

DOKTORANTŪROS STUDIJŲ DALYKO SANDAS

Dalyko pavadinimas	Mokslo kryptis (šaka) kodas	Fakultetas/Institutas	Padalinys
Atsitiktiniai vyksmai	Fizika 02P	Teorinės fizikos ir astronomijos institutas	Vyksmų ir sandarų teorijos skyrius
Studijų būdas	Kreditų skaičius (ECTS)	Studijų būdas	Kreditų skaičius (ECTS)
Paskaitos	1,5	Konsultacijos	1,5
Individualus	3	Seminarai	3

Dalyko anotacija:

Atsitiktiniai įvykiai. Atsitiktiniai įvykiai ir veiksmai su atsitiktiniais įvykiais. Tikimybių teorijos aksiomų sistema. Sąlyginė tikimybė. Bayes'o teorema. Nepriklausomi įvykiai.

Atsitiktiniai dydžiai. Atsitiktinio dydžio sąvoka. Pasiskirstymo funkcija. Diskretiniai ir tolydieji atsitiktiniai dydžiai. Atsitiktinių dydžių funkcijos. Daugiamačiai atsitiktiniai dydžiai. Sąlyginiai pasiskirstymai. Nepriklausomi atsitiktiniai dydžiai. Charakteringosios ir generuojančiosios funkcijos. Charakteringųjų funkcijų savybės. Nepriklausomų atsitiktinių dydžių sumos charakteringoji funkcija. Pasiskirstymo funkcijos radimas pagal charakteringąją funkciją. Daugiamačio dydžio charakteringoji funkcija. Stieltjes'o integralas. Markovo grandinės. Homogeninės Markovo grandinės. Šuolių matrica. Ergodinė teorema.

Atsitiktiniai vyksmai. Atsitiktinių vyksmų sąvoka. Markovo vyksmai ir nepriklausomų pokyčių vyksmai. Puasono vyksmai. Nepriklausomų pokyčių normalieji vyksmai. Nusistovėję vyksmai. Koreliacinės funkcijos. Periodogramos. Spektriniai tankiai. Lanževano lygtis. Brauno judėjimas.

Triukšmai ir fliktuacijos. Baltasis, šratinis, šiluminis ir kiti triukšmai. Triukšmų modeliavimas kompiuteriu. Ilgos atminties vyksmai. $1/f$ triukšmo problema.

Spektrinių linijų kontūrai. Natūralusis linijos plotis. Doplerio išplitimas. Smūginis ir statistinis linijos plotis.

Furjė analizė. Vyksmo galingumo spektrinis tankis. Relaksacijų trukmė ir jos atsiskleidimas koreliacijose ir galingumo spektruose. Bangelių (wavelet) metodas.

Taškiniai vyksmai. Jų pavyzdžiai ir apibendrinimai.. Taškinių vyksmų teorija ir modeliai.

Stochastinis integralas. Apibrėžimai. Pavyzdžiai. Ito stochastinio integralo savybės. Stratonovičiaus integralas.

Stochastinės diferencialinės lygtys. Ito stochastinė diferencialinė lygtis. Stratonovičiaus stochastinė diferencialinė lygtis. Stochastinių diferencialinių lygčių ryšys su Fokerio ir Planko lygtimi. Tiesinės stochastinės diferencialinės lygtys. Stochastinių diferencialinių lygčių sprendiniai kaip difuziniai Markovo procesai. Stochastinių diferencialinių lygčių skaitinis sprendimas. Sprendimo pavyzdžiai. Lanževano lygtis.

Fokerio ir Planko lygtis. Fokerio ir Planko lygties sprendimas. Atvirkštinė Fokerio ir Planko lygtis. Nusistovėjusieji sprendiniai. Detalusis balansas. Jo pasekmės. Tikrinių funkcijų metodas. Homogeniniai vyksmai. Pavyzdžiai. Artutiniai difuzinių lygčių sprendimo metodai.

$1/f$ fliktuacijų ir triukšmų modeliai. Plataus relaksacijos laikų spektro (McWhorter) modelis. Fraktalinis Brauno judėjimas. Taškiniai vyksmai. Brauno judėjimas laiko ašyje. $1/f$ triukšmas, sąlygotas signalo impulsų klasterizacijos. Netiesinės stochastinės diferencialinės lygtys generuojančios $1/f$ fluktuacijas. Triukšmai ir fliktuacijos kietuose kūnuose, lazerinėse

sistemose, elektroniniuose prietaisuose. Fliktuacijos kaip bandinių diagnostikos priemonė.

