

Докторске студије

Студијски програм *Механика флуида*

Циљеви: Оспособљавање студента за развој и примену научних и стручних достигнућа из области механике и оспособљавање за креативан рад

Врста студија: Докторске академске студије

Исход процеса учења: Оспособљавање студента за даље усавршавање и самостални научни и стручни рад

Академски назив: Доктор математике

Услови за упис Завршене студије другог степена из области математике

Начин извођења 3 године у 6 семестара од по 15 седмица

Начин избора предмета из других студијских програма:

У оквиру овог студијског програма, студент може највише два изборна предмета заменити предметима са других студијских програма трећег степена који се изводе на Математичком факултету

Услови за прелазак са других студијских програма:

Студент треба да има одговарајући број положених испита који одговарају испитима из овог студијског програма, односно да оствари потребан број ЕСПБ бодова.

Листа А - обавезни предмети

	пред. веж.	мент. рад	ЕСПБ бодови	
Нелинеарна механика континуума	6	0	14	30
Диф геом са применама у механици	6	0	14	30
Виши курс механике вискозних флуида	6	0	14	30

Листа Б – изборни предмети, студент бира 2 предмета

Не-Њутнови флуиди	2	0	4	10
Нумеричке методе у механици флуида	2	0	4	10
Динамика гасова	2	0	4	10
Аеродинамика	2	0	4	10
Теорија граничног слоја	2	0	4	10
Турбулентна струјања	2	0	4	10
Примена компл функц у механици флуида	2	0	4	10
Термофлуиди	2	0	4	10
Простирање таласа у флуидима	2	0	4	10
Теорија мешавина флуида	2	0	4	10
Нумеричке методе оптимизације	2	0	4	10
Рачунарска графика	2	0	4	10
Магнето-хидродинамика	2	0	4	10
Предмети других студијских програма докторских студија (највише 2)				

Специјални курс – бира се у договору са ментором из области из које је дисертација

	2	0	6	10
Израда дисертације (у два семестра)	0	0	20	60

Садржај предмета

НЕЛИНЕАРНА МЕХАНИКА КОНТИНУУМА

Фонд 6+0+14

30 ЕСПБ бодова

Садржај:

Кинематика: Ојлеров и Лагранжов приступ, тензор деформације, теорема поларне декомпозиције, мере деформације, тензор брзине деформације. Закони баланса: Закон одржања количине кретања, момент количине кретања. Кошијев напон. Коњуговане мере напона и деформације: Снага, коњуговани напони, кратка дискусија о брзини промене напона. Конститутивне једанчине: Прости материјали, флуиди у односу на чврста тела. Принцип материјалне индиферентности. Еластична чврста тела, Вискозни флуиди. Принцип материјала са меморијом. Основе термодинамике континуума: баланс енергије, неједнакост ентропије. Утицај на конститутивне релације. Третирање ограничења, нестишљивост. Специфичне величине, дисипациони потенцијал. Изотермичка нелинеарна еластичност: Функција слободне енергије, примери који укључују Нео- Хуков материјал, Муни- Ривлин материјал. Реолошки модели: Примери попут Рајнер- Ривлиновог флуида, Бингамовог флуида. Решења која укључују чисто смицање. Коетово струјање. Теорије пластичности, површ тешења, очвршћавање, локализација течења. Елементарна решења која користе "slip-line" теорију. Пластичност коначних деформација, декомпозиција деформација, пластични тензор деформације као унутршња променљива (специфична) променљива. Монокристална пластичност. Теорије које укључују зависност од брзине.

Литература:

- P. Chadwick, Continuum Mechanics, Allen and Unwin (1976).
Zarka, J., J. Frelat, G. Inglebert, and P. Kasmal-Navidi (1988). A new approach in inelastic analysis of structures, Martinus Nijhoff Publishers.
S.C. Hunter, Mechanics of Continuous Media, Ellis Horwood (1976).
I-S, Liu, Continuum Mechanics, Springer (2002).
C. Truesdell, The Elements of Continuum Mechanics, Springer (reprinted 1985).
R.W. Ogden, Nonlinear Elastic Deformations, Dover (1997).
G.A. Holzapfel, Nonlinear Solid Mechanics, Wiley (2001).
V. Lubarda, Elastoplasticity Theory, CRC (2002).
J. Јарић. Механика континуума. Грађевинска књига (1988)
-

