

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
биологической и медицинской
физики**

Д.В. Кузьмин

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Механизмы клеточной рецепции
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Биофизика и биоинформатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики департамент молекулярной и биологической физики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: М.О. Дурыманов, канд. биол. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании департамента молекулярной и биологической физики 04.06.2020

Аннотация

Задачами дисциплины являются: освоение студентами базовых знаний о молекулярных механизмах клеточной рецепции, передачи сигнала и регуляции этих процессов;

приобретение теоретических знаний о мембранном и цитоплазматическо-ядерном транспорте макромолекул.

Рассматриваются следующие темы:

Строение и функции лиганд-управляемых ионных каналов (ионотропные рецепторы).

G-белок связанные рецепторы (GPCRs): их строение, регуляция. Сигнальные пути, запускаемые GPCRs.

Тирозин-киназные рецепторы. Серин-треонин-киназные рецепторы.

Цитокиновые рецепторы первого и второго типов (JAK/STAT рецепторы).

Интегриновые рецепторы, их лиганды и сигнальные пути.

Toll- и Nod-подобные рецепторы.

Иммуноглобулин-подобные рецепторы (TCR, BCR, NKG2D, KIR), их роль в реакциях адаптивного иммунитета.

Рецепторы TNF суперсемейства.

Notch рецепторы, их роль в ангиогенезе.

Ядерные (внутриклеточные) рецепторы на примере эстрогенового и тестостеронового рецепторов.

NO/cGMP сигнальный каскад, его роль в сокращении гладкомышечных клеток.

Регуляция клеточного ответа на повреждения ДНК. Клеточный цикл и «точки проверки».

Регуляция клеточного ответа на окислительный стресс. Nrf2-Keap1-ARE система, её роль в поддержании редокс-потенциала клетки.

Регуляция клеточного ответа на недостаток кислорода. HIF1 α -опосредуемый сигнальный путь и его влияние на метаболизм клетки.

Клатрин-зависимый и рафт-зависимые типы эндоцитоза. Макропиноцитоз и фагоцитоз.

Сортинг, обратный транспорт (ресайклинг) и созревание везикул. Белки мембранного транспорта.

Цитоплазматическо-ядерный транспорт белков, комплекс белков ядерной поры, роль импортинов и экспортинов в переносе белков.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- понимание механизмов клеточной рецепции, передачи сигнала, и внутриклеточного транспорта макромолекул.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний о молекулярных механизмах клеточной рецепции, передачи сигнала и регуляции этих процессов;
- приобретение теоретических знаний о мембранном и цитоплазматическо-ядерном транспорте макромолекул.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области

ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия и аспекты, связанные со строением и функционированием рецепторов;
- механизмы регуляции работы рецепторов и передачи сигнала в клетке;
- особенности эндоцитоза, внутриклеточного сортирования мембран и макромолекулярных грузов;
- механизмы цитоплазматическо-ядерного транспорта белков;
- перспективы исследований рецепторов, сигнальных каскадов и механизмов внутриклеточного транспорта макромолекул для медицины.

уметь:

- ориентироваться в молекулярных механизмах клеточной рецепции, передачи сигнала, и внутриклеточного транспорта макромолекул;
- оперировать полученными знаниями и понятиями в будущей научно-исследовательской работе;
- оценивать влияние биологически активных молекул на функциональное состояние клетки (влияние на мембранный потенциал клетки, изменения в метаболизме и подвижности, экспрессия целевых генов, запуск апоптоза).

владеть:

- молекулярно-биологической терминологией, связанной с аспектами клеточной рецепции и внутриклеточного транспорта макромолекул;
- навыками освоения большого объема информации и понимания биологических процессов, связанных с передачей сигнала и транспортом макромолекул в эукариотических клетках;
- навыками самостоятельной работы и освоения новых знаний.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа

1	Участники передачи внутриклеточных сигналов	2			2
2	Лиганд-управляемые ионные каналы	2			1
3	G-белок связанные рецепторы (GPCRs), их строение регуляция	2			1
4	Тирозин-киназные рецепторы, Серин-треонин-киназные рецепторы	2			2
5	Цитокиновые и интегриновые рецепторы	2			1
6	Toll- и Nod-подобные рецепторы	2			1
7	Иммуноглобулин-подобные рецепторы	2			1
8	Рецепторы TNF суперсемейства	2			1
9	Notch рецепторы	2			1
10	Ядерные (внутриклеточные) рецепторы. NO/cGMP сигнальный каскад	2			2
11	Регуляция клеточного ответа на повреждения ДНК	2			1
12	Регуляция клеточного ответа на окислительный стресс. Регуляция клеточного ответа на недостаток кислорода	2			1
13	Эндоцитоз, его биологическая роль	2			
14	Сортинг, обратный транспорт (ресайклинг) и созревание везикул	2			
15	Цитоплазматно-ядерный транспорт белков	2			
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Участники передачи внутриклеточных сигналов

Участники передачи внутриклеточных сигналов: рецепторы, адаптерные белки, G-белки, вторичные мессенджеры, ГТФазы, киназы, активаторы и ко-активаторы транскрипции. ГТФазы, факторы обмена гуаниновых нуклеотидов (GEF) и активаторы гидролиза гуаниновых нуклеотидов (GAP) из семейства G-белков, их роль в передаче сигналов и регуляции сигнальных путей.

2. Лиганд-управляемые ионные каналы

Лиганд-управляемые ионные каналы (ионотропные рецепторы). Катионные и анионные цис-петлевые рецепторы, глутаматные ионотропные рецепторы. Строение, распространение в организме, функции и регуляция.

3. G-белок связанные рецепторы (GPCRs), их строение регуляция

G-белок связанные рецепторы (GPCRs), их строение регуляция. Сигнальные пути, запускаемые GPCRs: PI3K-Akt, AC-PKA, PLC- и Rho-GEF-зависимые пути. Wnt и sonic hedgehog (SHH) сигнальные пути. Рецепторы к хемокинам и простагландинам.

4. Тирозин-киназные рецепторы, Серин-треонин-киназные рецепторы

Тирозин-киназные рецепторы, их строение и регуляция. Grb2-Sos-Ras-MAPK сигнальный путь. PI3K-Akt-mTOR сигнальный путь. Роль TORC в регуляции синтеза белка и клеточного метаболизма.

Серин-треонин-киназные рецепторы (рецепторы к TGF β): строение, регуляция, канонические и неканонические сигнальные пути.

5. Цитокиновые и интегриновые рецепторы

Цитокиновые рецепторы первого и второго типов (JAK/STAT рецепторы), их строение, регуляция и биологическая пластичность.

Интегриновые рецепторы, их лиганды и сигнальные пути. Феномен двунаправленной передачи сигнала. Роль в клеточной адгезии.

6. Toll- и Nod-подобные рецепторы

Toll- и Nod-подобные рецепторы, их роль в распознавании консервативных структур микроорганизмов.

7. Иммуноглобулин-подобные рецепторы

Иммуноглобулин-подобные рецепторы (TCR, BCR, NKG2D, KIR), их роль в реакциях адаптивного иммунитета.

8. Рецепторы TNF суперсемейства

Рецепторы TNF суперсемейства, их внутриклеточные домены (TRAF, FADD, TRADD) и сигнальные пути.

9. Notch рецепторы

Трансмембранные рецепторы семейства Notch, их структура и роль в ангиогенезе, регуляции дифференцировки и пролиферации клеток.

10. Ядерные (внутриклеточные) рецепторы. NO/cGMP сигнальный каскад

Ядерные (внутриклеточные) рецепторы на примере эстрогенового и тестостеронового рецепторов.

NO/cGMP сигнальный каскад, его роль в сокращении гладкомышечных клеток.

11. Регуляция клеточного ответа на повреждения ДНК

Регуляция клеточного ответа на повреждения ДНК. Клеточный цикл и «точки проверки» (G1 и G2). DDR киназы, регулирующие глобальный клеточный ответ на повреждения ДНК. Роль p53.

12. Регуляция клеточного ответа на окислительный стресс. Регуляция клеточного ответа на недостаток кислорода

Регуляция клеточного ответа на окислительный стресс. Nrf2-Keap1-ARE система, её роль в поддержании редокс-потенциала клетки.

Регуляция клеточного ответа на недостаток кислорода. HIF1 α -опосредуемый сигнальный путь и его влияние на метаболизм клетки.

