

# ZÁRÓVIZSGA TÉTELEK

## analitikai, környezeti és magkémiából

### vegyész mesterszakos hallgatók részére

#### Érvényes: 2021. márciustól

Megjegyzés: a vizsgázó az 1–14. számú tételek közül húz 1 kérdéskört és a 15–24. számú tételek közül húz 1 kérdéskört. Az alábbi részletezés azokat a területeket tartalmazza, amelyek lényegre törő kifejtése elvárt a hallgatótól. A vizsga alkalmával további kérdések felmerülhetnek.

1. Protolitikus egyensúlyok, egyensúlyi állandók. A pH számítása. Acidi-alkalimetria: mérőoldatok, titrálási görbék lefutása (erős, gyenge és többértékű savak, illetve bázisok esetén), az indikátorok működési elve, faktorozás. Alkalmazások: savak, bázisok és sók meghatározása általában; kénsav, karbonátok és ammónia meghatározása. Titrálások nemvizes (pl. jégecetes) közegben.
2. Komplexképződési egyensúlyok, stabilitási állandók, a komplexek stabilitását befolyásoló tényezők, látszólagos stabilitási állandók. A komplexek szerepe a kvalitatív analitikában. Kelatometria: mérő- és segédmérőoldatok, titrálási görbék lefutása, indikátorok működési elve, faktorozás. Alkalmazások: közvetlen, visszamérési és kiszorítási eljárások; egymás melletti meghatározások általában, és a  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  meghatározása egymás mellett.
3. Oldódási egyensúlyok, oldhatósági szorzat, a csapadékok oldhatósága, és az oldhatóságot befolyásoló tényezők. A csapadékok jelentősége a kvalitatív analitikában. Argentometria: mérő- és segédmérőoldatok, titrálási görbék lefutása, indikátorok működési elve, faktorozás. Alkalmazások: Mohr- és Volhard-féle végpontjelzés.
4. A redoxpotenciál és a redoxpotenciált befolyásoló tényezők. Formálpotenciál. A redoxreakciók jelentősége a kvalitatív analitikában. Oxidimetria: mérő- és segédmérőoldatok, titrálási görbék lefutása, indikátorok működési elve, faktorozás. Alkalmazások: választott példákon keresztül. Jodometria: mérő- és segédmérőoldatok, indikátor működési elve, faktorozás. Alkalmazások: választott példán keresztül.
5. Elektroanalitikai módszerek: elektródok típusai, működési elvük. Direkt potenciometria, potenciometriás titrálás, konduktometriás titrálás: alkalmazandó elektródok, a kiértékelés elve és módszere. Alkalmazások: egy-egy választott példán keresztül. Amperometria: Karl-Fischer-féle vízmeghatározás.

6. Atomspektrometria: az anyag (atomok) és az elektromágneses sugárzás közötti kölcsönhatás: abszorpció, emisszió, fluoreszcencia. Atomspektrum. Folyamatok lángban, plazmában. Zavaró hatások: spektrális interferencia, ionizáció, önabszorpció, fizikai és kémiai mátrixhatás. AAS, lángfotometria (FAES), ICP-AES. Spektrométerek felépítése. A kiértékelés alapja: koncentráció-mért jel összefüggés. AAS és ICP-AES összehasonlítása az analitikai teljesítményjellemzők szempontjából.
7. Molekulaspektrometria: az anyag (molekulák) és az elektromágneses sugárzás közötti kölcsönhatás: abszorpció, fluoreszcencia. Molekulaspektrum. Abszorbancia, Lambert-Beer törvény. A látható és UV spektrofotometria gyakorlata: egyfényutas és kétfényutas spektrométer. Alkalmazás: egy választott példa mennyiségi elemzésre színes származékképzéssel. Spektrofluorimetria, 3D spektrum (hullámhosszak kiválasztása). Alkalmazás: egy választott mennyiségi elemzésen keresztül.
8. Tömegspektrometria alapjai, a tömegspektrométerek általános felépítése és a tömegspektrum keletkezése. Ionforrások (EI, CI, ESI, APCI, MALDI) és analizátor típusok (kvadrupol, ionsapda és TOF). Kapcsolt technikák alkalmazásai (ICP-MS, GC-MS, LC-MS).
9. Kromatográfias folyamatok általános jellemzése, az elválasztás mechanizmusa és hajtóereje. Általános kromatográfias fogalmak ( $t_R$ ,  $t'_R$ ,  $K$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $k$ ,  $N$ ,  $H$  és  $R_s$ ) definíciója. Sebességi elmélet. Van Deemter-egyenlet és grafikus ábrázolása.
10. Adszorpció-, ioncserés-, ion-, gél- és affinitás kromatográfia jellemzése (álló- és mozgó fázis típusok, eluotróp sorok, elválasztás/tisztítás lépései), az elválasztás mechanizmusa. Alkalmazási példák.
11. Papír- és vékonyréteg kromatográfia. A kapilláris jelenség leírása,  $R_f$  értelmezése, álló- és mozgófázis típusok, impregnált rétegek és elválasztási módszerek. Kromatogramok előhívása és mennyiségi kiértékelésük. A VRK előnyei és alkalmazási területei. Több dimenziós meghatározások fajtái. A HPTLC és az OPTLC technikák jellemzése.
12. Gázkromatográfia. A gázkromatográf felépítése: vivőgázok, injektálási technikák, a kolonnák típusai, GSC és GLC állófázisok fajtái, izoterm és programozott hőmérsékletű GC. Lángionizációs és elektronbefogási detektorok. Minőségi azonosítás, a Kováts-féle retencióindex meghatározása és jelentősége. Gázkromatográfias származékképzés főbb típusai.
13. Nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia. A HPLC rendszer felépítése: szivattyúk, gradiens képzők, injektorok, oszlopok. Álló- és mozgófázis jellemzése az NP-, RP-HPLC és HILIC technikáknál. Gradiens elúció. Detektorok; UV/VIS, fluoreszcenciás, vezetőképességi és fényszórás mérésen alapuló módszerek.

