

## Spettroscopia molecolare e Laboratorio

*Molecular spectroscopy and laboratory*

<b>A.A.</b>	2025-2026	<b>CdS</b>	Laurea Magistrale in Chimica
<b>Codice</b>	8067845	<b>Canale</b>	—
<b>CFU</b>	9 cfu	<b>Lingua</b>	Italiano

### DOCENTE RESPONSABILE

**Paolo Calligari**

### OBIETTIVI FORMATIVI

<b>Italiano</b>	<p><b>OBIETTIVI FORMATIVI:</b> Conoscenza delle tecniche spettroscopiche trattate nel programma [spettroscopia di emissione, spettroscopie con luce polarizzata (dicroismo lineare e circolare, anisotropia di fluorescenza), spettroscopie risolte nel tempo (fluorescenza, assorbimento transiente), spettroscopia di singola molecola, microscopia quantitativa], dei loro principi teorici e dei loro aspetti strumentali ed applicativi</p> <p><b>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE:</b> Capacità di valutare criticamente i dati ed elaborare idee originali in un contesto di ricerca</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE:</b> Capacità di impostare ed ottimizzare un esperimento, di rivelare possibili artefatti e le relative soluzioni. Applicare le tecniche spettroscopiche a tematiche nuove o non familiari, e per risolvere problemi</p> <p><b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO:</b> Nella parte di laboratorio viene assegnato a gruppi di studenti un problema scientifico e sono loro stessi a dover decidere quali delle tecniche illustrate nel corso applicare e come. Pertanto, è richiesto il raggiungimento di un'elevata autonomia di giudizio ed una buona comprensione degli argomenti trattati, già durante lo svolgimento del corso</p> <p><b>ABILITÀ COMUNICATIVE:</b> La relazione delle attività di laboratorio deve essere redatta in forma di articolo scientifico. Pertanto, alla fine del corso, gli studenti apprendono la principale forma di comunicazione scientifica.</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:</b> Al termine del corso gli studenti dovrebbero essere in grado di studiare in modo autonomo testi ed articoli scientifici di ambito spettroscopico, anche specialistico.</p>
<b>Inglese</b>	<p><b>LEARNING OUTCOMES:</b> <i>The students are expected to attain a good knowledge of the spectroscopic techniques described in the course program, of their theory, instrumentation and applications</i></p> <p><b>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</b> <i>Ability to evaluate critically spectroscopic datasets, and to conceive original ideas in a research context</i></p> <p><b>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</b></p>



	<p><i>Ability to set up and optimize an experiment, detect possible artifacts and find solutions to these issues. The students should also become able to apply spectroscopic techniques to novel or unfamiliar problems, solving them.</i></p> <p><b>MAKING JUDGEMENTS:</b></p> <p><i>In the laboratory, groups of students are assigned to a scientific problem (e.g. complex formation) and must decide autonomously which techniques to use, and how. Therefore, during the course they are expected to reach a good decision-making ability, and a good understanding of the lecture topics.</i></p> <p><b>COMMUNICATION SKILLS:</b></p> <p><i>The report of the lab activity must be conceived as a scientific article. Therefore, by the end of the course, students have learnt the main modality of scientific communication.</i></p> <p><b>LEARNING SKILLS:</b></p> <p><i>By the end of the course, students should be able to study autonomously books and scientific articles related to the spectroscopic techniques discussed in the lectures.</i></p>
--	--

## PREREQUISITI

Italiano	La preparazione ottenuta con la laurea triennale è sufficiente per seguire questo corso.
Inglese	<i>The preparation obtained with the first level degree is sufficient to follow this course</i>

