

Testi del Syllabus

Resp. Did. **GARDOSSI LUCIA** **Matricola: 005281**

Docente **GARDOSSI LUCIA, 12 CFU**

Anno offerta: **2018/2019**

Insegnamento: **016FA - CHIMICA ORGANICA CON ESERCITAZIONI**

Corso di studio: **FA01 - FARMACIA**

Anno regolamento: **2017**

CFU: **12**

Settore: **CHIM/06**

Tipo Attività: **A - Base**

Anno corso: **2**

Periodo: **Primo Semestre**

Sede: **TRIESTE**



Testi in italiano

Lingua insegnamento Italiano

Contenuti (Dipl.Sup.) Legame chimico. Angoli di legame e strutture di Lewis. Risonanza. Orbitali ibridi.
Introduzione agli alcani. Nomenclatura IUPAC. Alcani e conformazioni. Cicloalcani e conformazioni. Stereoisomeria cis-trans.
Introduzione alla chiralità. Rappresentazione delle molecole organiche e proiezioni. Enantiomeria e diastereoisomeria. Nomenclatura R/S. Ruolo della chiralità: esempi di molecole di rilevanza biologica e farmaceutica. Attività ottica e metodi per la sua determinazione. Purezza ottica ed introduzione alla risoluzione di miscele racemiche.
Reattività delle molecole organiche. Le principali classi di reazioni organiche. Introduzione ai gruppi funzionali. Reattività nucleofila e basica, elettrofila ed acida.
Acidi e basi organiche. Basi strutturali della reattività acida e basica. Equilibri acido-base.
Alcheni e alchini. Nomenclatura. Stereochimica e nomenclatura E/Z e cis/trans. Reattività degli alcheni. Addizione elettrofila agli alcheni. Elementi di teoria dello stato di transizione. Reazioni a più stadi e intermedi di reazione. Carbocationi e loro stabilità. Reazioni di riduzione ed ossidazione degli alcheni. Reattività acida degli alchini.
Sostituzioni nucleofile alifatiche ed eliminazioni. Confronto tra Sn2 e Sn1. Aspetti stereochimici. Alogenuri alchilici e reattività.
Alcoli. Nomenclatura. Proprietà chimico fisiche. Reattività degli alcoli: disidratazione (eliminazione), sostituzione nucleofila, proprietà acide/basiche, reattività nucleofila, ossidazioni.
Eteri: nomenclatura e proprietà chimico fisiche. Sintesi mediante sostituzione nucleofila. Gli eteri come solventi. Gli eteri ciclici. Gli eterocicli. Gli epossidi: reattività verso i gruppi nucleofili.
Tioli: nomenclatura. Reattività come nucleofili. Acidità. Formazione di legami disolfuro e radicali. Solfuri: cenni.
Aromaticità: legami coniugati, condizioni elettroniche e strutturali che determinano l'aromaticità delle molecole organiche. Il benzene e gli eterocicli aromatici. Nomenclatura degli eterocicli aromatici.

Nomenclatura dei derivati del benzene. Idrocarburi policiclici aromatici. Reattività del benzene. Sostituzioni elettrofile aromatiche. Fenolo. Ammine. Nomenclatura e proprietà chimico fisiche. Reattività. Ammine di interesse farmaceutico e loro sali. L'anilina. Ammine aromatiche ed eterocicliche aromatiche.

Aldeidi e chetoni. Nomenclatura e proprietà chimico fisiche. Ossidazioni e riduzioni. Reattività del gruppo carbonilico verso i nucleofili: formazione di immine, emiacetali (anche ciclici) e acetali. Il glucosio. Equilibri cheto-enolici e anioni enolato. Condensazione aldolica. Acidi carbossilici. Basi strutturali ed elettroniche della reattività acida del gruppo carbossilico. Gli acidi carbossilici in natura e nei farmaci (FANS). Gli acidi dicarbossilici. Importanza biochimica degli acidi carbossilici (acido piruvico, lattico, mevalonico). La reattività del gruppo carbossilico: salificazione, sintesi di esteri, riduzioni. Il meccanismo della sostituzione nucleofila acilica.

Derivati degli acidi carbossilici: proprietà chimiche, nomenclatura, reattività. Ammidi, esteri, alogenuri acilici, anidridi, lattoni, lattami, immidi. Interconversione mediante sostituzione nucleofila acilica.