14. Analitikai mérések rendszeres és véletlen hibái. Analitikai módszerek teljesítményjellemzői: specifikusság, érzékenység, kimutatási- és meghatározási határ, pontosság (referencia anyag, visszanyerés), precizitás (ismételhetőség és reprodukálhatóság), robusztusság és méréstartomány. Az analitikai bemérés- és eredmény megadásának pontossága.
15. Éghajlat. A Föld energiamérlege. Az üvegházhatás kémiai és fizikai alapjai. Az éghajlati rendszer és kialakulása. Az üvegházhatású gázok időtrendjei. Az éghajlati kényszer. A globális éghajlatváltozás jelei és következményei. Várható éghajlatváltozás a Kárpát-medencében. Lehetőségek az éghajlatváltozás csökkentésére. Geoengineering. A Gaia-/CLAW-hipotézis. Felkészülés az éghajlatváltozásra.
16. A víz környezeti szempontból fontos tulajdonságai. Víz típusok és jelentőségük. Kémiai folyamatok a felszíni és felszín alatti vizekben. A víz környezeti kölcsönhatása szilárd, folyékony és gáznemű anyagokkal, és ezek fontosabb példái. A víz körforgása. A vízminőség: vizek szennyezőinek típusai. Az ivóvíz minősítési rendszere, és fontosabb szennyvíztisztítási eljárások elve.
17. A sztratoszféra kémiája. Az ózon keletkezése és bomlása a Chapman-modell szerint. Az ózon koncentrációjának magassági eloszlása. Az ózonréteg kialakulása és jelentősége. Katalitikus vegyületcsaládok ( $\text{ClO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HO}_x$ ) és körfolyamatok. Az ózon koncentrációjának időtrendje. Heterogén fázisú körfolyamatok: az ózonlyuk kialakulása és kiterjedése.
18. Levegőszennyezés. A légszennyező anyagok fő forrásai, globális térbeli eloszlása és fő nyelői. A savas eső. A légköri aeroszol, keletkezési mechanizmusai, fontosabb tulajdonságai és folyamatai. A részecskék méreteloszlásai. Ekvivalens átmérők. Egészségügyi, környezeti és éghajlati hatások. Az Országos Levegőminőségi Mérőhálózat felépítése és működése.
19. A fotokémiai szmog. A levegő oxidációs tulajdonsága. A hidroxil-gyök keletkezése, jelentősége és reakciói. A szmog kialakulásának feltételei, kémiai mechanizmusa, fő termékei. Környezeti és egészségügyi hatások különböző térbeli skálán. Intézkedések a szmog kialakulása ellen és a hatások enyhítésére.
20. A radioaktív bomlások. A bomlások hajtóereje. Geiger-Nuttal–szabály az alfa-bomlás esetében. A különböző béta-bomlások (pozitív, negatív és elektronbefogás) lényege. A keletkező részecskék, energiaspektrum, elhelyezkedés a nuklid térképen, a béta-stabilitás völgye. A gamma-bomlás okai és energetikája. A spontán maghasadás

