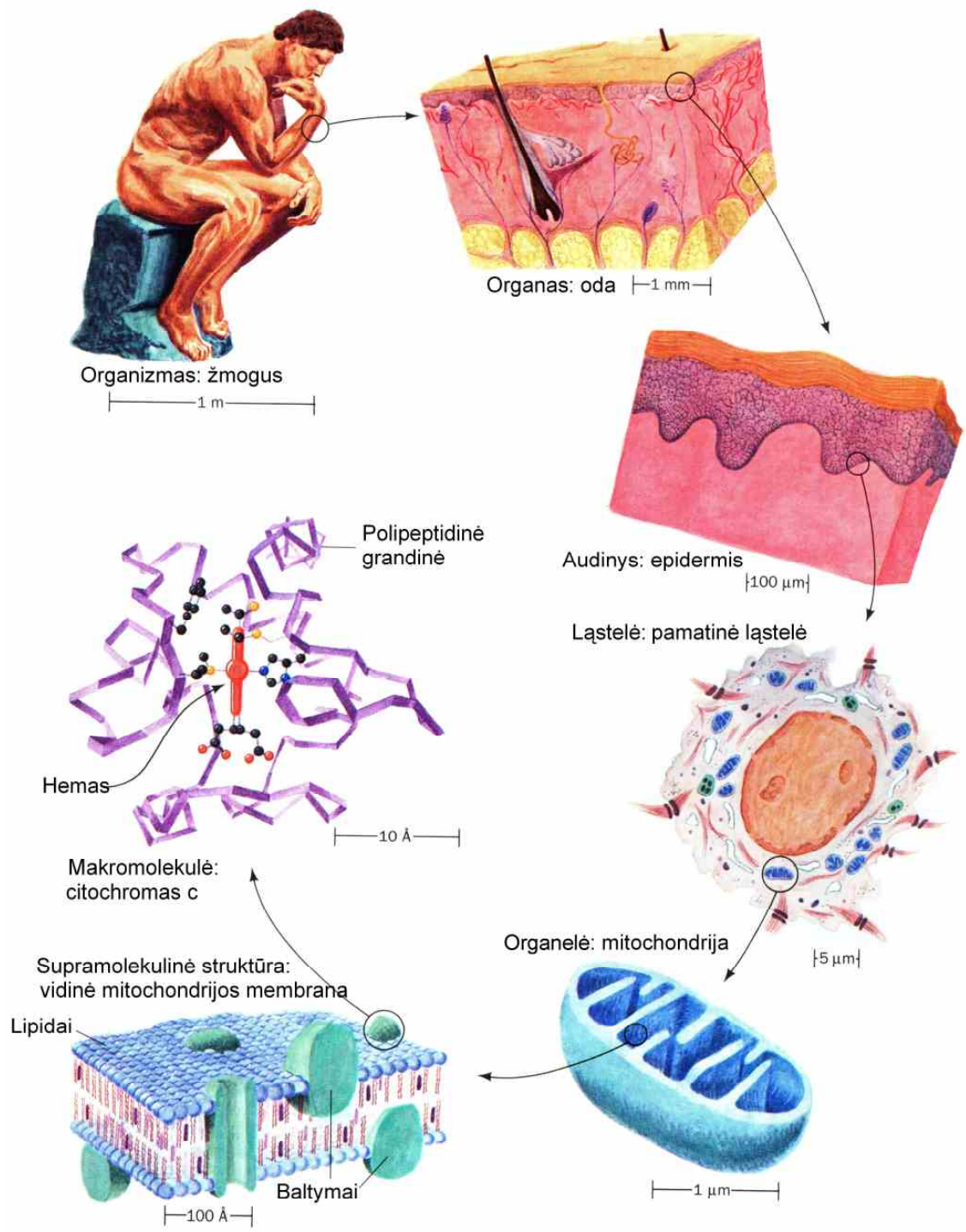


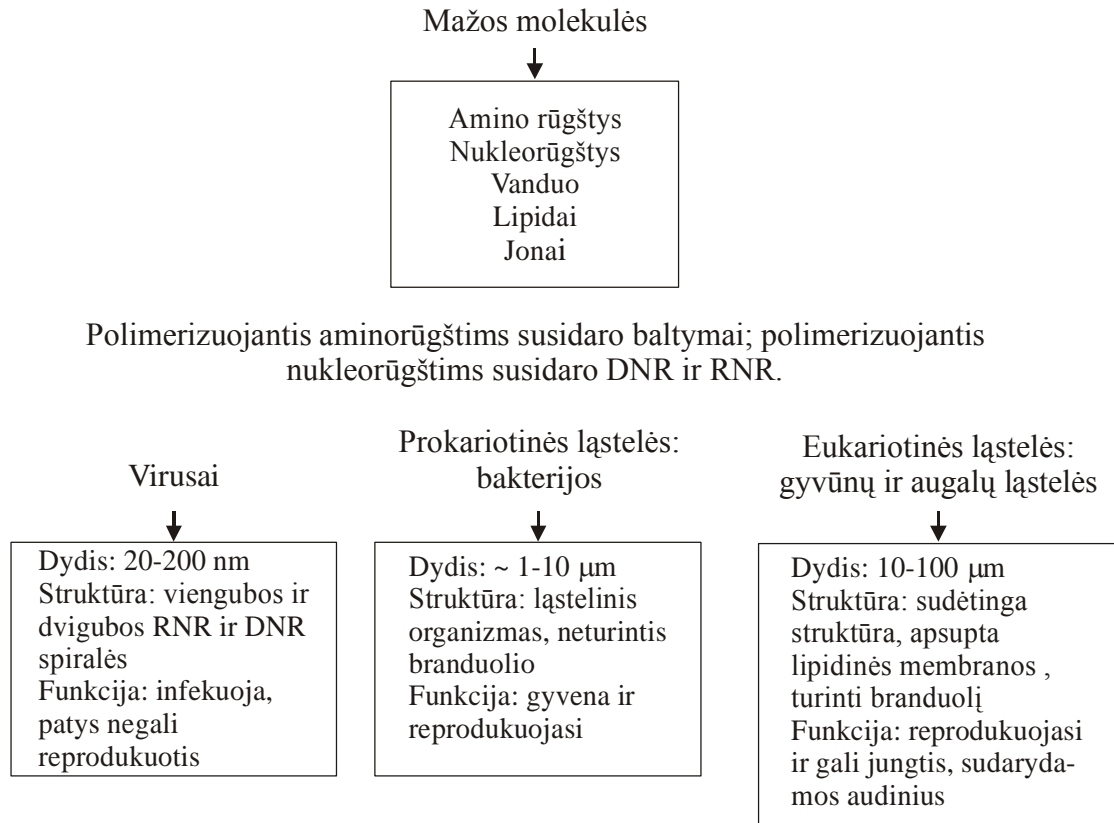
## 2. TRUMPAI APIE BIOLOGINES STRUKTŪRAS

