**Список тем рефератов для зачета в осеннем семестре**

Требования к рефератам:

1. Объем – не менее 5 страниц шрифтом 12 pt с одиночным интервалом без учета объема, занимаемого титульной страницей, рисунками и списком литературы.
2. Оригинальность по отчету системы Антиплагиат – не менее 95%.
3. Соответствие текста реферата его теме и полнота раскрытия темы.
4. Нормальное оформление реферата (титульная страница, разделы, список литературы).
5. Отсутствие некорректных заимствований.

**Темы**

1. **Монохроматоры мягкого рентгеновского диапазона на основе VLS-решеток скользящего падения**

Рекомендуемая литература:

* M. C. Hettrick and J. H. Underwood, “Varied-space grazing incidence gratings in high resolution scanning spectrometers,” *AIP Conf. Proc*. **147**, 237–245 (1986).
* Е.Н. Рагозин и др. “Спектрометры для мягкого рентгеновского диапазона на основе апериодических отражательных решеток и их применение,” *УФН*, **191** (5), 522–542 (2021)
* A. Kolesnikov, E. Vishnyakov, A. Shatokhin, and E. Ragozin, “Conception of a single-component broadband high-resolution plane-VLS-grating monochromator,” *Applied Optics*, **61** (17), 5334-5340 (2022).

1. **Периодические и апериодические многослойные рентгенооптические элементы нормального падения и их применение.**

Рекомендуемая литература:

* А.С. Пирожков, Е.Н. Рагозин. “Апериодические многослойные структуры в оптике мягкого рентгеновского излучения.” УФН **185** (11) 1203–1214 (2015). DOI: 10.3367/UFNr.0185.201511d.1203
* D.L. Windt and E.M. Gullikson. "Pd/B4C/Y multilayer coatings for extreme ultraviolet applications near 10 nm wavelength." *Applied optics* **54(**18), 5850-5860 (2015)
* A.N. Shatokhin, A.O. Kolesnikov, P.V. Sasorov, E.A. Vishnyakov, and E.N. Ragozin. “High-resolution stigmatic spectrograph for a wavelength range of 12.5–30 nm,” *Optics Express* **26** (15) 19009 (2018)

1. **Спектрографы на основе VLS-решеток скользящего падения, предназначенные для разложения в спектр излучения в области *λ*<300 Å.**

Рекомендуемая литература:

* Toshiaki Kita, Tatsuo Harada, N. Nakano, and H. Kuroda. “Mechanically ruled aberration-corrected concave gratings for a flat-field grazing-incidence spectrograph,” *Applied Optics* **22** (4) 512–513 (1983)
* Е.Н. Рагозин и др. “Спектрометры для мягкого рентгеновского диапазона на основе апериодических отражательных решеток и их применение,” УФН, **191** (5), 522–542 (2021) DOI: 10.3367/UFNr.2020.06.038799

1. **Рефлектометры мягкого рентгеновского диапазона, в том числе для оптики, применяемой в рентгенолитографии**

* Gullikson E.M., Underwood J.H., Batson P.C., Nikitin V. “A Soft X-Ray/EUV Reflectometer Based on a Laser Produced Plasma Source.” *J. X-Ray Sci. Technol*. **3**, 283 – 299 (1992).
* Mrowka S., Underwood J.H., Gullikson E., Batson P. “A laser produced plasma based reflectometer for EUV metrology.” *Proc. SPIE* **3997** 819–822 (2000).
* van Loyen L., Böttgera T., Brauna S. et al. “New Laboratory EUV Reflectometer for Large Optics using a Laser Plasma Source.” *Proc. SPIE* **5038**, 12–21(2003)
* Windt D.L., Waskiewicz W.K.; “Soft X-Ray Reflectometry of Multilayer Coatings Using a Laser-Plasma Source”, *Proc. SPIE* **1547**, 144 – 158 (1991).
* Starke K., Blaschke H., Jensen L., Nevas S., Ristau D., Lebert R., Wies C., Bayer A., Barkusky F., Mann K.; “Novel Compact Spectrophotometer for EUV-Optics Characterization”, *Proc. SPIE* **6317**, 631701 (2006).

