitiji spoj moderne fizike čestica s kozmologijom i astrofizikom. Osobito je postignućem standardnog modela čestica i sila omogućeno razumijevanje povijesti svemira u prvim minutama njegovog postojanja. Zato je izučavanje spoja standardnog kozmološkog i standardnog čestičnog modela od izuzetne civilizacijske i edukacijske vrijednosti a ujedno olakšava i praćenje niza novih svemirskih projekata. Program je koncipiran u tri dijela.

Pogled s čestične strane: Temelji elementarnih čestica. Kvantno, relativističko i baždarno načelo. Temelji i dosezi akceleratorne fizike. Nastupanje neakceleratornih pokusa.

Pogled s kozmološke strane: Epohe ranog svemira. Od opažačke kozmologije do kozmoloških modela. Supranove i crne jame. Naznake nedostajuće(tamne) tvari u svemiru.

Kozmološko-čestični spoj: Barionska asimetrija svemira. Astrofizički i čestični kandidati tamne tvari. Fizika neutrina i wimp-čestica. Inflacijsko-antropijski svemir.

Literatura:

I.Picek, Elementarne čestice – iskrenje u svemiru tamne tvari, Školska knjiga, Zagreb, 1997

F.Close, Svemirska lukavica, Školska knjiga, Zagreb, 1997

J.Strnad, U prošlosti i budućnosti svemira, Školska knjiga, Zagreb, 1992

S.Weinberg, Subatomic Particles, Penguin Books, 1993

S.Weinberg, Prve tri minute, Izvori, Zagreb, 1998

I.Picek, Fizika elementarnih čestica, Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, HINUS, Zagreb, 1997

H.V.Klapdor-Kleingrothaus, A.Staudt, Teilchenphysik ohne Beschleuniger, Teubner, Stuttgart, 1995

E.W.Kolb, M.S.Turner, The Early Universe, Addison-Wesley, 1990

P.J.E.Peebles, Principles of Physical Cosmology, Princeton University Press, 1993

**Z. Bencetić Klaić i M. Orlić: Fizika atmosfere i mora ( 20 + 10 )**

Sustav atmosfera – more ( varijabilnost radijacijskog forsiranja, horizontalni gradijenti, konvekcija ). Svojstva fluida u stanju mirovanja ( jednadžba stanja, termodinamičke varijable, vodena tvar u atmosferi, sila gradijenta tlaka, sila teža, hidrostatička ravnoteža ). Fluid u gibanju ( jednadžba sačuvanja mase, jednadžba sačuvanja topline, jednadžba gibanja, Coriolisova sila, ljestvice gibanja ).

Svojstva mora i gibanje u moru – pregled. Mjerni instrumenti: *in situ* i daljinska istraživanja. Salinitet, temperatura, tlak, gustoća, vodene mase, miješanje, advekcija/konvekcija. Cirkulacija u morima i oceanima, geostrofičke struje, vjetrovne struje ( Ekmanova spirala ), termohaline struje. Vjetrovni valovi, tsunami, seši, inercijske oscilacije, Rossbyjevi valovi. Plima i oseka. Olujni uspori. Sezonske oscilacije.

Literatura:

J. R. Holton, An Introduction to Dynamic Meteorology, Academic Press Inc., San Diego, 1992

B.Cushman-Roisan, Introduction to Geophysical Fluid Dynamics, Prentice Hall, New Jersey, 1994

A . E. Gill, Atmosphere-Ocean Dynamics, Academic Press Inc., Boston, 1990

S. Pond, G. L. Picard, Introductory Dynamic Oceanography, Pergamon Press, Oxford, 1983

G. L. Picard, W. J. Emery, Descriptive Physical Oceanography, An Introduction, Pergamon Press, New York, 1990

**D. Babić: Fizika poluvodiča ( 15 + 5 )**

Temeljna svojstva poluvodiča: Fizika poluvodiča kao dio fizike čvrstog stanja. Sažetak o kvantnim stanjima u čistom i dopiranom poluvodiču. Usporedba s metalima, polumetalima i izolatorima. Statistika elektrona i šupljina. Elementarna saznanja o raspršenju nositelja naboja. Pregled transportnih i optičkih svojstava poluvodiča. Neravnoteža i rekombinacija. Vrste poluvodiča: elementarni poluvodiči, poluvodički spojevi, organski i amorfni poluvodiči, superrešetke.

Naznake o primjeni poluvodiča: Nehomogeni poluvodiči i pn-spoj. Tranzistor i diskretne poluvodičke komponente. Senzori i optoelektrički pribor. Ideja o monolitnoj integraciji i mikroprocesorima. Težnja što manjim dimenzijama mikroprocesora. Razvoj mnogo šireg područja mezoskopske fizike.