ДИФЕРЕНЦИЈАЛНА ГЕОМЕТРИЈА СА ПРИМЕНАМА У МЕХАНИЦИ

Фонд 6+0+14

30 ЕСПБ бодова

Садржај:

Овај курс је увод у диференцијалну геометрију кривих и површи у тродимензионом Еуклидском простору. Међу основним темама су: Прва и друга фундаментална форма, Гаусова и средња кривина, транслација, геодезијске линије, Гаус- Бонеова теорема, комплетне површи, минималне површи и Бернштајнова теорема. У оквиру њих биће покривене следеће области: Диференцијабилне многострукости: дефиниција и примери. Тангенцијални вектори. Глатка пресликавања и теорема о инверзној функцији. Диференцијалне форме, Стоксова теорема и Рамова кохомологија. Структурне групе, Повезаност и кривине. Риманова геометрија. Риманова метрика, повезаност Леви- Чивита. Геодезијске линије, експоненцијална пресликавања и Гаусова лема. Риманов тензор кривине, Ричијева и скаларна кривина. Хоџов и Лаплас- Белтрамијев оператор.

Литература:

- I. Chavel, Riemannian geometry--a modern introduction, Cambridge Tracts in Mathematics, 108. Cambridge University Press (1993).
- S. Gallot, D. Hulin, J. Lafontaine, Riemannian geometry, Universitext, Springer-Verlag, Berlin (2004).
- V. Guillemin, A. Pollack, Differential topology, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. (1974).
- J. Jost, Riemannian geometry and geometric analysis, Universitext, Springer-Verlag, Berlin (2005)
- F.W. Warner, Foundations of differentiable manifolds and Lie groups, Graduate Texts in Mathematics, 94. Springer-Verlag, New York-Berlin (1983)
- V. Dragovic, D. Milinkovic, Analysis on manifolds. Applications in geometry, mechanics and topology (in Serbian), Mathematical faculty, Belgrade 2003
- N. Bokan, N. Blažić, Uvod u diferencijalnu geometriju, Mat. fak. i Vesta, Beograd, 1996.
- P. Стојановић. Увод у диференцијалну геометрију.

ВИШИ КУРС МЕХАНИКЕ ВИСКОЗНИХ ФЛУИДА

Фонд 6+0+14

30 ЕСПБ бодова

Садржај:

Једначине кретања за вискозне флуиде, количина кретања и трансфер енергије, опште особине и тачна и апроксимативна решења Навије-Стоксових једначина.

Литература:

- White, F. Viscous Fluid Flow. McGraw-Hill, 1991. ISBN:0-07-069712-4.
- Cebeci, T., and P. Bradshaw. Momentum Transfer in Boundary Layers. McGraw-Hill, 1977. ISBN:0-07-010300-3.
- Schlichting, H et al. Boundary Layer Theory, 8th Ed. Springer Verlag, 1999. ISBN: 3540662707.
- Rosenhead, L. Laminar Boundary Layers. Dover Publications, 1988. ISBN:0-486-65646-2.
- Bradshaw, Cebeci, and Whitelaw. Engineering Calculation Methods for Turbulent Flow. Academic Press, 1981. ASIN:0121245500.
- Kuethe, A. and C-Y. Chow. Foundations of Aerodynamics, 4th Ed. John Wiley & Sons, 1986. ASIN:0471509531
- .В. Ђорђевић. Динамика једнодимензијских струјања флуида
-

НЕ-ЊУТНОВИ ФЛУИДИ

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Овај курс има за циљ проучавање механичког понашања комплексних флуида. Покрива основне реолошке и структурне мере и тумачење података о комплексним флуидима, са посебним нагласком на полимерне растворе, колоидне системе и површинске системе. Тачније, биће проучавана динамика не-Њутнових флуида у проблемима од практичног значаја са одговарајућим конститутивним релацијама за вискозне не-Њутнове флуиде. Комплексни флуиди су велика група материјала који имају микроструктуру која је много мања од макроскопских димензија, али је много већа од величине молекула.

