

## **ALKALMAZOTT SZERVES- ÉS BIOKÉMIA - ONLINE** **A TÁRGY KÖVETELMÉNYRENDSZERE ÉS VIZSGARENDJE ONLINE OKTATÁS ESETÉN**

A tantárgy tematikája alapvetően személyes jelenlétre épül, azonban a veszélyhelyzetre való tekintettel - **csak a fennállása alatt** - személyes jelenlétet nem igénylő távoktatás formában is teljesíthető!  
Az online oktatás feloldása esetén automatikusan a személyes jelenlétre vonatkozó képzési forma és követelmény lép életbe!

### **1. Előadás**

Az előadások - *a személyes jelenlétet nem igénylő oktatási forma esetén is* - a tematika szerint tanulandók a megadott kötelező irodalmakból, a videókból és a *www.sopanka.hu* honlapon található "Oktatási segédanyagok" részéből! A előadás videóit a tanórák anyagaiból összeállított videók. Az adott órai anyaghoz eseti konzultáció formájában további segítséget nyújtunk az igénylő hallgatónak!

### **2. Gyakorlat**

A gyakorlat feladatai és anyaga videó formájában elérhető a *www.sopanka.hu* honlapon!  
A hallgatók megtekintik és a videón látható eredményekből a letölthető jegyzőkönyvet kitöltve és kiszámolva az adott időig visszaküldik. A jegyzőkönyveket ellenőrizzük és ha hibás vagy nem megfelelő, akkor visszaküldjük javításra, de így is bele kell férni a megadott időbe. Ilyen módon kapcsolódik az online oktatás a személyes jelenlétre vonatkozó képzési formával!

**A félév elismeréséhez a gyakorlati jegyzőkönyvek lefogatása.**

### **3. A vizsgák rendje**

- A vizsgák anyaga megegyezik a a személyes jelenlétre vonatkozó képzési formával!
- Az adott vizsganapokra a számítógépes rendszer segítségével (NEPTUN) lehet jelentkezni.
- Vizsgázni csakis az adott vizsganapra érvényes jelentkezés esetén lehet.
- A vizsgák az adott vizsganapokon **Redmenta** rendszerben történnek otthoni eléréssel.
- Bármelyik vizsganapon lehet ismételt vizsgát tenni.
- A tárgyból a sikertelen vizsgát *legalább 5 nap eltelte után* lehet megismételni.

Gödöllő, 2020. szeptember

Dr. Fülöp László  
egyetemi docens  
tárgyfelelős

**ALKALMAZOTT SZERVES- ÉS BIOKÉMIA - ONLINE****AZ ELŐADÁSOK TEMATIKÁJA**

<b>Az előadás témája az alábbiakat öleli fel</b>
Bevezetés, a tárgy követelményrendszere (alkánok, alkének, alkinok, fizikai és kémiai tulajdonságai és jelentőségük) Szénhidrogének (halogéntartalmú és aromás szénhidrogének fizikai és kémiai tulajdonságai) Alkoholok és oxovegyületek (alkoholok, fenolok, éterek, aldehidek, ketonok és jellemzőik) Karbonsavak, nitrogén és kéntartalmú vegyületek és származékaik (karbonsavak, aminok, azo-, nitrovegyületek, szulfonsavak tulajdonságaik) Biológiailag aktív molekulák: (terpének, szteroidok, alkaloidok, vitaminok) Lipidek, cisz és trans zsírsavak, növényi zsírok és membránok) Az élővilág építőelemei I: Aminosavak, peptidek, fehérjék. Az élővilág építőelemei II: Szénhidrátok, mono-, oligo- és poliszaharidok. Az élővilág építőelemei III: Heterociklusok. Nukleinsavak és építőelemeik. Lebontó és felépítő folyamatok I.: Glikolízis, Krebs ciklus, terminális oxidáció. Silózás biokémiája. Lebontó és felépítő folyamatok II.: Glükoneogenezis. Pentóz-foszfát ciklus. Ureaciklus. Lebontó és felépítő folyamatok III.: Lipidek lebontása és bioszintézise. Fotoszintézis. Nukleinsavak és fehérjék bioszintézise: Replikáció, transzkripció, transláció. Szabályozás: Az élő folyamatok szabályozása és a hormonok.

**Az előadások videói folyamatosan a nappalisok tematikájának megfelelően kerülnek feltöltésre és a felhasználásainak szabályait lásd a honlapomon!**

**A GYAKORLATOK FELADATAI**

Feladat: Refraktometriás és polarimetriás meghatározás (KÖTELEZŐ, lásd a honlapomon)!

**Kötelező irodalom:**

Boross L. - Sajgó M. (2003): A biokémia alapjai; Bp. Mezőgazdasági kiadó  
Nosticzius Árpád (1986): Szerves kémia; Mosonmagyaróvár, jegyzet

**Ajánlott irodalom:**

Gombkötő G. - Sajgó M. (1985): Biokémia Mezőgazdasági Kiadó, Budapest  
Elődi P. (1981): Biokémia; Akadémiai Kiadó, Budapest  
Bíró E. (1985) : Biokémia I.-II.; ELTE jegyzet  
Stryer (1993): Biochemistry; W.H.Freeman & Co New York  
Lehninger (1993) : Principles of Biochemistry; Worth Publishers, New York

## ALKALMAZOTT SZERVES- ÉS BIOKÉMIA

### Az előadásokon elhangzottak címszavakban

- A szerves kémia története. Wöhler: karbamid előállítása ammónium-klorid és kálium-cianát reakciójával. A szénatom elektronszerkezete. Sigma-kötések kialakulása 2 db  $s$ , 1 db  $s$  és 1 db  $p_x$  ill. 2 db  $p_x$  pályából. Pi-kötések kialakulása 2 db  $p_y$  ill. 2 db  $p_z$  pályából. Promóció és hibridizáció.  $sp^3$  hibridpályák, a metán térszerkezete, kötésszögek.  $sp^2$  hibridpályák, az etén térszerkezete, kötésszögek.  $sp$  hibridpályák, az etin térszerkezete, kötésszögek. A szerves vegyületek felosztása a szénlánc szerkezete ill. a funkciós csoportok alapján. A szerves kémiában előforduló reakciótípusok és jelölésük. Reakciómechanizmusok: nukleofil szubsztitúció ( $S_N1$ ,  $S_N2$ ), elektrofil szubsztitúció ( $S_E$ ) – benzol nitrálása és Friedel-Crafts alkilezés, gyökös szubsztitúció ( $S_R$ ) – alkánok klórozása, gyökös addíció ( $A_R$ ) – etilén és sósav reakciója peroxid jelenlétében, elektrofil addíció ( $A_E$ ) – etilén és bróm reakciója, nukleofil addíció ( $A_N$ ) – félcetál és ciklofélcetál képződés, nukleofil elimináció ( $E_N1$ ,  $E_N2$ ) – hidrogén-halogenid elimináció halogénezett szénhidrogénből, elektrofil elimináció ( $E_E$ ) – inter- és intramolekuláris vízkilépés primer alkoholból, polimerizáció: polietilén képződése kationos ill. gyökös polimerizációval. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Szénhidrogének csoportosítása. Telített szénhidrogének, C-C kötések,  $sp^3$  hibridállapot, kötésszögek, összegképlet. Metán és etán szerkezete, térszerkezete, ábrázolás. Nyílt láncú, el nem ágazó (normál) szénláncú alkánok homológ sora, elnevezése. Összegképlet, gyökcsoportos képlet. Konstitúciós izoméria. Szénatomok rendősége. Alkilcsoportok származtatása. Elágazó láncú alkánok elnevezése. 2-metil-bután, 2,2-dimetil-propán, 2,2,4-trimetil-pentán, 4-etil-2,5-dimetil-oktán. Alkánok fizikai tulajdonságai: polaritás, olvadáspont, forráspont, oldhatóság. Alkánok „előállítása” kőolajból ill. földgázból. Kőolaj, földgáz, biogáz összetevői. Kőolaj frakcionált desztillációja légköri és csökkentett nyomáson, termékek. Oktánszám és cetánszám fogalma, heptán, izooktán, cetán, á-metil-naftalin. Alkánok kémiai tulajdonságai. Égés. Gyökös szubsztitúció halogénekkal, metán klórozásának mechanizmusa, klór-metán, diklór-metán, triklór-metán (kloroform), tetraklór-metán (szén-tetraklorid). Gyökös szulfonálás, nitrálás általános egyenlete. Krakolás fogalma, termékei. Cikloalkánok szerkezete, összegképlete, gyökcsoportos- és vonalképlete, elnevezése. Ciklopropán, ciklobután, ciklopentán és ciklohexán térszerkezete, szék és kád konformáció, ekvatoriális és axiális térállású szubsztituensek. Fizikai és kémiai tulajdonságok, ciklopropán és ciklobután klóradddíciója a gyűrű hasadásával. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Halogénezett szénhidrogének származtatása és elnevezése a helyettesítéses és a csoportfunkciós nevezéktan szerint, triviális nevek. Klór-metán (metil-klorid), diklór-metán (metilén-klorid), triklór-metán (kloroform), klór-etán (etil-klorid), tetraklór-metán (széntetraklorid), 1,1,2-trifluor-1,2,2-triklór-metán (Freon-112). Halogénezett szénhidrogének szerkezete, metil-klorid és széntetraklorid szerkezete, polaritása. Szén-halogén kötés polaritása, szénatom elektronhiánya, nukleofil támadás lehetősége. Fizikai tulajdonságok: olvadás- és forráspont, szag, oldhatóság, sűrűség. Kémiai tulajdonságok. Nukleofil szubsztitúció.  $S_N2$  reakció: bróm-metán és hidroxidion reakciója, mechanizmus.  $S_N1$  reakció: 2-bróm-2-metil-propán és metoxidion reakciója, mechanizmus. Elimináció: HCl elimináció 1,2-diklór-etánból. Zajcev-szabály: HCl elimináció 2-klór-butánból. Reakció magnéziummal: Grignard-reagens előállítása. Halogénezett szénhidrogének előállítása alkánokból szubsztitúcióval vagy alkénekből addícióval. Fontosabb halogénezett szén-hidrogének: metil-bromid, kloroform, széntetraklorid, freonok, halonok, etil-klorid, vinil-klorid, tetrafluor-etilén, triklór-etilén, DDT,  $\gamma$ -HCH. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Alkének (olefinek). Nyílt láncú és gyűrűs monoolefinek elnevezése, homológ sora, összegképlete. Etén (etilén), propén (propilén), but-1-én (1-butén, 1-butilén), but-2-én (2-butén, 2-butilén), 2-metil-propén (2-metil-propilén, izobutilén). Elnevezés szabályai, 3-metil-pent-1-én (3-metil-1-pentén), csoportnevek: etenil (vinil), allil, propenil, izopropenil csoport. A kettős kötés szerkezete, szigma és pi kötések kialakulása az atomi pályákból, kötésszögek, térszerkezet. *Cisz-transz* v. (*E*)-(*Z*) izoméria a

