

PROPOSTA DE DISCIPLINA DE TÓPICOS DE FÍSICA ATÔMICA E MOLECULAR

Professora: Wania Wolff

Semestre: 2023/2

Disciplina: TÓPICOS DE FÍSICA ATÔMICA, MOLECULAR E ÓPTICA – A (FIW 722/822)

EMENTA: Neste curso apresentamos as técnicas experimentais necessárias na espectrometria de massas de tempo de voo e de em ultra-alto vácuo. As técnicas de ultra-vácuo necessárias para a espectrometria de moléculas em fase gasosa e de filmes finos condensados de líquidos sublimados serão apresentadas. Neste contexto sensores de vácuo, detetores de vazamento, RGA e as bombas necessárias para geração e controle do ultra alto – vácuo serão detalhadas. A eletrônica de detecção e tratamento de sinais pertinentes às técnicas de espectrometria de massas, da transformada de fourier do infravermelho, e do microscopia de reacao serão estudadas, O tratamento particular para geração de alvos gasosos e condensados será apresentado. Espectros de tempo de voo e de quadrupolo de moléculas de interesse químico, biológico e astroquímico serão analisados por diferentes ferramentas. A formação de fragmentos de clusters das moléculas evidenciada em espectros de massa será discutida. As possíveis estruturas iônicas dos fragmentos serão discutidas

- Introdução às técnicas de vácuo
- Produção de feixes de elétrons pulsados
- Introdução a detectores multiplicadores de elétrons
- Introdução à eletrônica e detecção de sinais NIM
- Experimentos na fase gasosa e condensada sob incidência de elétrons
- Introdução à técnica de espectrometria de massa e transformada de fourier do infravermelho
- Softwares de controle, detecção e análise de dados, como LabView, MCDWin, ORIGIN
- Análise de espectros de massa de moléculas orgânicas

Métodos de avaliação: discussão de artigos, análise de dados e relatórios sobre os tópicos

Literatura:

Sharad Medhe, Mass Spectrometry: Detectors Review, Chemical and Biomolecular Engineering vol. 3, 51-58, 2018.

Manuais de módulos de processamento de sinais

Jürgen H Gross, Mass spectrometry: a textbook

J. Ullrich et al, 2003, Rep. Prog. Phys., 66, 1463

Giammarco Nalin, A review on Cold Target Recoil-ion momentum spectroscopy and references
R.D. Ramsier and J.T. Yates, Jr., Electron-stimulated desorption: principles and applications, Surface Science Reports vol. 12, 246-378, 1991. Theophile(Theo) Theophanides, Introduction to Infrared spectroscopy

J. F. O'Hanlon, A User's Guide to Vacuum Technology, Wiley 2003.

Nagamitsu Yoshimura, Vacuum Technology, Springer 2008.

Manuais de módulos de processamento de sinais

Ementa

Física de neutrinos, raios cósmicos e astropartículas com multimensageiros

formalmente Tópicos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia A

(FIW 728/828), proposta para 2023/2

Prof. João R. T. de Mello Neto

Instituto de Física - UFRJ

1 Introdução

Pretendemos abordar neste curso a física de astropartículas com ênfase nos tópicos de física estudados nos experimentos Observatório Pierre Auger, Deep Underground Neutrino Detector (DUNE) e Giant Radio Array for Neutrino Detection (GRAND). Trataremos tanto de física de neutrino de aceleradores, neutrinos de altíssima energias quanto de neutrinos astrofísicos, de raios cósmicos de altíssimas energias e matéria escura. O curso consistirá de discussão de artigos recentes sobre os vários temas, provavelmente precedidos de pequenos artigos de revisão do assunto em pauta ou de capítulos de referências básicas. Como exemplo de artigos de revisão gerais teremos [Ell+19; Cli19; Her20; Bau18]. Pretendemos discutir publicações recentes relacionadas ao experimento DUNE [Abi+20c; Abi+20a; Abi+20d; Abi+20b; Abi+18a; Abi+18b; Abi+18b] - incluindo artigos sobre matéria escura [BCZ15; Ber+20; Aga+14] - como um exemplo de experimento de física neutrino em aceleradores. Artigos referentes ao GRAND [Ack+19b;

[Ack+19a; Álv+20; Alv+19; GKO22] serão discutidos como um estudo de caso de experimento de raios cósmicos de altíssimas energias, multimessageiros e raios cósmicos. Artigos relacionados ao experimento Pierre Auger também serão discutidos [Mat+20; Bar20; Bit+19].

Finalmente discutiremos artigos recentes de medidas de neutrinos de altas energias em geral [SS21] e do IceCube, como por exemplo [Col+23; Hal22].