Gyvieji organizmai labai sudėtingi. Net gana paprastos bakterijos *Esheria coli* ląstelėje yra keli tūkstančiai junginių ir didesnė dalis jų būdinga tik šiai bakterijai. Aukštesnieji organizmai, žinoma, yra dar sudėtingesni. Tad atrodytų, suprasti, kaip veikia kiekvienas gyvas organizmas beveik neįmanoma. Tačiau taip nėra dėl to, kad visi gyvieji organizmai yra iš esmės tvarkūs – jų struktūros paklūsta griežtai hierarchijai (2.1 pav.) (Voiet ir Voiet, 1995). Daugialąsčiai organizmai susideda iš organų, kuriuos sudaro audiniai, susideda iš ląstelių, kurios savo ruožtu sudarytos iš organelių. Organelės sudaro supramolekulinės struktūros, pavyzdžiui, membranos, kurių sandai – makromolekulių klasteriai. Atradimas, kad biologinėse sistemose egzistuoja ne tik mažos molekulės, bet ir polimerinės makromolekulės, buvo didžiulis pažangus žingsnis. Makromolekulės yra būdingiausios ir įdomiausios biologinių struktūrų molekulės. Pačios svarbiausios iš jų, jei kalbama apie funkcijų įvairovę, yra baltymai. Jie palaiko ląstelių vientisumą, padeda joms judėti ir veikti, katalizuoja mažų molekulių transformacijas. Be to, baltymai kontroliuoja genus, nuo kurių priklauso ląstelių sudėtis ir funkcijos, padeda molekulėms judėti per membranas ir net tiesiogiai dalyvauja savo ir kitų makromolekulių sintezėje. Labai svarbios makromolekulės yra nukleorūgštys – medžiaga, perduodanti genetinę informaciją – viso organizmo raidos pagrindą. Iš kitų gamtoje svarbių makromolekulių reikia paminėti polisacharidus ir lipidus. Makromolekulės yra polimerai, sudaryti iš monomerinių vienetų, užimančių biologinių struktūrų hierarchijoje žemiausią padėtį (2.1 ir 2.2 pav.).

Visi gyvieji organizmai sudaryti iš ląstelių. Nors jų įvairovė be galo didelė, į visų biologinių sistemų sudėtį įeina tų pačių klasių cheminiai junginiai, o gyvybiniai procesai vyksta pagal panašius principus. Jau ląstelių lygmenyje mikroorganizmai labai skiriasi savo dydžiu – nuo virusų, kurių dydis 20-200 nm, iki eukariotinių ląstelių, kurių dydis 10-100  $\mu\text{m}$  (2.2 pav.). Virusai yra nukleorūgščių “paketai” baltymų apvalkale ir jie neturi gebėjimo replikuotis (2.3 pav.). Eukariotinių ląstelių svarbus bruožas tas, kad jos gali diferencijuotis ir sukurti skirtingas funkcijas atliekančių ląstelių įvairovę. Iš sudėtingų tokių diferencijuotų ląstelių darinių susidaro aukštesnės struktūros – audiniai, o iš šių – organai, atliekantys konkrečias funkcijas. Organų visuma sudaro gyvą organizmą.



2.1 pav. Biologinių struktūrų hierarchinės organizacijos pavyzdys



2.2 pav. Biologinių sistemų hierarchija

Taigi labai sudėtingiems iš ląstelių sudarytiems gyviesiems organizmams yra būdingos įvairios funkcijos:

- jie ima energiją iš aplinkos ir ją perdirba (maisto grandinė);
- kuria ir palaiko savo sudėtingą struktūrą iš paprastų medžiagų;
- atlieka mechaninį darbą panaudodami raumenis;
- juose vyksta sudėtingi savireplikacijos procesai, kurių metu susidaro dydžiu, forma ir struktūra identiškos ląstelės;
- juose veikia sudėtingi vidinių ryšių tinklai;
- jie turi vidinius kovos su ligomis ir pažaidų atitaisymo mechanizmus.