but-2-én példáján. *Cisz-transz* izomerek elnevezése, fizikai tulajdonságai, stabilitása, reaktivitása (maleinsav ill. fumársav vízeliminációja). Alkének fizikai tulajdonságai, előállításuk: dehidrogénezéssel ill. krakkolással, vicinális dihalogénszármazékokból cinkkel, alkoholokból és alkil-halogenidekből vízelvonással. Alkének kémiai tulajdonságai: telítés katalitikus hidrogénezéssel, halogénaddíció, haloidsav (hidrogén-halogenid) addíció, Markovnyikov-szabály, vízaddíció, propén kénsavaddíciója. 1-alkének polimerizációja. Oxidáció: vicinális diol, karbonsavak keletkezése. Halogénszubsztitúció N-bróm-szukcinimiddal a kettős kötéssel szomszédos szénatomon. Fontosabb monoolefinek: etén (etilén), propén, 2-metil-propén. Ciklopentén és ciklohexén előállítása gyűrűs alkoholból. Diének (diolefinek) elnevezése, homológ sora, összegképlete. Propadién (allén), buta-1,2-dién (1,2-butadién), buta-1,3-dién (1,3-butadién), penta-1,2-dién, penta-1,3-dién, penta-1,4-dién. Elágazó láncú diének elnevezése: 2-etil-buta-1,3-dién (2-etil-1,3-butadién). Csoportosítás a kettős kötések helyzete szerint: kumulált, konjugált és izolált diének. Allén előállítása 2,3-diklór-propénből. Allénizoméria, mint a sztereoiszoméria speciális esete. Konjugált diének fizikai tulajdonságai, előállítása (buta-1,3-dién előállítása bután-1,3-diolból), kémiai tulajdonságok: 1,2- és 1,4-addíció a buta-1,3-dién brómaddíciójának példáján. Konjugált rendszerek szerkezete, C-C kötéshosszak, határszerkezeti képletek, *p*-benzokinon, akrolein (akrilaldehid, propénal). Konjugált poliének: likopin,  $\beta$ -karotin. Fontosabb diének: 1,3-butadién, izoprén (2-metil-1,3-butadién), kloroprén (2-klór-1,3-butadién), ciklopenta-1,3-dién, ciklohexa-1,4-dién. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Alkinek (acetilén szénhidrogének). Elnevezés, összegképlet, homológ sor. Etin (acetilén), proin, but-1-in (1-butin), but-2-in (2-butin). Térszerkezet, kötésszög. Fizikai tulajdonságok. Alkinek előállítása: etin előállítása kalcium-karbid és víz reakciójával vagy metán hőbontásával. Kémiai tulajdonságok: telítés katalitikus hidrogénezéssel, halogénaddíció, hidrogén-klorid addíció (vinil-klorid előállítása etinből), vízaddíció (oxo-enol tautomeria!). Acetaldehid mint alapanyag az etil-alkohol vagy ecetsav előállításához. Akriksav előállítása acetilénből, szén-monoxidból és vízből. Acetilén reakciója nátriummal. Benzol előállítása acetilén trimerizációjával, sztírol előállítása. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Aromás szénhidrogének. Az aromás gyűrű szerkezete, jelölése, Kekulé- és Robinson-képlet. Gyűrű szénatomjainak hibridállapota, kötésszögek, delokalizáció, szimmetria, Hückel-szabály. Aromás szénhidrogének csoportosítása a gyűrűk száma és elhelyezkedése szerint. Monociklusos aromás szénhidrogének: benzol, toluol (metil-benzol), etil-benzol, sztírol (vinil-benzol), nitrobenzol, klórbenzol, kumol (izopropil-benzol), *o*-, *m*- és *p*-xilol, 2,4,6-trinitro-toluol (TNT), 1,2,3-trimetil-benzol. Benzolból levezethető csoportok: fenil, benzil, *o*-, *m*- és *p*-fenilén, benzál csoport. A benzol fizikai tulajdonságai: szín, szag, oldhatóság. Mérgező, rákkeltő hatás. A benzol és más aromás vegyületek előállítása kőszénből (kőszénkátrány desztillálásával), kőolajból krakkolással. A benzol kémiai tulajdonságai: katalitikus hidrogénezés, elektrofil szubsztitúció (brómozás, nitrálás). Fontosabb monoaromás vegyületek: benzol, toluol, xilolok, 2,4,6-trinitro-toluol. Az elektrofil szubsztitúció energiadiagramja. Policiklusos aromás szénhidrogének. Izolált gyűrűs vegyületek: difenil (bifenil), dioxin (TCDD, 2,3,7,8-tetraklór-dibenzo-dioxin), difenil-metán, trifenil-metán, tetrafenil-metán. Kondenzált gyűrűs vegyületek: naftalin, antracén, fenantrén, pirén, benzpirén. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Alkoholok, fenolok, éterek, aldehidek, ketonok. Alkoholok származtatása, elnevezése a helyettesítéses és a csoportfunkciós nevezéktan szerint. Metanol (metil-alkohol), etanol (etil-alkohol), propán-1-ol (1-propanol, *n*-propil-alkohol), propán-2-ol (2-propanol, izopropil-alkohol), oktán-1-ol (1-oktanol), etán-1,2-diol (1,2-etándiol, etilén-glikol), ciklohexanol, propán-1,2,3-triol (1,2,3-propántriol, glicerin), propilén-glikol (propán-1,2-diol), pentaeritrit. Alkoholok rendűségének fogalma, példák (propán-1-ol, propán-2-ol, 2-metil-propán-2-ol). Alkoholok értékűségének fogalma, példák (etanol, etilén-glikol, glicerin, szorbit. Diolok csoportosítása: geminálus, vicinális és diszjunkt diolok. Alkoholok szerkezete és fizikai tulajdonságai. Polaritás, hidrogénhíd kötés és jelentősége, olvadáspont, forráspont, oldékonyság. Alkoholok előállítása alkének vízaddíciójával (eténből etanol, propénből propán-2-ol), alkének oxidációjával (vicinális diol előállítása hidrogén-peroxiddal), halogénezett szénhidrogénből nuk-

leofil szubsztitúcióval (metil-bromidból metanol), erjedéssel (glükózból etanol). Alkohokok kémiai tulajdonságai. Savas jelleg: etanol reakciója nátriummal. Alkoholát ion mint erős bázis, protonálódás víz hatására. Nukleofil szubsztitúció körülményei, példák ( $S_N2$ : metanol reakciója hidrogén-bromid-dal,  $S_N1$ : 2-metil-propán-2-ol reakciója hidrogén-bromiddal). Elimináció: intramolekuláris vízkilépés (alkoholból alkén, példa: etanolból etilén), intermolekuláris vízkilépés (alkoholból éter, példa: etanolból dietil-éter). Alkohokok enyhe oxidációja. Primer alkoholból aldehid keletkezése: etanolból etanal (acetaldehid), szekunder alkoholból keton keletkezése: propán-2-olból propanon (dimetil-keton, acetone). Tercier alkoholok erőses oxidációja. Észterképződés szervesen savakkal: salétromsavval (glicerin reakciója salétromsavval), kénsavval (két lépésben), foszforsavészterek előállítása foszforil-kloriddal. Karbonsavak észterek képződése közvetlen észteresítéssel (etanol reakciója ecetsavval), acilezés savhalogénidekkel (metanol reakciója acetyl-kloriddal) és savanhidridekkel (propán-2-ol reakciója ecetsavanhidriddel). Fontosabb alkoholok: metanol, etanol, izopropil-alkohol, etilén-glikol, glicerin. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Fenolok származtatása, elnevezése triviális ill racionális nevekkel (fenol, pirokatechin, rezorcin, hidrokinnon, pirogallol, floroglucin, *o*-, *m*- és *p*-krezol, 2-, 3- és 4-nitro-fenol, 4,6-dinitro-*o*-krezol, 2,4,6-trinitro-fenol v. pikrinsav, 2,3,4,5,6-pentaklor-fenol). Fenolok szerkezete és fizikai tulajdonságai: polaritás, oldékonyság, halmazállapot. Fenolok előállítása fából, benzolból benzol-szulfonsavon vagy kumol-hidroperoxidon keresztül. Fenolok kémiai tulajdonságai. Savas jelleg vízzel és nátrium-hidroxiddal szemben, szubsztituensek hatása a savas jellegre, pikrinsav erőssége. 1,2- (*o*-) és 1,4- (*p*-) kétértékű fenolok enyhe oxidációja kinonokká (pirokatechinből 1,2-benzokinon, hidrokinnonból 1,4-benzokinon). Elektrofil szubsztitúció: fenol brómozása. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Éterek származtatása, elnevezése. Szimmetrikus éterek (dimetil-éter képződése metanolból, dietil-éter képződése etanolból, diizopropil-éter, difenil-éter) és vegyes éterek (etil-metil-éter képződése metanolból és etanolból, etil-vinil-éter, difenil-éter, fenil-metil-éter v. anizol). Gyűrűs éterek: oxirán (etilén-oxid), oxetán, oxolán (tetrahydrofuran), oxán (tetrahydropirán), oxepán. Koronaéterek: 12-korona-4, 18-korona-6. Éterek szerkezete, fizikai tulajdonságai: polaritás, oldékonyság, halmazállapot, olvadási- és forráspont az izomer alkoholokkal összehasonlítva. Éterek előállítása: alkoholokból intermolekuláris vízkilépéssel (példa: etanolból dietil-éter), halogénezett alkánból nukleofil szubsztitúcióval (metoxid ion és etanol reakciójával etil-metil-éter előállítása). Éterek kémiai tulajdonságai: reakciókészség, peroxidképződés (dietil-éterből dietil-peroxid). Peroxidok, hidroperoxidok. Fontosabb éterek: dietil-éter, tetrahydrofuran, 1,4-dioxán, glikoléterek. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Oxovegyületek származtatása: aldehidek, ketonok, ketének általános képlete. Oxocsoport, karbonilcsoport (ketocsoport), formilcsoport (aldehidcsoport). Aldehidek szabályos és triviális elnevezése. Metanal (formaldehid), etanal (acetaldehid), propanal (propionaldehid), propénal (akrilaldehid, akrolein), eténdial (glioxál), propándial (malonaldehid). Ketonek elnevezése a helyettesítéses és a csoportfunkciós nevezéktan szerint, triviális nevek. Propanon (dimetil-keton, acetone), butanon (etil-metil-keton), difenil-keton (benzofenon), pentán-2-on (2-pentanon, metil-propil-keton), pentán-3-on (3-pentanon, dietil-keton), butándion (diacetyl), pentán-2,3-dion (2,3-pentándion), fenil-metil-keton (acetofenon). Oxovegyületek előállítása alkoholok oxidációjával: primer alkoholból aldehid (etanolból acetaldehid), szekunder alkoholból keton (propán-2-olból acetone) előállítása. Előállítás alkének oxidációjával: etilénből acetaldehid. Előállítás oxosintézissel alkénből és szintézisgázból: etilénből propionaldehid. Előállítás alkinekből vízáddícióval: acetylénből acetaldehid. Acetone és fenol együttes előállítása kumol-hidroperoxidon keresztül. Oxovegyületek szerkezete és fizikai tulajdonságai, polaritás, hidrogénhíd kötés lehetősége, olvadási- és forráspont, oldékonyság. Oxovegyületek kémiai tulajdonságai: aldehidek és ketonek reakciókészsége. Nukleofil addíció vízzel, mechanizmus. Félacetyl-képződés, ciklofélacetyl-ak. Reakció aminocsoportot tartalmazó vegyületekkel (primer aminnal Schiff-bázis, hidroxil-aminnal oxim keletkezése, butándionból dimetil-glioxim, formaldehidből és ammóniából hexametylén-tetramin). Oxovegyületek redukciója: aldehidből primer alkohol (etanolból