Como referências de suporte de física básica utilizaremos Neutrino Physics, Kai Zuber, 2020 [Zub20], The State of the Art of Neutrino Physics, Antonio Ereditato, 2018 [Ere18] e Probing Particle Physics With Neutrino Telescopes, Carlos de los Heros, 2020 [De 19] que fazem uma revisão bastante atual e acessível ao assunto. Também usaremos como referência básica um livro recente que faz revisão da física de raios cósmicos Cosmic Rays and Particle Physics, Thomas Gaisser, Ralph Engel e Elisa Resconi, 2016 [GER16]. E finalmente, como referência mais geral de física de neutrinos utilizaremos Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics, Carlo Giunti, Carlo e Chung W. Kim, 2007 [GK07].

É claro que apenas um subconjunto das referências citadas será discutido no curso levando-se em conta o interesse dos participantes.

A avaliação levará em conta participação em sala e seminários. Estamos propondo um curso no formato híbrido de modo que pesquisadores do exterior possam ocasionalmente participar de discussões com a turma.

2 Tópicos

- Física básica de raios cósmicos.
- Detecção de raios cósmicos e neutrinos de altíssimas energias por meio de ondas eletromagnéticas.
- Raios cósmicos de altíssimas energias;
- Fontes de raios cósmicos de altíssimas energias;
- Propriedades dos neutrinos;
- Massas dos neutrinos e física além do modelo padrão ;
- Procura direta das massas dos neutrinos;
- Oscilação de neutrinos;
- Neutrinos atmosféricos;
- Neutrinos solares;

- Neutrinos de supernovas;
- Neutrinos cósmicos de ultra-alta energia;
- Neutrinos em cosmologia;
- Neutrinos e matéria escura.

3 Bibliografia

- [Abi+18a] B. Abi et al. “The DUNE Far Detector Interim Design Report Volume 1: Physics, Technology and Strategies”. In: (July 2018). arXiv: [1807.10334](https://arxiv.org/abs/1807.10334) [[physics.ins-det](https://arxiv.org/archive/physics)].
- [Abi+18b] B. Abi et al. “The DUNE Far Detector Interim Design Report, Volume 3: Dual-Phase Module”. In: (July 2018). arXiv: [1807.10340](https://arxiv.org/abs/1807.10340) [[physics.ins-det](https://arxiv.org/archive/physics)].
- [Abi+20a] Babak Abi et al. “Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report, Volume I Introduction to DUNE”. In: *JINST* 15.08 (2020), T08008. DOI: [10.1088/1748-0221/15/08/T08008](https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/08/T08008). arXiv: [2002.02967](https://arxiv.org/abs/2002.02967) [[physics.ins-det](https://arxiv.org/archive/physics)].
- [Abi+20b] Babak Abi et al. “Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report, Volume II DUNE Physics”. In: (Feb. 2020). arXiv: [2002.03005](https://arxiv.org/abs/2002.03005) [[hep-ex](https://arxiv.org/archive/hep)].
- [Abi+20c] Babak Abi et al. “Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report, Volume III DUNE Far Detector Technical Coordination”. In: *JINST* 15.08 (2020), T08009. DOI: [10.1088/1748-0221/15/08/T08009](https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/08/T08009). arXiv: [2002.03008](https://arxiv.org/abs/2002.03008) [[physics.ins-det](https://arxiv.org/archive/physics)].
- [Abi+20d] Babak Abi et al. “Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report, Volume IV Far Detector Single-phase Technology”. In: *JINST* 15.08 (2020), T08010. DOI: [10.1088/1748-0221/15/08/T08010](https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/08/T08010). arXiv: [2002.03010](https://arxiv.org/abs/2002.03010) [[physics.ins-det](https://arxiv.org/archive/physics)].
- [Ack+19a] Markus Ackermann et al. “Astrophysics Uniquely Enabled by Observations of High-Energy Cosmic Neutrinos”. In: *Bull. Am. Astron. Soc.* 51 (2019), p. 185. arXiv: [1903.04334](https://arxiv.org/abs/1903.04334) [[astro-ph.HE](https://arxiv.org/archive/astro-ph)].
- [Ack+19b] Markus Ackermann et al. “Fundamental Physics with High-Energy Cosmic Neutrinos”. In: *Bull. Am. Astron. Soc.* 51 (2019), p. 215. arXiv: [1903.04333](https://arxiv.org/abs/1903.04333) [[astro-ph.HE](https://arxiv.org/archive/astro-ph)].