Literatura:

B.Sapoval, C.Hermann, Physics of Semiconductors, Springer, New York, 1995

K.Seeger, Semiconductor physics, Springer, Berlin, 1999

### **M. Stubičar: Struktura i svojstava materijala ( 15 + 5 )**

Osnove mjerenja u fizici. Makroskopske, mikroskopske i nanoskopske strukturne karakteristike materijala. Metode pripreme uzoraka za strukturna ispitivanja. Metode određivanja sastava, strukture i mikrostrukture materijala. Razarajuće i nerazarajuće metode ispitivanja. Statičke i dinamičke metode ispitivanja. Priprava uzoraka za karakterizaciju svojstava materijala. Mjerenje mehaničkih, termodinamičkih i elektronskih karakteristika materijala. Mjerenje karakteristika puzanja i zamora materijala. Ispitivanja u vakuumu i u različitim atmosferama. Ispitivanja pod visokim tlakovima. Ispitivanja na niskim i visokim temperaturama. Ispitivanja u jakim električnim i magnetskim poljima. Ispitivanje mehanizma i kinetike trošenja predmeta tijekom uporabe. Metode procjene vijeka trajanja predmeta. Obrada podataka mjerenja i pisanje zaključnih izvješća o rezultatima mjerenja. Izbor materijala za određenu primjenu.

Posjeti znanstveno-istraživačkim razvojnim institutima gdje će studenti moći detaljno upoznati postupke mjerenja na dostupnim suvremenim uređajima, te prema mogućnosti samostalno izvršiti određeno mjerenje na materijalu od njihovog interesa.

Literatura:

J.Wulff (ed.), The Structure and Properties of Materials, 3<sup>rd</sup> ed., Vol. 1: Structure; Vol. 2: Thermodynamics of Structure; Vol. 3: Mechanical Behavior; Vol. 4: Electronic Properties, Wiley, New York, 1967

W.F.Smith, Principles of Materials Science and Engineering, McGraw Hill, New York, 1986

D.C.Baird, Experimentation – An Introduction to Measurement Theory and Experiment Design, Prentice-Hall, New Jersey, 1979

W. D. Callister, Materials Science and Engineering, J. Wiley, New York, 2001, 2003

### **Đ. Miljanić: Odabrana poglavlja nuklearne fizike ( 15 + 5 )**

Svojstva atomskih jezgri: Masa i radijus jezgre. Energija veze. Spin. Ukupni moment vrtnje, parnost, isospin. Elektromagnetski momenti. Pobuđena stanja.

Sila među nukleonima: Raspršenje nukleona na nukleonu. Deuteron. Svojstva nuklearne sile.

Modeli jezgre: Model kapljice. Model ljusaka. Deformirane jezgre. Kolektivni model.

Radioaktivni raspad: Zakon radioaktivnog raspada. Prirodna radioaktivnost. Proizvodnja i raspad radioaktivnih jezgara.  $\alpha$ -,  $\beta$ - i  $\gamma$ -raspadi. Ostali raspad. Zakoni sačuvanja u raspadima.

Detekcija nuklearnog zračenja: Međudjelovanje zračenja i tvari. Plinski detektori. Scintilacijski i poluvodički detektori. Ostale vrste detektora.

Nuklearne reakcije: Rutherfordsko raspršenje. Elastično i neelastično raspršenje. Reakcije preko složene jezgre. Direktne reakcije. Teškoionske reakcije. Reakcije izazvane neutronima. Cijepanje jezgara. Reakcije spajanja. Nukleosinteza. Superteški elementi.

Nuklearni strojevi: Akceleratori. Fisijski reaktori. Prirodni reaktori. Fisijske elektrane. Fuzijska postrojenja. Nuklearno oružje.

Neke primjene nuklearne fizike: Radioaktivno datiranje. Akceleratorska masena spektrometrija. Analiza elemenata u tragovima. Dijagnostička i terapijska nuklearna medicina.

Literatura:

K.S. Krane, Introductory Nuclear Physics, Wiley, New York, 1987

N.A. Jelley, Fundamentals of Nuclear Physics, Cambridge University Press, Cambridge, 1990

J. Cerny, Nuclear Spectroscopy and Reactions, Academic Press, New York, 1974

G.E. Knoll, Radiation Detection and Measurement, Wiley, New York, 2000

J.P. Schiffer et al., Nuclear Physics - The Core of Matter, the Fuel of Stars, National Academy Press, Washington D.C., 1999

### **I. Kokanović: Odabrani pokusi iz fizike čvrstog stanja, praktikum ( 0 + 20 )**

Cilj je da student usvoji nužnu teorijsku pozadinu efekta koji se u pokusu istražuje, napravi potrebnu metodičku pripremu pokusa i izvede po vlastitom izboru pet od deset ponuđenih pokusa s detaljnom prezentacijom dobivenih rezultata u svakom pokusu.

Ponuđeni pokusi iz fizike čvrstog stanja: Elektronska difrakcija. Hallov efekt u n-poluvodičima. Hallov efekt u p-poluvodičima. Hallov efekt u metalima. Energijski procijep u poluvodičima. Elektronska vodljivost u poluvodičima. Magnetootpor. Wiedemann-Franzov zakon. Poluvodički termogenerator. Peltierova toplinska pumpa.