etanol), ketonból szekunder alkohol (propanonból propán-2-ol) képződése. Aldehidek enyhe oxidációja, ezüsttükör- (Tollens-) és Fehling-próba: etanolból ecetsav keletkezése. Ketonok erélyes oxidációja. Szubsztitúciós halogénezés az  $\alpha$ -szénatomon. Cannizzaro-reakció (benzaldehidből lúgos közegben benzoészav és benzil-alkohol képződése), aldoldimerizáció (acetaldehidből 3-hidroxi-butanol keletkezése, ebből vízkilépéssel krotionaldehid). Oxo-enol tautóméria: acetaldehid és vinil-alkohol, piroszőlősav oxo és enol formája. Fontosabb aldehidek: formaldehid, acetaldehid, akrolein, glioxál, vanillin. Fontosabb ketonok: aceton, etil-metil-keton, ciklohexanon. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Karbonsavak, karbonsavszármazékok: észterek, savanhidridek, savamidok. Ecetsav, malonsav, akrilsav, ciklopentánkarbonsav, fenil-ecetsav, benzoészav, ftálsav. Ecetsavanhidrid, borostyánkősavanhidrid, ftálsavanhidrid. Acetil-klorid, benzoil-klorid. Etil-acetát, metil-benzoát. Acetamid, N,N-dimetilformamid, acetonitril, akrilnitril, ortohangyasav-metilészter. Karboxilcsoport, acilcsoport, karboxilát ion. Monokarbonsavak, acilcsoportjaik és savmaradék ionjuk elnevezése a helyettesítéses nevezéktan szerint ( $C_1$ - $C_3$ ). A szénlánc számozása ill. görög betűs jelölése. Dikarbonsavak szabályos elnevezése (etándiszav, propándiszav). Többértékű és gyűrűs karbonsavak elnevezése (propán-1,2,3-trikarbonsav, ciklohexán-karbonsav, ciklohexán-1,3-dikarbonsav). Monokarbonsavak, acilcsoportjuk és savmaradékok triviális elnevezése ( $C_1$ - $C_6$ ). Zsírsavak: mirisztinsav, palmitinsav, sztearinsav, arahidinsav, lignocerinsav, olajsav, linolsav, linolénsav, szerkezetük ábrázolása vonalképpel. Dikarbonsavak, trikarbonsavak, aromás karbonsavak triviális elnevezése: oxálsav, malonsav, borostyánkősav, glutársav, adipinsav, trikarballinsav, benzoészav, ftálsav, izoftálsav, tereftálsav. Hidroxi-karbonsavak: tejsav, borkősav, almasav, citromsav, szalicilsav. Oxo-karbonsavak: piroszőlősav enol és oxo formája, oxálcet-sav,  $\alpha$ -keto-glutársav. Telítetlen karbonsavak: akrilsav, metakrilsav, fumsav és maleinsav, akonitsav. Savanhidridek: ecetsavanhidrid, borostyánkősavanhidrid, ftálsavanhidrid, maleinsavanhidrid származtatása. Savamidok szabályos és racionális elnevezése: metánsavamid (hangyasavamid, formamid), etánsavamid (ecetsavamid, acetamid), benzoészavamid (benzamid), N,N-dimetil-formamid, N-ciklopentil-benzamid,  $\alpha$ -amino-kapronsav,  $\gamma$ -kaprolaktám. Észterek származtatása és kétféle elnevezése. Metil-metanoát (metil-formiát, hangyasavas metilészter), metil-etanoát (metil-acetát, ecetsavas metilészter), etil-etanoát (etil-acetát, ecetsavas etilészter), etil-propanoát (etil-propionát, propionsavas etilészter), propil-butirát, dioktil-ftalát, metil-benzoát, izopropil-benzoát, 5-hidroxi-pentánsavból 5-pentanolid (ä-hidroxi-valeriánsavból  $\sigma$ -valerolakton). Karbonsavszármazékok szerkezete és fizikai tulajdonságai. Delokalizáció. Polaritás, olvadáspont, forráspont, oldékonyság, hidrogénhíd kötések, dimerizáció, halmazállapot, szín, szag. Karbonsavak előállításuk aldehidek oxidációjával (acetaldehidből ecetsav), biológiai úton (etanolból ecetsav), szén-monoxid felhasználásával (vízzel hangyasav, metanollal ecetsav előállításuk), erélyes oxidációval ketonból, terciér alkoholból (láncszakítással). Ciklohexanolból adipinsav, naftalinból ftálsav előállításuk oxidációval. Savhalogénidek előállításuk karbonsavból foszfor-pentakloriddal vagy tionil-kloriddal. Savanhidridek előállításuk reakcióképes vegyületekből: ecetsavanhidrid keténből és ecetsavból, savanhidrid savkloridból és karbonsavból. Észterek előállításuk közvetlen észteresítéssel alkoholból és karbonsavból, alkoholok acilezésével (savkloriddal, savanhidriddel). Savamidok előállításuk aminok acilezésével (savkloriddal vagy savanhidriddel). Karbonsavak kémiai tulajdonságai. Savas jelleg és kifejezése az egyensúlyi állandóval és annak negatív logaritmusával. Karbonsavak savas jellege más vegyületekkel összehasonlítva (víz, metanol, fenol, ecetsav, kénsav), szénatomszám (hangyasav, ecetsav, propionsav) és elektronvonzó szubsztituensek (ecetsav, klórecetsav, diklórecetsav, triklórecetsav, propionsav, tejsav, piroszőlősav, benzoészav, *p*- és *o*-nitro-benzoészav) hatása a savas jellegre. Karbonsavak viselkedése hevítéskor: dekarboxileződés (piroszőlősavból acetaldehid, oxálsav hangyasav), gyűrűs savanhidrid képződés dikarbonsavakból (borostyánkősavból borostyán-kősavanhidrid, ftálsavból ftálsavanhidrid). Észterképződés alkoholból és karbonsavból (etanolból és ecetsavból etil-acetát), mechanizmus (nukleofil szubsztitúció). Laktonok (gyűrűs észterek) képződése hidroxikarbonsavakból: ä-hidroxi-valeriánsavból ä-valerolakton, 2 db tejsavmolekulából dilaktid. Halogénszubsztitúció az  $\alpha$ -szénatomon (brómozás foszfor jelenlétében). Savamidok kémiai tulajdonságai: semleges kémhatás, imidek savas jellege. Ftálimid sóképzése kálium-hidroxiddal. Hofmann-lebontás. Észterek elszappanosítása, glicerin-trisztearát (trisztearin) elszappanosítása nátrium-hidroxiddal. Karbonsavszármazékok