13. Эндоцитоз, его биологическая роль

Эндоцитоз, его биологическая роль. Клатрин-зависимый и рафт-зависимые типы эндоцитоза. Макропиноцитоз и фагоцитоз.

14. Сортинг, обратный транспорт (ресайклинг) и созревание везикул

Сортинг, обратный транспорт (ресайклинг) и созревание везикул. Белки мембранного транспорта: клатрин, динамин, SNARE, Rab-ГТФазы, ESCRT комплекс, H⁺-АТФаза. Изменение и роль липидного состава везикул в процессе созревания. Поздние везикулы: мультивезикулярные тельца и лизосомы. Роль лизосом в аутофагии. Типы аутофагии.

15. Цитоплазматическо-ядерный транспорт белков

Цитоплазматическо-ядерный транспорт белков, комплекс белков ядерной поры, роль импортинов и экспортинов в переносе белков.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Стандартная учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Молекулярная биология клетки [Текст] : в 3 т. Т. 3 : [учебник для вузов] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ. А. Н. Дьяконовой, А. В. Дюбы ; под ред. Е. С. Шиловой [и др.] .— М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исследований, 2013 .— 1052 с.
 2. Молекулярная биология клетки [Текст] : в 3 т. Т. 2 : [учебник для вузов] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ. А. Н. Дьяконовой, А. В. Дюбы ; под ред. Е. Н. Богачевой, И. Н. Шатского .— М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исследований, 2013 .— 992 с.
 3. Молекулярная биология клетки [Текст] : в 3 т. Т. 1 : [учебник для вузов] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ. А. А. Светлова, О. В. Карловой ; под ред. А. А. Миронова, Л. В. Мочаловой .— М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исследований, 2013 .— 808 с.
- Альтернативой этим книгам является англоязычное издание:
Alberts B., Johnson A., Lewis J. Molecular biology of the cell. with problems by J. Wilson, T. Hunt.
6th edition. New York : Garland science, 2015. 1342 p.

Дополнительная литература

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- [1] S. Chen, E. Gouaux, Structure and mechanism of AMPA receptor — auxiliary protein complexes, Current Opinion in Structural Biology. 54 (2019) 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2019.01.011>.
- [2] K. Skowrońska, M. Obara-Michlewska, M. Zielińska, J. Albrecht, NMDA Receptors in Astrocytes: In Search for Roles in Neurotransmission and Astrocytic Homeostasis, Int J Mol Sci. 20 (2019). <https://doi.org/10.3390/ijms20020309>.
- [3] P.K. Mahato, N. Ramsakha, P. Ojha, R. Gulia, R. Sharma, S. Bhattacharyya, Group I Metabotropic Glutamate Receptors (mGluRs): Ins and Outs, Adv. Exp. Med. Biol. 1112 (2018) 163–175. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3065-0_12.
- [4] M. Zoli, S. Pucci, A. Vilella, C. Gotti, Neuronal and Extraneuronal Nicotinic Acetylcholine Receptors, Curr Neuropharmacol. 16 (2018) 338–349. <https://doi.org/10.2174/1570159X15666170912110450>.
- [5] X. Yan, X. Xiong, Y.-G. Chen, Feedback regulation of TGF-β signaling, Acta Biochim. Biophys. Sin. (Shanghai). 50 (2018) 37–50. <https://doi.org/10.1093/abbs/gmx129>.
- [6] C.E.L. Chua, B.L. Tang, Role of Rab GTPases and their interacting proteins in mediating metabolic signalling and regulation, Cell. Mol. Life Sci. 72 (2015) 2289–2304. <https://doi.org/10.1007/s00018-015-1862-x>.

