

6.00 crédits

45.0 h + 45.0 h

Q2

Enseignants	Delaere Christophe ;Génévriez Matthieu ;Lauzin Clément ;
Langue d'enseignement	Français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Préalables	Il est recommandé que l'étudiant maîtrise les notions de physique quantique telles que développées dans le cours LPHYS1241. Avoir suivi LPHYS1342 et avoir suivi et réussi LPHYS1231 constituent des atouts.
Thèmes abordés	<p>Cette unité d'enseignement consiste en une introduction à la physique subatomique, atomique et moléculaire. Elle aborde les fondements expérimentaux de ces trois disciplines et présente les principaux modèles qui leur sont associés. La relation entre l'expérience (et les méthodes expérimentales associées) et la compréhension théorique des phénomènes observés est soulignée. Différents concepts sont discutés, tels que le temps de vie et la section efficace d'interaction, pour rendre compte des phénomènes qui ont lieu au sein de ces systèmes liés (noyau, atome ou molécule). La description de ces interactions au moyen de potentiels (parfois effectifs) d'interaction ou de potentiels moyens est introduite comme dénominateur commun aux trois sections de cette unité d'enseignement.</p> <p>En particulier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En physique subatomique, les découvertes à l'origine d'une description cohérente des processus d'interactions nucléaires fortes et faibles sont présentées (découverte de l'électron, du noyau et du neutron, des rayons cosmiques, des muons, des pions). Les concepts d'énergie de liaison sont ensuite décrits ainsi qu'une brève introduction au modèle de la goutte liquide, au modèle en couches et au potentiel de Yukawa. Les particules élémentaires qui constituent ces systèmes sont ensuite présentées très succinctement (sans nécessairement entamer une description mathématique des interactions fondamentales entre ces particules élémentaires).</li> <li>• En physique atomique, après un bref rappel de la description quantique de l'atome d'hydrogène, on introduit plus précisément le modèle de Hartree-Fock, l'interaction de configuration et les couplages fin et hyperfin. On introduit les coefficients d'Einstein et les transitions radiatives multipolaires. Cette description est étendue aux séries iso-électroniques et aux ions négatifs.</li> <li>• En physique moléculaire, nous introduisons l'approximation de Born-Oppenheimer et nous donnons une introduction à la description des différents degrés de liberté, rotation et vibration, et de leurs interactions mutuelles.</li> </ul>
Acquis d'apprentissage	<p><b>A la fin de cette unité d'enseignement, l'étudiant est capable de :</b></p> <p><b>a. Contribution de l'activité au référentiel AA du programme</b></p> <p>AA1 : 1.1, 1.3,1.4, 1.6,1.7, 1.8                  AA2 : 2.2, 2.3, 2.4                  AA3 : 3.2, 3.4, 3.5, 3.6                  AA4: 4.1                  AA5: 5.1                  AA6: 6.3</p> <p><b>b. Formulation spécifique pour cette activité des AA du programme</b></p> <p>Au terme de cette unité d'enseignement, l'étudiant.e sera capable de :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. expliquer les phénomènes naturels aux échelles subatomiques de façon qualitative ;</li> <li>2. apprécier l'apport intellectuel des découvertes expérimentales à la base des théories en question ;</li> <li>3. communiquer et apprécier les hypothèses théoriques fondamentales des modèles nucléaires au moyen d'un langage diagrammatical spécifique (amplitudes de probabilité) ;</li> <li>4. établir la structure électronique d'un atome, en particulier les termes spectraux et les configurations électroniques ;</li> <li>5. décrire les premiers états liés nucléaires en appliquant les principes de base de la physique quantique ;</li> <li>6. décrire le potentiel nucléon-nucléon classique dans le cadre de la physique quantique et établir la correspondance entre l'amplitude de probabilité (dans l'espace-temps) d'un processus et sa description dans le référentiel du centre de masse ;</li> <li>7. décrire et appliquer les principes de base de la spectroscopie atomique, y compris les règles de sélection ;</li> <li>8. décrire l'approche Hartree-Fock et l'interaction de configuration, et les appliquer au calcul numérique d'énergies de liaison et d'éléments de matrice dipolaires ;</li> <li>9. manipuler correctement les bases de données atomiques pour en tirer les fréquences de transition, les temps de vie et rapports de branchement.</li> <li>10. décrire les notions fondamentales de la physique moléculaire, en particulier la description quantique des systèmes moléculaires à l'aide d'hamiltoniens moléculaires et des équations de Schrödinger (dépendantes et indépendantes du temps) correspondantes ;</li> </ol>