redukciója komplex fémhidridekkel. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Karbonsav, karboxilcsoport általános képlete és szerkezete, a szénatomok kétféle számozása. Karbonsavak, savmaradékaik és gyökeik szabályos, triviális, gyógyszerészi elnevezése: hangyasav, ecetsav, propionsav, n-vajsav, n-valeriánsav, n-kapronsav, palmitinsav, sztearinsav, lignocerinsav. Szénsav és származékai: szénsav, karbaminsav, karbamid, tioszénsav, ditioszénsav, tiokarbaminsav, ditiokarbaminsav. Karbamid képződése és bomlása. Guanidin, kreatin, kreatin-foszfát. Tioészterek. Koenzim-A, acil-koenzim-A képződése. Lipidek csoportosítása: egyszerű (el nem szappanosítható) és összetett (elszappanosítható) lipidek felsorolása. Zsírsavak: mirisztilsav, palmitinsav, sztearinsav, arahidinsav, lignocerinsav, olajsav, elaidinsav, linolsav, linolénsav és szerkezetük vonalképlettel. Terpének, terpenoidok. Izoprén, limonén. Abszcizinsav, mentol,  $\alpha$ - és  $\beta$ -pinén, fitol, szkvalén. Karotinok, karotinoidek: likopin,  $\alpha$ -,  $\beta$ - és  $\gamma$ -karotin, lutein, A-vitamin (retinol). Sztéránváz vegyületek: sztéránváz és számozása Fischer szerint, lanoszterin, koleszterin, lólsav, tesztoszteron, progeszteron. Prostaglandinok: prosztoglandin A<sub>2</sub> és E<sub>2</sub>. Viaszok: mirisztil-palmitát. Trigliceridek (neutrális zsírok), gliceril-palmitát származtatása. Trigliceridek elszappanosítása: trisztearin hidrolízise nátrium-hidroxiddal. Foszfatidsav származtatása. Foszfatidok származtatása, foszfatidil-etanolamin (kefalin), foszfatidil-szerin, foszfatidil-kolin (lecitin), foszfatidil-glicerin. Szfingolipidek: szfingozin, ceramid. Glikolipidek: galaktozil-ceramid. Detergensek: nemionos detergensek (galaktozil-ceramid, galaktozil-diacil-glicerin), anionos detergensek (szappanok – nátrium-sztearát, alkil-szulfátok – nátrium-lauril-szulfát v. SDS), kationos detergensek (invert szappanok – cetil-trimetil-ammónium-bromid). Amfipatikus molekulák térszerkezete: sztearát ion, ceramid, foszfatid. Asszociációs kolloidok (micella, membrán) kialakulása vizes közegben. A biológiai membránok felépítése (Singer-Nicholson fluidmozaik membránmodell). Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Nitrovegyületek származtatása, elnevezése: alifás és aromás nitrovegyületek, a nitrocsoport elektronszerkezete. Nitro-metán, nitrobenzol, *m*-dinitro-benzol. Alifás és aromás nitrovegyületek előállítás. Nitrovegyületek kémiai tulajdonságai: redukció (nitroalkánból N-alkil-hidroxilamin, majd primer amin, nitrobenzoltól nitrozobenzol, majd N-fenil-hidroxilamin, végül anilin). Fontosabb nitrovegyületek: nitrometán, nitroetán, 2-nitro-etanol, klórpikrin, fenil-nitro-metán, nitrobenzol, *m*-dinitro-benzol. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Nitrozovegyületek származtatása, elnevezése: alifás és aromás nitrozovegyületek, nitrozocsoport szerkezete. Nitrozo-metán, nitrozo-benzol. Kémiai tulajdonságok: primer nitrozovegyületek tautomériája (nitrozovegyület – aldoxim), szekunder nitrozovegyületek tautomériája (nitrozovegyület – ketoxim). Tercier nitrozovegyület származtatása alifás aminből. Aromás nitrozovegyület származtatása aromás hidroxil-aminből. Fontosabb nitrozovegyületek: *terc*-nitrozo-*izo*-bután (2-metil-2-nitrozo-propán), nitrozo-benzol. *p*-nitrozo-fenol tautomériája (*p*-benzokinon-monoxim).
- Aminok rendősége és értékősége, származtatásuk, általános képletük (primer, szekunder és tercier amin, kvaterner ammóniumsó, egyértékű alifás amin, aromás amin, vegyes amin, kétértékű amin). Elnevezés lehetőségei (helyettesítéses nevezéktan, csoportfunkciós nevezéktan, triviális elnevezés): amino-etán v. etil-amin, 1,4-diamino-bután v. putreszcin, amino-benzol v. anilin, dimetil-amin, *p*-fenilén-diamin, 3,5-diaza-heptán, taurin. Aminok előállítása nitroalkánok v. aromás nitrovegyületek redukciójával ill. oxovegyületekből ammóniával imineken keresztül. Primer, szekunder és tercier amin előállítása ammónia és alkohol reakciójával, kvaterner ammóniumsó előállítása. Primer, szekunder és tercier aminok, valamint kvaterner ammóniumionok térszerkezete, sztereoizoméria. Aminok kémiai tulajdonságai: bázikus jelleg és annak erőssége. Reakció salétromossavval (Van Slyke reakció). Aminok acilezése savkloriddal és savanhidriddel: savamidok előállítása. Szulfonsavamidok előállítása. Fontosabb aminok és származékok: dimetil-amin, *n*-propil-amin, allil-amin, anilin, benzil-amin, *o*-, *m*- és *p*-toluidin,  $\alpha$ -naftil-amin, acetanilid, taurin, szulfanilsav, szulfonamid, hexametiléndiamin, kadaverin, putreszcin, etilén-diamin, kolin, kolamin, etilén-diamin-tetraecetsav. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Azovegyületek: alifás és aromás azovegyületek általános képlete, krizoidin, *szin*- és *anti*-azobenzol. Hidrazin és származékai: alkil- és aril-hidrazinok általános képlete. A benzidinátrendeződés. Aromás diazóniumsók általános képlete. Diazo-metán és reakciója sósavval. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Tioalkoholok (tiolok), tiofenolok, tioéterek (szulfidok) és származékaik származtatása, általános képlete, merkaptó (tiol, szulfhidril) csoport. Szulfonsavak, szulfonok, szulfinsavak és szulfoxidok származtatása, általános képlete, összehasonlításul a kénsav- és kénessavészterek szerkezete. Tioalkoholok és tioéterek előállításuk alkil-halogenidekből. Tioalkoholok kémiai tulajdonságai: enyhe oxidáció (diszulfid képződés), erélyes oxidáció (szulfonsav képződés). Szulfóniumsó előállításuk szulfidból. Szulfid oxidációja szulfoxiddá, majd szulfonná. Fontosabb kéntartalmú vegyületek: tiofenol, dimetil-szulfoxid, dimetil-szulfid, 2-merkaptó-etanol ( $\beta$ -merkaptó-etanol), mustárgáz (2,2'-diklór-dietil-szulfid). Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Szerves arzénvegyületek. Arzénhidrogén, primer, szekunder és terciér arzin általános képlete. Salvarosan (4,4'-dihidroxí-3,3'-diamino-arzeno-benzol). Szerves foszforvegyületek. Foszforhidrogén, primer, szekunder és terciér foszfin általános képlete. Szerves szilíciumvegyületek, szilikon. Szerves fémvegyületek: alumínium-trietil, Grignard-reagens (alkil-magnézium-bromid), ólom-tetrametil, ólom-tetraetil. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Heterociklusos vegyületek definíciója. Nem aromás heterociklusok és tulajdonságaik: piperidin, tetrahidrofuran, etilén-oxid, borostyánkősavanhidrid, maleinsavanhidrid,  $\alpha$ -valerolakton,  $\gamma$ -kaprolaktám. Aromás heterociklusok (heteroaromás vegyületek) tulajdonságai – piridin, furán, tiofén, pirrol, pirimidin, imidazol, purin. Öttagú, egy heteroatomot tartalmazó vegyületek: furán (oxol), tiofén (tiol), pirrol (azol). Öttagú, több heteroatomot tartalmazó vegyületek: pirazol (1,2-diazol), imidazol (1,3-diazol), 1,3-oxazol, 1,3-tiazol. Aromás és nem aromás hattagú, egy heteroatomot tartalmazó vegyületek: piridin (azin), pirilium kation, tiopirilium kation,  $\alpha$ -pirán (2*H*-oxén, 2*H*-pirán),  $\gamma$ -pirán (4*H*-oxén, 4*H*-pirán),  $\alpha$ -tiopirán (2*H*-tién, 2*H*-tiopirán),  $\gamma$ -tiopirán (4*H*-tién, 4*H*-tiopirán). Hattagú, több heteroatomot tartalmazó aromás rendszerek: piridazin (1,2-diazin), pirimidin (1,3-diazin), pirazin (1,4-diazin), 1,2,3-triazin (vicinális triazin), 1,2,4-triazin (aszimmetrikus triazin), 1,3,5-triazin (szimmetrikus triazin, S-triazin). Kondenzált policiklusos heteroaromás vegyületek: kinolin, izokinolin, pteridin, indol, purin. A benzol, a piridin és a pirrol aromás szerkezetének összehasonlítása. Fizikai tulajdonságok: forráspont, hidrogénhíd kötés lehetősége, oldékonyság. Kémiai tulajdonságok: piridin és diazinok bázikus jellege, sóképzés sósavval. Pirrol savas jellege: reakció fémkáliummal. Imidazol amfoter jellege. Elektrofil szubsztitúció: piridin és diazinok reakciókészsége, piridin szulfonálása. Öttagú heterociklusok reakciókészsége, pirrol nitrálása, tiofén szulfonálása. Gyantásodás. Öttagú heterociklusok előállításuk dioxovegyületekből (furán-, tiofén- és pirrolszármazékok előállításuk 1,4-dioxovegyületből, imidazolszármazék előállításuk 1,2-dioxovegyületből, ammóniából és aldehidből, pirazolszármazék előállításuk 1,3-dioxovegyületből és alkil-hidrazinból). Barbitursav (pirimidinszármazék) előállításuk malonészterből és karbamidból. Triazinszármazék előállításuk nitrilből. Fontosabb heterociklusos vegyületek: furfurool, furfuroil-alkohol, hisztamin, szerotonin, auxin, ultraseptyl, metamizol-nátrium, fenilbutazon, Cavinton, veronal, sevenal, diazepam. Porfirinváz és számozása Fischer szerint, hem és klorofill szerkezete.
- Biológiailag aktív molekulák: terpének, szteroidok, alkaloidok, vitaminok, gyógyszerek. Terpének és terpenoidok, csoportosításuk az izoprénegységek száma szerint. Monoterpének: limonén, 1-mentén, mentán, tuján, pinán, kamfán, szabinén,  $\alpha$ -pinén. Terpénalkoholok, -aldehidek és -ketonok: geraniol, mentol, citrál (geranial), menton, kámfor, kámforsav. Szeszkviterpének: farnezol, nerolidol. Diterpének: fitol, A-vitamin. Triterpének: szkvalén, lanoszterin. Tetraterpének – karotinoidok:  $\alpha$ -,  $\beta$ - és  $\gamma$ -karotin, lutein, zeaxantin. Alkaloidok definíciója és felosztása szerkezet alapján. Fenil-etilamin-vázis alkaloidok: meszkalin, efedrin. Piridinvázis alkaloidok: nikotin, anabazin. Purinvázis alkaloidok: teofilin, teobromin, koffein. Tropánvázis alkaloidok: tropin, atropin, kokain. Kinolinvázis alkaloidok:



kinin, cinkonidin. Kinolizinvázak alkaloidok: kinolizin, kinolizidin, lupinin. Fenantréinvázak alkaloidok: morfin, kodein. Papaverin. Szteránvázak alkaloidok: szolanidin, szolaszodin. Szteránvázak vegyületek, a szteránváz és számozása. Szterinek: koleszterinek, ergoszterin. Epesavak: kólsav, taurokólsav, glikokólsav. Szteroid hormonok: progeszteron, tesztoszteron, aldoszteron. Szteroid glükozidok, digitoxigenin. Zsírban oldódó vitaminok: A- (retinol), D<sub>2</sub>- (kalciferol), E- (tokoferol) és K-vitamin (fillokinon). Vízben oldódó vitaminok: B<sub>1</sub>- (tiamin), B<sub>2</sub>- (riboflavin), B<sub>3</sub>- (nikotinsav), B<sub>6</sub>-vitaminok (piridoxin, piridoxál, piridoxamin), H-vitamin (biotin), folsav, B<sub>12</sub>-vitamin (cianokobalamin), pantoténsav, C-vitamin (aszkorbinsav). Biokémiai folyamatokban részt vevő karbonsavak: piroszlósav, tejsav, citromsav, almasav, oxálecetsav, fumársav, borostyánkősav, borkősav. Egyéb fontos vegyületek: acetilkolin, adrenalin, szerotonin, karbamid, karnitin, kreatin. Gyógyszerek: láz- és fájdalomcsillapítók (paracetamol, acetilszalicilsav, aminofenazon, metamizol-nátrium, ketoprofen, carprofen, ibuprofen, diclofenac, tolfenaminsav), nyugatók (veronál, andaxin), érzéstelenítő (lidocain), görcsoldó (No-Spa), bélfertőtlenítő (szulfaguanidin). Antibiotikumok: penicillin váz, aminoglikozidok (sztreptomycin), cefalosporin váz, tetraciklin váz, fluorokinolonok (ciprofloxacín, moxifloxacín), makrolidok (azitromicin, eritromicin). Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Szénhidrátok – monoszacharidok, oligoszacharidok, poliszacharidok. Monoszacharidok általános képlete, definíciója. Aldóz és ketóz (glükóz, fruktóz). Monoszacharidok szerkezete. Optikai izoméria, sztereizomerek száma, D és L cukrok. D- és L-gliceraldehid térszerkezete. Aldohezők: D-allóz, D-glükóz, D-gulóz, D-galaktóz, D-altróz, D-mannóz, D-idóz, D-talóz. Aldotrióz: D-gliceraldehid. Aldotetrózok: D-eritróz, D-treóz. Aldopentózok: D-ribóz, D-xilóz, D-arabinóz, D-lixóz. A cikloféléacetál gyűrű kialakulása glükóz esetén, glikozidos hidroxilcsoport fogalma,  $\alpha$ - és  $\beta$ -D-glükóz, a félacetálképződés általános reakcióegyenlete. Az aldehidsoport redukáló jellegének kimutatása (enyhe oxidációja): ezüsttükörpróba (Tollens-próba) glükózzal, Fehling-próba glükózzal. A mutarotáció jelensége és magyarázata. Ketotrióz: dihidroxil-aceton. Ketotetróz: D-eritrolóz. Ketopentózok: D-ribulóz, D-xilulóz. Ketohexózok: D-szorbóz, D-tagatóz, D-fruktóz, D-pszikóz. Cikloféléacetál (félketál) gyűrű kialakulása fruktóz esetén, glikozidos hidroxilcsoport fogalma,  $\alpha$ - és  $\beta$ -D-fruktóz, a félketálképződés általános reakcióegyenlete. A glükóz térszerkezete. Oligoszacharidok. Redukáló diszacharidok: maltóz, cellobióz és laktóz szerkezete, származtatása monoszacharid egységekből. Nem redukáló diszacharidok: trehalóz, szacharóz szerkezete és származtatása monoszacharid egységekből. Nem redukáló triszacharid: raffinóz. Poliszacharidok. Növényi tartalék szénhidrátok: keményítő, lichenin, inulin szerkezete. Növényi vázszénhidrát: cellulóz, xilán, mannán, pektinsav szerkezete. Állati tartalék szénhidrát: glikogén szerkezete. Állati vázszénhidrátok: kitin, hialuronsav, kondroitin-szulfát szerkezete. Sztreptomycin (szénhidrát-származék antibiotikum). Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Aminosavak, peptidek, fehérjék.  $\alpha$ -,  $\beta$ -, ...  $\omega$ -aminosavak fogalma.  $\alpha$ -L-aminosavak, D- és L-alanin. Lambert-Beer törvény. Optikai forgatóképesség. Az aminosavak töltése és a pH közötti összefüggés. Az aminosavak savas jellege, a Henderson-Hasselbalch képlet levezetése. A fehérjéket felépítő aminosavak. Apoláros oldalláncú aminosavak: glicin, alanin, valin, leucin, izoleucin, triptofán, fenilalanin, metionin, prolin. Poláros, semleges oldalláncú aminosavak: aszparagin, glutamin, tirozin, treonin, cisztein, szerin. Poláros, savas oldalláncú aminosavak: aszparaginsav, glutaminsav. Poláros, bázisos oldalláncú aminosavak: lizin, arginin, hisztidin. Nem fehérjealkotó aminosavak: ornitin, citrullin,  $\beta$ -alanin,  $\gamma$ -amino-vasjva, homoszerin. Az aminosavak reaktív csoportjai és fontosabb reakciói. Az aminocsoport reakciói: van Slyke reakció, 2,4-dinitro-fluorbenzol reakció, kvantitatív ninhidrin reakció, 1-(N,N-dimetil-amino)-naftil-5-szulfonil-klorid (danzil-klorid) reakció. A karboxilcsoport redukciója. Az SH csoport reakciói: enyhe oxidáció (diszulfid képződés), 5,5'-ditio-bisz-nitrobenzoesav reakció, *p*-klór-merkuri-benzoesav reakció. Az OH csoport reakciói: diizopropil-fluor-foszfát reakció. A peptidkötés kialakulása. N-terminális, C-terminális aminosavrész fogalma. A peptidkötés jellegzetességei, elektronszerkezet, delokalizáció. Fontosabb peptidek: glutation, oxitocin, vazopresszin, adrenokortikotrop hormon, inzulin. A fehérjék elsődleges szerkezete. Másodlagos szerkezet fogalma,  $\alpha$ -hélix és  $\beta$ -lemez szerkezet. Harmadlagos szerkezet és konformáció fogalma. A