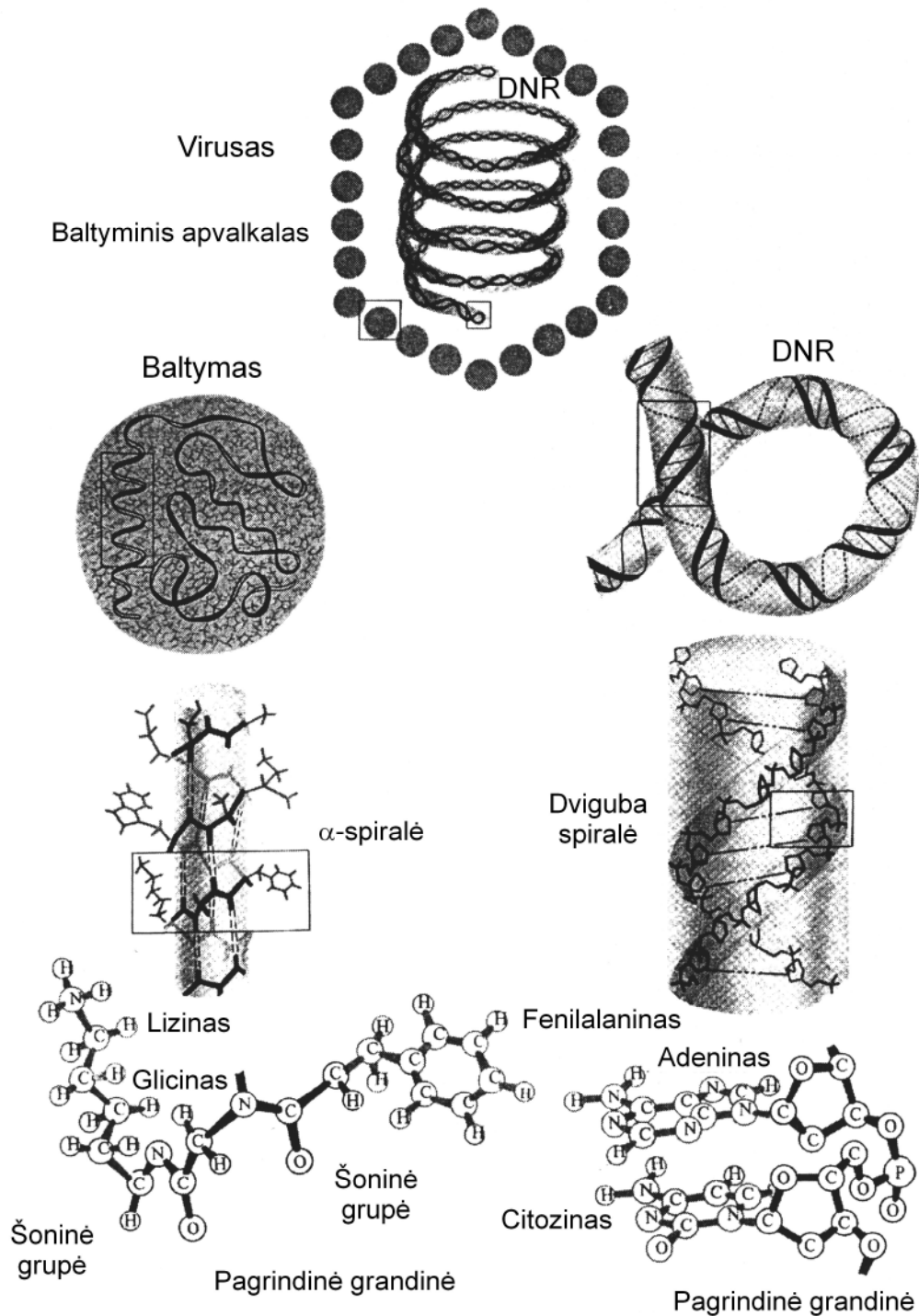
*Ląstelių sandara.* Ląstelė yra elementariausia sistema, pasižyminti visomis gyvybinėmis funkcijomis. Tik vientusiai ląstelei būdinga savireguliacija ir reprodukcija. Du trečdalius ląstelės masės sudaro nedidelės molekulės: vanduo, aminorūgštys, angliavandeniai, riebalų rūgštys ir įvairūs jonai, likusią dalį – makromolekuliniai polimerai: baltymai, DNR, RNR ir fosfolipidai, kurie sudaro ląstelės struktūros pagrindą. Visas ląsteles gaubia

plazminė membrana; ji taip pat atskiria jos vidinę terpę nuo išorinės bei ląstelę nuo ląstelės. Membranos apgaubta erdvė yra citoplazma, kurioje sutelktos visos ląstelės organelės (išskyrus branduolį). Citozolis yra citoplazmos skystis. Ląstelės organelės – tai tarsi maži organai, atliekantys ląstelėje įvairias funkcijas, panašiai kaip organai gyvuose organizmuose. Svarbiausios ląstelės organelės yra: branduolys, kuriame sukaupta genetinė informacija; citoskeletas, kuris palaiko ląstelės formą ir padeda jos dalims judėti; mitochondrijos, kuriose vyksta energijos gamyba; Goldžio aparatas, kuriame vyksta baltymų ir lipidų molekulių sandaros keitimas ir išnešiojimas; endoplazminis tinklas, ant kurio paviršiaus išsidėsčiusios ribosomos, dalyvaujančios baltymų sintezėje; lizosomos – savotiški ląstelės virškinimo centrai, kuriuose esantys fermentai gali skaidyti praktiškai visus gamtinius polimerus; peroksisomos – pūslelės iš vienos membranos, kuriose yra oksidacijos fermentų, skaidančių peroksidus.