- [7] M.H. Ginsberg, Integrin activation, *BMB Rep.* 47 (2014) 655–659. <https://doi.org/10.5483/bmbrep.2014.47.12.241>.
- [8] L. Koivisto, J. Bi, L. Häkkinen, H. Larjava, Integrin $\alpha\beta6$: Structure, function and role in health and disease, *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 99 (2018) 186–196. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2018.04.013>.
- [9] É.S. Vanamee, D.L. Faustman, Structural principles of tumor necrosis factor superfamily signaling, *Sci Signal.* 11 (2018). <https://doi.org/10.1126/scisignal.aao4910>.
- [10] R. Levin, S. Grinstein, J. Canton, The life cycle of phagosomes: formation, maturation, and resolution, *Immunol. Rev.* 273 (2016) 156–179. <https://doi.org/10.1111/imr.12439>.
- [11] J. Gruenberg, Lipids in endocytic membrane transport and sorting, *Curr. Opin. Cell Biol.* 15 (2003) 382–388. [https://doi.org/10.1016/s0955-0674\(03\)00078-4](https://doi.org/10.1016/s0955-0674(03)00078-4).
- [12] J.P. Luzio, M.D.J. Parkinson, S.R. Gray, N.A. Bright, The delivery of endocytosed cargo to lysosomes, *Biochem. Soc. Trans.* 37 (2009) 1019–1021. <https://doi.org/10.1042/BST0371019>.
- [13] M. Vietri, M. Radulovic, H. Stenmark, The many functions of ESCRTs, *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 21 (2020) 25–42. <https://doi.org/10.1038/s41580-019-0177-4>.
- [14] C. Tonelli, I.I.C. Chio, D.A. Tuveson, Transcriptional Regulation by Nrf2, *Antioxid. Redox Signal.* 29 (2018) 1727–1745. <https://doi.org/10.1089/ars.2017.7342>.
- [15] J.D. Hayes, A.T. Dinkova-Kostova, The Nrf2 regulatory network provides an interface between redox and intermediary metabolism, *Trends Biochem. Sci.* 39 (2014) 199–218. <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2014.02.002>.
- [16] Z. Zhang, L. Yao, J. Yang, Z. Wang, G. Du, PI3K/Akt and HIF-1 signaling pathway in hypoxia-ischemia (Review), *Mol Med Rep.* 18 (2018) 3547–3554. <https://doi.org/10.3892/mmr.2018.9375>.
- [17] R. Avraham, Y. Yarden, Feedback regulation of EGFR signalling: decision making by early and delayed loops, *Nature Reviews Molecular Cell Biology.* 12 (2011) 104.
- [18] M. Durymanov, J. Reineke, Non-viral Delivery of Nucleic Acids: Insight Into Mechanisms of Overcoming Intracellular Barriers, *Front Pharmacol.* 9 (2018). <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00971>.
- [19] R.T. Dorsam, J.S. Gutkind, G-protein-coupled receptors and cancer, *Nat. Rev. Cancer.* 7 (2007) 79–94. <https://doi.org/10.1038/nrc2069>.
- [20] J.J. O'Shea, M. Gadina, R.M. Siegel, Cytokines and cytokine receptors, in: *Clinical Immunology*, Elsevier, 2019: pp. 127–155.
- [21] I.H. Greger, M.L. Mayer, Structural biology of glutamate receptor ion channels: towards an understanding of mechanism, *Curr. Opin. Struct. Biol.* 57 (2019) 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2019.05.004>.
- [22] E.M. De Francesco, M. Maggiolini, A.M. Musti, Crosstalk between Notch, HIF-1 α and GPER in Breast Cancer EMT, *Int J Mol Sci.* 19 (2018). <https://doi.org/10.3390/ijms19072011>.
- [23] M. Kaksonen, A. Roux, Mechanisms of clathrin-mediated endocytosis, *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 19 (2018) 313–326. <https://doi.org/10.1038/nrm.2017.132>.
- [24] P. Lajoie, I.R. Nabi, Lipid rafts, caveolae, and their endocytosis, *Int Rev Cell Mol Biol.* 282 (2010) 135–163. [https://doi.org/10.1016/S1937-6448\(10\)82003-9](https://doi.org/10.1016/S1937-6448(10)82003-9).
- [25] A.L. Kiss, Caveolae and the regulation of endocytosis, *Adv. Exp. Med. Biol.* 729 (2012) 14–28. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1222-9_2.
- [26] H. Cantwell, P. Nurse, Unravelling nuclear size control, *Curr. Genet.* 65 (2019) 1281–1285. <https://doi.org/10.1007/s00294-019-00999-3>.
- [27] M. Oka, Y. Yoneda, Importin α : functions as a nuclear transport factor and beyond, *Proc. Jpn. Acad., Ser. B, Phys. Biol. Sci.* 94 (2018) 259–274. <https://doi.org/10.2183/pjab.94.018>.
- [28] V. Motta, F. Soares, T. Sun, D.J. Philpott, NOD-like receptors: versatile cytosolic sentinels, *Physiol. Rev.* 95 (2015) 149–178. <https://doi.org/10.1152/physrev.00009.2014>.
- [29] D. De Nardo, Toll-like receptors: Activation, signalling and transcriptional modulation, *Cytokine.* 74 (2015) 181–189. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2015.02.025>.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций в PowerPoint.