1. **Периодические и апериодические многослойные рентгенооптические элементы скользящего падения и их применение. Зеркала Гёбеля**

Рекомендуемая литература:

* А.С. Пирожков, Е.Н. Рагозин. “Апериодические многослойные структуры в оптике мягкого рентгеновского излучения.” УФН **185** (11) 1203–1214 (2015). DOI: 10.3367/UFNr.0185.201511d.1203
* F. Senf et al. “Highly efficient blazed grating with multilayer coating for tender X-ray energies,” *Optics Express* **24** (12) 13220 (2016). DOI:10.1364/OE.24.013220
* M. Schuster, H. Göbel, L. Brugemann, et al. “Laterally Graded Multilayer Optics for X-Ray Analysis,” *Proc. SPIE* **3767**, 183-198 (1999)

1. **Использование рефракции для фокусировки рентгеновского излучения**

Рекомендуемая литература:

* Snigirev, A., Kohn, V., Snigireva, I., Lengeler, B., “A compound refractive lens for focusing high-energy X-rays,” *Nature* (London) 384, 49 (1996); https://doi.org/10.1038/384049a0
* В.В. Аристов, Л.Г. Шабельников. “Современные достижения рентгеновской оптики преломления,” *УФН* **178** (1), 61 (2008)
* C. Huang, …, Y.I. Dudchik. “Imaging properties of a spherical compound refractive x-ray lens,” *Proc. SPIE* **7360**, 736006 (2009); doi: 10.1117/12.820574

1. **Релятивистская геодезия**

Рекомендуемая литература:

* Exploring potential applications of optical lattice clocks in a plate subduction zone, https://link.springer.com/10.1007/s00190-021-01548-y
* Test of general relativity by a pair of transportable optical lattice clocks, <http://dx.doi.org/10.1038/s41566-020-0619-8>
* Geodesy and metrology with a transportable optical clock, http://dx.doi.org/10.1038/s41567-017-0042-3

1. **Использование оптических часов для поиска новой физики**

Рекомендуемая литература:

* M. S. Safronova, Search for new physics with atoms and molecules, https://doi.org/10.1103/RevModPhys.90.025008

1. **Основные источники погрешности в оптических часах на одиночных ионах и нейтральных атомах**

Рекомендуемая литература:

* Andrew D. Ludlow, Optical atomic clocks, https://doi.org/10.1103/RevModPhys.87.637

1. **Датчики температуры на центрах окраски в алмазах**

Рекомендуемая литература:

* Alkahtani, M., Cojocaru, I., Liu, X., Herzig, T., Meijer, J., Küpper, J., Lühmann, T., Akimov, A. V. A. V., & Hemmer, P. R. P. R. (2018). Tin-vacancy in diamonds for luminescent thermometry. *Applied Physics Letters*, 112(24), 241902. https://doi.org/10.1063/1.5037053
* Blakley, S., Liu, X., Fedotov, I., Cojocaru, I., Vincent, C., Alkahtani, M., Becker, J., Kieschnick, M., Lühman, T., Meijer, J., Hemmer, P., Akimov, A., Scully, M., & Zheltikov, A. (2019). Fiber-Optic Quantum Thermometry with Germanium-Vacancy Centers in Diamond. *ACS Photonics*, 6(7), 1690–1693. https://doi.org/10.1021/acsphotonics.9b00206
* Blakley, S. M., Vincent, C., Fedotov, I. V., Liu, X., Sower, K., Nodurft, D., Liu, J., Liu, X., Agafonov, V. N., Davydov, V. A., Akimov, A. V., & Zheltikov, A. M. (2020). Photonic-Crystal-Fiber Quantum Probes for High-Resolution Thermal Imaging. *Physical Review Applied*, 13(4), 044048. <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.13.044048>
* Fan, J.-W., Cojocaru, I., Becker, J., Alajlan, A., Blakley, S., Rezaee, M., Lyamkina, A., Palyanov, Y. N., Borzdov, Y. M., Yang, Y.-P., Zheltikov, A. M., Hemmer, P. R., Akimov, A. V, Fedotov, I. V, Alkahtani, M. H. A., Alajlan, A., Blakley, S., Rezaee, M., Lyamkina, A., … Akimov, A. V. (2018). Germanium-Vacancy Color Center in Diamond as a Temperature Sensor. *ACS Photonics*, 5(3), 765–770. <https://doi.org/10.1021/acsphotonics.7b01465>
* Fedotov, I. V, Doronina-Amitonova, L. V, Sidorov-Biryukov, D. A., Safronov, N. A., Levchenko, A. O., Zibrov, S. A., Blakley, S., Perez, H., Akimov, A. V, Fedotov, A. B., Hemmer, P., Sakoda, K., Velichansky, V. L., Scully, M. O., & Zheltikov, A. M. (2014). Fiber-optic magnetometry with randomly oriented spins. *Optics Letters*, 39(23), 6755–6758. <https://doi.org/10.1364/OL.39.006755>
* Nguyen, C. T., Evans, R. E., Sipahigil, A., Bhaskar, M. K., Sukachev, D. D., Agafonov, V. N., Davydov, V. A., Kulikova, L. F., Jelezko, F., & Lukin, M. D. (2018). All-optical nanoscale thermometry with silicon-vacancy centers in diamond. *Applied Physics Letters*, 112(20), 203102. https://doi.org/10.1063/1.5029904

1. **Датчики магнитного поля на центрах окраски в алмазах**

Рекомендуемая литература:

* Wolf, T., Neumann, P., Nakamura, K., Sumiya, H., Ohshima, T., Isoya, J., & Wrachtrup, J. (2015). Subpicotesla diamond magnetometry. *Physical Review X*, 5(4), 041001. https://doi.org/10.1103/PHYSREVX.5.041001/FIGURES/3/MEDIUM
* Xie, Y., Yu, H., Zhu, Y., Qin, X., Rong, X., Duan, C. K., & Du, J. (2021). A hybrid magnetometer towards femtotesla sensitivity under ambient conditions. *Science Bulletin*, 66(2), 127–132. https://doi.org/10.1016/J.SCIB.2020.08.001
* Silani, Y., Smits, J., Fescenko, I., Malone, M. W., McDowell, A. F., Jarmola, A., Kehayias, P., Richards, B. A., Mosavian, N., Ristoff, N., & Acosta, V. M. (2023). Nuclear quadrupole resonance spectroscopy with a femtotesla diamond magnetometer. *Science Advances*, 9(24). <https://doi.org/10.1126/SCIADV.ADH3189/SUPPL_FILE/SCIADV.ADH3189_SM.PDF>
* Maze, J. R., Stanwix, P. L., Hodges, J. S., Hong, S., Taylor, J. M., Cappellaro, P., Jiang, L., Dutt, M. V. G., Togan, E., Zibrov, A. S., Yacoby, A., Walsworth, R. L., & Lukin, M. D. (2008). Nanoscale magnetic sensing with an individual electronic spin in diamond. *Nature*, 455(7213), 644–647. https://doi.org/10.1038/nature07279

1. **Датчики вращения на центрах окраски в алмазах**

Рекомендуемая литература:

* Soshenko, V. v., Bolshedvorskii, S. v., Rubinas, O., Sorokin, V. N., Smolyaninov, A. N., Vorobyov, V. v., & Akimov, A. v. (2021). Nuclear Spin Gyroscope based on the Nitrogen Vacancy Center in Diamond. *Physical Review Letters*, 126(19), 197702. https://doi.org/10.1103/PHYSREVLETT.126.197702/FIGURES/4/MEDIUM
* Soshenko, V. V., Vorobyov, V. V., Bolshedvorskii, S. V., Rubinas, O., Cojocaru, I., Kudlatsky, B., Zeleneev, A. I., Sorokin, V. N., Smolyaninov, A. N., & Akimov, A. V. (2020). Temperature drift rate for nuclear terms of the NV-center ground-state Hamiltonian. *Physical Review B*, 102(12), 125133. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.102.125133
* Jarmola, A., Lourette, S., Acosta, V. M., Birdwell, A. G., Blümler, P., Budker, D., Ivanov, T., & Malinovsky, V. S. (2021). Demonstration of diamond nuclear spin gyroscope. *Science Advances*, 7(43), 3840–3862. <https://doi.org/10.1126/SCIADV.ABL3840>
* A. Wood, A. Stacey, and A. Martin, DC Magnetometry below the Ramsey Limit with Rapidly Rotating Diamonds, *Bulletin of the American Physical Society* (2023)

1. **Конденсат Бозе-Энштейна диполярных газов**
2. **Квантовые симуляции сегодня. Фазовые переходы и новые состояния вещества**
3. **Резонансы Фешбаха как метод управления взаимодействиями атомов и их статистика**

* Ehud Altman et al., Quantum Simulators: Architectures and Opportunities, PRX QUANTUM 2, 017003 (2021) <http://dx.doi.org/10.1103/PRXQuantum.2.017003>
* Fraxanet, J., et al. Sketches of Physics. Lecture Notes in Physics, vol 1000. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-32469-7_42>
* Su, L., Douglas, A., Szurek, M. et al. Dipolar quantum solids emerging in a Hubbard quantum simulator. Nature 622, 724–729 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06614-3>
* K. Aikawa, et al., Bose-Einstein Condensation of Erbium, Phys. Rev. Lett. 108, 210401 (2012) <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.108.210401>
* Mingwu Lu, et al. Strongly Dipolar Bose-Einstein Condensate of Dysprosium Phys. Rev. Lett. 107, 190401 (2011) <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.107.190401>
* E. T. Davletov, et al. Machine learning for achieving Bose-Einstein condensation of thulium atoms, Phys. Rev. A 102, 011302(R) (2020), <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.108.210401>
* Frisch, A., Mark, M., Aikawa, K. et al. Quantum chaos in ultracold collisions of gas-phase erbium atoms. Nature 507, 475–479 (2014). <https://doi.org/10.1038/nature13137>
* V. A. Khlebnikov, et al., Random to Chaotic Statistic Transformation in Low-Field Fano-Feshbach Resonances of Cold Thulium Atoms, Phys. Rev. Lett. 123, 213402 (2019)

1. **Проекционная рентгеновская литография (EUV-литография), как основа современного производства микросхем**

Рекомендуемая литература:

* <https://en.wikipedia.org/wiki/Extreme_ultraviolet_lithography>
* Banqiu Wu and Ajay Kumar, "Extreme ultraviolet lithography: A review", Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures Processing, Measurement, and Phenomena 25, 1743-1761 (2007) <https://doi.org/10.1116/1.2794048>
* Артюков, И. А. Оптическая и рентгеновская микролитография на рубеже веков / И. А. Артюков // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – № 12. – С. 1094-1100.
* Lithography principles – Technology, ASML, <https://www.asml.com/en/technology/lithography-principles>
* Макушин М., Мартынов В. Освоение EUV-литографии в серийном производстве: перспективы и проблемы //Электроника: наука, технология, бизнес. – 2019. – №. 9. – С. 70-79. <https://cutt.ly/506jhCs>
* Работы по российскому рентгеновскому литографу продолжаются! Блог на ДЗЕН от 26.02.2024 <https://dzen.ru/a/ZdtnBkhk6AUnN8x8>