SACCARIDI: Struttura e stereochimica. Reattività. Riduzione e ossidazione di monosaccaridi. La mutarotazione del glucosio. Disaccaridi e legame glicosidico. Polisaccaridi: amido, cellulosa.

LIPIDI: Acidi grassi, trigliceridi, fosfolipidi. Prostaglandine. Colesterolo. Vitamine liposolubili.

AMMINOACIDI, PEPTIDI E PROTEINE: Amminoacidi: nomenclatura, stereochimica. Proprietà acido-basiche degli amminoacidi. Il legame peptidico. Peptidi e proteine.

ACIDI NUCLEICI: Nucleosidi e nucleotidi. Struttura del DNA. Il gruppo fosfato e gli esteri fosforici.

Testi di riferimento

- William H. Brown, Thomas Poon, Introduzione alla chimica organica, EdiSE

- W. H. Brown, C. S. Foote, B.L. Iverson, E. V. Anslyn, Chimica Organica - 4a Ed., EdISES, 2009

- P. Yurkanis Bruice, Chimica Organica, EdISES, 2005

- T W Graham Solomons , Craig B Fryhle Chimica Organica, Zanichelli

Agli studenti verranno inoltre forniti i lucidi utilizzati durante le lezioni. Tuttavia questi vanno intesi esclusivamente come mero supporto alla didattica e non come dispense. Pertanto, l'uso del libro di testo è essenziale.

ogni settimana gli studenti riceveranno, inoltre, esercizi che riassumono i concetti svolti durante le lezioni e da usarsi come verifica del grado di apprendimento.

Obiettivi formativi

Conoscenza e capacità di comprensione: il corso si propone di far conoscere agli studenti i principi fondamentali della chimica organica, mettendoli in grado di riconoscere i principali gruppi funzionali delle molecole organiche e di associare un nome IUPAC ad una struttura chimica. Lo studente verrà messo nelle condizioni di comprendere le caratteristiche strutturali, chimico-fisiche e di reattività delle classi di biomolecole indicate nel programma, con particolare riferimento a quelle di interesse farmaceutico, farmacologico e biochimico .

Applicazione della conoscenza e della comprensione: il corso metterà in grado lo studente di applicare le nozioni acquisite all'interpretazione dei principali meccanismi attraverso i quali i composti organici si formano e si trasformano (sia in laboratorio che nei sistemi naturali e biologici), e di evincere come i fattori elettronici e strutturali sia correlati alla reattività delle molecole organiche, nonché di comprendere la relazione tra la struttura e le proprietà chimico-fisiche delle molecole organiche.

Autonomia: Inoltre il corso si propone di mettere in grado lo studente di applicare le conoscenze acquisite sulla struttura e reattività delle molecole organiche alla soluzione di semplici problemi sia in ambito strettamente chimico che nel contesto più ampio della scienze della vita, con particolare riferimento a quelle inerenti la chimica farmaceutica, la biochimica e la farmacologia.

Capacità di comunicazione: lo studente acquisirà gli strumenti necessari alla rappresentazione delle strutture e delle reazioni chimiche e all'assegnazione della nomenclatura IUPAC a strutture di composti organici. Questo permetterà allo studente di descrivere e comunicare la chimica organica e farmaceutica attraverso strumenti grafici.

Capacità di apprendere: le esercitazioni in classe e di gruppo

svilupperanno le abilità necessarie all'analisi critica di una problematica scientifica e all'applicazione del rigore metodologico del metodo scientifico, strumenti trasferibili a tutti i corsi successivi.

Prerequisiti

Conoscenza dei concetti fondamentali di Chimica Generale ed Inorganica. Concetti base della termodinamica con particolare riferimento all'equilibrio chimico.

Metodi didattici

Lo studente verrà accompagnato nell'acquisizione di un metodo per lo studio autonomo e critico della chimica organica attraverso:

- a) Lezioni frontali del docente che si avvarrà di sussidi visivi e seminari di approfondimento su argomenti specifici
- b) Esercizi di autovalutazione che il singolo studente svolgerà su ciascun argomento trattato,
- c) correzioni degli esercizi e discussione in aula, d) esercizi alla lavagna con lavori di gruppo.

Nel corso della settimana verrà introdotto e spiegato uno specifico argomento. Quindi, lo studente potrà verificare il grado di apprendimento dell'argomento specifico mediante le esercitazioni e le prove di autovalutazione e le discussioni.