*Biologinės makromolekulės.* Ląstelėse yra dviejų skirtingų tipų molekulės – mažos molekulės ir makromolekulės, kurios sintetamos skirtingais būdais. Mažos molekulės susidaro ir kinta individualių cheminių transformacijų būdu. Makromolekulės yra grandininiai polimerai, sudaryti iš didelio skaičiaus mažų molekulių (monomerų), sujungtų kovalentiniais ryšiais. Nors skirtingus biologinius polimerus sudaro skirtingos cheminės sudėties monomerai, jie turi bendrą struktūrinių bruožų, kurie vaidina svarbų vaidmenį formuojantis jų specifinėms savybėms ir būdingoms funkcijoms. Dvi tokios bendros svarbios struktūrinės savybės yra:

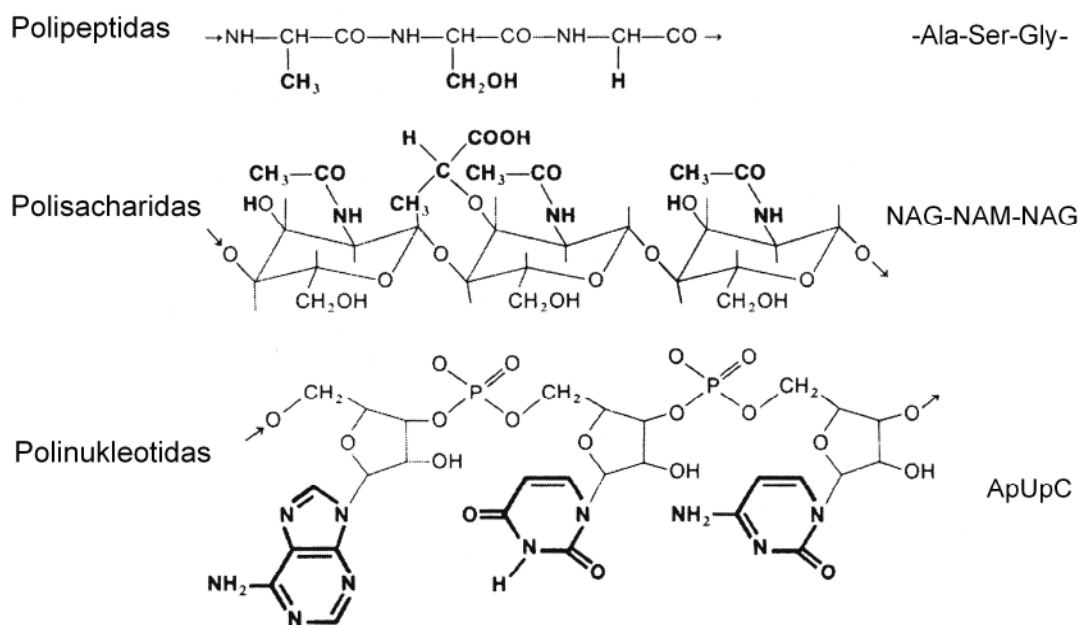
- makromolekulių susidarymas iš monomerinių vienetų;
- mažos energijos ryšių svarba palaikant aukštesnio lygio struktūras.

Svarbiausi ląstelių polimerai yra nukleorūgštys, baltymai, polisacharidai ir lipidai. Monomerai į biopolimerus jungiasi kovalentiniais ryšiais. Tie ryšiai paprastai susidaro išsiskiriant vandens molekulei. Baltymų monomerai yra aminorūgštys, tarp kurių susidaro peptidiniai ryšiai ir taip susiformuoja polipeptidinės grandinės. Nukleorūgštys sudarytos iš nukleotidų ir grandinė susiformuoja per fosfatinių esterių jungtis tarp jų. Angliavandenius sudaro įvairūs monosacharidai, sujungti į grandines glikozidiniais ryšiais tarp 1 ir 4 arba 1 ir 6 anglies atomų.



