

DALYKO (MODULIO) APRAŠAS

Dalyko (modulio) pavadinimas	Kodas
BIOENERGETIKA	

Dėstytojas (-ai)	Padalinys (-iai)
Koordinuojantis: Doc. Elena BAKIENĖ Kitas (-i):	Gamtos mokslų fakulteto Biochemijos ir molekulinės biologijos katedra, Čiurlionio 21/27 03101 Vilnius

Studijų pakopa	Dalyko (modulio) lygmuo	Dalyko (modulio) tipas
Pirmoji	1/1	Pasirenkamasis

Igyvendinimo forma	Vykdymo laikotarpis	Vykdymo kalba (-os)
Auditorinė	5-as semestras, rudens	Lietuvių (anglų)

Reikalavimai studijuojančiajam	
Išankstiniai reikalavimai: Pageidautina, kad studentai būtų išklause bendrosios biologijos, bendrosios chemijos ir biochemijos kursus.	Gretutiniai reikalavimai (jei yra):

Dalyko (modulio) apimtis kreditais	Visas studento darbo krūvis	Kontaktinio darbo valandos	Savarankiško darbo valandos
4	120	48	72

Dalyko (modulio) tikslas: studijų programos ugdomos kompetencijos		
Igyti tiek fundamentalių, tiek naujausiais mokslo tyrimais paremtų žinių apie energijos kaupimo ląstelėse molekulinis mechanizmus bei energetinius virsmus, vykstančius gyvuose organizmuose. Igyti žinių apie energijos apykaitos procesų gyvuose organizmuose reguliaciją ir valdymo principus. Igyti žinių apie pagrindinius bioenergetikos metodus ir problemas. Išvirti gebėjimus naudoti skirtingų mokslo disciplinų žinias, analizuojant, lyginant ir kritiškai vertinant su bioenergetika susijusią informaciją.		
Dalyko (modulio) studijų siekiniai	Studijų metodai	Vertinimo metodai
Suprasti ir sugebėti paaiškinti energijos, reikalingos gyvybinių procesų užtikrinimui, šaltinius bei ląstelėse vykstančių energetinių virsmų molekulinis mechanizmus. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas ir aptarimas seminare.
Pagilinti žinias apie biologinių (gyvųjų) sistemų termodinamiką: egzergonines ir endergonines reakcijas, laisvąją Gibso energiją, savaimines ir nesavaimines reakcijas, tarpusavyje sujungtų reakcijų laisvosios energijos pokyčius. Igyti detalių žinių apie biologines oksidacijos-redukcijos reakcijas, redokso nešiklių sekas kvėpavimo grandinėse, elektronų pernašos mechanizmus. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas ir aptarimas seminare.
Igyti daugiau žinių apie pagrindines energijos formas, kurias gyvos ląstelės naudoja darbui atlikti ("energijos valiutas"); energetinį metabolizmą ląstelės lygmenyje, energijos kaupimo vietas (erdvėskyras) eukariotų ir prokariotų ląstelėse. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas bei aptarimas seminare.
Žinoti substratinio fosforilavimo mechanizmą ir reikšmę, kaupiant ląstelėje energiją; didžiausių junginių	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo

struktūrą ir vaidmenį, ATP sintezės ląstelėje būdus bei procesus, kurių metu naudojama ATP energija. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	diskusijos seminaruose	pristatymas bei aptarimas seminare.
Žinoti biologinių membranų sudėtį ir sandarą; įgyti detalių žinių apie medžiagų pernašą per membranas ir membranų esminį vaidmenį, kaupiant ląstelėje energiją. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas bei aptarimas seminare.
Suprasti ir mokėti paaiškinti chemiosmosinę energijos transformavimo teoriją, oksidacinio fosforilavimo mechanizmus, elektrocheminių vandenilio jonų potencialų gradientą. Įgyti žinių apie elektronų pernašos ir H ⁺ translokacijos kelius bei šiuos procesus vykdančius biologinių membranų komponentus. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas bei aptarimas seminare.
Įgyti žinių apie įvairias elektronų pernašos grandines, pagilinti žinias apie mitochondrijų kvėpavimo grandinę, jos sudėtinės dalis, kompleksus, elektronų pernašos kvėpavimo grandinė slopiklius, oksidacinio fosforilavimo skyriklių veikimo mechanizmus. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas bei aptarimas seminare.
Žinoti pagrindinius molekulinis fotosintezės principus, jos fazes, fotosintetinius protonovaro jėgos generatorius, fotofosforilinimą, fotocheminį bakteriorodopsino ciklą. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas bei aptarimas seminare.
Įgyti žinių apie pagrindinius ląstelės energetinę būklę charakterizuojančių parametrų kiekybinio matavimo metodus. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas bei aptarimas seminare.
Žinoti ATP-sintazių ir ATP-azių struktūrą ir funkcijas. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas bei aptarimas seminare.
Įgyti žinių apie energiją transformuojančių biologinių sistemų evoliucijos hipotezes. Gebėti analizuoti, lyginti ir kritiškai vertinti su šia tema susijusią įvairių gyvybės mokslų sričių informaciją.	Paskaitos, savarankiška literatūros analizė, referatų rengimas, pristatymas ir diskusijos seminaruose	Apklausa raštu; referatas pasirinkta tema ir jo pristatymas bei aptarimas seminare.

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 bioenergetiką. Gyvųjų sistemų energijos virsmai. Energijos formos, kurias gyvos ląstelės naudoja darbui atlikti.	2		1				3	4	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas, pasiruošimas diskusijai seminare.
2. Biologinių sistemų termodinamika. Biologinių virsmų laisvosios energijos pokyčiai, egzergoniniai ir endergoniniai procesai, standartinis laisvosios energijos pokytis. Savaiminės ir nesavaiminės reakcijos. Tarpusavyje sujungtų reakcijų laisvosios energijos pokyčiai.	2		1				3	4	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
3. Didžiaenergiai junginiai. ATP vaidmuo ląstelės energetikoje. Didžiaenergis fosfoanhidridinis ryšys, kiti didžiaenergiai ryšiai. ATP sintezės ląstelėje būdai. Fosforilavimo potencialas. Procesai, kurių metu naudojama ATP energija.	2		1				3	4	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
4. Biologinės oksidacijos-redukcijos reakcijos. Oksidacijos - redukcijos potencialas. Standartinio laisvosios energijos pokyčio sąryšis su oksidacijos-redukcijos potencialo pokyčiu. Flavininiai ir nikotinamidiniai kofermentai, metaloproteinai, jų vaidmuo energijos kaupimo procese. Energijos, kaupiamos dėl elektronų pernašos kvėpavimo grandinėje, įvertinimas.	2		1				3	4	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
5. Substratinis fosforilinimas. Glikolizė, jos pagrindinės stadijos, pagrindiniai produktai ir reikšmė, kaupiant ląstelėje energiją. Krebso ciklas, pagrindinės stadijos, produktai ir reikšmė. Fermentacija. Energijos kaupimas riebalų ar baltymų skaidymo metu.	2		1				3	4	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
6. Biologinių membranų struktūra ir funkcijos.	4		2				6	10	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė.

									Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare.
Membranų lipidai, jų rūšys ir funkcijos. Membranų takumas, lipidų judumą membranose lemiantys faktoriai, fazinio virsmo temperatūra. Integralieji ir periferiniai membranų baltymai, jų funkcijos, sąveika ir ryšiai su lipidų dvisluoksniu. Membranų asimetrija. Membranų laidumas, jį lemiantys veiksniai.	2		1				3	5	
Membranų vaidmuo, kaupiant ląstelėje energiją. Mitochondrijų ir tilakoidų struktūra ir funkcijos ląstelėse. Bakterijų ir archėjų apvalkalėliai.	2		1				3	5	
7. Medžiagų pernaša per membranas. Pernašos klasifikacija. Jonų ir metabolitų pernaša per energiją kaupiančias membranas. Modelinės pernašos sistemos.	2		1				3	5	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare.
8. Chemiosmosinės energijos virsmų teorijos pagrindai, chemiosmosinė protonų apytaka. Oksidacinio fosforilinimo mechanizmas, elektrocheminių vandenilio jonų potencialų gradientas, protonvaros jėga. Elektronų pernašos ir H^+ translokacijos keliai bei šiuos procesus vykdančios biologinių membranų sandai.	2		1				3	5	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
9. Elektronų pernašos grandinės biologinėse membranose.	4		2				6	9	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
Mitochondrijų kvėpavimo grandinė, jos sudėtinės dalys. I kompleksas: NADH – ubichinono oksidoreduktazė (NADH dehidrogenazė); II kompleksas: sukcinato - ubichinono oksidoreduktazė (sukcinato dehidrogenazė); III kompleksas: ubichinono - citochromo c oksidoreduktazė (bc_1 kompleksas); IV kompleksas: citochromo c oksidazė. Elektronų, protonų ir krūvio judėjimas, katalizuojamas kvėpavimo grandinės.	2		1				3	4	
Elektronų pernašos kvėpavimo grandinė slopikliai. Oksidacinio fosforilinimo skyriklių veikimo mechanizmas; modeliniai (sintetiniai) ir gamtiniai (termogeninas) skyrikliai, termogeninis kvėpavimas. Aktyviųjų deguonies formų (ROS) susidarymas kvėpavimo metu, oksidacinis stresas, ląstelės apsauga nuo ROS sistemos.	2		1				3	5	

Augalų, bakterijų ir archėjų kvėpavimo grandinių įvairovė, aerobinės ir anaerobinės (bedegūnės) kvėpavimo grandinės; kvėpavimas, galutiniu elektronų akceptoriumi naudojant medžiagą, esančią už ląstelės ribų.									
10. Fotosintezė.	4		2				6	9	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
Pagrindiniai fotosintezės pigmentai, chlorofilas. Fotosintezės fazės. Fotosintezės šviesos reakcijos. Augalų fotosintezė: chloroplastai, tilakoidai, neciklinė elektronų pernašos grandinė, I ir II fotosistemos. Vandens fotolizė (deguonį išskirianti sistema). Nuo šviesos priklausanti ATP sintezė (fotofosforilinimas). Tamsos reakcijos.	2		1				3	4	
Oksigeninė ir anoksigeninė prokariotų fotosintezė, fotoautotrofai ir fotoheterotrofai. Ciklinė fotosintezuojančių purpurinių bakterijų elektronų pernašos grandinė. Fotocheminis bakteriorodopsino ciklas.	2		1				3	5	
11. ATP sintazė, jos sandara, ATP sintezės mechanizmas. Fosforilinimo slopikliai. ATP-azės. ATP kiekio matavimas.	2		1				3	4	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
12. Savitieji bioenergetikos metodai. Deguonies pulso ir rūgšties pulso metodai, kvėpavimo greičio matavimai, mitochondrijų kvėpavimo aktyvumo būsenos. Protonovaro jėgos dydžio įvertinimas: membranos įtampos ($\Delta\psi$) matavimas, pH gradiento matavimas. Energijos vyksmų slopiklinė analizė.	2		1				3	5	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
13. Energijos kaupimo mechanizmų evoliucijos hipotezės. Ekstremofilų bioenergetika.	2		1				3	5	Savarankiška temų analizė, naudojant medžiagą kurso virtualioje mokymosi aplinkoje; mokslinės literatūros analizė. Referato rengimas ir pasiruošimas diskusijai seminare
Iš viso	32		16				48	72	

Vertinimo strategija	Svoris proc.	Atsiskaitymo laikas	Vertinimo kriterijai
Tarpinė apklausa	30	6-a semestro	Apklausa raštu (virtuali mokymosi aplinka) iš klausimų, apimančių 1-6 temas (30-40 klausimų testas ir 1-3 atviri klausimai; atsakymai vertinami taškais, atsižvelgiant į klausimų