Literatura:

Z. Ogorelec, Praktikum iz fizike čvrstog stanja, I. dio, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 1985

University Laboratory Experiments Physics, PHYWE Series of Publications, PHYWE Systeme GmbH, Goettingen, 1990

C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, John Wiley & Sons, New York, 1996

### **S. Pašić: Odabrani pokusi iz nuklearne fizike, praktikum ( 0 +20 )**

Tijekom rada u praktikumu svaki student izvede četiri pokusa. Eksperimentalni uređaji sastoje se od detektora  $\gamma$  i X fotona (zračenja), pripadne elektronike, te osobnog kompjutera koji služi za prikazivanje podatka na monitoru u realnom vremenu, te njihovo pohranjivanje na čvrsti disk u obliku pogodnom za eventualnu daljnju obradu na računalu. Eksperimenti u nuklearnom praktikumu služe studentima kao primjer kako fizikalne događaje, nedostupne našim osjetilima, moderna aparatura pretvara u informaciju koju izravno opažamo. Studenti na primjeru mjerenja energije X i  $\gamma$  zračenja uočavaju važnost osnovnih fizikalnih pojava kao Comptonovog raspršenja ili fotoelektričnog efekta za razumjevanje rada detektora zračenja te njihovih karakteristika. U tu svrhu uspoređuju razliku o informaciji o energiji koju daju tradicionalni NaI i suvremeni Ge detektori pri mjerenju monoenergijskih fotona. Na praktikumu se bilježe i analiziraju spektri nastali prijelazima u atomskim jezgrama (gama fotoni) te elektronskom oblaku (karakteristično rentgensko zračenje). Time se studenti upoznaju s osnovama atomske i nuklearne spektroskopije. Također se proučava statistički karakter raspada jezgre višestruko mjereći broj događaja u nekom vremenskom intervalu. Statistički karakter prijelaza u atomu i jezgrama može se izravno opaziti i detektiranjem fotona iz slabog izvora (približno 1 foton/sekunda) Geiger-Müllerovim detektorom koji obavještava zvučnim odnosno svjetlosnim signalom da je detektiran foton.

Literatura:

K. Ilakovac, Nuklearni praktikum – upute i zadaci, Interna skripta, PMF  
W. R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments,  
Springer, Berlin, 1987

E.H. Wichmann, Kvantna fizika (Udžbenik Sveučilišta Berkeley),  
Tehnička knjiga, Zagreb, 1988

### **D. Veža: Odabrani pokusi iz atomske i molekulske fizike i fizike plazme, praktikum ( 0 + 20 )**

Emisijska spektroskopija izboja: demonstracija emisijskih spektara različitih svjetlosnih izvora, demonstriranje i analiza spektara halogene sijalice, Geisslerovih cijevi punjenih raznim plinovima, te niskotlačnih i visokotlačnih spektralnih svjetiljki s alkalijskim parama. Demonstracija i analiza spektara svjetlosnih dioda (LED) i poluvodičkog diodnog lasera. Apsorpcijska spektroskopija plinova i para: demonstracija apsorpcijskog spektra para molekula joda upotrebom halogene sijalice i svjetlosnih

dioda (LED). Demonstracija rada svjetlovoda upotrebom halogene sijalice, poluvodičkog lasera i LED dioda.

U pokusima se koriste praktikumski uređaji za emisijsku i apsorpcijsku spektroskopiju, ali i priručni uređaji koji se mogu napraviti u školskom laboratoriju.

Literatura:

A.P.Thorne, Spectrophysics, Chapman and Hall, London, 1988

A.Corney, Atomic and Laser Spectroscopy, Clarendon press, Oxford, 1977

### **B. Podobnik: Slučajni procesi ( 15 + 5 )**

Cilj predmeta je upoznati studente s primjenom metoda statističke fizike i statistike u obradi i modeliranju vremenskih serija slučajnih procesa od fiziologije do financija.

Slučajni kontinuirani i diskretni vremenski nizovi. Bijeli šum i Brownovo gibanje. Dinamika linearnih diferencijalnih jednadžbi. Stacionarni autoregresivni procesi, očekivanja i stacionarnost. Spektralna analiza. Populacijski spektar. Periodogram uzorka. Procjena populacijskog uzorka. Metode procjena populacijskih parametara. Veliki i mali uzorci. Primjena Monte Carlo eksperimenta. Uvod u opcije.

Literatura:

V. Šips, Uvod u statističku fiziku, Školska knjiga, Zagreb, 1990

S. I. Resnik, Adventures in Stochastic Problems, Birkhauser, Boston, 1992

### **N. Trinajstić, S. Nikolić: Odabrana poglavlja primjene fizike u kemiji ( 15 + 5 )**

Elementi kvantne fizike u primjeni na kemiju. Bohrov model atoma. Schrödingerova jednadžba. Heitler-Londonov model vodikove molekule. Aproksimativna rješavanja Schrödingerove jednadžbe za molekule – kvantna kemija. Metoda valentnih orbitala. Metoda molekulskih orbitala. Woodward-Hoffmannova pravila. Uporaba kompjutora u kvantnoj kemiji.