konformáció fenntartásában szerepet játszó kölcsönhatások. Negyedleges szerkezet fogalma. Fehérjék csoportosítása biológiai aktivitás, oldékonyság, összetétel alapján, alak szerint. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Nukleinsavak alkotórészei: szerves bázisok (purin- és pirimidin-váz), físzforsav, cukrok ( $\beta$ -D-ribóz,  $\beta$ -D-2-dezoxiribóz). Szerves bázisok: adenin, guanin, timin, citozin, uracil. Az uracil tautomériája. Nukleozidok: adenzin, dezoxi-adenzin, guanozin, dezoxi-timidin, citidin, uridin. Nukleotidok: adenzin-5'-monofoszfát, citidin-5'-monofoszfát, dezoxi-adenzin-5'-monofoszfát, dezoxi-adenzin-3'-monofoszfát, adenzin-2'-monofoszfát, adenzin-3',5'-monofoszfát (cAMP). Puromicin, xantin, húgysav. Nukleotidok és koenzimek. AMP, ADP és ATP, az ATP hidrolízise mint energiaszolgáltató folyamat.  $\text{NAD}^+$ ,  $\text{NADP}^+$  és szerepe a redoxireakciókban, példa: L-almasav oxidációja oxálcetsavvá. FAD, FMN szerkezete, szerepe a redoxireakciókban, példa: borostyánkősav oxidációja fumsavvá. Koenzim-A szerkezete és szerepe a zsírsavak lebontásában. RNS részlet. DNS részlet. A DNS hiperkróm effektusa, Chargaff-szabály, viszkozitás, antiparalel futás. DNS és RNS összehasonlítása (összetétel, alak, előfordulás, szerep, fajták). A DNS Watson-Crick modellje, térszerkezete. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Enzimek. A termodinamika alapjai, szabadenergia, entalpia, entrópia, hőmérséklet, endoterm reakciók, exoterm reakciók. Hogyan mehetnek végbe szabadenergia növekedéssel járó reakciók. Az enzim hatásának elve vázlatosan. Az enzimhatás energiaigénye. A katalízis több intermedieren keresztül megy végbe. Az enzim aktív centrumának jellemzői. Az enzimek specifitása, proteázok specifitása. A hexokináz enzim a szubsztrátok kötésekor térbeli átrendeződése. A hemoglobin alegységek oxigénkötése. Enzimhatást befolyásoló tényezők, enzimhatás hőmérséklet optimuma, enzimhatás pH optimuma, sugárzások hatása az enzimekre. Enzimhatást magyarázó elméletek, kulcs – zár elmélet, induced-fit elmélet, fluktuációs elmélet. Enzimek és domének, domének szerkezete, szerepe, jelentősége. Apoenzim, koenzim, kofaktor, holoenzim, proszitetikus csoport fogalma. Enzimek funkciós csoportjai. Egyéb katalitikus biomolekulák, ribozymek, abzymek, szynzymek tulajdonságai, szerepük felhasználásuk. Enzimaktivitás mérőszámai, jellemzői, felhasználásuk. Enzim nomenklatúra, csoportok, osztályok, felhasználásuk. A kimotripszin térszerkezete és a katalizmus mechanizmusa. Enzimek szabályozása. Az enzimkinetika alapjai, a Michaelis-Menten egyenlet ábrázolása és értelmezése. A Michaelis-Menten egyenlet linearizálása. Enzimek gátlása, kompetitív gátlás, nem kompetitív gátlás, unkompetitív gátlás, vegyes gátlás. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- A glükóz teljes lebontása. A glükolízis. A glükolízis helye a sejtben. Glükolízis (glikolízis) (Embden - Meyerhof - Parnass) lebontás részletes reakciói molekuláris szinten képletekkel, reakciómechanizmussal, magyarázatokkal. A glükolízis energiamérlege. A glikogén lebontása, a lebontási útvonalak, reakcióegyenletek. Egyéb monoszacharidok bekapcsolódása a glükolízisbe, fruktóz, mannóz, galaktóz, allóz, arabinóz. A glükolízis szabályozása. Alternatív glükóz lebontási útvonalak, hexóz monofoszfát útvonal, Entner-Doudoroff útvonal, pentóz foszfoketoláz útvonal, hexóz foszfoketoláz útvonal ismertetése, reakcióegyenletek, képletek. A glükolízisben keletkezett piroszőlősav további útvonalai, alkoholos és tejsavas erjedés. Egyéb erjedési folyamatok, silózás és alternatív lehetőségek. A Cori-kör és jelentősége. A piroszőlősav aktiválása, oxidatív dekarboxilezése, reakciómechanizmusok, vitaminok szerepe, szabályozás. Arzénmérgezés és gyógykezelése. Az acetil-CoA keletkezése, központi szerepe a biokémiában. Az etilalkohol kapcsolódása a lebontásba. A citromsav ciklus (dikarbonsav ciklus, Krebs – Szentgyörgyi ciklus) helye a sejtben. A lebontás részletes reakciói molekuláris szinten képletekkel, reakciómechanizmussal, magyarázatokkal. A citromsav ciklus energiamérlege. Az ide tartozó Nobel-díjasok ismertetése. A citromsav ciklus szabályozása. Anaerob citromsav ciklus. A terminális oxidáció és oxidatív foszforiláció. A folyamat helye és részletes ismertetése. Citokromok szerepe. A mitokondrium belső membránjának szerkezete. A Michell féle kemiozmotikus elmélet ismertetése. Az oxigén, mint elektron akceptor, mellékreakciók, gyökök keletkezése és eliminálása. Egyéb elektron akceptorok. A terminális oxidációt és oxidatív foszforilációt befolyásoló vegyületek, elektrontranszportot gátlók, szétkapcsolószerek, ionofórok. A légzési lánc

gátolhatósága antibiotikumokkal. A glükóz teljes lebontásának energiamérlege, elméleti és gyakorlati hatásfok. Az anaplerotikus (feltöltő) reakciók részletes ismertetése, szerepük és fontosságuk. A citoplazmatikus  $\text{NADH}^+ + \text{H}^+$  visszaoxidálása (ingarendszerek) ismertetése. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Glioxálsav ciklus. A glioxálsav ciklus helye a sejtben. A glioxálsav ciklus lépéseinek ismertetés reakcióegyenletek, magyarázatok. A borostyánkősav központi szerepe. A glioxálsav ciklus energiamérlege, jelentősége. Pentóz-foszfát ciklus. A pentóz-foszfát ciklus helye a sejtben. A glükóz direkt oxidációja. Pentóz-foszfát ciklus lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. A keletkező  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  jelentősége. Epimerázok, izomerázok és mutázok hatásmechanizmusa. Transzaldoláz és transzketoláz reakció közötti különbségek, ezen enzimek működésének magyarázata. A pentóz-foszfát ciklus jelentősége és szükségessége a szervezetben, összefoglalása. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Lipidek lebontása, zsírok lebontása. Glicerín lebontása és kapcsolódása a glikolízisbe. Zsírsavak lebontása, zsírsavak  $\beta$ -oxidációja. A  $\beta$ -oxidáció helye a sejtben. Zsírsavak aktiválása, az acetyl-CoA jelentősége. A mitokondrium szerkezete. Zsírsavak transzportja a mitokondriumba. A karnitin acil transzferáz I, II és a karnitin szerepe. A telített zsírsavak  $\beta$ -oxidációja. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. A folyamat kapcsolata a citrát ciklussal. Telítetlen zsírsavak  $\beta$ -oxidációja. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. Páratlan C-atom számú zsírsavak  $\beta$ -oxidációja. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. Zsírsav lebontás anyagmérlege és energiamérlege. Zsírsavak alfa-oxidációja. Az alfa-oxidáció helye a sejtben. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Az aminosavak lebontása. Glükogén aminosavak és ketogén aminosavak. Dezaminálás és a lebontási folyamatok ismertetése. A nitrogén tartalmú anyagok lebontása. A nitrogén anyagcsere. Nitrifikáció, denitrifikáció, nitrogén kötés, nitrátredukció, aminifikáció, nitrogén asszimiláció. Az ammónia beépülése, transzaminálás. A transzaminálás mechanizmusa, oxidatív dezaminálás. Aminosav oxidázok (vesékben). Nem oxidatív dezaminálás (liázok). Ketontestek keletkezése (ketogenezis). Egyéb aminosavszármazékok lebontása. Purin nukleotidok lebontása. Pirimidin nukleotidok lebontása. Az urea ciklus (karbamid ciklus, ornitin ciklus). A folyamatok helye a sejtben. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. A karbamoyl-foszfát szintetáz enzim reakciómechanizmusa. Az arginino-szukcinát szintetáz enzim reakciómechanizmusa. Az urea ciklus energiamérlege. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Glükoneogenezis, a glükóz bioszintézise. A glükoneogenezis helye a sejtben. A glikolízis egyirányú reakciói, melyek a glükoneogenezisben nem mehetnek végbe. A glükoneogenezis részfolyamatai. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. A piruvát-karboxiláz, a mitokondriális L-almasav-dehidrogenáz, a citoplazmatikus L-almasav-dehidrogenáz és a foszfoenol-piruvát karboxi-kináz enzimek szerepe a folyamatban. A glükoneogenezis energiamérlege. Glükogén szintézis. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. az UDP-glükóz szerepe. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Zsírsavak, lipidek bioszintézise. A folyamatok helye a sejtben. Zsírsavak bioszintézise. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. Az acetyl-CoA és a  $\text{NADPH}$  keletkezése a citoplazmában. Malonyl-CoA szerepe és keletkezése. Az acetyl-CoA karboxiláz működésének mechanizmusa. Az acetyl-CoA karboxiláz szabályozása. ACP (Acil-Carrier-Protein) szerepe és keletkezése. A zsírsav szintáz multienzimkomplex. A zsírsav szintáz működése. Az ACP és a zsírsav szintáz multienzimkomplex. A zsírsavszintézis energiamérlege. Telítetlen zsírsavak bioszintézise. Többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) bioszintézise. Lipidek bioszintézise. A folya-

mat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. Foszfátidok és trigliceridek szintézise. A nitrogén tartalmú anyagok szintézise. Aminosavszármazékok bioszintézise. Glutathion bioszintézise. Poliaminok bioszintézise. Purin nukleotidok bioszintézise. Pirimidin nukleotidok bioszintézise. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