I lavori di gruppo sono mirati a stimolare lo studio attivo e critico e alla partecipazione attiva in aula. La discussione e correzione degli esercizi in aula mira a motivare lo studente ad uno studio più sistematico e costante ed a consultare il docente per richiedere supporto e approfondimenti.

Inoltre le esercitazioni permetteranno di focalizzare maggiormente lo studio sugli argomenti più rilevanti e a maturare una metodologia logica corretta nell'analisi dei problemi.

L'uso dei modelli strutturali ed esempi di modellismo molecolare permetteranno di comprendere le proprietà strutturali e conformazionali di semplici molecole organiche per poi passare alla valutazione delle macromolecole biologiche. Questo permetterà di preparare lo studente ad affrontare lo studio della biochimica con le adeguate conoscenze. L'uso frequente di esempi di molecole di interesse farmacologico e biochimico permetterà allo studente di legare concretamente le proprietà chimiche dei gruppi funzionali alla realtà biologica.

Al termine del ciclo delle esercitazioni e dopo aver verificato mediante le prove di autovalutazione l'acquisizione degli strumenti basilari per la comprensione della chimica organica, lo studente potrà affrontare la prova finale - da svolgersi singolarmente- dove verrà chiamato ad applicare gli strumenti acquisiti per spiegare la struttura e reattività di semplici molecole organiche nonché di molecole di interesse farmaceutiche e biochimico.

Altre informazioni

La verifica del grado di apprendimento dei principali argomenti da parte degli studenti verrà fatta in itinere attraverso le esercitazioni e discussioni in aula in modo da adattare il percorso e il metodo didattico alle specifiche esigenze degli studenti.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Il corso consiste in lezioni frontali, prove di autovalutazione, esercitazioni alla lavagna. Quest'ultime vengono organizzate dal docente e svolte sia all'interno di gruppi che singolarmente in aula. La valutazione avviene in diversi momenti:

- 1) 15% attraverso la valutazione del contributo fornito dallo studente all'efficace svolgimento delle esercitazioni e dei lavori di gruppo
 - 2) 85% attraverso la valutazione di una prova finale scritta, ed eventualmente anche orale, da svolgersi singolarmente da ogni studente
- Tale prova finale consisterà in una serie di domande che tenderanno ad accertare la capacità di a) riconoscere i gruppi funzionali presenti in semplici molecole organiche nonché di molecole di interesse farmaceutico e biochimico; b) la capacità di scegliere i reagenti e riconoscere i prodotti di una reazione di sintesi o di trasformazione; c) discutere le proprietà strutturali e le relazioni struttura-reattività delle molecole organiche.

Programma esteso

Legame chimico. Angoli di legame e strutture di Lewis. Risonanza. Orbitali ibridi.

Introduzione agli alcani. Nomenclatura IUPAC. Alcani e conformazioni. Cicloalcani e conformazioni. Stereoisomeria cis-trans.

Introduzione alla chiralità. Rappresentazione delle molecole organiche e proiezioni. Enantiomeria e diastereoisomeria. Nomenclatura R/S. Ruolo