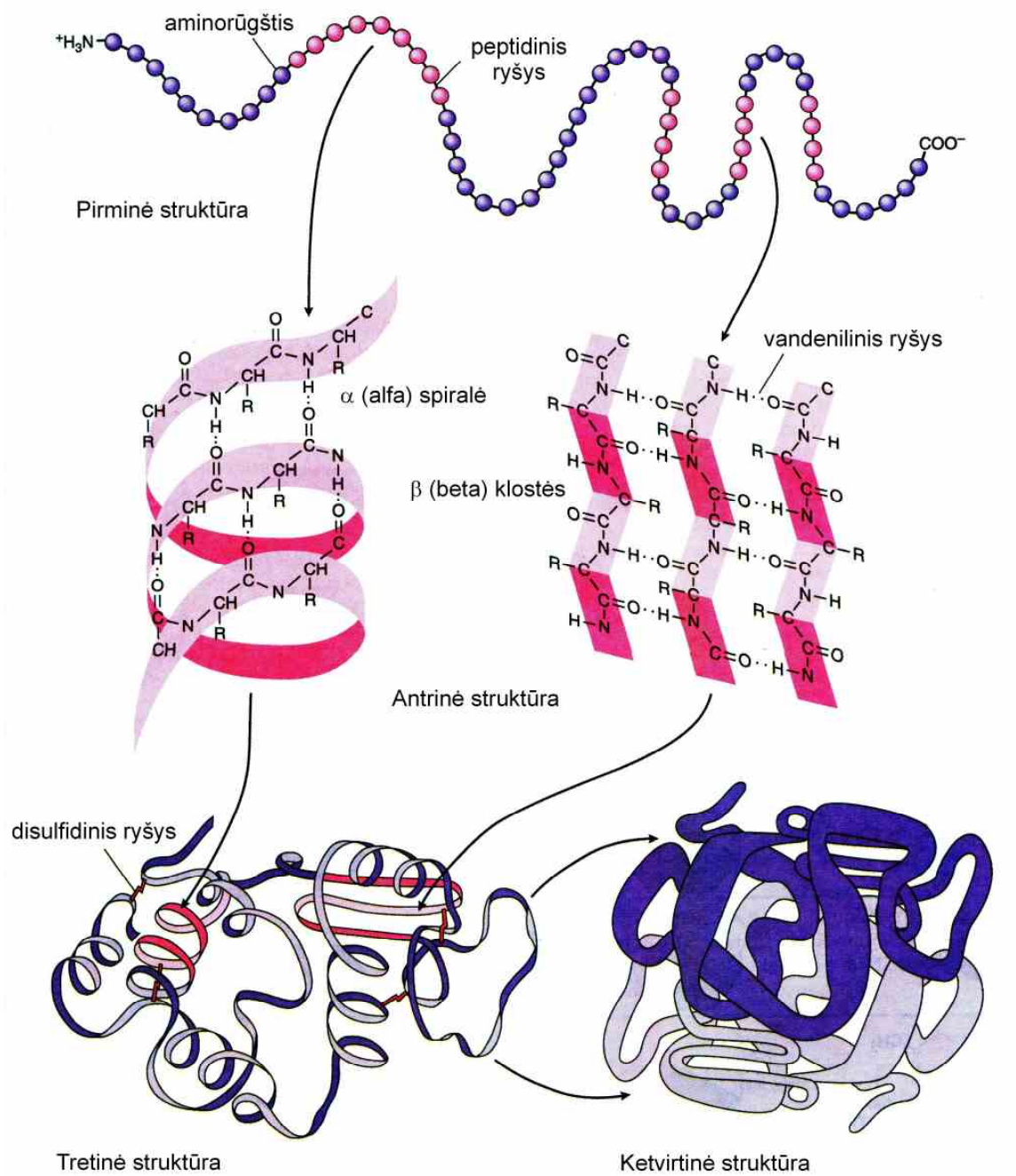
2.3 pav. Biologinių makromolekulių struktūriniai lygmenys. Virusas ar kuris kitas apibrėžtas struktūrinis vienetas, susidedantis iš baltymų ir nukleoproteinų, atitinka ketvirtinę struktūrą; atskirų šio komplekso komponentų trimatė struktūra sudaro tretinę struktūrą; spiraliniai fragmentai šioje struktūroje yra antrinė struktūra; pirminę struktūrą vaizduoja cheminė formulė, parodanti tik cheminių ryšių sistemą, bet ne erdvinį atomų išsidėstymą

Svarbi sujungtų elementų savybė yra ta, kad makromolekulinės grandinės skeletą sudarančių monomerų struktūra yra periodiška, skiriasi tik šoninės grupės, atsišakančios nuo pagrindinės grandinės (2.4 pav.).



2.4 pav. Būdingos linijinės makromolekulės. Šoninės grupės pajuodintos

Baltymuose periodiškumą palaiko karboksilo,  $\alpha$ -anglies atomai ir aminogrupės, o šoninėse grupėse randamos 20 aminorūgščių liekanos. Periodinė nukleorūgščių dalis yra sudaryta iš pentozės fosfato skeleto, o bazės orientuotos beveik statmenai į jį. Dėl tokios monomerų jungimosi į makromolekules tvarkos egzistuoja didžiulė jų struktūros įvairovė. Iš 20 skirtingų aminorūgščių arba kelių nukleotidų tipų gali susidaryti nepaprastai daug įvairių polipeptidų ir polinukleotidų grandinių. Kitaip tariant, kadangi pirminę baltymų ir nukleorūgščių struktūrą sudaro aminorūgščių ir nukleotidų seka, tai esant apibrėžtam grandinės ilgiui iš kelių pradinių elementų gali būti sukurtas milžiniškas kiekis pirminių molekulinė struktūrų. Tai ir paaiškina gamtoje randamą didžiulę genetinę medžiagą ir baltymų įvairovę.



2.5 pav. Globulinio baltymo struktūros: pirminė struktūra – tai aminorūgščių seka; antrinė struktūra –  $\alpha$  spiralės ir  $\beta$  klostės; tretinė struktūra – molekulos susisukimas ir susilankstymas; ketvirtinė struktūra – keletas polipeptidų

*Biopolimerų erdvinės struktūros.* Biopolimerų erdvinė struktūra yra keturių lygių (2.5 pav.). Pirminę struktūrą nusako kovalentiniais ryšiais sujungtų monomerų seka. Pirminė struktūra lemia antrinę ir aukštesnes makromolekulių struktūras. Tam tikromis sąlygomis (terpės pH, jonų koncentracija, temperatūra ir kt.), sekos išsidėsto erdvėje, o jų viduje ir tarp jų susiformuoja mažos energijos ryšiai, stabilizuojantys erdvinės struktūras. Erdvinės struktūras palaikantys ryšiai tai: vandeniliniai ryšiai, Van der Valso, joninės ir hidrofobinės sąveikos. Visi šie ryšiai yra nekovalentinės prigimties ir silpni, tačiau jų visuma yra labai svarbi, nes būtent ji palaiko biologinių makromolekulių erdvinės struktūras.

