DALYKO (MODULIO) APRAŠAS

Dalyko (modulio) pavadinimas	Kodas
Elektros impulsai medicinoje ir biotechnologijose	

Dėstytojas (-ai)	Padalinys (-iai)
Koordinuojantis: Dr. Arūnas Stirkė **Kitas (-i):**	Neurobiologijos ir biofizikos katedra, Gyvybės mokslų centras

Studijų pakopa	Dalyko (modulio) lygmuo	Dalyko (modulio) tipas
Pirmoji (bakalauro)		Individualių studijų dalykas

Įgyvendinimo forma	Vykdymo laikotarpis	Vykdymo kalba (-os)
Paskaitos, seminarai	pavasario semestras	Lietuvių

Reikalavimai studijuojančiajam	
Išankstiniai reikalavimai: Biochemijos, molekulinės ir ląstelės biologijos pagrindai	**Gretutiniai reikalavimai (jei yra):**

Dalyko (modulio) apimtis kreditais	Visas studento darbo krūvis	Kontaktinio darbo valandos	Savarankiško darbo valandos
5	133	64	69

Dalyko (modulio) tikslas: studijų programos ugdomos kompetencijos		
Kurso tikslas – suteikti studentams sistemines žinias apie išorinio elektrinio lauko ir trumpų elektros impulsų poveikį gyvoms sistemoms – nuo ląstelių membranų ir biomolekulių (baltymų, jonų kanalų, fermentų) iki ląstelių ir mikroorganizmų – ir parodyti, kaip šie reiškiniai tapo svarbiais šiuolaikinės biomedicinos ir biotechnologijų įrankiais. Studentai susipažins su didelės galios impulsų technologijomis, elektroporacijos mechanizmais ir medžiagų pernašos per membraną modeliavimu, nagrinės taikymus genų terapijoje, vakcinose ir ląstelių inžinerijoje, vėžio elektrochemoterapijoje ir širdies aritmijų gydyme, netemperatūrinėje pasterizacijoje bei tvariame maisto ir biomasės apdorojime. Atlikdami laboratorinį darbą, studentai įgis praktinės patirties ir išmoks šias žinias taikyti sprendžiant realias mokslo ir pramonės problemas, susipažins su startuolių ir karjeros galimybėmis šioje srityje.		
Dalyko (modulio) studijų siekiniai	**Studijų metodai**	**Vertinimo metodai**
Gebės paaiškinti ląstelių membranų sandarą, membranos potencialo susidarymą ir palaikymą, membranos takumą bei jo priežastis ir susieti šias žinias su elektroporacijos mechanizmu. Gebės analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti naujausią su šia tema susijusią mokslinę informaciją.	Paskaitos, į problemas orientuotas savarankiškas darbas, mokslinės literatūros skaitymas, diskusijos seminaruose.	Egzaminas. Pasiruošimo seminarams ir dalyvavimo diskusijose nuolatinis vertinimas.
Supras ląstelių ir mikroorganizmų atsako į išorinį elektrinį lauką mechanizmus – nuo membranos permeabilizacijos ir medžiagų pernašos iki ląstelės išgyvenimo ar žūties – bei elektrinio lauko poveikį biomolekulėms (baltymams, jonų kanalams, fermentams). Gebės susieti šiuos mechanizmus su elektros impulsų taikymais genų terapijoje, vakcinose, vėžio elektrochemoterapijoje, širdies aritmijų gydyme, netemperatūrinėje pasterizacijoje ir biomasės apdorojime.	Paskaitos, į problemas orientuotas savarankiškas darbas, diskusijos seminaruose, kompiuterinės animacijos, mokslinės literatūros analizė.	Egzaminas. Pasiruošimo seminarams ir dalyvavimo diskusijose nuolatinis vertinimas.

Žinos didelės galios impulsų technologijas, elektroporacijos efektyvumo ir ląstelių gyvybingumo vertinimo metodus bei jų apribojimus, gebės pagrįstai parinkti impulsų parametrus konkrečiam taikymui; įgys praktinės patirties savarankiškai atlikdami elektroporacijos eksperimentą laboratorijoje. Gebės interpretuoti ir palyginti skirtingais metodais gautus elektroporacijos tyrimų duomenis.	Paskaitos, į problemas orientuotas savarankiškas darbas, laboratorinis darbas, mokslinės literatūros skaitymas, diskusijos seminaruose.	Egzaminas. Pasiruošimo seminarams ir dalyvavimo diskusijose vertinimas, laboratorinio darbo gynimas.
Ugdys gebėjimus dirbti grupėje ir imtis individualios iniciatyvos. Gebės ieškoti informacijos: analizuoti mokslinę literatūrą, kritiškai vertinti naudojamus metodus, eksperimentinius duomenis, ir rengti pranešimus, remiantis mokslinių tyrimų rezultatais.	Mokslinės literatūros studijavimas, į problemas orientuotas savarankiškas darbas, duomenų analizė, diskusijos.	Nuolatinis dalyvavimo seminaruose vertinimas.