della chiralità: esempi di molecole di rilevanza biologica e farmaceutica. Attività ottica e metodi per la sua determinazione. Purezza ottica ed introduzione alla risoluzione di miscele racemiche. Reattività delle molecole organiche. Le principali classi di reazioni organiche. Introduzione ai gruppi funzionali. Reattività nucleofila e basica, elettrofila ed acida. Acidi e basi organiche. Basi strutturali della reattività acida e basica. Equilibri acido-base. Alcheni e alchini. Nomenclatura. Stereochimica e nomenclatura E/Z e cis/trans. Reattività degli alcheni. Addizione elettrofila agli alcheni. Elementi di teoria dello stato di transizione. Reazioni a più stadi e intermedi di reazione. Carbocationi e loro stabilità. Reazioni di riduzione ed ossidazione degli alcheni. Reattività acida degli alchini. Sostituzioni nucleofile alifatiche ed eliminazioni. Confronto tra S_N2 e S_N1 . Aspetti stereochimici. Alogenuri alchilici e reattività. Alcoli. Nomenclatura. Proprietà chimico fisiche. Reattività degli alcoli: disidratazione (eliminazione), sostituzione nucleofila, proprietà acide/basiche, reattività nucleofila, ossidazioni. Eteri: nomenclatura e proprietà chimico fisiche. Sintesi mediante sostituzione nucleofila. Gli eteri come solventi. Gli eteri ciclici. Gli eterocicli. Gli epossidi: reattività verso i gruppi nucleofili. Tioli: nomenclatura. Reattività come nucleofili. Acidità. Formazione di legami disolfuro e radicali. Solfuri: cenni. Aromaticità: legami coniugati, condizioni elettroniche e strutturali che determinano l'aromaticità delle molecole organiche. Il benzene e gli eterocicli aromatici. Nomenclatura degli eterocicli aromatici. Nomenclatura dei derivati del benzene. Idrocarburi policiclici aromatici. Reattività del benzene. Sostituzioni elettrofile aromatiche. Fenolo. Ammine. Nomenclatura e proprietà chimico fisiche. Reattività. Ammine di interesse farmaceutico e loro sali. L'anilina. Ammine aromatiche ed eterocicliche aromatiche. Aldeidi e chetoni. Nomenclatura e proprietà chimico fisiche. Ossidazioni e riduzioni. Reattività del gruppo carbonilico verso i nucleofili: formazione di immine, emiacetali (anche ciclici) e acetali. Il glucosio. Equilibri cheto-enolici e anioni enolato. Condensazione aldolica. Acidi carbossilici. Basi strutturali ed elettroniche della reattività acida del gruppo carbossilico. Gli acidi carbossilici in natura e nei farmaci (FANS). Gli acidi dicarbossilici. Importanza biochimica degli acidi carbossilici (acido piruvico, lattico, mevalonico). La reattività del gruppo carbossilico: salificazione, sintesi di esteri, riduzioni. Il meccanismo della sostituzione nucleofila acilica. Derivati degli acidi carbossilici: proprietà chimiche, nomenclatura, reattività. Ammidi, esteri, alogenuri acilici, anidridi, lattoni, lattami, immidi. Interconversione mediante sostituzione nucleofila acilica. SACCARIDI: Struttura e stereochimica. Reattività. Riduzione e ossidazione di monosaccaridi. La mutarotazione del glucosio. Disaccaridi e legame glicosidico. Polisaccaridi: amido, cellulosa. LIPIDI: Acidi grassi, trigliceridi, fosfolipidi. Prostaglandine. Colesterolo. Vitamine liposolubili. AMMINOACIDI, PEPTIDI E PROTEINE: Amminoacidi: nomenclatura, stereochimica. Proprietà acido-basiche degli amminoacidi. Il legame peptidico. Peptidi e proteine. ACIDI NUCLEICI: Nucleosidi e nucleotidi. Struttura del DNA. Il gruppo fosfato e gli esteri fosforici.



Testi in inglese

italian

Chemical bond and structure of molecules. Resonance. Conformation of molecules. Chirality, optical activity, enantiomers, fundamental concepts on the resolution of racemates in medicinal chemistry
Reactivity of organic molecules and main types of reaction mechanisms. Acids and bases. Relationships between structure and reactivity. Alkanes and cyclo alkanes. Conformations of cyclohexane. Stereoisomery cis-trans. IUPAC nomenclature.
Introduction to the main functional groups of organic molecules. Polar

