

Soft Matter: from basic knowledge to smart applications (2CFU)

The aim of this tutorial is to provide some basic knowledge on the main features of soft matter, particularly on the intra- and inter-molecular interactions that address the formation and the phase behavior of peculiar nanostructures such as micelles, liquid crystals and macromolecules such as proteins. An overview on the main techniques that allow to understand the self-assembly of surfactant molecules in different applications will be provided.

The highlight is on the key role of NMR, SAXS, and cryo-TEM techniques in demonstrating the molecular aspects of that nowadays constitute the basic knowledge which modern nanoscience relies on. The progresses in those technological facilities allowed to demonstrate the existence of ordered soft matter, and the validity of Tanford approach concerning self-assembly at a molecular level. Particularly, NMR quadrupolar splittings of nuclei with spin $I \geq 1$, NMR chemical shift anisotropy for nuclei such as ^{31}P , and NMR relaxation of dipolar and quadrupolar nuclei in micellar solutions, microemulsions, and liquid crystals proved the existence of an ordered polar-apolar interface, on the NMR time scale. NMR data, rationalized in terms of the two-step model of relaxation, allowed to quantify the dynamic aspects of the supramolecular aggregates in different soft matter systems. In addition, NMR techniques allowed to obtain important information on counterion binding as well as on size of the aggregate through molecular self-diffusion. Indeed NMR self-diffusion proved without any doubt the existence of bicontinuous microemulsions and bicontinuous cubic liquid crystals. Moreover, NMR self-diffusion played a fundamental role in the understanding of microemulsion and emulsion nanostructures, phase transitions in phase diagrams, and particularly percolation phenomena in microemulsions as a function of composition and temperature.

Developments in the applied fields have also been addressed by important progresses in theoretical skills aimed to understand intermolecular forces, and ion specific interactions, that is the role of non electrostatic forces.

Experimental demonstrations on the use of some technical methods will complete the tutorial.

Soft Matter : dalle conoscenze di base alle applicazioni intelligenti (2 CFU)

Lo scopo di questo tutorial è quello di fornire una conoscenza di base sulle caratteristiche principali della soft matter, in particolare sulle interazioni intra ed inter- molecolari che indirizzano la formazione e il comportamento di fase di nanostrutture peculiari quali micelle, cristalli liquidi e macromolecole quali proteine . Verrà fornita una panoramica sulle principali tecniche che consentono di comprendere l'auto-associazione di molecole di tensioattive in diverse applicazioni.

Verrà evidenziato il ruolo chiave delle tecniche NMR, SAXS, e cryo-TEM nell'acquisizione delle conoscenze dettagliate sugli aspetti molecolari che oggi costituiscono la base dello sviluppo delle nanoscienze moderne. I progressi tecnologici hanno permesso di dimostrare l'esistenza della soft matter ordinata, e la validità delle teorie di Tanford sui fenomeni di autoassociazione a livello molecolare e sulla struttura delle membrane biologiche. In particolare, gli splittings quadrupolari NMR dei nuclei con spin $I \geq 1$, l'anisotropia di chemical shift NMR di nuclei come il ^{31}P , ed il rilassamento NMR dei nuclei dipolari e quadrupolari in soluzioni micellari, microemulsioni, e cristalli liquidi hanno dimostrato l'esistenza di una interfaccia polare - apolare ordinata, sulla scala dei tempi NMR. I dati NMR, razionalizzati in termini di modello a due step di rilassamento, hanno permesso di quantificare gli aspetti dinamici degli aggregati supramolecolari in diversi sistemi a base di soft matter. Inoltre, dalle tecniche NMR si possono ottenere informazioni importanti sul binding del controione nonché sulla dimensione dell'aggregato attraverso misure di autodiffusione. Infatti la tecnica NMR per misure di autodiffusione ha dimostrato senza alcun dubbio l'esistenza di microemulsioni bicontinue e cristalli liquidi cubici bicontinui. Questa tecnica è stata determinante anche nella caratterizzazione delle nanostrutture presenti in emulsioni e microemulsioni, nello studio delle transizioni strutturali nei diagrammi di fase, in particolare nel chiarire il ruolo della composizione e della temperatura nei fenomeni di percolazione in microemulsioni.

Importanti sviluppi in diversi campi applicativi sono stati determinati anche dai progressi importanti che hanno incrementato le competenze teoriche finalizzate a comprendere le forze intermolecolari, e le interazioni specifiche di ioni diversi, ovvero il ruolo delle forze non elettrostatiche. Dimostrazioni sull'uso di alcune tecniche sperimentali completeranno il tutorial .