Temos	**Kontaktinio darbo valandos**							**Savarankiškų studijų laikas ir užduotys**	
	Paskaitos	Konsultacijos	Seminarai	Pratybos	Laboratoriniai darbai	Praktika	**Visas kontaktinis darbas**	**Savarankiškas darbas**	**Užduotys**
1. Įvadas į membranų biofiziką ir elektroporaciją: nuo atradimo iki klinikos	2						**4**	**0**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, ruošimasis diskusijoms.
2. Lipidinis dvisluoksnis: membranų biofizika. Ramybės ir indukuotas membranos potencialas.	4		4				**8**	**8**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
3. Didelės galios impulsų technologijos: nuo laboratorinių generatorių iki klinikinių įrenginių.	2		0				**2**	**4**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
4. Kas vyksta ląstelėje elektros impulso metu? Nuo membranos porų susidarymo iki ląstelės išgyvenimo ar žūties.	8		0				**8**	**8**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
5. Žalioji alternatyva pramonei: kaip elektros impulsai taupo energiją ir vandenį apdorojant maistą ir biomasę.	0		4				**4**	**4**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas,

									ruošimasis diskusijoms.
6. Iš laboratorijos į ligoninę: elektros impulsai prieš vėžį ir širdies aritmijas.	2		2				**4**	**8**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
7. Elektrocheminių reakcijų modeliavimas impulsinio elektrinio lauko poveikio metu. Medžiagų transportas per permeabilizuotą membraną.	2		0				**2**	**4**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
8. Išorinio elektrinio lauko poveikis biomolekulėms: baltymų konformacijai ir funkcijai, jonų kanalams, fermentų aktyvumui ir pan.	2		4				**6**	**5**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
9. Kaip įvesti į ląstelę tai, ko ji pati neįsileidžia? Elektropernaša genų terapijoje, vakcinose, ląstelių inžinerijoje ir biotechnologijose.	2		4				**6**	**8**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
10. Išorinio elektrinio lauko poveikis mikroorganizmams: bakterijų inaktyvacija (netemperatūrinė pasterizacija) ir mielių elektropermeabilizacija.	4		4				**8**	**12**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
11. Impulsinio elektrinio lauko pritaikymas ir ateities galimybės: startuoliai, pramonė ir karjeros kryptys	2		8				**10**	**8**	Vadovėlių ir mokslinės literatūros skaitymas, pristatymo seminarams paruošimas, ruošimasis diskusijoms.
12. Laboratorinis darbas	1				3		**4**	**0**	Laboratorinio darbo atlikimas ir gynimas.
Viso	**31**		**30**		**3**		**64**	**69**	

Vertinimo strategija	**Svoris proc.**	**Atsiskaitymo laikas**	**Vertinimo kriterijai**
Seminarai: literatūros analizė ir diskusijos	30 %	Iki egzamino	Privalomas atsiskaitymas. Studentai ruošia trumpas literatūros apžvalgas pasirinkta kurso tema (10–15 min.), jas pristato grupėje ir dalyvauja diskusijose. Informacija turi būti pateikta aiškiai ir susistemintai, literatūra suprasta, problema suprasta. Seminarų vertinimo sistema sudaryta iš pristatymo turinio ir kokybės bei aktyvaus dalyvavimo diskusijose (iš viso 3 balai): 1. Pristatymo turinys ir kokybė – iki 2 balų. Literatūros apžvalgos vertinamos pagal šiuos parametrus:

			Aiškumas ir struktūra (iki 0,5 balo): pristatymas logiškai struktūruotas, apima įžangą, pagrindinę dalį ir išvadas; kalba aiški ir taisyklinga, vizualinė medžiaga tinkamai parinkta. Literatūros panaudojimas (iki 0,5 balo): naudojami patikimi ir aktualūs mokslo šaltiniai (recenzuoti straipsniai, knygos), jie tinkamai nurodyti; studentas supranta literatūros turinį. Temos supratimas (iki 0,5 balo): aiškiai perteikiama pagrindinė tema ar problema, ji susiejama su elektros impulsų taikymu medicinoje ar biotechnologijose. Kritinis vertinimas (iki 0,5 balo): pateikiamos savarankiškos įžvalgos, pastebėjimai apie literatūros trūkumus ar prieštaravimus, keliami klausimai diskusijai. 2. Dalyvavimas diskusijose – iki 1 balo. Vertinamas studento įsitraukimas į kitų prelegentų pristatymų aptarimus: Studentas aktyviai dalyvauja diskusijose: užduoda klausimus, pateikia argumentuotus komentarus, reaguoja į kitų nuomones. Vertinama ne tik dalyvavimo kiekis, bet ir turinio kokybė – ar klausimai ir pastabos rodo temos supratimą. Vertinimo gairės pagal balų intervalus: 3 balai – puikiai pasirengta, aiškus, struktūruotas ir kritiškas pristatymas + aktyvus dalyvavimas diskusijose. 2–2,5 balo – geras pristatymas, bet trūksta vieno iš aspektų (pvz., mažiau įžvalgų ar dalyvavimo diskusijose). 1–1,5 balo – vidutiniškas pasiruošimas, paviršutiniška analizė arba pasyvus dalyvavimas diskusijose. 0–0,5 balo – pristatymas neparengtas, analizė silpna arba diskusijose visiškai nedalyvauta.
Baigiamasis pristatymas (projektinis)	30 %	Iki egzamino	Privalomas. Individualus arba porinis pristatymas, kuriame pateikiamas elektros impulsų taikymo medicinoje ar biotechnologijose projektas (pvz., naujo taikymo idėja, eksperimento planas ar technologinis sprendimas). Vertinamas idėjos originalumas, biologinis ir technologinis pagrįstumas, pristatymo aiškumas (iki 2 balų) ir dalyvavimas kitų projektinių darbų aptarimuose (iki 1 balo). 1. Projekto pristatymo turinys ir kokybė – iki 2 balų: Idėjos originalumas (iki 0,5 balo): vertinama, ar pasiūlytas sprendimas ar taikymas yra kūrybiškas ir inovatyvus, ar jis rodo savarankišką mąstymą ir gebėjimą taikyti tarpdisciplinines žinias. Biologinis ar technologinis pagrįstumas (iki 0,5 balo): projektas pagrįstas ląstelės biofizikos ir elektroporacijos principais; sprendimai realistiški, paremti moksliniais argumentais ir tinkamai paaiškinti. Pristatymo aiškumas ir struktūra (iki 1 balo): medžiaga pateikta logiškai ir suprantamai; vertinamas kalbos taisyklingumas, terminų vartojimas, vizualinės medžiagos (schemų, iliustracijų) kokybė. 2. Dalyvavimas diskusijose – iki 1 balo: Vertinama, ar studentas įsitraukia į kitų projektų aptarimą: klausia, komentuoja, analizuoja pristatytus sprendimus.

			Didesnis balas skiriamas už argumentuotus komentarus, rodančius temos esmės ar taikymo logikos supratimą. Vertinimo gairės pagal balų intervalus: 3 balai – originalus ir argumentuotas projektas, pateiktas aiškiai; studentas aktyviai dalyvavo diskusijose. 2–2,5 balo – gerai parengtas projektas, tačiau trūksta aiškumo ar kritinio vertinimo; diskusijose dalyvauta iš dalies. 1–1,5 balo – idėja silpnai pagrįsta, pristatymas neaiškus arba paviršutiniškas; pasyvus dalyvavimas diskusijose. 0–0,5 balo – projektas parengtas nepakankamai; į diskusijas neįsitraukta.
Egzaminas	40 %	Egzaminų sesijos metu	Privalomas. Raštu (testas). Vertinamos teorinės žinios apie ląstelių membranų biofiziką, elektroporacijos mechanizmus, didelės galios impulsų technologijas, biologinį atsaką į impulsinį elektrinį lauką ir jų taikymą medicinoje, biotechnologijose bei maisto pramonėje. Egzaminas laikomas sesijos metu iš visų semestro eigoje analizuotų temų. Testas iš 40 uždarų klausimų. Teisingas atsakymas = 0,1 balo (iš viso iki 4 balų). Vertinimo balais reikšmės: 3,6–4,0 balo (90–100 % teisingų atsakymų): įvertinimas „puikiai“. Studentas puikiai išmano teorines sąvokas, geba taikyti žinias kompleksiškai. 3,2–3,59 balo (80–89 %): įvertinimas „labai gerai“. Žinios gilios, bet su nežymiais netikslumais. 2,8–3,19 balo (70–79 %): įvertinimas „gerai“. Studentas supranta pagrindines sąvokas, bet pasitaiko klaidų jas taikant. 2,4–2,79 balo (60–69 %): įvertinimas „vidutiniškai“. Žinios patenkinamos, bet trūksta gilesnio supratimo. 2,0–2,39 balo (50–59 %): įvertinimas „patenkinamai“. Pasiekti būtini minimalūs reikalavimai. Mažiau nei 2,0 balo (mažiau nei 50 % teisingų atsakymų): įvertinimas „nepatenkinamai“. Žinių nepakanka.