reactions. Nucleophilic and electrophilic functional groups. Acids and bases. Main classes of mechanisms of organic reactions. Physical chemical properties of the main function groups and related classes of organic molecules. Structural and electronic basis of acid and basic reactivity. Examples of acid-base equilibria in organic molecules. Alkenes and alkynes. IUPAC nomenclature. E/Z stereoisomery. Reactivity: addition of electrophiles.. Basis concepts of the theory of transition state of reactions. Reaction intermediates. Carbocations and their stability. Reduction and oxidation. Acidity of alkynes. Halogenated alkanes. Aliphatic nucleophilic substitutions. Beta-eliminations. Comparison between bi- and mono-molecular substitutions. Solvent effect. Stereochemical aspects. Reactivity of halogenated alkanes and synthetic relevance. Alcohols, IUPAC nomenclature. Physical-chemical properties. Properties as acids/bases and nucleophiles/electrophiles. Reactivity: dehydration, nucleophilic substitution. Oxidation. Ethers: IUPAC nomenclature, physical chemical properties. Their use as solvents. Synthesis via nucleophilic substitution. Cyclic ethers. Epoxides and their reactivity. Etherocycles: main examples and nomenclature. Thiols. Nomenclature. Reactivity as nucleophiles. Acidity of thiol group. Oxidation and formation of disulphide bridges. Formation of radicals. Sulfurs: basic concepts and nomenclature. Aromatic molecules: electronic and structural basis. Benzene: properties and reactivity. Benzene derivatives. Electrophilic aromatic substitution. Aromatic etherocycles. Phenol. Ammines. Nomenclature. Physical chemical properties. Reactivity: as base in the salts formation. Amines of relevance in pharmaceutical chemistry and in nature. Aniline. Etherocyclic aromatic amines. Aldehydes and ketones. Nomenclature. Physical chemical properties. Reactivity: reduction and oxidation. Reactivity with nucleophiles: formation of imines, hemiacetals and acetals. Glucose as a cyclic hemiacetal. Keto-enol equilibria. Enolate anions. Aldolic condensation. Carboxylic acids. Structural and electronic basis of the acidic reactivity of the carboxylic group. Salification. Examples in pharmaceutical chemistry and in nature. The mechanism of acyclic nucleophilic substitution. Synthesis of esters. Reduction. Derivatives of carboxylic acids: amides, esters, anhydrides, halogenated acyl groups, lactams, lactones, imides. Interconversion via acyclic nucleophilic substitution. Reduction. Carbohydrates: Structure, chemical properties. Disaccharides and glycosidic bond. Polysaccharides. Lipids: triglycerids. Detergents. Prostaglandins. Steroids. Phospholipids. The chemistry of phosphoric esters. Liposoluble vitamins. Amino acids, peptides and proteins: acid-base properties. The peptide bond. Peptide and proteins: primary, secondary, tertiary and quaternary structures. Nucleic acids: Nucleosides and nucleotides. Structure of DNA. ATP.

- W. H. Brown, C. S. Foote, B.L. Iverson, E. V. Anslyn, Chimica Organica - 4a Ed., EdISES, 2009

- William H. Brown, Thomas Poon, Introduzione alla chimica organica, EdISE

- P. Yurkanis Bruice, Chimica Organica, EdISES, 2005

- T W Graham Solomons , Craig B Fryhle Chimica Organica, Zanichelli

All slides used during lectures will be provided to students. They must be intended as a support to the teaching activity, therefore the use of a textbook is highly recommended. Each week the students will receive exercises summarizing the main topics discussed during the lectures aiming to verify the comprehension of the arguments.

Knowledge and understanding: the course aims to introduce students to the fundamental principles of organic chemistry, enabling them to recognize the main functional groups of organic molecules and to associate an IUPAC name with a chemical structure. The student will be able to understand the structural, chemical-physical properties as well as the reactivity of the classes of organic- and bio-molecules indicated in the program, with particular reference to those of pharmaceutical,

pharmacological and biochemical interest.

Application of knowledge and understanding: the course will enable the student to apply the concepts acquired to the interpretation of the main mechanisms through which organic compounds are formed and transformed (both in the laboratory and in natural and biological systems), and to understand how the electronic and structural factors are related to the reactivity of organic molecules, as well as to understand the relationship between the structure and the chemical-physical properties of organic molecules.

Autonomy: In addition, the course aims to enable the student to apply the knowledge acquired on the structure and reactivity of organic molecules to the solution of simple problems both in the strictly chemical field and in the wider context of life sciences, with particular reference to those concerning pharmaceutical chemistry, biochemistry and pharmacology.

Communication skills: the student will acquire the tools necessary for the representation of chemical structures and reactions and the assignment of the IUPAC nomenclature to organic compounds structures. This will allow the student to describe and communicate organic and pharmaceutical chemistry through graphical tools.

Ability to learn: class and group exercises will develop the skills necessary for the critical analysis of a scientific problem and the application of the methodological and rigorous scientific approach, instruments that can be transferred to all subsequent courses.

Knowledge of fundamental concepts of general and inorganic chemistry. Basic concepts of thermodynamics and chemical equilibria.

The student will be supported in the acquisition of a logical and critical approach for the understanding of basic principles of organic chemistry and the properties of organic molecules.

The use of structural models and examples of molecular simulations/modelling will be of aid for the comprehension of structural properties of simple molecules and then macromolecules involved in biological phenomena. This will allow, later, approaching biochemical concepts with adequate tools.

The exercises will be carried out singularly, weekly, discussed openly and also within groups in order to stimulate the critical and active involvement in the analysis of concepts. The discussion and evaluation of exercises (open to all students) will motivate the student towards a constant and systematic study, attention and involvement. That will also stimulate the participation to discussion within the groups.

The exercises will allow the student to focus the attention on the most important subjects, being more productive and efficient, as well as at developing a more correct methodology for the study and problem solving.