Antrinė struktūra nusako atskirų polimerinės grandinės segmentų erdvinį išsidėstymą. Dvi būdingiausios konformacijos yra  $\alpha$ -spirale ir suklostyta  $\beta$ -struktūra. Kokia susidaro konformacija, priklauso nuo pirminės sekos ir sąveikų tarp monomerų.

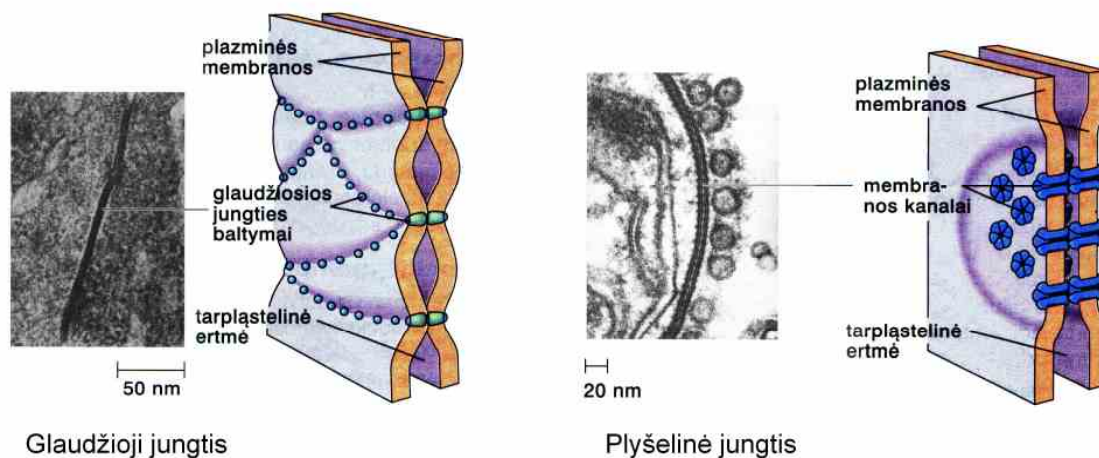
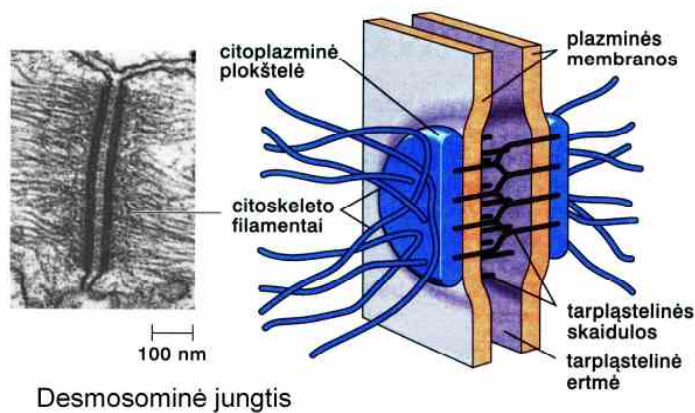
Tretinė struktūra – tai struktūros vieneto erdvinė forma. Formuojantis tretinei struktūrai dalyvauja ir vandeniliniai, ir joniniai, ir kovalentiniai ryšiai. Tretinę struktūrą išlaikyti taip pat padeda ir disulfidiniai ryšiai. Baltymų tretinę struktūrą sąlygoja polipeptidinės grandinės aminorūgščių seka ir sąveikos tarp negretimų aminorūgščių liekanų.

Ketvirtinė struktūra susidaro, kai keli tretinės struktūros subvienetai susijungia į nekovalentiniais ryšiais stabilizuotą asociatą. Ketvirtinės struktūros subvienetai gali būti vienodi arba skirtingi, o jų išsidėstymas tiek simetrinis, tiek nesimetrinis. Vienas geriausiai ištirtų ketvirtinę struktūrą turinčių baltymų yra hemoglobinas, sudarytas iš keturių polipeptidų.

*Ląstelių jungimasis į audinius.* Audinys yra tam tikru būdu sujungtų ląstelių darinys. Iš įvairių ląstelių formuojasi specifines funkcijas atliekantys organai. Audiniuose ląstelės supa sudėtingas makromolekulių darinys – viršląstelinis matriksas, kuris padeda ląstelėms susijungti ir sudaryti audinius, o šiems – organus. Žmogaus audiniuose kiekviena ląstelė gali daugelyje vietų jungtis su kitomis ląstelėmis. Atsižvelgiant į atliekamas funkcijas, ląstelių jungtys yra skirstomos į tris grupes: desmosomines, glaudžiausias ir plyšelines (2.6 pav.). (Mader, 2001).