Литература:

Rheology: Principles, Measurements, and Applications by Christopher Macosko

Larson R; The Structure and Rheology of Complex Fluids

Tanner R.I.; Engineering Rheology

Bird, Stewart, Lightfoot; Transport phenomena

Wilkinson; Non-Newtonian fluids

Evans, Wennerstrom; The colloidal domain

Bird, R.B., Armstrong R.C., Hassager O.; Dynamics of Polymeric Liquids. Volume 1. Fluid Mechanics and Volume 2. Kinetic Theory

НУМЕРИЧКЕ МЕТОДЕ У МЕХАНИЦИ ФЛУИДА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Преглед рачунских метода за решавање парцијалних диференцијалних једначина у динамици флуида. Дискретизације: коначним разликама, коначним елементима и спектралном методом. Навије-Стоксове једначине. Однос између временски тачне и метода релаксације. Имплицитне и експлицитне методе комбиноване са раздвајањем флукса и просторном факторизацијом. Тачности и стабилности нумеричких метода. Теме укључују експлицитне и имплицитне методе диференцирања по времену, централне, *upwind* и карактеристичне технике диференцирања у простору, класичну релаксацију, мултигрид методе и *splitting/factoring* методе. Нумеричко решавање Навије-Стоксових једначина при малим вредностима Рејнолдсовог броја. Time-Stepping: експлицитне, имплицитне, *multistep*, *splitting*, *symplectic* методе. Решавање великих система линеарних једначина: густе солвери, структурисане матрице, итеративне методе: мултигрид, коњуговани градијенти, *GMRES*, ретке директне методе, решавање проблема сопствених вредности, псеудоспектралне методе. Методе за решавање хиперболичких система једначина, попут Ојлерових једначина за компресибилне флуиде. Представљање површи: *spline curves*, *diffuse interface method*, методе које укључују индикатор функције у запремини флуида, скупови нивоа. Метода граничних интеграла/елемената. Брза *multipol* метода, Латис-Болцманове и сличне методе.

Литература:

Boyd, J.P. Chebyshev and Fourier Spectral Methods Dover. (2000)

Acton, F.S. Numerical Methods That Work Mathematical Association of America. (1990)

LeVeque, R.J. Numerical Methods for Conservation Laws Birkhauser-Verlag. (1992)

Saad, Y. Iterative Methods for Sparse Linear Systems PWS. (1996)

Barrett, R. et al. Templates for the Solution of Linear Systems: Building Blocks for Iterative Methods SIAM. (1994)

Iserles, A. A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations CUP. (1996)

ДИНАМИКА ГАСОВА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Увод, једначина одржања, преглед термодинамике и релације изентропског струјања, стационарно изентропско струјање са променом површине, струјање кроз млазнице, отворе и ваздушне тунеле, нормални удари, удари под углом, Прандтл-Мајерове релације, струјање на излазу из млазница, покретни удари, почетни проблеми, нестабилност отвора, ефекат трења, Фано линија, ефекат преноса топлоте, Рејлијева линија, преглед основа механике флуида и термодинамике, једначине одржања, преглед термодинамике, стишљивост, једнодимензиона струјања, једначине једнодимензионог струјања, нестационарно кретање таласа, релације нормалног удара, Хугониова једначина, довођење топлоте, трење. Дводимензионо струјање, удари под углом, појединачни удари, Прандтл-Мајерови експанзиони таласи, теорија о експанзији приликом удара, квази-једнодимензионо струјање, линеарна теорија, линеаризована брзина, потенцијална једначина, линеаризовани коефицијент притиска, корекције стишљивости, критични Махов број, нумеричке методе оптимизације, метода карактеристика, МакКормакова метода, апсорпција удара и прилагођавање удара. *time-marching for blunt body problems*, *time-marching* за дводимензионе проблеме струјања у млазницама, трансонично струјање, трансонична сличност.

Литература:

Anderson; Fundamentals of Aerodynamics

Kuethe, Chow; Foundations of Aerodynamics

Houghton, Carpenter; Aerodynamics for Engineering Students

Anderson J. D.; Modern Compressible Flow, Third Edition, McGraw Hill, 2002.

АЕРОДИНАМИКА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Овај курс покрива основе аеродинамике. Биће обрађена димензионална анализа, статика флуида, идеална струјања, Бернулијева једначина. Примена принципа динамике флуида на струјања преко аеродинамичких профила и струјање у граничном слоју. Потенцијално струјање, Ојлерове и Навије-Стоксове једначине, нестишљиво струјање око аеродинамичких профила, нестишљиво струјање око крила коначних димензија, ефекти стишљивости, подзвучно стишљиво струјање око аеродинамичког профила, надзвучно струјање, вискозно струјање, ламинарни и турбулентни гранични слојеви, нестационарна аеродинамика

Литература:

Textbook: Anderson, J.D., Fundamentals of Aerodynamics, 3rd Edition, McGraw Hill, 2001.