1. **Рентгеновская флуоресцентная микроскопия с использованием синхротронного излучения для обнаружения депозитов неосмотического натрия в тканях миокарда**

Рекомендуемая литература:

* Gianoncelli A. et al. Current status of the TwinMic beamline at Elettra: a soft X-ray transmission and emission microscopy station //Journal of Synchrotron radiation. – 2016. – Т. 23. – №. 6. – С. 1526-1537.
* Artyukov I. et al. The first observation of osmotically neutral sodium accumulation in the myocardial interstitium //Scientific reports. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 1-8.
* Методы рентгеновского флуоресцентного микроанализа и спектроскопии комбинационного рассеяния света для исследования гистологических срезов мышечных тканей / И. А. Артюков, Г. П. Арутюнов, Д. О. Драгунов [и др.] // Журнал технической физики. – 2023. – Т. 93. – № 7. – С. 953.
* Börjesson J., Isaksson M., Mattsson S. X-ray fluorescence analysis in medical sciences: a review //Acta diabetologica. – 2003. – Т. 40. – №. 1. – С. s39-s44.
* Фетисов Г. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ. – Litres, 2018.
* Alsouqi A. et al. Tissue Sodium in Patients With Early Stage Hypertension: A Randomized Controlled Trial //Journal of the American Heart Association. – 2022. – Т. 11. – №. 8. – С. e022723.

1. **Источники рентгеновского излучения на основе обратного комптоновского рассеяния и их применение**

Рекомендуемая литература:

* Артюков И. А., Виноградов А. В., Фещенко Р. М. Томсоновский лазерно-электронный генератор: рентгеновский канал и возможные применения //Физические основы приборостроения. – 2016. – Т. 5. – №. 3. – С. 56-69.
* Виноградов А. В. и др. О томсоновском лазерно-электронном рентгеновском генераторе для ангиографии //Квантовая электроника. – 2017. – Т. 47. – №. 1. – С. 75-78.
* Проект научной программы ИНОК – комптоновского источника монохроматических гамма-квантов НЦФМ / Л. В. Григоренко, Н. В. Антоненко, И. А. Артюков [и др.] // Физмат. – 2023. – Т. 1. – № 3-4. – С. 123-264.
* Günther B. et al. The Munich Compact Light Source: biomedical research at a laboratory-scale inverse-Compton synchrotron X-ray source //Microscopy and Microanalysis. – 2018. – Т. 24. – №. S1. – С. 984-985.
* Dupraz K. et al. The ThomX ICS source //Physics Open. – 2020. – Т. 5. – С. 100051.

1. **Физические свойства атомов в ридберговских состояниях: *квантовое описание изолированного ридберговского атома, энергетический спектр ридберговского атома, основные физические параметры изолированного РА, задача Кеплера, принцип соответствия между классической и квантовой механикой, поведение ридберговских атомов в электрических полях и в плазме*.**
2. **Радиационные процессы с участием атомов в ридберговских состояниях. *вероятности спонтанных и вынужденных переходов, коэффициенты Эйнштейна A и B, силы осцилляторов переходов и силы линий; связанно-свободные радиационные переходы с участием ридберговских состояний атома.***
3. **Основные методы возбуждения и регистрации атомов в ридберговских состояниях: *методы селективного лазерного возбуждения ридберговских уровней* *(двухфотонное и двухступенчатое возбуждение РА), неселективное фотовозбуждение, возбуждение ридберговских уровней в столкновениях с электронами и нейтральными частицами, заселение ридберговских уровней в процессах электрон-ионной рекомбинации и перезарядки положительного и отрицательного ионов***
4. **Элементарные процессы столкновения ридберговских атомов с нейтральными и заряженными частицами. *Основные типы элементарных столкновительных процессов с участием ридберговских атомов; механизмы рассеяния возмущающей частицы на слабосвязанном (квазисвободном) электроне и на ионном остове (атомном остатке) ридберговского атома; упругие, квазиупругие и неупругие столкновения; прямая и ассоциативная ионизация.***
5. **Уширение и сдвиг спектральных линий ридберговских серий атомов в газах. Ударное и квазистатическое уширение; длина рассеяния; эффект Рамзауэра в рассеянии медленных электронов на атомах инертных газов; потенциальное и резонансное рассеяние; резонансы формы; уширение и сдвиг высоковозбужденных уровней в газе на переходах между сильновозбужденном и слабовозбужденном уровнями атома; два механизма уширения при рассеянии возмущающего нейтрального атома на квазисвободном электроне и ионном остове ридберговского атома.**