## PROGRAMMA

Italiano	<p>Spettroscopia di emissione (8 ore)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Spettroscopia risolta nel tempo (8 ore)<ul style="list-style-type: none"><li>o Assorbimento transiente</li><li>o Tempi di vita di fluorescenza</li><li>o Anisotropia risolta nel tempo</li></ul></li><li>• Spettroscopia con luce polarizzata (8 ore)<ul style="list-style-type: none"><li>o Dicroismo lineare</li><li>o Dicroismo circolare</li><li>o Anisotropia di fluorescenza</li></ul></li><li>• Spettroscopia di singola molecola (8 ore)<ul style="list-style-type: none"><li>o Microscopia di fluorescenza</li><li>o Nanoscopie ottiche</li><li>o Spettroscopia di singola molecola</li><li>o Spettroscopia di correlazione della fluorescenza</li></ul></li><li>• Elementi di strumentazione (8 ore)<ul style="list-style-type: none"><li>o Laser ed altre sorgenti</li><li>o Monocromatori</li><li>o Rivelatori</li></ul></li><li>• Esperienze di laboratorio:</li></ul> <p>Le esperienze di laboratorio comprendono l'uso di varie tecniche di spettroscopia molecolare, illustrate durante le lezioni frontali e applicate a temi rilevanti per i curricula del corso di laurea. Una parte delle attività sarà dedicata a esercitazioni in aula, focalizzate sull'apprendimento delle tecniche di analisi dei dati utilizzate per le esperienze di laboratorio.</p>
Inglese	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Emission spectroscopy (8h)</i></li><li>• <i>Time-resolved spectroscopy (8h)</i><ul style="list-style-type: none"><li>o <i>Laser flash photolysis</i></li><li>o <i>Fluorescence lifetimes</i></li></ul></li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>o Time-resolved anisotropy</i></li> <li>• <i>Spectroscopy with polarized light (8h)</i></li> <li><i>o Linear dichroism</i></li> <li><i>o Circular dichroism</i></li> <li><i>o Fluorescence anisotropy</i></li> <li>• <i>Single molecule spectroscopy (8h)</i></li> <li><i>o Fluorescence microscopy</i></li> <li><i>o Optical nanoscopy</i></li> <li><i>o Single molecule spectroscopy</i></li> <li><i>o Fluorescence Correlation Spectroscopy</i></li> <li>• <i>Instrumentation (8h)</i></li> <li><i>o Lasers and light sources</i></li> <li><i>o Monochromators</i></li> <li><i>o Detectors</i></li> <li>• <i>Laboratory experiences:</i></li> </ul> <p><i>Laboratory experiences include the use of various molecular spectroscopy techniques, illustrated during lectures and applied to topics relevant to the degree program's curricula. Part of the activities will be dedicated to classroom exercises focused on learning the data analysis techniques used for laboratory experiences.</i></p>
--	---

### TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA

<b>Italiano</b>	<p>Jameson, D. M. (2014). Introduction to fluorescence. CRC press.</p> <p>Bibliografia di riferimento: Gryczynski, Z.; Gryczynski, I. Practical Fluorescence Spectroscopy, CRC 2020.</p> <p>Lakowicz, J. R. Principles of fluorescence spectroscopy. Springer 2013</p> <p>Bernard Valeur, Mario Nuno Berberan-Santos Molecular Fluorescence: Principles and Applications, seconda edizione Wiley, 2012</p> <p>Cantor, C. R., &amp; Schimmel, P. R. (1980). Biophysical chemistry: Part II: Techniques for the study of biological structure and function. Macmillan.</p>
<b>Inglese</b>	<p>Jameson, D. M. (2014). Introduction to fluorescence. CRC press.</p> <p><i>Reference Bibliography:</i> Gryczynski, Z.; Gryczynski, I. Practical Fluorescence Spectroscopy, CRC 2020.</p> <p>Lakowicz, J. R. Principles of fluorescence spectroscopy. Springer 2013</p> <p>Bernard Valeur, Mario Nuno Berberan-Santos Molecular Fluorescence: Principles and Applications, seconda edizione Wiley, 2012</p>

	<i>Cantor, C. R., &amp; Schimmel, P. R. (1980). Biophysical chemistry: Part II: Techniques for the study of biological structure and function. Macmillan.</i>
--	---

### MODALITÀ DI SVOLGIMENTO

Italiano	Lezioni frontali, esercitazioni numeriche, dimostrazioni in classe, esperienze di laboratorio
Inglese	<i>Lectures, numerical exercises, lecture demonstrations, laboratory experiments.</i>