- [Aga+14] Kaustubh Agashe, Yanou Cui, Lina Necib, and Jesse Thaler. “(In)direct detection of boosted dark matter”. In: *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2014.10 (Oct. 2014), pp. 062–062. ISSN: 1475-7516. DOI: [10.1088/1475-7516/2014/10/062](https://doi.org/10.1088/1475-7516/2014/10/062). URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1475-7516/2014/10/062>.
- [Alv+19] Rafael Alves Batista, Rogerio M. de Almeida, Bruno Lago, and Kumiko Kotera. “Cosmogenic photon and neutrino fluxes in the Auger era”. In: *JCAP* 01 (2019), p. 002. DOI: [10.1088/1475-7516/2019/01/002](https://doi.org/10.1088/1475-7516/2019/01/002). arXiv: [1806.10879](https://arxiv.org/abs/1806.10879) [astro-ph.HE].
- [Álv+20] Jaime Álvarez-Muñiz et al. “The Giant Radio Array for Neutrino Detection (GRAND): Science and Design”. In: *Sci. China Phys. Mech. Astron.* 63.1 (2020), p. 219501. DOI: [10.1007/s11433-018-9385-7](https://doi.org/10.1007/s11433-018-9385-7). arXiv: [1810.09994](https://arxiv.org/abs/1810.09994) [astro-ph.HE].
- [Bar20] A. Barbano. “Search for correlations of high-energy neutrinos and ultra-high energy cosmic rays”. In: *PoS ICRC2019* (2020), p. 842. DOI: [10.22323/1.358.0842](https://doi.org/10.22323/1.358.0842). arXiv: [2001.09057](https://arxiv.org/abs/2001.09057) [astro-ph.HE].
- [Bau18] Laura Baudis. “The Search for Dark Matter”. In: (Jan. 2018). DOI: [10.1017/S1062798717000783](https://doi.org/10.1017/S1062798717000783). arXiv: [1801.08128](https://arxiv.org/abs/1801.08128) [astro-ph.CO].
- [BCZ15] Joshua Berger, Yanou Cui, and Yue Zhao. “Detecting boosted dark matter from the Sun with large volume neutrino detectors”. In: *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2015.02 (Feb. 2015), pp. 005–005. DOI: [10.1088/1475-7516/2015/02/005](https://doi.org/10.1088/1475-7516/2015/02/005). URL: <https://doi.org/10.1088/1475-7516/2015/02/005>.
- [Ber+20] Joshua Berger, Yanou Cui, Mathew Graham, Lina Necib, Gianluca Petrillo, Dane Stocks, Yun-Tse Tsai, and Yue Zhao. *Prospects for Detecting Boosted Dark Matter in DUNE through Hadronic Interactions*. 2020. arXiv: [1912.05558](https://arxiv.org/abs/1912.05558) [hep-ph].
- [Bit+19] J. Biteau, T. Bister, L. Caccianiga, O. Deligny, A. di Matteo, T. Fujii, D. Harari, K. Kawata, et al. “Covering the celestial sphere at ultra-high energies: Full-sky cosmic-ray maps beyond the ankle and the flux suppression”. In: *EPJ Web of Conferences* 210 (2019). Ed. by I. Lhenry-Yvon, J. Biteau, O. Deligny, and P.Editors Ghia, p. 01005. ISSN: 2100-014X. DOI: [10.1051/epjconf/201921001005](https://doi.org/10.1051/epjconf/201921001005). URL: <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201921001005>.
- [Cli19] James M. Cline. “TASI Lectures on Early Universe Cosmology: Inflation, Baryogenesis and Dark Matter”. In: *PoS TASI2018* (2019), p. 001. arXiv: [1807.08749](https://arxiv.org/abs/1807.08749) [hep-ph].