Munson, Young and Okiishi; Fundamentals of Fluid Mechanics, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc, 2002.

J.D. Anderson; Fundamentals of Aerodynamics, 3rd Edition, McGraw-Hill Companies. 2001.

Houghton E.L., Carpenter and P.W. ; Aerodynamics for Engineering Students, 5th Edition, Butterworth-Heinemann, 2003.

ТЕОРИЈА ГРАНИЧНОГ СЛОЈА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Основни концепти и основне једначине, решења за Њутнове флуиде, ламинарни гранични слојеви: стабилност и транзиција, турбулентни слојеви. Интегрални метод решавања једначина граничног слоја. Контрола граничног слоја. Основи струјања флуида мале вискозности. Феноменолошки опис граничних слојева. Гранични слојеви код ламинарног струјања. Извођење једначина граничног слоја за стационарна струјања константне густине. Тачна решења једначина граничног слоја. Интегрални метод Кармана и Полхаузена. Турбулентни гранични слојеви. Увод у теорију турбулентних струјања. Рејнолдсове осредњене Стоксове једначине. Турбулентне једначине транспорта за Рејнолдсове напоне. Апроксимације граничног слоја. Струјање у близини крутог зида. Турбулентни модели. Термални гранични слојеви код ламинарног струјања. Термални гранични слојеви са природном конвекцијом. Термални гранични слојеви код природних струјања. Увођење Навије-Стоксове једначине и апроксимирање граничног слоја за нестишљиво струјање, упознавање са теоријом граничног слоја и основама механике флуида, упознавање са математичким апаратом потребним за елементарна израчунавања у случају ламинарних и турбулентних параметара граничног слоја (што је посебно значајно у ваздухопловству).

Литература:

H. Schlichting, Boundary Layer Theory, McGraw Hill (1979).

ТУРБУЛЕНТНА СТРУЈАЊА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Физичке основе турбуленције, димензиона анализа, основне једначине турбулентног преноса количине кретања и топлоте и њихов динамички значај. Карактеристике турбулентних зидних и слободних смичућих слојева, разматрања статистике и вероватноће примењене на турбуленцију и експерименталне методе за проучавање струјања флуида. Једначине преноса количине кретања и енергије. Турбуленција: настајање, дисипација и закони скалирања. Рејнолдсове осредњене једначине за пренос количине кретања и енергије. Приступ са једноставним границама за ограничено и неограничено турбулентно струјање. Примена на струјање у млазницама, цевима и каналима, гранични слојеви, Тејлорова дисперзија. Увод у проблеме са сложенијим границама, укључујући K -епсилон и статистичке методе за турбуленцију. Увод, димензионална анализа, порекло турбуленције, дифузност турбуленције, скале димензија у турбулентним струјањима, Рејнолдсова једначина, елементи кинетичке теорије гасова, процена Рејнолдсовог напона, кинетичка енергија турбулентног струјања, динамика вртлога, смичуће струјање. Вероватноћа и статистика, особине просторне повезаности, Тејлорова хипотеза замрзнутог поља, интегрална временска скала, спектрална густина снаге, интерпретација спектра, Фуријеова трансформација, функција спектралне густине, линеарни системи и филтери, аутокорељација.

Литература:

H. Tennekes, J.L. Lumley; Text Book: A First Course in Turbulence, MIT Press, 1972.

J.O. Hinze, Turbulence, McGraw Hill (1975).

H. Tennekes, J.L. Lumley, A First Course in Turbulence, MIT Press (1981).

В. Борђевић. Динамика једнодимензијских струјања флуида

ПРИМЕНА КОМПЛЕКСНИХ ФУНКЦИЈА У МЕХАНИЦИ ФЛУИДА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Циљ овог курса је увод у теорију и примене комплексних променљивих и комплексних функција. Први део се односи на основе математичке теорије, а други део на примену у механици флуида. Комплексне променљиве и примене, комплексна диференцијација, Коши-Риманове једначине, Кошијева интегрална формула, Тејлоров и Лоранов развој, теорија остатака, контурна интеграција укључујући делове контуре, примена Жорданове леме, Интегрални Фуријеове и Лапласове трансформације, конформно пресликавање.