Kai dviejų ląstelių viduje su citoskeletu susijungusios citoplazminės plokštelės tarpusavyje jungiasi tarpląstelinėmis skaidulomis, susidaro desmosominė jungtis. Tokių





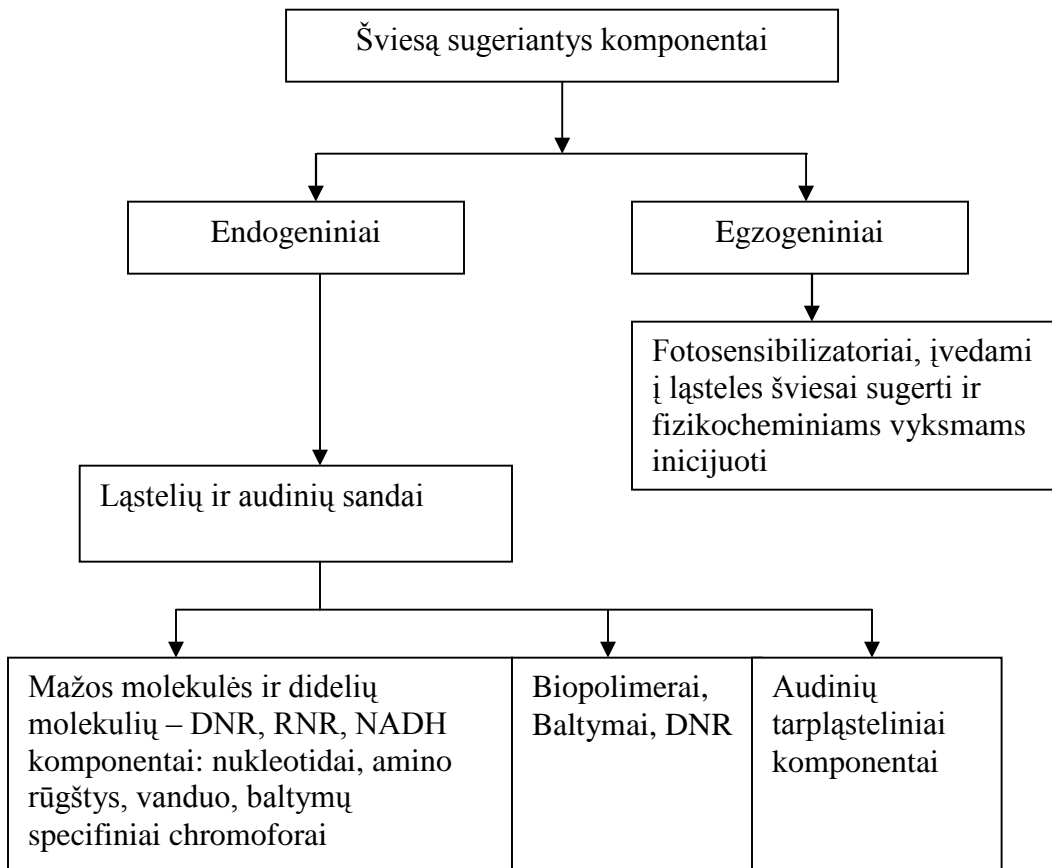
2.6 pav. Tarpląstelinės žarnyno sienelės jungtys: desmosominės jungtys (desmosomos) susidaro ląstelėms susijungus tarpląstelinėmis skaidulomis; glaudžiosios ląstelių jungtys padeda joms sudaryti labai patikimą nelaidų barjerą, nes susijungia jų plazminės membranos; plyšelinės jungtys, kurios susidaro susijungus gretimų ląstelių plazminių membranų kanalams, leidžia gretimoms ląstelėms palaikyti tarpusavio ryšį

organų, kurių audiniai gali išsitempti (pavyzdžiui, širdies, skrandžio, šlapimo pūslės) ląstelės susijungusios desmosominėmis jungtimis. Jei susidaro glaudžiosios jungtys, ląstelės susijungia dar tvirčiau, nes tada sulimpa dviejų ląstelių plazminių membranų baltymai. Tokios jungtys būdingos tų audinių ląstelėms, iš kurių sudarytos organų sienelės atlieka barjero vaidmenį (pavyzdžiui, žarnų ar inkstų).

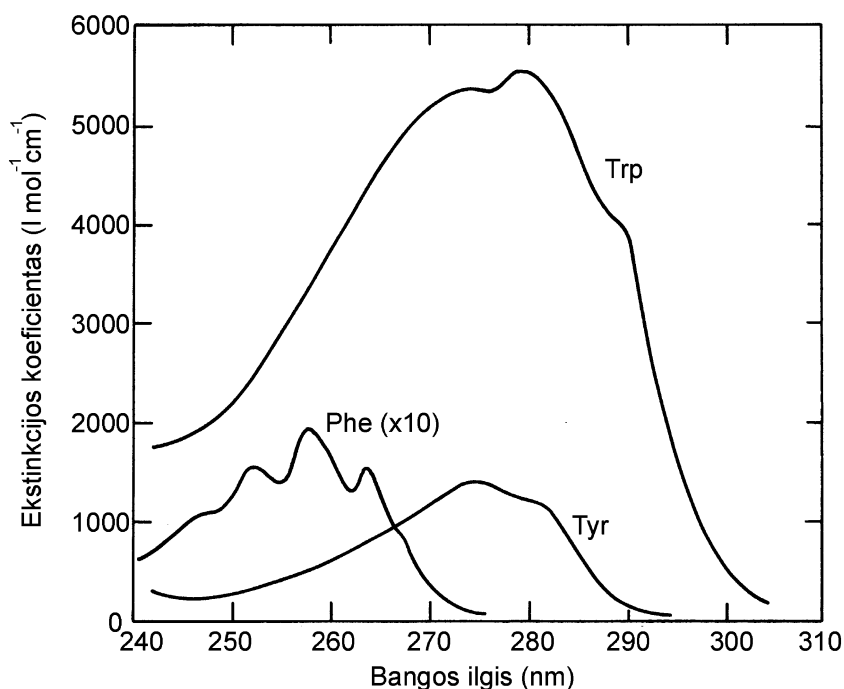
Plyšelinės jungtys yra dažniausiai pasitaikančios tarpląstelinės audinių jungtys. Jos leidžia ląstelėms sąveikauti, nes yra tarsi plyšeliai tarp ląstelių. Šiuos plyšelius užpildo kanalus sudarantys baltymai, kurie praleidžia jonus ir mažos molekulinės masės junginius iš vienos ląstelės į kitą. Plyšelinės jungtys atlieka labai svarbų vaidmenį širdies