Literatura:

D.Grdenić, Molekule i kristali, Školska knjiga, Zagreb, 1989 (i novija izdanja)

P.W. Atkins, Physical Chemistry, Oxford University Press, 1998

N.Trinajstić, Molekularne orbitale u kemiji, Školska knjiga, Zagreb, 1974

L.Klasinc, Z.Maksić, N.Trinajstić, Simetrija molekula, Školska knjiga, Zagreb, 1979

### **T. Legović: Fizika i ekologija ( 15 + 5 )**

Veza između fizike i ekologije. Sadržaj proučavanja u ekologiji. Okoliš. Prirodni resursi. Borba za preživljavanje i Darwinov zakon evolucije. Prvi zakon rasta populacije – Malthusov zakon. Drugi zakon rasta populacije - Verhulstov zakon (logistička populacija). Rast populacije u reaktoru. Dinamika populacije u periodičkom (nehomogena logistička jednačba) i u slučajnom okolišu (Fokker-Planckova jednačba). Eksploatacija. Maksimalna i održiva eksploatacija u mirnom, periodičkom i slučajnom okolišu. Dinamika dviju populacija ( plijen-predator, parazitizam, kompeticija i kooperacija za isti izvor hrane). Volterrina teorija. Kompetitivna ekskluzija. Teorija epidemije i teorem praga. Kompliciraniji ekosustavi: hranidbeni lanci, ciklusi i mreže. Transport populacije difuzijom, advekcijom, ekstinkcijom, rastom i aktivnom invazijom u prostor. Primjeri primjene: 1) Jednačbe održanja gibanja i transport. Rekonstrukcija struja i koncentracija. Opći problem zagađenja i njegova rješenja. 2) Teoremi kaskade hranidbenih lanaca i budući sustav za održavanje života u interplanetarnom modulu. Posljedice na proizvodnju hrane na Zemlji. 3) Utjecaj globalnih promjena napreživljanje vrsta u Jadranskom moru.

Literatura:

L. Edelstein-Keshet, *Mathematical Models in Biology*, Random House, 1988

A. Okubo, *Diffusion and Ecological Problems: Mathematical Models*, Springer, 1980

### **M. Vrtar: Odabrana poglavlja medicinske fizike ( 15 + 5 )**

Izvori zračenja značajni za medicinsku praksu (radiološku dijagnostiku i radioterapiju), međudjelovanje zračenja i tvari, mjerenje ekspozicije, kvaliteta zračenja, apsorbirana doza i detektori. Dozimetrijski protokol. Osnove kliničke radioterapijske fizike. Uporaba radioizotopa u nuklearnoj medicini, gama kamera. Utjecaj zračenja na živu tvar i zaštita od zračenja. Principi tomografske rekonstrukcije slike: kompjutorizirana tomografija (CT), pozitronska emisijska tomografija (PET), jednofotonska emisijska tomografija (SPECT). Neinvazivne dijagnostičke metode: magnetska rezonancija (MR), osnove fizike ultrazvuka (UZ), termografija i primjena u medicini.

Literatura:

B.H.Brown, R.H.Smallwood, D.R.Hose, *Medical Physics and Biomedical Engineering*, Institute of Physics, Bristol, 1999

F.M.Khan, *The Physics of Radiation Therapy*, Williams and Wilkins, Baltimore, 1994

H.E.Johns, J.R.Cunningham, *The Physics of Radiology*, 4<sup>th</sup> ed., C.C.Thomas, Springfield, 1983

V.Paić, G.Paić, Osnove radijacijske dozimetrije i zaštite od zračenja, Liber, Zagreb, 1983

A.Šantić, Biomedicinska elektronika, Školska knjiga, Zagreb, 1995

#### **D. Bosnar: Odabrana poglavlja fizike srednjih energija ( 15 + 5 )**

Globalna svojstva jezgre. Stabilnost jezgre. Raspršenje na jezgri i nukleonu. Hadroni, kvarkovi, gluoni i jake interakcije. Fenomenologija slabih interakcija. Prolaz zračenja kroz tvar. Osnovne karakteristike detektora u eksperimentalnoj fizici srednjih energija. Uloga kompjutera u kontroli i evaluaciji eksperimenta.

Literatura:

B.Povh, K.Rith, C.Scholz, F.Zetsche, Particles and Nuclei: Introduction to the Physical Concepts, Springer, 1999

W.R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Experiments, Springer, 1987

G. F. Knoll, Radiation Detection and measurement, Wiley, 1999

#### **A. Rubčić: Kozmološka proširenja Newtonovih zakona ( 15 + 5 )**

Pregled poopćenja Newtonovih zakona gibanja i zakona gravitacije uvođenjem novih članova kao što su inercijska indukcija ovisna o brzini i akceleraciji. Pretpostavka o kozmičkom trenju (kočenju) kao fizikalna osnova ovih popravki. Zanemarivost popravki u zemaljskim uvjetima ali važnost u svemirskim okvirima, kao što je u tom sklopu nepromijenjenost 1. Newtonovog zakona za male udaljenosti, dok za velike udaljenosti brzina tijela ne ostaje konstantnom nego se smanjuje po eksponencijalnom zakonu. Analiza doprinosa i nova tumačenja na nizu fenomena vezanih za fiziku svemirskih pojava: zakon gibanja i gravitacije i fizikalni nedostaci na velikoj ljestvici, Machov princip i inercijska indukcija, proširenje Machovog principa, univerzalno međudjelovanje i kozmičko trenje, kozmičke implikacije, lokalna interakcija fotona s materijom, interakcija materije s materijom (izabrani kozmološki primjeri), izvangalaktički fenomeni, modeli svemira.