Pagrindinė literatūra:

1. W. Feller, An Introduction to Probability Theory and Its applications (V. I, II, rus., T.2 M. Mir, 1984).
2. K. Jakobs, Stochastic processes for physics, Cambridge Univ. Press, 2010.
3. V. Mackevičius, Introduction to Stochastic Analysis. Integral and Differential Equations, Wiley, 2011.
4. C. W. Gardiner, Handbook of Stochastic Methods for Physics, Chemistry and Natural Sciences (Berlin: Springer, 1983; rus. M. Mir, 1986; Third Ed., 2004).
5. H. Risken, The Fokker-Planck Equation. Methods of Solution and Applications (Berlin: Springer, 1996).
6. M. Lax, W. Cai and M. Xu, Random processes in physics and finance, Oxford Univ. Press 2006.
7. Sh. Kogan, Electronic Noise and Fluctuations in Solids, Cambridge University Press, 2008.
8. H. L. Hartnagel, R. Katilius, A. Matulionis, Microwave Noise in Semiconductor Devices, John Wiley & Sons, New York, 2001.
9. S. B. Lowen and M. C. Teich, Fractal-based point processes, Hoboken, Wiley, 2005.
10. S. S. Stepanov, Stochastic World, Springer, 2013.

Papildoma literatūra

11. J. Kubilius, Tikimybių teorija ir matematinė statistika, 1993.
12. M. Fišas, Tikimybių teorija ir matematinė statistika, V. Mintis, 1968.
13. M. P. Priestley, Spectral Estimation and Time Series (San Diego: Academic press, 1989).
14. С.Л.Марпл-мл., Цифровой спектральный анализ и его положения (М."Мир",1990).
15. Probabilty and Random Walks (str. ciklas), Am. J. Phys., v. **67**, No 12, p.1216-1278 (Dec. 1999).
16. M. Li and W. Zhao, On 1/f noise (Review), Math. Prob. Engineering ID 673648 (2012).
17. R. Mahnke, J. Kaupuzs and I. Lubashevsky, Physics of Stochastic Processes. How Randomness Acts in Time, Wiley, 2009.

Konsultuojančiųjų dėstytojų vardas, pavardė	Mokslo laipsnis	Pedag. vardas	Svarbiausieji darbai mokslo kryptyje (šakoje) paskelbti per pastaruosius 5 metus
Bronislovas Kaulakys	Habil.dr.	Prof.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kaulakys B., Alaburda M. and Ruseckas J. Modeling of long-range memory processes with inverse cubic distributions by the nonlinear stochastic differential equations, J. Stat. Mech. 2016, P054035 (2016). 2. Ruseckas J., Kazakevičius R. and Kaulakys B. 1/f noise from point process and time-subordinated Langevin equations. J. Stat. Mech. 2016, P054022 (2016). 3. Ruseckas J, Kazakevičius R. and Kaulakys B. Coupled nonlinear stochastic differential equations generating arbitrary distributed observable with 1/f noise, J. Stat. Mech. 2016, P043209 (2016). 4. Kaulakys B., Alaburda M. and Ruseckas J.

			<p>1/f noise from the nonlinear transformations of the variables, Mod. Phys. Lett. B 29, 1550223 (2015).</p> <p>5. Ruseckas J. and Kaulakys B. Scaling properties of signals as origin of 1/f noise, J. Stat. Mech. 2014, P06005 (2014).</p> <p>6. Ruseckas J. and Kaulakys B. Intermittency in relation with 1/f noise and stochastic differential equations, Chaos 23, 023102 (2013).</p> <p>7. Ruseckas J., Gontis V. and Kaulakys B. Nonextensive statistical mechanics distributions and dynamics of financial observables from the nonlinear stochastic differential equations, Advances in Complex Systems 15 (1) 1250073 (2012).</p>
			<p>8. Kaulakys B., Gontis V. and Alaburda M. Point process model of 1/f noise vs a sum of Lorentzians, Phys. Rev. E 71 (5) 051105 (2005).</p> <p>9. Kaulakys B. and Alaburda M. Modeling scaled processes and $1/f^\beta$ noise using nonlinear stochastic differential equations, J. Stat. Mech. P02051 (2009).</p>
			<p>10. Ruseckas J. and Kaulakys B. 1/f noise from nonlinear stochastic differential equations, Phys. Rev. E 81 031105 (2010).</p> <p>11. Ruseckas J. and Kaulakys B. Tsallis distributions and 1/f noise from nonlinear stochastic differential equations, Phys. Rev. E 84, 051125 (2011).</p> <p>12. Ruseckas J., Kaulakys B. and Gontis V. Herding model and 1/f noise, EPL 96, 60007 (2011).</p>

Patvirtinta Fizikos mokslų krypties doktorantūros komitete 2017 m. vasario mėn. 21 d.,
protokolo Nr. 108

Komiteto pirmininkas S. Juršėnas