Литература:

M.J. Ablowitz, A.S. Fokas; Complex Variables, Introduction and Applications, Cambridge University Press, 2nd ed. 2003

ТЕРМОФЛУИДИ

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

У овом предмету проучаваћете понашање флуида под деловањем температурног оптерећења. Течности, гасови и пара. Термодинамика и механика флуида. Први и други закон термодинамике, ентропија, технике замрзавања и особине и природа чистих супстанци. Течење флуида и континуалност, Количина кретања у флуидима. Статичке и динамичке сила на граници. Ламинарно и турбулентно струјање. Стабилност судова. Извођење Навије-Стоксових једначина, тачна решења за нека једноставна струјања, методе суперпозиције за неадхезивна струјања, третман теорије граничног слоја, динамика гасова, увод у турбуленцију и кинетичку теорију, примена принципа механике флуида и термодинамике на испитивање опреме или система, лабораторијска процена, развој концепата и примена апаратуре за обраду података за пумпе, компресоре, вентилаторе, млазнице, пригушнице и ценоводе.

Литература:

Rogers GFC and Mayhew YR, Thermodynamic & Transport Properties of Fluids, S I Units, Basil Blackwell, 6th ed.

Rogers GFC and Mayhew YR, 1980. Engineering Thermodynamics, Work & Heat Transfer, Longman, 3rd ed.

Eastop TD and McConkey A. Applied Thermodynamics, Longman.

Van Wylen CJ and Sonntag RE. Fundamentals of Classical Thermodynamics, Wiley.

Burghardt WD and Harbach JA. Engineering Thermodynamics with Applications, Harper & Row.

ПРОСТИРАЊЕ ТАЛАСА У ФЛУИДИМА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Овај курс обрађује линеаризовану теорију таласних појава у примењеној механици. Примери су изабрани из области еластичности, акустике, геофизике, хидродинамике итд. Теме су следеће: основни концепти, једнодимензиони примери, карактеристике, дисперзија и групна брзина, расипање, пренос и рефлексија, дводимензиона рефлексија и рефракција на површи, конверзија мода у еластичним таласима, дифракција и параболичка апроксимација, радијација линијског извора, површински Рејлијеви таласи и Лавови таласи у еластичним срединама, таласи на површини мора и унутрашњи таласи у затвореном флуиду, таласи у покретним срединама, таласи узроковани кретањем брода, атмосферски таласи иза препреке, таласи кроз слојевиту средину итд.

Литература:

Landau, LD and Lifschitz, EM. Fluid Mechanics. Butterworth-Heinemann. [Chapter 8]

Crighton, DG et al. Modern Methods in Analytical Acoustics. Springer.

Colton, D & Kress R. Inverse Acoustic and Electromagnetic Scattering Theory. Springer.

J. Lighthill, Waves in Fluids, Cambridge U.P., 1978.

F. S. Crawford, Berkeley Physics Course, Vol. 3: Waves, McGraw-Hill, 1968.

I. Tolstoy, Wave Propagation, McGraw-Hill, 1973.

ТЕОРИЈА МЕШАВИНА ФЛУИДА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Једначина баланса за мешавине, кретања и мере деформација у теорији мешавина, конститутивне релације и материјална објективност, изотропне и анизотропне мешавине, мешавина еластичног чврстог тела са флуидом, порозни материјали за акустичку апсорпцију звука и изолацију, хемијске реакције, фазни прелази и Нернстов закон, дифузија и простирање таласа у мешавинама флуида, мешавине идеалних гасова, први закон термодинамике за затворен систем, унутрашња енергија, запремински рад, резервоари енергије, специфични топлотни капацитети гасова и везе међу њима, мешавине гаса и паре, влажан ваздух, влажност, енталпија, Молијеови дијаграми за влажан ваздух, основни процеси у мешавинама гаса и паре.