Literatura:

C. D. Murray, S. F. Dermott, Solar System Dynamics, Cambridge University Press, 1999

H. Arp, Seeding Red – Redshift, Cosmology and Academic Science, Apeiron, Montreal, 1998

A.K.T. Assis, Relational Mechanics, Apeiron, Montreal, 1999

A. Ghosh, Origin of Inertia, Apeiron, Montreal, 2000

M. Zeilik, J. Gaustad, Astronomy-Cosmic Perspective, Wiley, New York, 1990

### **V. Lopac: Odabrana poglavlja iz rada i energije ( 15 + 5 )**

Cilj predmeta jest razmotriti pojmove rada i energije te njihovih pretvorbi u raznim područjima fizike i njezinih primjena, s posebnim naglaskom na metodičke probleme koji se u obradi tih pojmova javljaju u nastavnom procesu. Program sadrži: Povijesni razvoj pojma energije. Energija i mjerne jedinice, Energija i rad u mehaničkim sustavima (jednočestičnima i višestestičnima). Zakon očuvanja energije. Predznak rada. Energija i masa. Prvi i drugi zakon termodinamike. Prijenos energije elektromagnetskim valovima. Energija u kvantnim sustavima. Metodički pristupi energiji u osnovnoškolskoj i srednjoškolskoj nastavi fizike. Oblici nastave: predavanja, konzultacije i seminarske vježbe.

Literatura:

R. Resnick, D. Halliday, K. S. Krane, Physics, John Wiley and Sons, 1992

T. A. Moore, Six Ideas that Shaped Physics, McGraw Hill, 1995

Odabrani članci iz znanstveno-nastavnih časopisa i zbornika

### **K. Furić: Odabrana poglavlja atomske i molekulske fizike ( 15 + 5 )**

Struktura višeelektronskih atoma i dvoatomskih molekula. Osnovna svojstva plazme. Born-Oppenheimerova aproksimacija, aproksimacija točkastih masa, harmonijska aproksimacija. Simetrija slobodnih molekula. Rotacije i vibracije dvoatomskih i višeatomskih molekula. Međudjelovanje atoma i molekula. Ionske, kovalentne, vodikove i Van der Waalsove veze. Model krute molekule. Spektroskopske metode i metode vremenskog razlučivanja.

Literatura:

L. Pauling, E.B. Wilson, Introduction to Quantum Mechanics, McGraw Hill, New York 1985

E.B. Wilson, J.C. Decius, P.C. Cross, Molecular Vibrations, Dover Publications, New York, 1980

G. Herzberg, Molecular Spectra and Molecular Structure, National Research Council of Canada, Toronto, 1996

### **S. Pallua, P. Prester: Teorija gravitacije i astrofizika ( 15 + 5 )**

Razmatra se teorija gravitacije (opća teorija) i njena primjena na astrofiziku i kozmologiju. Iznijet će se neke ideje istraživanja kvantne gravitacije te teorije koja bi ujedinila sve četiri osnovne sile u prirodi. Elementi opće teorije relativnosti. Razvoj zvijezda. Kauzalna struktura prostora i vremena. Kerrove nabijene crne rupe. Povezanost mehanike crnih rupa i termodinamike. Kozmologija (veliki prasak). Kvantna fizika i gravitacija. Hawkingovo zračenje. Moderni pokušaji traženja kvantne

teorije gravitacije i njezinog ujedinjenja u jedinstvenu teoriju za sve četiri sile u prirodi.

Literatura:

Ray d'Inverno, *Introducing Einstein's Relativity*, Clarendon Press, Oxford 2000

Lars Bergstron and Ariell Goobar, *Cosmology and particle physics*, John Wiley, New York, 1999

S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*, John Wiley, New York, 1972

P. Davies, *The edge of infinity*, Penguin Books, 1994

S. W. Hawking, *The illustrated brief history of time*, Bantam Books, 2001  
Znanstveno popularni članci iz časopisa *Scientific American*, *Physics Today*, itd.

#### **D. Sunko: Matematičke metode fizike ( 15 + 5 )**

Rekapitulacija matematičke analize ( derivacije, integrali, diferencijalne jednačbe, funkcije kompleksne varijable); osnove Fourierove analize; odgovor harmonijskog oscilatora kao primjer rješavanja diferencijalne jednačbe i primjene Fourierove analize.

Literatura:

E. Butkov, *Mathematical Physics*, Addison-Wesley, 1968

W. H. Press, B. P. Flannery, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, *Numerical Recipes in C*, Cambridge University Press, 1990 ( prihvaća se i verzija za Fortran)

#### **N. Pastuović: Odabrana poglavlja iz psihologije učenja ( 15 + 5 )**

Pojam učenja, obrazovanja, odgoja, edukacije, formalnog i neformalnog obrazovanja te iskustvenog učenja. Konceptija cjeloživotnog učenja/obrazovanja i odgoja te promjene u sposobnosti učenja ljudi tijekom života. Uloga učenja u razvoju fluidne i kristalizirane inteligencije te uloga inteligencije u učenju. Učenje vrijednosti, stavova i navika - učenje u odgoju. Uloga učenja i urođenih sklonosti u razvoju moralne svijesti. Učenje sadržaja različite transferne vrijednosti; učenje verbalnih informacija, intelektualnih vještina i kognitivnih strategija. Dobne razlike u procesiranju informacija i motivaciji za učenje. Zašto škola više obrazuje nego odgaja. "Svestrani razvoj ličnosti" – mit ili realnost. Moguće primjene spoznaja o učenju u razvoju obrazovanja - učenje i kurikulum.