21. A radioaktív bomlásokat kísérő másodlagos effektusok. Karakterisztikus röntgensugárzás, konverziós elektronok, Auger-effektus. A mag-visszalökődés és következményei. A radioaktív bomlás kinetikája, a bomlási állandó és a felezési idő. A véletlen szerepe, a bomlás statisztikája. Radioaktív kormeghatározás.
22. Az alfa-, a béta- és a gamma-sugárzás kölcsönhatása az anyaggal. Az energiatranszfer formái, szerepük a különböző sugárzások esetében. A sugárzások hatása az anyag szempontjából, ionizáció, LET-érték. A magreakciók lényege és típusai, az átmeneti mag, direkt reakciók, rezonancia. Reakciógátak.
23. Neutronokkal kiváltott magreakciók. A neutronaktiváció alkalmazása az analitikában. A neutronaktivációs analízis összehasonlítása a prompt-gamma aktivációs analízissel. Neutronokkal kiváltott magreakciók szerepe az energiatermelésben. Atomerőművek.
24. A gázionizációs, szcintillációs és félvezető detektorok működési elvei. Detektálási határfok, energiaszelektivitás. Dozimetriai fogalmak: elnyelt, egyenérték- és effektív dózis, dózisteljesítmény. A radioaktív sugárzás élettani hatásai, külső és belső sugárforrások, háttérsugárzás. A magsugárzások elleni védekezés: árnyékolás, az ALARA-elv.

**THEMES FOR CLOSING EXAM**  
**in analytical, environmental and nuclear chemistry**  
**for chemistry master students**  
**Valid from March 2021**

Note: The examinee obtains one theme from no. 1–14, and one theme from no. 15–24.

The topics indicated are expected to be discussed at the exam, and additional questions or details can also arise.

1. Protolytic equilibria, equilibrium constants. Calculation of pH. Acidi alkalimetry: standard solutions, titration curves (for strong, weak and polyvalent acids and bases), mechanism of indication, standardization. Applications: determination of acids, bases and salts in general; determination of sulfuric acid, carbonates and ammonia. Titrations in non-aqueous media (e.g. glacial acetic acid).
2. Complex formation equilibria, stability constants, factors influencing the stability of complexes, conditional stability constants. The role of complexes in qualitative analysis. Chelatometry: standard and auxiliary standard solutions, pattern of titration curves, mechanism of indication, standardization. Applications: direct, back-measurement and displacement methods; simultaneous determination of more ions in presence of each other in general; and determination of  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  in presence of each other.
3. Solubility equilibria, solubility product, solubility of precipitates, and factors influencing solubility. Significance of precipitation in qualitative analysis. Argentometry: standard and auxiliary standard solutions, pattern of titration curves, mechanism of indication, standardization. Applications: Mohr and Volhard method.
4. Redox potential and factors influencing redox potential. Formal potential. Significance of redox reactions in qualitative analysis. Oxidimetry: standard and auxiliary standard solutions, pattern of titration curves, mechanism of indication, standardization. Applications: present examples of your choice. Iodometry: standard and auxiliary standard solutions, mechanism of indication, standardization. Applications: present an example of your choice.
5. Electroanalytical methods: types of electrodes, their operational principle. Direct potentiometry, potentiometric titration, conductometric titration: appropriate electrodes, principle and method of evaluation. Applications: present an example of your choice. Amperometry: Karl-Fischer method for water determination.

6. Atomic spectrometry: interaction between matter (atoms) and electromagnetic radiation: absorption, emission, fluorescence. Atomic spectrum. Processes in flame, plasma. Interfering effects: spectral interference, ionization, self-absorption, physical and chemical matrix effects. AAS, flame photometry (FAES), ICP-AES. Parts of a spectrometers. The basis of the evaluation: relationship between concentration and the measured signal. Comparison of AAS and ICP-AES in terms of analytical performance characteristics.
7. Molecular spectrometry: interaction between matter (molecules) and electromagnetic radiation: absorption, fluorescence. Molecular spectrum. Absorbance, Lambert-Beer law. Visible and UV spectrophotometry, practice: single- and double-beam spectrometers. Application: an example of your choice for quantitative analysis with colour derivatisation. Spectrofluorimetry, 3D spectrum (wavelength selection). Application: present an example of your choice for quantitative analysis.
8. Fundamentals of mass spectrometry, general structure of mass spectrometers and the concept of mass spectrum. Ion sources (EI, CI, ESI, APCI, MALDI) and analyzer types (quadrupole, ion trap and TOF). Application of coupled techniques (ICP-MS, GC-MS, LC-MS).
9. General description of chromatographic processes based on the course of separation forces and the mechanism of separations. Definition of retention time ( $t_R$ ), adjusted retention time ( $t'_R$ ), partition coefficient ( $K$ ), retention factor ( $k$ ), selectivity ( $\alpha$ ), efficiency (measured by the theoretical plate number  $N$ ), theoretical plate height ( $H$ ) and resolution ( $R_s$ ). The rate theory of chromatography and the interpretation of Van Deemter's equation and plot.
10. Principles of Adsorption-, Ion exchange- (IEC), Ion- (IC)-, Gel Permeation (GPC or SEC) and Affinity Chromatography (AC): stationary- and mobile phases; eluotropic order of solvents and the mechanism of separations. Presentation of an application example for different techniques.
11. Paper and thin layer chromatography. Description of capillary action, interpretation of  $R_f$ , stationary and mobile phase types, impregnated layers and separation methods. Development and quantification of TLC's chromatograms. Advantages and areas of application of TLC. Types of multidimensional developments. Characterization of HPTLC and OPTLC techniques.
12. Fundamentals of Gas Chromatography (GC). Instrumental setup: carrier gases, injection techniques, types of GC columns, stationary phases in GSC and GLC. GC detectors (FID and EC). The significance of Kovats Retention Indices in qualitative analysis. The main types of GC derivatisation techniques