Выполнение самостоятельной работы по заданной преподавателем теме осуществляется в программах MS Office.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Биофизика и биоинформатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики департамент молекулярной и биологической физики
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: М.О. Дурыманов, канд. биол. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Механизмы клеточной рецепции» обучающийся должен:

знать:

- фундаментальные понятия и аспекты, связанные со строением и функционированием рецепторов;
- механизмы регуляции работы рецепторов и передачи сигнала в клетке;
- особенности эндоцитоза, внутриклеточного сортирования мембран и макромолекулярных грузов;
- механизмы цитоплазматическо-ядерного транспорта белков;
- перспективы исследований рецепторов, сигнальных каскадов и механизмов внутриклеточного транспорта макромолекул для медицины.

уметь:

- ориентироваться в молекулярных механизмах клеточной рецепции, передачи сигнала, и внутриклеточного транспорта макромолекул;
- оперировать полученными знаниями и понятиями в будущей научно-исследовательской работе;
- оценивать влияние биологически активных молекул на функциональное состояние клетки (влияние на мембранный потенциал клетки, изменения в метаболизме и подвижности, экспрессия целевых генов, запуск апоптоза).

владеть:

- молекулярно-биологической терминологией, связанной с аспектами клеточной рецепции и внутриклеточного транспорта макромолекул;
- навыками освоения большого объема информации и понимания биологических процессов, связанных с передачей сигнала и транспортом макромолекул в эукариотических клетках;
- навыками самостоятельной работы и освоения новых знаний.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Каково строение ионотропных рецепторов? Как они связаны с функциями лиганд-управляемых ионных каналов?

Каково строение G-белок связанных рецепторов (GPCRs), как они регулируются? Какие сигнальные пути запускает GPCRs?

Какие функции выполняют тирозин-киназные и серин-треонин-киназные рецепторы?

Как устроены и функционируют цитокиновые рецепторы первого и второго типов (JAK/STAT рецепторы)?

Расскажите о лигандах и сигнальных путях интегриновых рецепторов.

Какова роль и устройство Toll- и Nod-подобных рецепторов?

Иммуноглобулин-подобные рецепторы (TCR, BCR, NKG2D, KIR), их роль в реакциях адаптивного иммунитета.

Какую роль выполняют рецепторы TNF суперсемейства?

Каково значение Notch рецепторов в ангиогенезе?

Расскажите о функционировании ядерных (внутриклеточных) рецепторов на примере эстрогенового и тестостеронового рецепторов.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Строение и функции лиганд-управляемых ионных каналов (ионотропные рецепторы).
2. G-белок связанные рецепторы (GPCRs): их строение, регуляция. Сигнальные пути, запускаемые GPCRs.
3. Иммуноглобулин-подобные рецепторы (TCR, BCR, NKG2D, KIR), их роль в реакциях адаптивного иммунитета.
4. Ядерные (внутриклеточные) рецепторы на примере эстрогенового и тестостеронового рецепторов.
5. Регуляция клеточного ответа на повреждения ДНК. Клеточный цикл и «точки проверки».
6. Регуляция клеточного ответа на окислительный стресс. Nrf2-Keap1-ARE система, её роль в поддержании редокс-потенциала клетки.
7. Регуляция клеточного ответа на недостаток кислорода. HIF1 α -опосредуемый сигнальный путь и его влияние на метаболизм клетки.
8. Сортинг, обратный транспорт (ресайклинг) и созревание везикул. Белки мембранного транспорта.
9. Цитоплазматическо-ядерный транспорт белков, комплекс белков ядерной поры, роль импортинов и экспортинов в переносе белков.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.