Рекомендуемая литература к темам 19-23:

* Б.М. Смирнов, Высоковозбужденные состояния атомов, Успехи физических наук¸ Том **131**, сс. 577–616 (1980)
* Д. Клеппнер, М. Литтман, М. Циммерман, “*Cильно возбужденные атомы*”, Успехи физических наук, Том 137, № 2 339–360 (1982).
* Ридберговские состояния атомов и молекул, под редакцией Р. Стеббингса и Ф. Даннинга, Мир, Москва, 1985.
* В.С. Лебедев, Столкновительные процессы в слабоионизованной плазме с участием высоковозбужденных атомов, в кн.: “Энциклопедия низкотемпературной плазмы” под ред. В.Е. Фортова, Серия Б, Том V-1,Часть II, Раздел IV, Глава 9, сс. 183-253, Mосква, Янус-К (2007).
* Я.Б. Зельдович, Ю.П. Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений (Наука, Москва, 1966), Гл. 5: Поглощение и испускание излучения в газах при высоких температурах.
* T.F.Gallagher, Rydberg Atoms (Cambridge University Press, Cambridge 1994).
* V.S. Lebedev and I.L. Beigman, Physics of Highly Excited Atoms and Ions (Springer-Verlag, Berlin, New York, London, 1998, 302 pages).
* Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. *Квантовая механика* (Наука, Москва, 1974).
* Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. *Механика* (Наука, Москва, 1973).
* И.И. Собельман. *Введение в теорию атомных спектров* (Наука, Москва, 1977).
* Л.А. Вайнштейн, И.И. Собельман, Е.А. Юков. Возбуждение атомов и уширение спектральных линий (Наука, Москва, 1979).
* М. Баранже. Уширение спектральных линий в плазме. Гл. 13. В кн.: *Атомные и молекулярные процессы*, под ред. Д. Бейтса (Мир, Москва, 1964).
* В.П. Крайнов, Б.М. Смирнов. *Излучательные процессы в атомной физике* (Высшая школа, Москва, 1983).

1. **Эффект Керра. Самофокусировка. Критическая мощность самофокусировки.**

Рекомендуемая литература:

* Аскарьян, Г. А. (1973). Эффект самофокусировки. Успехи физических наук, 111(10), 249-260.
* Ахманов, С. А., Сухоруков, А. П., Хохлов, Р. В. (1967). Самофокусировка и дифракция света в нелинейной среде. Успехи физических наук, 93(9), 19-70.
* Маненков, А. А. (2011). Самофокусировка лазерных пучков: современное состояние и перспективы исследований. Успехи физических наук, 181(1), 107-112.

1. **Ионизация. Параметр Келдыша.**

Рекомендуемая литература:

* Келдыш, Л. В. (1965). Ионизация в поле сильной электромагнитной волны. Журнал экспериментальной и теоретической физики, 47(5), 1945-1958.
* Попов, В. С. (2004). Туннельная и многофотонная ионизация атомов и ионов в сильном лазерном поле (теория Келдыша). Успехи физических наук, 174(9), 921-951.
* Карнаков, Б. М., Мур, В. Д., Попов, В. С. (2008). К теории ионизации Келдыша в случае ультракоротких лазерных импульсов. Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики, 88(7), 495-499.