Литература:

I. M. Abdulagatov , V. A. Rabinovich , V. I. Dvoryanchikov . Thermodynamic Properties of Fluids and Fluid Mixtures, 1999

НУМЕРИЧКЕ МЕТОДЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Минимизација без ограничења функција једне променљиве и више променљивих. Решење проблема минимизација са ограничењима трансформацијом у проблеме Минимизације без ограничења. Методе казних (*Penalty*) функција. Директно решавање ограничених проблема минимизације. Вишепараметарска оптимизација и вишепараметарска комбинатора оптимизација коришћењем генетских алгоритама, вишепараметарски еволуциони алгоритми, стохастички (e.g. random walk, simulated annealing, *Monte Carlo & tabu*), Линеарно програмирање, Нелинерано програмирање *Gradient Based/Hill Climbing* – применљиво на глатке диференцијабилне функције, *Simplex Based* – нелинеарне и дисконтинуалне функције. Секвенцијална оптимизација, Тежински циљеви, Ограничена оптимизација. Глобални критеријуми који минимизирају удаљеност од идеалног вектора, циљно програмирање које минимизира одступање од циљног ограничења. Теорија игара. Динамичко програмирање.

Литература:

- P. E. Gill, W. Murray, M. H. Wright; Practical Optimization, Academic Press.
- Jorge Nocedal, Stephen J. Wright; Numerical Optimization, Springer Verlag.
- D. Bertsekas; Nonlinear Programming, Athena Scientific.
- J. Zarka, P. Navidi. Intelligent Optimal Design of Materials and Structures

РАЧУНАРСКА ГРАФИКА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Класичне и напредне методе визуелне анализе података у научној примени, визуелна анализа података добијених нумерички, експериментално и аналитички, укључујући: градијенте, екстракцију функције. Линеарна геометрија (тачке праве, равни и њихове репрезентације), Крива (део-по-део параметарска репрезентација), Површи (део-по-део параметарска репрезентација), Криве и површи дефинисане профињавањем (класификација, конструисање и анализа). Интерпретација и анализа комплексних аналитичких израза и великог скупа података добијених експериментално или компјутерском симулацијом. Визуелно квантификовање мултидимензионих физичких особина као што су сопствене вредности и сопствени вектори са glyphs. Примена принципа графичке прецизности на сложене идеје примењене на велике скупове података или комплексне аналитичке функције - јасно, прецизно и ефикасно. Израда коначног пројекта у добро организованом и дизајнираном визуелном формату користећи мултимедијални или мрежни софтвер.

Литература:

Computational Geometry : An Introduction by Franco P. Preparata and Michael I. Shamos
Geometry, Morphology, and Computational Imaging by Tetsuo Asano
Computational Geometry and Computer Graphics in C++ by Michael J. Laszlo

МАГНЕТОХИДРОДИНАМИКА

Фонд 2+0+4

10 ЕСПБ бодова

Садржај:

Увод у законе кретања флуида у проводљивим срединама и основе теорије турбуленције, модерна МагнетоХидроДинамичка (МХД) теорија турбуленције. Сматра се да је турбуленција последњи нерешени проблем класичне физике. МХД теорија турбуленције или турбуленција намагнетисаног проводљивог флуида, фузионе машине, унутрашњост Земље и других небеских тела. Теорија МХД турбуленције као теорија фундаменталних особина градивне материје звезда. МХД турбуленција као област која се веома интензивно истражује, мотивисана брзим напретком астрофизичких посматрања, изградом фузионок ректора ИТЕР и нумеричких симулација високе резолуције. Димензионална теорија турбуленције Колмогорова из 1941. године. Пасивна адвекција скаларног поља. Мере турбуленције и функције корелације, спектри. МХД једначине. Лагранжова МХД, закони одржања. МХД таласи. Димензионалне теорије МХД турбуленције у присуству магнетног поља. Генерисање магнетних флукуација на малим скалама турбуленцијом. Увод у кинетичку теорију турбуленције плазме.

Литература:

L. D. Landau and E. M. Lifschitz, Course of Theoretical Physics, vol. 6: Fluid Mechanics (Butterworth-Heinemann, 1995), 33-34.

P. A. Davidson, Turbulence -- An Introduction for Scientists and Engineers (OUP, 2004).

P. A. Davidson, An Introduction to Magnetohydrodynamics (CUP, 2001).

S. Molokov, R. Moreau, and H. K. Moffatt, Magnetohydrodynamics: Historical Evolution and Trends, Eds. (Springer, 2006) <http://www.damtp.cam.ac.uk/user/as629/mhdbook.pdf>