Literatura:

N. Pastuović, *Osnove psihologije obrazovanja i odgoja*, Znamen, Zagreb, 1997

Z. Raboteg-Šarić, *Psihologija altruizma*, Alinea, Zagreb, 1995

V. Vizek Vidović, M. Rijavec, V. Vlahović Štetić, D. Miljković, *Psihologija obrazovanja*, IEP, d.o.o., VERN, d.o.o., Zagreb, 2003

M. Žužul, Agresivno ponašanje: psihologijska analiza, Radna zajednica Republičke konferencije Saveza socijalističke omladine Hrvatske, Zagreb, 1989

### **M. Matijević: Školski sustavi u Europi ( 15 + 5 )**

Pojmovna određenja: osnovna škola, obvezno školovanje, strukovno obrazovanje, ISCED. Pregled školskih sustava u zemljama EU. Osnovna škola u zemljama EU i zemljama kandidatima za članstvo u EU ( trajanje, obilježja nastavnih kurikuluma, didaktičke strategije, načini praćenja i ocjenjivanja, školska godina ). Mjesto nastave prirodnih znanosti u nastavnim kurikulumima. Strukovno obrazovanje, gimnazije i druge srednje škole ( ciljevi, nastavne strategije, nastavni kurikulumi ). Obrazovanje i usavršavanje učitelja i nastavnika za osnovnu školu, obvezno školovanje te srednje škole. Evaluacija: vanjska i unutarnja. Projekt PISA. Državna matura. Školski i pedagoški pluralizam. Alternativne škole.

Literatura :

M. Matijević, Osnovna škola u svijetu, Katehetski salezijanski centar, Zagreb, 1991

Školstvo u svijetu: Komparativna analiza, HPKZ, Zagreb, 1993

M. Matijević, Alternativne škole, Tipex, Zargeb, 2001

<http://www.eurydice.org/> ( The information network on Education in Europe )

### **Obrazloženje**

Poslijediplomski specijalistički studij iz *Nastave fizike* ustrojava se i izvodi kao redoviti studij za stjecanje akademskog stupnja *specijalista nastave fizike*, iz područja prirodnih znanosti, polje fizika, grana nastava fizike.

Cilj poslijediplomskog studija za stručno usavršavanje profesora je da se uz posjedovanje i podizanje kvalitetne razine znanja iz područja temeljne znanosti postigne osposobljenost za samostalno istraživanje i unapređenje nastave iz fizike. U tom kontekstu težište nastave je na **konceptualnim aspektima fizikalnih pojmova**.

Time se odgovara sve većim potrebama za stalnim usavršavanjem kvalitete nastavničkog kadra, razvoja novih obrazovnih metoda, afirmacija suvremenih programskih sadržaja na svim razinama školovanja, osposobljenost za prikupljanje suvremene građe, za sistematizaciju i selekciju znanja, prilagodbu znanja raznim kategorijama

učenika. Nakon završetka poslijediplomskog studija ti će se kadrovi baviti problemima nastave i učenja fizike kao primarnim interesom uz redoviti rad u nastavi.

Ovaj poslijediplomski studij je u prvom redu namijenjen profesorima fizike koji rade u školi koji će ga pohađati **uz obavljanje svojih redovnih nastavnih obaveza u školi.**

Dosad je za ovaj studij zanimanje osobno izrazio znatan broj profesora sa škola. To su ambiciozni i kvalitetni profesori, koji znaju opću fiziku, ali osjećaju potrebu **za dubljim konceptualnim razumijevanjem fizike, za dodatnim metodičkim obrazovanjem, za kontaktom s najsuvremenijim znanstvenim spoznajama, za sistematskim radom na fizikalnoj opremi u fizičkom praktikumu i na znanstvenoj opremi uz širu fizikalnu raspravu, te za dodatnim iskustvom u vezi primjene kompjutora u nastavi.** Budući da kandidati znaju opću fiziku, te da će poslijediplomsku nastavu polaziti uz redovite radne obaveze u školama, pretežno tijekom školskih praznika, te da imaju specifične osobne interese za produbljivanje znanja iz određenih područja, nastavni plan je strukturiran kao skup manjih predmeta koje predaju sveučilišni nastavnici sa znanjem i iskustvom iz svog područja i sa širom mogućnošću individualnog rada sa studentima. U svakom predmetu može se u okviru predviđene satnice dio nastave organizirati u obliku seminarskih radova, a po potrebi se i ispiti mogu održavati u obliku individualnih seminarskih radova.

Sukladno suvremenim nastavnim trendovima u svijetu, poslijediplomskim studentima se nudi širok izbor predmeta, u okviru postojeće kvalitete i profila nastavnika na Fizičkom odsjeku i Geofizičkom odsjeku, PMF, Zagreb, i ostalih suradnih institucija ( IRB, IF, Zagreb).