- [Col+23] IceCube Collaboration*†, R Abbasi, M Ackermann, J Adams, JA Aguilar, M Ahlers, M Ahrens, JM Alameddine, et al. “Observation of high-energy neutrinos from the Galactic plane”. In: *Science* 380.6652 (2023), pp. 1338–1343.
- [De 19] C.P. De Los Heros. *Probing Particle Physics With Neutrino Telescopes*. World Scientific Publishing Company, 2019. ISBN: 9789813275034. URL: <https://books.google.com.br/books?id=AMPKDwAAQBAJ>.
- [Ell+19] Richard Keith Ellis et al. “Physics Briefing Book: Input for the European Strategy for Particle Physics Update 2020”. In: (Oct. 2019). arXiv: [1910.11775 \[hep-ex\]](https://arxiv.org/abs/1910.11775).
- [Ere18] Antonio Ereditato, ed. *The State of the Art of Neutrino Physics*. World Scientific, 2018. ISBN: 978-981-322-608-1. DOI: [10.1142/10600](https://doi.org/10.1142/10600).
- [GER16] Thomas K. Gaisser, Ralph Engel, and Elisa Resconi. *Cosmic Rays and Particle Physics: 2nd Edition*. Cambridge University Press, June 2016. ISBN: 978-0-521-01646-9.
- [GK07] Carlo Giunti and Chung W. Kim. *Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics*. Apr. 2007. ISBN: 978-0-19-850871-7.
- [GKO22] Claire Guépin, Kumiko Kotera, and Foteini Oikonomou. “High-energy neutrino transients and the future of multi-messenger astronomy”. In: *Nature Rev. Phys.* 4.11 (2022), pp. 697–712. DOI: [10.1038/s42254-022-00504-9](https://doi.org/10.1038/s42254-022-00504-9). arXiv: [2207.12205 \[astro-ph.HE\]](https://arxiv.org/abs/2207.12205).
- [Hal22] Francis Halzen. “The observation of high-energy neutrinos from the cosmos: Lessons learned for multimessenger astronomy”. In: *International Journal of Modern Physics D* 31.03 (2022), p. 2230003.
- [Her20] Carlos Pérez de los Heros. *Status of direct and indirect dark matter searches*. 2020. arXiv: [2001.06193 \[astro-ph.HE\]](https://arxiv.org/abs/2001.06193).
- [Mat+20] A. di Matteo et al. “Full-sky searches for anisotropies in UHECR arrival directions with the Pierre Auger Observatory and the Telescope Array”. In: *PoS ICRC2019* (2020), p. 439. DOI: [10.22323/1.358.0439](https://doi.org/10.22323/1.358.0439). arXiv: [2001.01864 \[astro-ph.HE\]](https://arxiv.org/abs/2001.01864).
- [SS21] Francisco Salesa Greus and Agustin Sanchez Losa. “Multimessenger Astronomy with Neutrinos”. In: *Universe* 7.11 (2021), p. 397.
- [Zub20] Kai Zuber. *Neutrino physics*. 3rd ed. CRC Press, 2020.

PROPOSTA DE DISCIPLINA DE TÓPICOS

PROFESSOR: Edgardo Brigatti

SEMESTRE: 2023/2

DISCIPLINA: Tópicos de Física Teórica B (FIW739/839), *Física dos Sistemas Complexos*

CARGA HORÁRIA: 4 horas/semana.

EMENTA:

A) Base teórica

1) Introdução: o que é um sistema complexo

2) Entropia, complexidade e teoria da informação

- Entropia na física estatística e na teoria da informação
- Entropia de n-blocos
- Teorema de Shannon-McMillan-Breiman
- Jogo de Shannon
- Complexidade Algorítmica
- Medidas de complexidade estrutural
- Entropia de excesso
- Complexidade estatística

3) Invariância de escala e Leis de potência

- Dilatações
- Invariância de escala para funções: leis de potência
- Invariância de escala para distribuições: o Teorema do Limite Central e o teorema de Lévy-Khinchin
- Distribuições estáveis: distribuições de Gauss e de Lévy
- Invariância de escala e processos estocásticos: caminhantes aleatórios
- Invariância de escala para leis físicas: grupo de renormalização, criticalidade e universalidade em percolação.

4) Redes

- Redes sociais
- Mundo pequeno e clustering
- Grafos aleatórios: o modelo de Erdős-Rényi
- Modelo de Watts-Strogatz
- Redes sem escala
- Modelo de Barabási-Albert

B) Aplicações

1) Difusão e formação de padrões na biologia

- Difusão: passeio aleatório, movimento Browniano, voos de Lévy
- Formação de padrões
- Modelagem discreta (modelos baseados em agentes) e contínua

2) Fenômenos críticos e sistemas fora do equilíbrio: movimentos coletivos na biologia e dinâmicas de opiniões

- Elementos de teoria dos fenômenos críticos
- Movimentos coletivos em sistemas biológicos
- Abordagem físico-estatística às dinâmicas sociais: dinâmicas de opiniões e da linguagem

PRÉ-REQUISITOS: a disciplina não tem pré-requisitos para alunos de Pós-Graduação. Poderá ser aberta a alunos nos últimos períodos da graduação que já cursaram Termodinâmica e Física Estatística.

MÉTODO DE AVALIAÇÃO: Seminários apresentados pelos estudantes, produção de simples códigos, trabalhos individuais.

BIBLIOGRAFIA:

- N. Boccara: Modeling Complex Systems, Springer, 2010.
- N. G. Van Kampen, Stochastic processes in Physics and Chemistry, Elsevier, 1992.
- G. Nicolis, Introduction to nonlinear science, Cambridge University Press, 1995.
- J.D. Murray, Mathematical Biology, Springer, 1989.
- N. Gilbert, Agent-Based Models, SAGE Publications, 2008.
- J.M. Jeomans, Statistical Mechanics of Phase Transitions, Oxford Science Publications, 1992.
- M.E. J. Newman, The Structure and Function of Complex Networks, SIAM Review 45, 167, 2003.
- T. Vicsek, A. Zafeiris, Collective motion, Physics Reports, 517, 71, 2012.
- C. Castellano, S. Fortunato and V. Loreto, Statistical physics of social dynamics, Rev. Mod. Phys., 81 591-646, 2009.