		savaitė	sudėtingumą) Įvertinimo ribos: 100% - 90% atsakytų klausimų – įvertinimas 10 (puikiai) 90% - 80% atsakytų klausimų – įvertinimas 9 (l. gerai) 80% - 70% atsakytų klausimų – įvertinimas 8 (gerai) 70% - 60% atsakytų klausimų – įvertinimas 7 (vidutiniškai) 60% - 50% atsakytų klausimų – įvertinimas 6 (patenkinamai) 50% - 40% atsakytų klausimų – įvertinimas 5 (silpnai) <40% atsakytų klausimų – įvertinimas <4 (nepatenkinamai)
Tarpinė apklausa	30	12-a semestro savaitė	Apklausa raštu (virtuali mokymosi aplinka) iš klausimų, apimančių 6-10 temas (30-40 klausimų testas ir 1-3 atviri klausimai; atsakymai vertinami taškais, atsižvelgiant į klausimų sudėtingumą) Įvertinimo ribos: 100% - 90% atsakytų klausimų – įvertinimas 10 (puikiai) 90% - 80% atsakytų klausimų – įvertinimas 9 (l. gerai) 80% - 70% atsakytų klausimų – įvertinimas 8 (gerai) 70% - 60% atsakytų klausimų – įvertinimas 7 (vidutiniškai) 60% - 50% atsakytų klausimų – įvertinimas 6 (patenkinamai) 50% - 40% atsakytų klausimų – įvertinimas 5 (silpnai) <40% atsakytų klausimų – įvertinimas <4 (nepatenkinamai)
Referatas (6-15 psl.) pasirinkta tema ir jo pristatymas seminare, dalyvavimas diskusijose	10	Po kiekvienos paskaitos	1 balas (10%). Referatui pasirinkta aktuali tema, jis parengtas, remiantis naujausia mokslinė literatūra. Problema išsamiai išnagrinėta. Darbo struktūra nuosekli, parodo studento gebėjimus logiškai analizuoti ir vertinti su tema susijusią informaciją. Daromos išvados pagrįstos. Referatas stilistiškai tvarkingas, be rašybos klaidų. Referatas pristatytas seminare (PowerPoint skaidrėmis ar kt.), aptartas ir apgintas. 0,5 balo (5%). Problema išanalizuota neišsamiai, referate pasitaiko grubių stiliaus bei rašybos klaidų. Pristatymas seminare nepakankamai išsamus, logiškas ar tvarkingas. 0 balų. Darbas nepateiktas arba problema išanalizuota netinkamai.
Egzaminas	30	Egzaminų sesijos metu	Apklausa raštu (virtuali mokymosi aplinka) iš klausimų, apimančių 10-13 temas (30-40 klausimų testas ir 1-3 atviri klausimai; atsakymai vertinami taškais, atsižvelgiant į klausimų sudėtingumą) Įvertinimo ribos: 100% - 90% atsakytų klausimų – įvertinimas 10 (puikiai) 90% - 80% atsakytų klausimų – įvertinimas 9 (l. gerai) 80% - 70% atsakytų klausimų – įvertinimas 8 (gerai) 70% - 60% atsakytų klausimų – įvertinimas 7 (vidutiniškai) 60% - 50% atsakytų klausimų – įvertinimas 6 (patenkinamai) 50% - 40% atsakytų klausimų – įvertinimas 5 (silpnai) <40% atsakytų klausimų – įvertinimas <4 (nepatenkinamai)

Autorius	Leidimo metai	Pavadinimas	Periodinio leidinio Nr. ar leidinio tomas	Leidimo vieta ir leidykla ar internetinė nuoroda
Privalomoji literatūra				
Virtuali kurso aplinka (paskaitų medžiaga, užduočių medžiaga, seminarų medžiaga, naujausi mokslinės literatūros šaltiniai)	Sukurta 2011, atnaujiama nuolat	Bioenergetika		http://vma.esec.vu.lt
R. Daugelavičius	2008	“Ląstelės molekulinė		KTU leidykla „Technologija“

		energetika”, mokomoji knyga		
D.G. Nicholls, S.J. Ferguson	2002	Bioenergetics 3		London, Academic Press
Papildoma literatūra				
W.A. Cramer, D.B. Knaff	1991	Energy transduction in biological membranes. Textbook of Bioenergetics		Berlin, Springer-Verlag and Heidelberg, GmbH & Co
J. Kadziauskas.	2008	“Biologinės membranos”, mokomoji knyga		KTU leidykla „Technologija“
В.П. Скулачев	1989	Энергетика биологических мембран		Москва, Наука
J. A. Illingworth		Oxidative Phosphorylation Home Page		http://www.bmb.leeds.ac.uk/illingworth/oxphos/