Autorius	**Leidimo metai**	**Pavadinimas**	**Periodinio leidinio Nr. ar leidinio tomas**	**Leidimo vieta ir leidykla ar internetinė nuoroda**
Privalomoji literatūra				
D. Miklavčič (ed.)	2017; 2-asis leid. 2024 – 2026	Handbook of Electroporation, 2nd ed. (nuolat atnaujinamas elektroninis leidinys)		Springer Nature, Cham; https://doi.org/10.1007/978-3-319-26779-1
Editors: Akiyama, Hidenori, Heller, Richard (Eds.)	2017	Bioelectrics		Springer International Publishing AG
J. Raso, V. Heinz, I. Álvarez, S. Toepfl (eds.)	2022	Pulsed Electric Fields Technology for the Food	Food Engineering Series	Springer, Cham

		Industry: Fundamentals and Applications, 2nd ed.		
B. Alberts ir kt.	2022	Molecular Biology of the Cell, 7th ed.		W. W. Norton & Company, New York
Papildoma literatūra (moksliniai straipsniai, analizuojami seminaruose)				
T. Kotnik, L. Rems, M. Tarek, D. Miklavčič	2019	Membrane electroporation and electropermeabilization: mechanisms and models	Annual Review of Biophysics, 48: 63–91	https://doi.org/10.1146/annurev-biophys-052118-115451
K. Jonynaitė, A. Stirkė, W. Frey, C. Gusbeth	2025	Application of pulsed electric fields in algal and bacterial cocultures: investigating bacterial responses and purity of algal protein extract	Bioelectricity, 8(1): 89–96	https://doi.org/10.1177/25763113251403451
V. Stankevič, K. Jonynaitė, A. Taha, S. Keršulis, A. Dervinis, S. Kurčevskis, S. Tolvaišienė, A. Stirkė, N. Žurauskienė	2024	The advancement and utilization of Marx electric field generator for protein extraction and inducing structural alterations	Applied Sciences, 14(9): 3886	https://doi.org/10.3390/app14093886
G. Gančytė, P. Šimonis, A. Stirkė	2023	Investigation of osmotic shock effect on pulsed electric field treated S. cerevisiae yeast cells	Scientific Reports, 13: 10573	https://doi.org/10.1038/s41598-023-37719-4
J. Kavaliauskaitė, A. Kazlauskaitė, J. R. Lazutka, G. Mozolevskis, A. Stirkė	2022	Pulsed electric fields alter expression of NF-κB promoter-controlled gene	International Journal of Molecular Sciences, 23(1): 451	https://doi.org/10.3390/ijms23010451
P. Šimonis, A. Linkevičiūtė, A. Stirkė	2021	Electroporation assisted improvement of freezing tolerance in yeast cells	Foods, 10: 170	https://doi.org/10.3390/foods10010170
P. Šimonis, R. Garjonytė, A. Stirkė	2020	Mediated amperometry as a prospective method for the investigation of electroporation	Scientific Reports, 10: 19094	https://doi.org/10.1038/s41598-020-76086-2
V. Stankevič, P. Šimonis, N. Žurauskienė, A. Stirkė, A. Dervinis, V. Bleizgys, S. Keršulis, S. Balevičius	2020	Compact square-wave pulse electroporator with controlled electroporation efficiency and cell viability	Symmetry, 12(3): 412	https://doi.org/10.3390/sym12030412
A. Stirkė ir kt.	2019	The link between yeast cell wall porosity and plasma membrane permeability after PEF treatment	Scientific Reports, 9: 14731	https://doi.org/10.1038/s41598-019-51184-y