**Ovaj poslijediplomski studij ima karakter dodatnog obrazovanja uz rad što se ogleda u njegovoj prilagođenosti tipu cijeloživotnog obrazovanja. U tom okviru prikladnije je imati veći broj manjih predmeta uz širu mogućnost izbora, nego manji broj većih predmeta.** To također omogućuje da nastavnik uložiti više truda i vremena u pripremu svog predmeta, što je zahtjevan izazov. Također je prikladnije da u nastavi sudjeluje veći broj nastavnika, da se na studente prenese više različitih osobnih iskustava i dubljih konceptualnih sadržaja iz različitih područja bez opterećivanja tehničkim detaljima. Nadalje, prikladno je da nositelji predmeta budu nastavnici koji nastavu po pojedinim segmentima neposredno izvode te imaju konkretna iskustva na tim područjima .

Sličan koncept organizacije poslijediplomskog studija iz obrazovne fizike pokrenut je nedavno na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih znanosti i obrazovnih područja Sveučilišta u Splitu. Namjera je da Sveučilište u

Zagrebu pokriva područje sjeverne, a Sveučilište u Splitu područje južne Hrvatske. Naime, polaznici će u smislu postizanja obrazovne vertikale u prvom redu biti profesori fizike koji rade u školama i izražavaju interes za poslijediplomski studij koji mogu pohađati paralelno s obavljanjem svojih redovitih nastavnih dužnosti u školama i da u najvećoj mjeri nakon završetka poslijediplomskog studija nastave raditi u nastavi u školi. **Zato će se nastava održavati u blokovima tijekom školskih praznika i po potrebi uz konzultacije tijekom godine.** Iz tih razloga potrebna je prisutnost nastavnika tijekom godine, a ne samo tijekom predavanja. Zato je potrebna regionalna organizacija poslijediplomskog studija i poželjno je da se u prvom koraku pokrenu poslijediplomski studiji i u Zagrebu i u Splitu.

Sličan koncept organizacije poslijediplomskog studija iz edukacije na području prirodnih znanosti djeluje u nizu europskih država, kao na primjer na Sveučilištu u Ljubljani i na King's College u Londonu, koji vodi znanstvenom stupnju magistra znanosti i stupnju doktora znanosti (PhD).

Razlozi hitnji s uvođenjem ovog poslijediplomskog studija jest da u europskim zemljama takav studij postoji, te da će doprinjeti poboljšanju nastave u školi u Hrvatskoj. Također treba uvažiti to da i Ministar znanosti, obrazovanja i športa i Vlada Republike Hrvatske traže da u Hrvatskoj bude organiziran poslijediplomski studij za sve predmete nastavničkih smjerova.

### **Struktura nastavnog plana**

**Plan predviđa 180 sati nastave u prvoj godini i 160 sati nastave u drugoj godini, tako da je organizirana u manjim blokovima od po 20 sati. Predviđeno je da se nastava okvirno održava tijekom tri tjedna po semestru, u vrijeme kad nema nastave u školi.**

Obvezni broj predmeta po godinama je ovaj:

Prva godina: sedam predmeta i dva praktikuma;

Druga godina: šest predmeta i dva praktikuma.

Student ima velike mogućnosti izbora predmeta i kreiranja vlastitog nastavnog plana.

Od većeg broja izbornih predmeta Vijeće voditelja ovog studija i Vijeće voditelja poslijediplomskog studija iz fizike, PMF, Zagreb, može po svom nahođenju i mogućnostima te uzevši u obzir zanimanje studenata odrediti da se svake pojedine godine nude samo neki od izbornih predmeta iz nastavnog plana, s alterniranjem od godine do godine. U slučaju izraženog interesa manjeg broja studenata za pojedini izborni predmet može se nastava po pojedinim predmetima održavati kombinirano uz konzultacije i seminare s pojačanim individualnim radom sa studentima i uz održavanje studentskih seminara.

Uvjet za obranu specijalističkog rada je prethodno objavljeni stručni rad u nekom stručnom časopisu iz fizike (ili prihvaćen za tisak) kao i priopćenje na stručnom skupu o nastavi fizike. Tema rada određuje se u dogovoru mentora i kandidata. Teme se odnose na neki od znanstvenih i stručnih problema vezanih s nastavom fizike.

**Vijeće voditelja studija daje ocjenu je li podneseni rad pristupnika na razini, koja u okviru zakonskih okvira može odgovarati specijalističkom stupnju.** Takvim postupkom osigurava se da iza stupnja specijalista iz smjera Nastava fizike stoji visoka razina stručne kvalitete kandidata.

### **Opis zvanja:**

*Specijalist nastave fizike:*

- upoznat je i vlada znanjem iz područja obrazovanja i širokim temeljnim znanjima iz fizike,
- osposobljen je da znanja samostalno primjenjuje u istraživanjima i razvoju iz nastave fizike,
- stječe primjerena znanja iz obrazovanja tako da integrira fundamentalna znanja iz sadržaja fizike i psihološko-pedagoških sadržaja,
- osposobljen je za didaktičku preobrazbu znanja iz fizike,
- osposobljen je da znanstvene spoznaje iz edukacijskih znanosti primjenjuje u nastavnom procesu,
- provodi istraživanja u nastavi primjenom novih metoda i medija,
- osposobljen je za izradu nastavnih materijala i odgojno-obrazovnih programa, za razvijanje metoda i tehnika poučavanja i učenja, za razvoj i evaluaciju kurikuluma i za evaluaciju znanja,
- mentorskim radom s nadarenim učenicima razvija njihovu samostalnost i kreativnost te ih uvodi u stvaralački rad i edukacijska istraživanja.