### MODALITÀ DI VALUTAZIONE

#### Prova orale Valutazione di progetto Prova di laboratorio

Italiano	<p>Prima di sostenere l'esame (ed in ogni caso entro luglio), gli studenti redigono in gruppo una relazione dell'attività di laboratorio, sotto forma di articolo scientifico. Queste relazioni vengono utilizzate per una prima valutazione, ma servono principalmente agli studenti per autovalutare il proprio grado di comprensione degli argomenti trattati. A tal fine, le relazioni vengono corrette e discusse insieme agli studenti.</p> <p>La valutazione avviene principalmente durante un esame finale, della durata di circa un'ora, in cui si discutono molti degli argomenti trattati, ponendo in genere tre domande, di cui una relativa all'esperienza di laboratorio e le altre sugli argomenti del corso. Viene data particolare attenzione alla capacità degli studenti di ragionare in base a quanto appreso e di applicare le tecniche studiate a problemi reali. A tal fine, spesso vengono proposti dei problemi o degli esperimenti non trattati nel corso. Inoltre, si chiede allo studente di illustrare e correggere gli errori eventualmente commessi nel redigere le relazioni.</p> <p>L'esame si ritiene superato con la sufficienza se lo studente dimostra di conoscere tutti gli argomenti affrontati durante l'orale e di averli compresi almeno per quanto riguarda i loro aspetti fondamentali.</p> <p>Graduazione del voto dell'esame orale:</p> <p>18-21, lo studente ha acquisito i concetti di base della disciplina e si esprime con un linguaggio sufficientemente corretto ed appropriato.</p> <p>22-25, lo studente ha acquisito in modo approfondito i concetti di base della disciplina ed è adeguatamente in grado di effettuare i collegamenti tra i vari argomenti del corso. Presenta linearità nella strutturazione del discorso. Il linguaggio è appropriato e corretto.</p> <p>26-29, lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e ben strutturato. È in grado di applicare e rielaborare autonomamente le conoscenze acquisite. Mette in evidenza una ricchezza di riferimenti e capacità logico-analitiche con un linguaggio fluido, appropriato e vario.</p> <p>30 e lode, lo studente possiede una base di conoscenze completa e approfondita. È in grado di applicare la conoscenza a casi e problemi complessi ed estenderla a nuove situazioni. I riferimenti culturali sono ricchi e aggiornati. Si esprime con brillantezza e perfetta proprietà di linguaggio.</p>
Inglese	<p><i>Before the exam, and in any case before the end of July, the students (in small groups) prepare a report on the laboratory experiments, in the form of a scientific article. These reports are used for a first evaluation of the students, but they are useful mainly for their self-assessment. To this end, they are corrected and discussed together with the students.</i></p> <p><i>Students' evaluation takes place mainly during the final oral exam, which lasts about one hour, where several of the topics taught during the course are discussed, usually asking three questions (one of which is on the laboratory experiments and the others refer to the course topics). A particular attention is given to the students' ability to elaborate what the</i></p>

	<p><i>have learnt, and to apply the techniques discussed in the course to real life problems. To this end, problems and experiments not discussed during the course can be used as exam problems to be discussed. In addition, the students are asked to illustrate and correct possible errors present in the report.</i></p> <p><i>The exam is sufficient if the student shows that he/she knows all the topics discussed during the exam, and that he/she understood them at least in their basic aspects.</i></p> <p><i>Graduation of the grade of the oral exam:</i></p> <p><i>18-21, the student has acquired the basic concepts of the discipline and expresses himself with a sufficiently correct and appropriate language.</i></p> <p><i>22-25, the student has acquired in depth the basic concepts of the discipline and is adequately able to make the connections between the various aspects treated in the course. The language is appropriate and correct.</i></p> <p><i>26-29, the student has a complete and well-structured set of knowledge. He/she is able to independently apply and re-elaborate the acquired knowledge. The language is appropriate and varied.</i></p> <p><i>30 and 30 cum laude, the student has a complete and in-depth knowledge base. He/she is able to apply knowledge to complex cases and problems and to extend it to new situations. The cultural references are rich and up-to-date. The language is brilliant and perfectly appropriate.</i></p>
--	---

## MODALITÀ DI FREQUENZA

### Frequenza obbligatoria

<b>Italiano</b>	La frequenza ai laboratori è obbligatoria. La frequenza delle lezioni è facoltativa, ma fortemente consigliata, considerando la difficoltà degli argomenti trattati
<i>Inglese</i>	<i>Constant attendance at lectures is strongly suggested, given the complexity of the topics covered in the lectures. Attendance of lab experiments is required</i>