- Fotoszintézis. A folyamatok helye a sejtben. A fotoszintézis fényszakasza. A kloroplaszt szerkezete. Gerjeszthető és transzport molekulák. Klorofill a és b, karotinoidok. Színanyagok elnyelési spektruma és a Red drop. A két fotokémiai rendszer (PS I. és PS II.). A tilakoid membrán szerkezete. Oxigén, ATP és NADPH keletkezés. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. Az elektrontranszport, a gátlások lehetséges módjai. A fotoszintézis sötétszakasza. A fény- és sötétszakasz kapcsolata. Calvin ciklus, a C<sub>3</sub>-as fotoszintetikus út. A folyamatok helye a sejtben. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. RUBISCO (Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxigenase). Transzaldolázok és transzketolázok. A Calvin ciklus energiamérlege. A keményítő-, szacharóz bioszintézise és a Calvin ciklus kapcsolata. Keményítő bioszintézis. Szacharóz bioszintézis. A fénylégzés (fotorespiráció) folyamata. A folyamat lépéseinek részletes ismertetése, reakcióegyenletekkel és képletekkel. A C<sub>4</sub>-es fotoszintetikus út, a CO<sub>2</sub> fixáció és a Calvin ciklus térben elkülönül. CAM-út, Crassulaceae sav anyagcseréjű fotoszintézis, A CO<sub>2</sub> fixáció és a Calvin ciklus időben elkülönül. A PEP-karboxiláz szabályozása. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Replikáció, a DNS megkettőződése. A folyamatok helye a sejtben. A baktérium transzformáció. A DNS az örökítő anyag (Hershey-Chase kísérlet, 1952). A Meselson - Stahl kísérlet (1957). DNS polimeráz I. (Kornberg enzim), és reakciómechanizmusa. A DNS polimeráz I. enzimaktivitása és helyezete az enzimen. A topoizomeráz I. reakciómechanizmusa. A DNS replikáció indító szakasza, az (oriC) szerkezete E. coli-ban. A replikációs villa és a replikáció folyamatai. DnaB fehérje, helikáz (rep fehérje), SSB fehérje, primáz, DNS polimeráz III, DNS polimeráz I, DNS ligáz és DNS giráz szerepe és működése. A replikációs multienzimkomplex. A replikáció folyamatának részletes ismertetése. A DNS ligáz működése. A timin dimer kialakulása. A DNS repair. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Transzkripció, átírás (RNS szintézis). A folyamatok helye a sejtben. Az RNS polimeráz működése, iniciáció (a promoter hely felismerése), elongáció (a lánc növekedése) és termináció (a lánc befejezése). Egyéb RNS polimerázok. Splicing. Posttranszkripciós módosulások, CAP. Ritka bázisok. Nukleozid analógok. RNS szintézist gátló szerek. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Transzláció, fordítás (fehérje szintézis). A folyamatok helye a sejtben. A replikáció, transzkripció, transzláció összefüggései. A centrális dogma, Az információ áramlása, kód, kodon, antikodon, fehérje. A reverz transzkriptáz és szerepe a biotechnológiában. A riboszóma szerkezete, prokarióta (70S) és eukarióta (80S) riboszóma. A riboszóma szerkezete. A t-RNS szerkezete. A kódszótár és megfejtése. A kódszótár tulajdonságai. Az aminosavak aktiválása, a folyamat mechanizmusa. Az aminoacil-tRNS szintetáz specifikussága. A fehérjeszintézis kezdete, iniciáló faktorok. Az mRNS és az rRNS kapcsolódása a riboszómában, Shine-Delgano szekvencia. A fehérje szintézise és részfolyamatai. A peptidkötés kialakulása. A peptidil transzferáz tulajdonságai, működése. A transzlokáció mechanizmusa. A kész fehérje hidrolízise a tRNS-ről. A fehérjék térszerkezetének (folding) kialakulása, a fehérje helyes térszerkezetének kialakulása segítség nélkül, a fehérje helyes térszerkezet kialakulása chaperonokkal. A proteaszóma működése. Az ubiquitin-közvetítette fehérjebontás. Fehérjeszintézist gátló szerek. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.
- Az élő folyamatok szabályozása és a hormonok. Szabályozás az enzimaktivitás szintjén. Szabályozás másodlagos kötésekkel kötődő molekulákkal. Szabályozás effektorokkal, a hemoglobin negyedleges szerkezete. Allosztérikus szabályozás, allosztérikus inhibitor, allosztérikus aktivátor. Feed-back (viss-

zacsatolási) gátlás. Izozimek, a tejsav-dehidrogenáz 4 alegység (tetramer) szerkezete és működése. Szabályozás kovalens módosítással. Szabályozás reverzibilis módosítással. Szabályozás irreverzibilis módosítással. Emésztő enzimek aktiválása (zymogén aktiválás). Fehérje hormonok proteolitikus aktiválása (pre-proinzulin, proinzulin, inzulin). Szabályozás az enzimtermelés szintjén. Szabályozás a sejt szintjén. DNS-fehérje kölcsönhatás. Transzkripciós szabályozás. Enzimindukció, Lac operon, a tejcukor lebontásának szabályozása. Enzimrepresszió, His operon, a hisztidin bioszintézisének szabályozása. Katabolit represszió. CAP (katabolit gén aktivátor protein). A cAMP szerepe, képződése és bomlása. Post-transzkripciós szabályozás. Prokarióta és eukarióta sejtek. Transzlációs szabályozás. Ferritin szintézis. Hormonhatás. A hormon nem jut be a sejtbe. Másodlagos jelátvivő molekulák. Szabályozás cAMP jelátvitellel. A G fehérje szerepe. A cAMP-függő protein kináz működése. A vércukorszint szabályozása. Szabályozás inozitol-lipid jelátvitellel. A hormon bejut a sejtbe, szteroid hormonok hatásmechanizmusa. Mindezeknek a környezetre, a mezőgazdaságra, az élőlényekre gyakorolt hatása.

## MEGTANULANDÓ KÉPLETEK, REAKCIÓNEGYENLETEK

### Szerves kémia rész

- Alkánok, alkének, alkinek általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei; a homológ soruk első tíz tagjának képlete, izobután, izopentán, izooktán, tetszőleges halogénszármazékok, cisz-2-butén, transz-2-butén, kumulált, izolált, konjugált diének általános képlete, 1,3-butadién, kloroprén, izoprén, etin, propin, 1-butin, geminális, vicinális, diszjunkt dihalogén származékok általános képlete, primer, szekunder, terciér halogénszármazékok általános képlete, metil-bromid, etil-klorid, vinil-klorid, diklór-metán, triklór-etilén, kloroform, jodoform, bromoform, széntetraklorid, teflon.
- Primer, szekunder, terciér és az 1,2,3 értékű alkoholok általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei, a homológ sor első tíz tagjának képlete, metanol, etanol, 1-propanol, 2-propanol, vinil-alkohol, geminális, vicinális, diszjunkt diolok általános képlete, glicerin, pentaeritrit.
- Éterek általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei, dimetil-éter, dietil-éter, divinil-éter, szimmetrikus és aszimmetrikus éterek, etilén-oxid.
- Primer, szekunder, terciér aminok, kvaterner ammónium sók általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei, Több, értékű aminok, kolin, kolamin, dietanol-amin, EDTA, trietanol-amin, etilén-diamin, taurin, nitrometán, nitro-etán.
- Aldehidek és ketonok általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei, metanal, etanal, propanal, glikolaldehid, glioxál, etil-metil-keeton, dietil-keeton, propanon, dihidroxi-aceton, butanon, bután-dion (diacetil), dimetil-glioxim.
- Telített mono- és dikarbonsavak általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei, hangyasav, ecetsav, propionsav, vajsav, valeriansav, palmitinsav, sztearinsav, oxálsav, malonsav, borostyánkősav, adipinsav, telítetlen mono- és dikarbonsavak általános képlete, akrilsav, metakrilsav, krotionsav, olajsav, linolsav, linolénsav, maléinsav, fumársav, trifluor-ecetsav, triklór-ecetsav, jód-ecetsav, bróm-ecetsav, tejsav, 4-hidroxi-vajsav, almasav, borkősav, ciomsav, glioxálsav, piroszőlősav, acetecetsav, oxálecetsav, savhalogenidek általános képlete, acetil-klorid, savanhidridek általános képlete, ecetsavanhidrid, borostyánkősavanhidrid.
- Karbonsav-észterek általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei, metil-formiát, etil-acetát stb., gliceridek általános képlete, tributirin, tripalmitin, foszfatidok általános képlete, lecitin, foszfatidil-serin, szappanok, zsíralkohol- szulfátok általános képlete, dimetil-szulfát, glicerin-trinitrát, savamidok általános képlete, formamid, dimetil-formamid, nitrilek általános képlete, acetonitril, akrilnitril, tiolok, tioéterek, diszulfidok, szulfoxidok, szulfonok, szulfonsavak általános képlete, metántiol, 2-propántiol, 2-merkaptó-etanol, dimetil-szulfoxid, metánszulfonsav, szénsav és származékai, foszgén, karbamid, guanidin, ciánsav, kreatin, kreatin-foszfát, tiokarbamid.

- Aromás vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei, benzol, toluol, *o*-xilol, *m*-xilol, *p*-xilol, difenil, difenilmetán, naftalin, antracén, fenantrén, klór-benzol, benzil-klorid, nitro-benzol, dinitro-benzol, 2-nitro-toluol, 2,4,6-trinitro-klór-benzol, 2-nitro-fenol, anilin, 2,4,6-trinitro-toluol, benzolszulfonsav, fenol, *o,m,p*-krezol, rezorcin, hidrokinon, 1,4-benzokinon, floroglucin, fenil-acetát, pentaklór-fenol, benzil-alkohol, toluidin, difenilamin, benzidin, *p*-fenilén-diamin, szulfanilsav, fenil-hidrazin, azo-benzol, aromás aldehidek és ketonok általános képlete, benzaldehid, ninhidrin, benzoosav, ftálsav, szacharin, fenil-ecetsav, 2,4-diklór-fenoxi-ecetsav, ciklopropán, ciklopentán, ciklobután, ciklohexán, ciklohexanol, 1,2,3,4,5,6-hexaklór-ciklohexán, dekalin, izoprén, A-vitamin.
- Heterociklusos vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei, furán, tetrahydrofurán, furfurol, kumaron, pirán, tiopirán, piridin, pirimidin, piperidin, piridazin, pirazin, indol, kumarin, kinolin, purin, pteridin, porfirin-váz, indolil-ecetsav, pikolinsav, nikotinsav, izonikotinsav, piridoxál, piridoxamin, piridoxin, xantin, adenin, guanin, citozin, timin, uracil, adenzin, guanozin, citidin, timidin, uridin és foszforszármazékaik.
- Tetraetil-ólom, szterán-váz, koleszterin, ergoszterin, androszteron, taurin, efedrin, nikotin, koffein, polietilén, polipropilén, PET, PVC és a fontosabb műanyagok. Mentán, mentol, limonén, kámfor, nikotin, anabazin, atropin, papaverin, morfin, teofilin, koffein.
- Aminosavak általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei, a 20-féle fehérjealkotó aminosav képletei, gamma-amino-vajsav, béta-alanin, ninhidrin, citrullin, ornitin, 2,4-dinitro-fluor-benzol, 1-dimetil-amino-naftil-szulfonil-klorid, maleinsavanhidrid, 5,5'-ditio-bisz--nitro-benzoát, *p*-klór-merkuri-benzoát, diizopropil-fluor-foszfát, glutation, *p*-nitro-fenil-acetát.
- Monoszacharidok és egyszerű származékaiknak képletei, (trióz, tetróz, pentóz, hexóz), gliceraldehid, dihidroxi-aceton, eritróz, ribóz, dezoxiribóz, xilóz, ribulóz, glükóz, galaktóz, mannóz, ramnóz, fruktóz, szedoheptulóz, glicerin, szorbit, glükonsav, aszkorbinsav, glükózamin, szacharóz, maltóz, cellobióz.
- Zsírsavak általános képlete és egyszerű származékaiknak képletei, palmitinsav, sztearinsav, arahidonsav, olajsav, linolsav, linolénsav, arahidonsav, foszfatidsav és származékai, szfingozin, klorofill, hem váz, béta-karotin, kumársav.
- Vitaminok képlete és egyszerű származékaiknak képletei, (A, B, C, D, E), adrenalin, 3-indolil-ecetsav, 2,4-diklór-fenoxi-ecetsav, gibberellin-váz, 6-furfuril-amino-purin (kinetin), abszcizinsav, tiamin-pirofoszfát (TPP), riboflavin, nikotinsav, nikotinsavamid, biotin, piridoxin, piridoxál-foszfát, folsav, *p*-amino-benzoosav, szulfanil-amid.