### **Nositelj studija:**

Fizički odsjek i Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu ( u suradnji sa srodnim institucijama , IRB, IF ).

### **Trajanje studija:**

Studij za stjecanje stupnja specijalista iz nastave fizike traje dvije godine.

### **Ispitni rokovi**

Ispitni rokovi su podijeljeni na tri redovna roka (zimski, ljetni i jesenski) i dva izvanredna roka (po jedan termin u travnju i studenom).

Iz praktikuma se ne održavaju posebni ispiti, nego se ocjenjuju radovi studenata u praktikumu tijekom nastave i održavanja seminara. Također se po potrebi iz još nekih predmeta može kao ispit tretirati izrada i održavanje seminarskih radova na nastavi.

Osim toga, nastavnici mogu po potrebi dogovarati s pojedinačnim studentima i dodatne termine tijekom školskih praznika.

### **Uvjeti za upis na studij**

Studij mogu u pravilu upisati pristupnici koji su u Hrvatskoj završili sveučilišni dodiplomski jednopredmetni studij profesora fizike, ili dvopredmetni studij profesora fizike u kombinacijim s nekim drugim predmetom, s time da je prosječna ocjena u toku studija najmanje 3,5. Mogu se upisati i pristupnici koji su završili dodiplomski studij stručnog smjera fizike a nemaju potrebnu metodičko-psihološku spremu, uz uvjet polaganja diferencijalnih ispita iz predmeta psihološko-pedagoških sadržaja (do)diplomskih studija. Odluku o diferencijalnim predmetima donosi Vijeće Fizičkog odsjeka i Geofizičkog odsjeka. Pristupnici koji su završili (do)diplomski studij fizike (jednopredmetni ili dvopredmetni) izvan Hrvatske ili koji su diplomirali na nekom drugom studiju mogu se upisati na poslijediplomski studij ako to odobri Vijeće Fizičkog odsjeka i Geofizičkog odsjeka koje pritom određuje koje diferencijalne predmete pristupnik treba prethodno položiti .

### **Izvođenje nastave**

Nastava traje dvije godine. U drugoj godini izrađuje se specijalistički rad.

Nastavni program se sastoji iz obveznih i izbornih predmeta. Oblikuje se iz predmeta psihološko-pedagoških sadržaja i predmeta uže struke fizike, te iz njihovog preklapanja u metodici fizike. Student mora tijekom studija upisati određen broj obveznih predmeta i izbornih predmeta prema vlastitom izboru i u dogovoru s Voditeljem studija. Konkretnu ponudu izbornih predmeta u svakoj školskoj godini određuje Vijeće Fizičkog odsjeka i Geofizičkog odsjeka, na prijedlog Vijeća voditelja poslijediplomskog studija.

Nastava se po predmetima odvija putem predavanja, seminara, vježbi i konzultacija.

Svakom studentu Vijeće Fizičkog odsjeka i Geofizičkog odsjeka imenuje voditelja koji studentu savjetuje i pomaže u studiju i pri izboru izbornih predmeta.

Program se oblikuje za svakog studenta iz obveznih i izbornih predmeta. Vijeće voditelja određuje bodovnu vrijednost predmeta te broj potrebnih bodova za prijavu specijalističkog rada.

Ispiti se održavaju u dogovoru s nastavnikom, a mogu biti pismeni, usmeni i praktični ili u obliku samostalnih seminara na nastavi.

### **Uvjeti za stjecanje stupnja specijalista nastave fizike**

Uvjet za upis u narednu godinu jest testiranje prethodne godine. Testiranje godine obaviti će se ako student ima sve prve i druge potpise iz upisanih predmeta nastavnog programa. Uvjet za upis u drugu godinu studija je 35 bodova prema bodovnom sustavu sadržanom u Redu predavanja.

Završni rad na studiju je specijalistički rad, koji mora povezati rješenja složenijeg problema iz nastave fizike uz primjenu odgovarajućih postupaka u analizi i zaključivanju. Prijava teme specijalističkog rada uvjetovana je stjecanjem 55 bodova iz svih upisanih predmeta.

Nužan uvjet za prihvata teme specijalističkog rada je jedan objavljeni znanstveni rad u međunarodnom stručnom časopisu iz fizike ili nastave fizike. Nakon prihvata teme, predaje rada i prihvata ocjene rada od strane Vijeća Fizičkog odsjeka i Geofizičkog odsjeka pristupnik brani specijalistički rad pred povjerenstvom koji imenuje Vijeće Fizičkog odsjeka i Geofizičkog odsjeka.

Rok u kojemu treba obraniti specijalistički rad je pet godina od upisa na poslijediplomski studij. Iznimno se rok može produljiti odlukom Vijeća na molbu pristupnika.

### **Prostor i oprema**

S obzirom na uvjete maksimalan broj upisanih studenata po godini je 15 studenata.

U postojećim prostorima Fizičkog odsjeka i Geofizičkog odsjeka PMF, Zagreb, (predavaonice, vježbaonice, laboratoriji, praktikumi, informatički kabineti) može se osigurati uvjete za rad i realizaciju programa ovog poslijediplomskog studija. Također je planirana suradnja s drugim institucijama u području obrazovanja i sa znanstvenim institutima.