raumenyje ir lygiuosiuose raumenyse, nes jos praleidžia būtinus ląstelėms susitraukinti jonus.

*Biologinių audinių chromoforai.* Šviesos sąveika su biologiniu objektu prasideda šviesos sugerties aktu, kuris inicijuoja seką fizikinių, terminių ar cheminių vyksmų arba jų derinių. Tuo yra pagrįstas ir šioje knygoje aptariamas optinės diagnostikos metodas. Biologiniuose audiniuose šviesą sugeria įvairūs chromoforai: endogeniniai – esantys ląstelių ir audinių sudėtyje arba egzogeniniai – tikslingai į organizmą įvestos jautrumą šviesai padidinančios medžiagos (2.7 pav.).

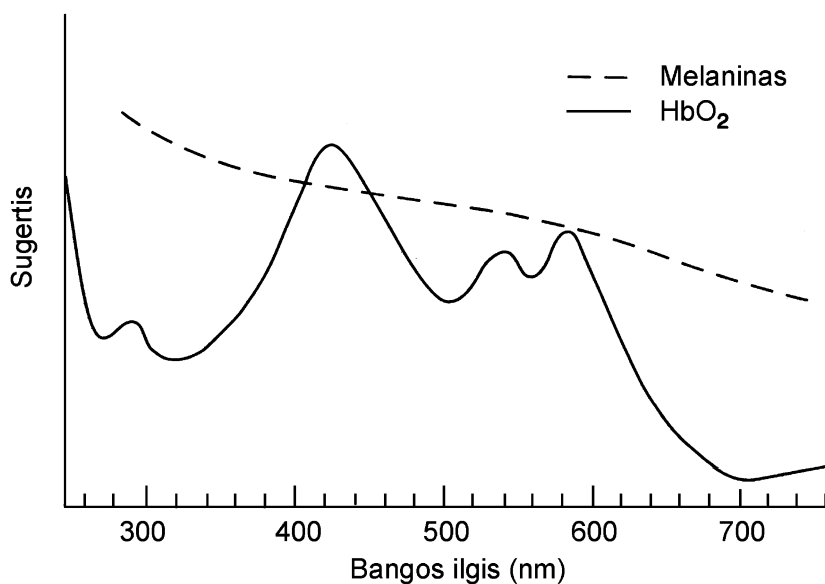


2.7 pav. Šviesą sugeriantys molekulių, ląstelių ir audinių komponentai



2.8 pav. Vandeninių triptofano (Trp), tirozino (Tyr) ir fenilalanino (Phe) tirpalų sugerties spektrai

Gausiausia biologinių objektų medžiaga yra baltymai, sudaryti iš alifatinių ir aromatinių aminorūgščių. Alifatinės aminorūgštys sugeria UV ruožo bangas, trumpesnes nei 240 nm. Aromatinės aminorūgštys – triptofanas (Trp), tirozinas (Tyr) ir fenilalaninas (Phe) – sugeria ilgesnių nei 240 nm bangų šviesą, tačiau nesugeria regimosios šviesos bangų (2.8 pav.). Tačiau baltymų šviesos sugertį sąlygoja ne tik jų sudarančios aminorūgštys. Baltymo šviesos sugerčiai įtakos turi polipeptidiniai ryšiai, disulfidiniai tilteliai ar baltymo sudėtyje esantys specifiniai chromoforai, pavyzdžiui, hemo grupė hemoglobine. Hemoglobino sugerties smailės yra ties 280 nm, 420 nm, 540 nm ir 580 nm. Odos pigmentas melaninas sugeria visų regimosios šviesos ruožo ilgių bangas, tačiau sugertis silpnėja didėjant bangos ilgiui (2.9 pav.).



2.9 pav. Melanino ir oksihemoglobino sugerties spektrai

DNR ir RNR komponentai yra nukleotidai, sudaryti iš angliavandenių ir purino bei pirimidino bazių. Angliavandeniai sugeria trumpesnes už 230 nm šviesos bangas, tačiau jų šviesos sugertis nesukelia pastebimų fotofizikinių ar fotocheminių vyksmų. Purino ir pirimidino bazės sugeria 230-300 nm ruožo šviesą, ir ši sugertis yra atsakinga už DNR pažeidimus. Kofermonto nikotinamidadeninukleotido (NADH) sugerties smailės yra ties 270 ir 350 nm. Vanduo nesugeria nei regimosios, nei artimojo IR ruožo šviesos, tik ilgesnes nei 1,3 $\mu$ m bangas. Taigi biologiniai audiniai šviesai geriausiai pralaidūs 650-1300 nm spektro ruože (“audinių optinio skaidrumo langas”).