13. Fundamentals of High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Instrumental setup: syringe type pumps, mixers, injector and column types. Description of the stationary- and mobile phases in case of normal-, reversed- and hydrophilic interaction liquid chromatographic mode (NP, RP and HILIC) HPLC. Gradient elutions. HPLC detectors: UV-VIS, fluorescence, conductivity, evaporative light scattering (ELSD).
14. Systematic and random errors in analytical measurements. Performance characteristics of analytical methods: specificity, sensitivity, limit of detection and quantification, accuracy (reference material, recovery), precision (repeatability and reproducibility), robustness and measuring range. Accuracy of analytical mass and volume measurement and reporting results.
15. Energy balance of the Earth. Physical and chemical background of the greenhouse effect. Climate system. Time trends of greenhouse gases. Climate forcing. Evidences and implications of global climate change. Geoengineering. The Gaia-/CLAW-hypothesis. Mitigation policies.
16. Environmental properties of water. Types of water bodies. Chemical processes in surface and underground water bodies. Interaction of water with solid, liquid and gaseous substances, and their important examples. The water cycle. Major groups of water pollutants. Chemical treatments for drinking water. Basic principles of wastewater treatment.
17. Chemistry of the stratosphere. The Chapman model and its consequences. Distribution of ozone in the total air column. The ozone layer and its importance. Catalytic ( $\text{ClO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{HO}_x$ ) cycles for ozone depletion. Time trend for stratospheric ozone. Heterogeneous ozone cycles. The ozone hole.
18. Air pollution. Air pollutants, their major sources, global distributions and sinks. Their consequences for human health, environment and climate. Acid precipitation. Atmospheric aerosol, its main properties and processes. Formation mechanisms of aerosol particles. Size distributions and equivalent diameters. National monitoring systems and their goals.
19. Photochemical smog. Oxidation property of the atmosphere. Formation, importance and reactions of the hydroxyl radical. Preconditions, chemical formation mechanism and important products of photochemical smog on various spatial scales. Health and environmental effects. Measures against smog periods.
20. Radioactive decays. Causes of decays. Geiger-Nuttal law for alpha decay. Beta decays (positive, negative decays and electron capture). Energy spectrum of emitted particles. Chart of nuclei, valley of beta stability. Causes and energy balance of gamma radiation. Spontaneous fission.

21. Secondary effects of radioactive decays. Characteristic X-rays, conversion electrons, Auger effect. Recoil of daughter nucleus and its effects. Kinetics of radioactive decay. Decay constant and half life. Random character of radioactive decay and decay statistics. Radioactive dating.
22. Interaction of alpha and beta radiations with matter. Forms and role of energy transfer of various radiations. Ionisation, excitation and LET values. Types of nuclear reactions. Compound nuclei. Direct nuclear reactions. Resonance reactions. Reaction barriers.
23. Nuclear reactions induced by neutrons. Applications of neutron activation in analytical chemistry. Radioactive and prompt-gamma neutron activation analysis. Importance of nuclear reactions in energy production. Nuclear power plants.
24. Operation principles for gas ionization, scintillation and semiconductor radiation detectors. Detection efficiency and energy resolution. Basic quantities of radiation dosimetry. Absorbed, equivalent and effective doses, dose rate. Health effects of ionization radiations for external and internal radioactive sources. Background radiation. Protection against radiation hazards, shielding. Radiation safety and ALARA principle.