The frequent use of examples of molecules of pharmacological and biochemical relevance will allow the student to link each concept to the real and concrete problems of biology and life science.

The achievement of the objectives will be continuously monitored through the discussion of exercises and involvement of students in the analysis of problems. This will allow the continuous fine tuning of teaching methodology and the meeting of the specific requirements of students.

The course consists in front lectures, self-evaluation tests and exercises. The latter will be organized by the teacher and they will be carried out singularly and within groups.

The evaluation of the achievement of the objectives will take place according two different procedures:

- 1) 15% by evaluating the contribution of the student to the well-functioning of the exercises and working groups
- 2) 85% by evaluating the ability of the student to solve the final written and, eventually, oral examination

The final written exam will consist in a written test with open questions concerning the theory and mechanisms of organic reactions, the organic functional groups and the structure reactivity correlations, the main features of organic molecules and simple organic transformations.

Attention will be paid to organic molecules having pharmaceutical and biochemical relevance.

Chemical bond and structure of molecules. Resonance. Conformation of molecules. Chirality, optical activity, enantiomers, fundamental concepts on the resolution of racemates in medicinal chemistry
Reactivity of organic molecules and main types of reaction mechanisms. Acids and bases. Relationships between structure and reactivity. Alkanes and cyclo alkanes. Conformations of cyclohexane. Stereoisomery cis-trans. IUPAC nomenclature.

Introduction to the main functional groups of organic molecules. Polar reactions. Nucleophilic and electrophilic functional groups. Acids and bases. Main classes of mechanisms of organic reactions.

Physical chemical properties of the main function groups and related classes of organic molecules.

Structural and electronic basis of acid and basic reactivity. Examples of acid-base equilibria in organic molecules.

Alkenes and alkynes. IUPAC nomenclature. E/Z stereoisomery. Reactivity: addition of electrophiles.. Basis concepts of the theory of transition state of reactions. Reaction intermediates. Carbocations and their stability. Reduction and oxidation. Acidity of alkynes.

Halogenated alkanes. Aliphatic nucleophilic substitutions. Beta-eliminations. Comparison between bi- and mono-molecular substitutions. Solvent effect. Stereochemical aspects. Reactivity of halogenated alkanes and synthetic relevance.

Alcohols, IUPAC nomenclature. Physical-chemical properties. Properties as acids/bases and nucleophiles/electrophiles. Reactivity: dehydration, nucleophilic substitution. Oxidation.

Ethers: IUPAC nomenclature, physical chemical properties. Their use as solvents. Synthesis via nucleophilic substitution. Cyclic ethers. Epoxydes and their reactivity.

Etherocycles: main examples and nomenclature.

Thiols. Nomenclature. Reactivity as nucleophiles. Acidity of thiol group. Oxidation and formation of disulphide bridges. Formation of radicals.

Sulfurs: basic concepts and nomenclature.

Aromatic molecules: electronic and structural basis. Benzene: properties and reactivity. Benzene derivatives. Electrophilic aromatic substitution. Aromatic etherocycles. Phenol.

Ammines. Nomenclature. Physical chemical properties. Reactivity: as base in the salts formation. Amines of relevance in pharmaceutical chemistry and in nature. Aniline. Etherocyclic aromatic amines.

Aldehydes and ketones. Nomenclature. Physical chemical properties. Reactivity: reduction and oxidation. Reactivity with nucleophiles: formation of imines, hemiacetals and acetals. Glucose as a cyclic hemiacetal. Keto-enol equilibria. Enolate anions. Aldolic condensation. Carboxylic acids. Structural and electronic basis of the acidic reactivity of the carboxylic group. Salification. Examples in pharmaceutical chemistry and in nature. The mechanism of acyclic nucleophilic substitution. Synthesis of esters. Reduction.

Derivatives of carboxylic acids: amides, esters, anhydrides, halogenated acyl groups, lactams, lactones, imides. Interconversion via acyclic nucleophilic substitution. Reduction.

Carbohydrates: Structure, chemical properties. Disaccharides and glycosidic bond. Polysaccharides.

Lipids: triglycerids. Detergents. Prostaglandins. Steroids. Phospholipids. The chemistry of phosphoric esters. Liposoluble vitamins.

Aminoacids, peptides and proteins: acid-base properties. The peptide bond. Peptide and proteins: primary, secondary, tertiary and quaternary structures.

Nucleic acids: Nucleosides and nucleotides. Structure of DNA. ATP.