## MEGTANULANDÓ KÉPLETEK, REAKCIÓEGYENLETEK

### Biokémia rész

- Az élő szervezetekben előforduló aminosavaknak és származékaiknak képletei.
- Az aminosavak reaktív csoportjainak reakcióiban szereplő képletek és reakcióegyenletek.
- Di- és tripeptidek és fontosabb polipeptidek képletei.
- A fehérjék szerkezeti felépítésében résztvevő, a konformáció fentartásában szerepet játszó kölcsönhatások képletei.
- A lehetséges nukleozidoknak, nukleotidoknak, dinukleotidoknak, koenzimeknek és származékaiknak, tautomer formáinak képletei, H-hidak a nukleinsavakban.
- Aldo- és ketotriózok, aldo- és ketotetrózok, aldo- és ketopentózok, aldo- és ketohexózok, aldo- és ketoheptózok és származékaiknak képletei (nyíltláncú és gyűrűs forma).
- A cikloféléacetál gyűrű kialakulása képlettel. Di-, tri- és polyszacharidok és származékaiknak képletei.
- Zsírsavak, zsíralkoholok, terpének, karotinok, karotinoidok, szteránváz vegyületek, prosztaglandinok, viaszok, trigliceridek (zsírok, olajok), foszfatidok, szfingolipidek, glikolipidek, szterol-észterek és származékaiknak képletei.
- Vitaminok, hormonok, alkaloidok, klorofill, hem váz, valamint ezen vegyületek egyszerű származékaiknak képletei.
- A glikolízis folyamatában szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.

- A glikogén szintézisben és lebontásban szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A glükoneogenezisben szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A pentóz-foszfát ciklusban szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A citrátciklusban szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A terminális oxidáció és oxidatív foszforilációban szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A Calvin-ciklusban szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A Cori-körben szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A glioxálsav ciklusban szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A karbamid ciklusban szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A zsírsavak bioszintézisében és lebontásában szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- Az aminosavak bioszintézisében és lebontásában szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- A transzaminálás alapreakcióinak reakcióegyenletei, vegyületei és egyszerű származékaiknak képletei.
- A DNS, RNS és fehérjeszintézisben szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei. A tRNS vázlatos szerkezete.
- A géntechnológia és biotechnológia tárgykörében szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.
- Az izomműködésben szereplő reakcióegyenletek, vegyületek és egyszerű származékaiknak képletei.

**+ Az előadásokon és gyakorlatokon előforduló képletek, reakcióegyenletek, valamint a tankönyvben, jegyzetben a tételekhez kapcsolódó képletek!**

**VIZSGATEMATIKA**

## Szerves kémia rész

- A szerves vegyületek osztályozása, a vegyületcsoportok jellemzése, fontosabb képviselőik
- A szerves kémiában előforduló fontosabb reakciótípusok és értelmezésük
- Telített nyílt szénláncú szénhidrogének: az alkánok. Általános jellemzésük, a homológ sor fogalma, nevezéktan. Fontosabb alkánok
- Földgáz és kőolaj. Kőolajfrakciók. Oktánszám, cetánszám
- Telítetlen nyílt szénláncú szénhidrogének: az olefinsor általános jellemzése, cisz-transz izoméria. Diolefinok
- Telítetlen nyílt szénláncú szénhidrogének: acetilén szénhidrogének jellemzése, acetilén. Halogénezett szénhidrogének
- Az alkoholok általános jellemzése, alkoholok csoportosítása, jellemző reakcióik. Fontosabb telített, egyértékű alkoholok
- Telítetlen egyértékű alkoholok jellemzése. Oxo-enol tautoméria. Két- és többértékű alkoholok
- Optikai izoméria, az abszolút konfiguráció fogalma. Racém és mezo formák
- Éterek, tioalkoholok és tioéterek tulajdonságai, jellemzésük, előállításuk
- Alifás nitrogén vegyületek. Alifás aminok és nitrovegyületek. Alifás foszforvegyületek
- Nyílt szénláncú oxovegyületek általános jellemzése, csoportosításuk, előállításuk, reakcióik
- Aldehidek és ketonok általános jellemzése. Néhány fontosabb hidroxí-oxo- és dioxo-vegyület
- Szénhidrátok általános jellemzése, csoportosításuk. A szénhidrátok optikai izomériája
- A monoszaharidok családfája, fizikai és kémiai tulajdonságaik
- Diszaharidok szerkezete és jellemzése. Redukáló és nem redukáló diszaharidok
- Poliszaharidok jelentősége, fontosabb poliszaharidok és felépítésük
- A cukrok gyűrűs szerkezete. Mutarotáció
- Izoméria a szerves kémiában, az izoméria típusai
- Nyílt szénláncú szerves savak általános jellemzői, tulajdonságaik és reakciói
- Telített egybázisú szerves savak és tulajdonságaik
- Telítetlen egybázisú karbonsavak és jelentőségük. Jód-brómszám
- Kétbázisú telített és telítetlen karbonsavak, tulajdonságaik és előfordulásuk
- Két- és több bázisú szerves oxi- és oxokarbonsavak
- Észterek csoportosítása és tulajdonságaik
- Szénsavszármazékok. Karbamid, kreatin, kreatin-foszfát. Tioszármazékok
- Az aminosavak, általános jellemzésük, csoportosításuk, disszociációjuk, peptidek, fehérjék
- A lipidek szerkezete és csoportosításuk. A biológiai membránok felépítése és funkciója
- Gyűrűs vegyületek és felosztásuk. Az aromások általános jellemzői, elektron-szerkezetük
- Alifás benzol származékok, szubsztitúciós szabályok
- Fenolok, aromás nitro- és amino-származékok, aromás azo- és diazo-vegyületek
- Aromás oxovegyületek. Aromás magban szubsztituált mono- és dikarbonsavak. Nem kondenzált policiklusos vegyületek
- Kondenzált policiklusos vegyületek és jellemzőjük. Aliciklusos vegyületek jellemzői, a ciklohexán és származékai
- Heterociklusos vegyületek általános jellemzése, felosztásuk, jellemzőik
- Biológiailag jelentős heterociklusos vegyületek és származékaik. Piridin, pirimidin, purin és származékaik, nukleinsavak
- Alkaloidok, terpének, szteroidok, vitaminok



**VIZSGATEMATIKA**

## Biokémia rész

- Az aminosavak, általános jellemzésük, felépítésük, csoportosításuk, disszociációjuk
- Az aminosavak kimutatása. Az aminosavak reaktív csoportjainak specifikus reakciói
- A peptidkötés. A fehérjék szerkezeti felépítése. Szerkezeti szintek
- A peptidkötés enzimhasítása, a fehérje és peptidszerkezet meghatározásának elve
- Fehérjék funkciócsoportjai, szerepük a szerkezet fenntartásában és az enzimaktivitásban
- A biokémiai folyamatok termodinamikai alapjai: a szabadenergia és a biológiai folyamatok kapcsolata
- A biokatalízis: enzimreakciók hatásmechanizmusa, a Michaelis-Menten elmélet alapjai
- Az enzimreakciók gátlása: a gátlások mechanizmusa, kinetikája, típusai
- A lipidek szerkezete és csoportosításuk. A biológiai membránok felépítése és funkciója
- Nukleotidok és nukleozidok: szerkezetük és biológiai szerepük
- A glikolízis folyamata: a glikogéntől a piroszőlősavig
- A glikolízis anaerob útja: a tejsavas és alkoholos erjedés
- A glikolízis és energiamérlege
- A piroszőlősav oxidációja: a citrát ciklus
- A glükoneogenezis: a piroszőlősavtól a glikogénig
- A glükóz direkt oxidációja: a pentóz-foszfát ciklus és szerepe az anyagcserefolyamatokban
- A terminális oxidáció és az oxidatív foszforiláció. Energiamérleg. A citokrómok szerepe
- A lipidek, zsírok, zsírsavak lebontása, a  $\beta$ -oxidáció és energiamérlege
- A lipidek, zsírok, zsírsavak bioszintézise
- Az ammónia beépülése: a transzaminálás folyamatai, a glutaminsav szerepe
- Az ammónia ürítése: a karbamidciklus (ureaciklus, ornitin-ciklus)
- A DNS és az RNS felépítése, típusai, biológiai szerepük
- A genetikai kód és jellemzői, az információátadás folyamata, a centrális dogma
- A DNS megkettőződése: a replikáció mechanizmusa
- A fehérjeszintézis mechanizmusa: a transzkripció (átírás)
- A fehérjeszintézis mechanizmusa. a transláció (fordítás)
- A genetikai manipuláció molekuláris alapjai, a restriktív enzimek, a biotechnológia
- Szabályozás az enzimaktivitás szintjén. A visszacsatolási gátlás és az allostéria, kovalens módosítás
- Szabályozás az enzimtermelés szintjén: az operon modell, az enzimindukció, enzimrepresszió és a katabolit represszió
- A ciklikus AMP (cAMP) és szerepe a szabályozási folyamatokban
- A koenzimek és szerepük az enzim-katalizált oxidációs-redukciós valamint a transzfer folyamatokban
- Nagyenergiájú kötések, típusaik és bioszintézisük
- Ingarendszerek (glicerofoszfát, malát-aszpartát) és szerepük a biológiai folyamatokban
- Aktiválási folyamatok a bioszintézisben