	<p>11. interpréter les diverses représentations de ces équations et en discuter les solutions approchées, en particulier les représentations adiabatiques et diabatiques, et la séparation de Born-Oppenheimer.</p> <p>12. interpréter certains modèles simples de dynamique moléculaire et d'analyse spectrale ;</p> <p>13. décrire la structure électronique, les vibrations et les rotations des molécules diatomiques ;</p> <p>14. décrire et appliquer les principes de base des spectroscopies de rotation, vibration et électronique des molécules diatomiques, y compris les bases des règles de sélection ;</p> <p>15. décrire et appliquer les principes de base de l'approche expérimentale en physique nucléaire, atomique et moléculaire</p>
Modes d'évaluation des acquis des étudiants	<p>L'évaluation de l'apprentissage se fera au moyen d'un examen écrit. Les acquis d'apprentissage de parties plus avancées du cours feront éventuellement l'objet d'une évaluation orale.</p> <p>L'examen écrit comprendra :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des questions ouvertes et fermées avec des développements courts ou longs</li> <li>- la résolution de problèmes avec résultat chiffré.</li> </ul>
Méthodes d'enseignement	<p>Les activités d'apprentissage sont constituées de cours magistraux, de séances d'exercices, de travaux pratiques, de manipulations de logiciels et de consultations de bases de données.</p> <p>Les dispositifs pédagogiques des cours magistraux sont le tableau et la projection de diapositives. Les cours magistraux visent à introduire les concepts fondamentaux, à les motiver en montrant des exemples et en établissant des résultats, à montrer leurs liens réciproques et leurs relations avec les différentes parties associées à cette UE, et à établir des liens avec le reste des unités d'enseignement du Bachelier en sciences physiques.</p> <p>Les séances de travaux pratiques visent à apprendre à utiliser les idées et le formalisme développés en physique nucléaire, atomique et moléculaire afin d'expliquer les résultats d'expériences faites en laboratoire ou décrites dans le cadre des cours magistraux. Ces séances permettront aussi aux étudiant.es à choisir et utiliser des méthodes de calcul pour leur analyse, et à interpréter les résultats obtenus.</p> <p>Les laboratoires réalisés lors de travaux pratiques spécifiques ou la descriptions d'expériences passées, visent à donner une introduction aux méthodes expérimentales dans ces trois disciplines et à valider les concepts théoriques vus en cours ou l'établissement de concepts théoriques suite à l'observation faite en laboratoire.</p>
Contenu	<p><b>I. Introduction et découverte des constituants élémentaires de l'atome et introduction à différentes techniques expérimentales</b> (volume horaire de 7h).</p> <p>1.1 La physique subatomique, atomique et moléculaire et connexion cosmologique.</p> <p>1.2 Rappel de quelques principes de techniques expérimentales.</p> <p>1.3 Spectres stellaires et rayons X.</p> <p>1.4 Découverte du noyau et de l'électron.</p> <p><b>II. Physique atomique.</b> (Volume horaire de 12 h).</p> <p>2.1 Méthode : la structure des atomes et ions est explicitée sur la base d'un bref rappel des résultats de la physique quantique et de la spectroscopie.</p> <p>2.2 Systèmes hydrogénoïdes, défaut quantique, états de Rydberg.</p> <p>2.3 Systèmes à plusieurs électrons : méthode de Hartree-Fock.</p> <p>2.4 Champ central et corrections, schémas de couplage, séries isoélectroniques.</p> <p>2.5 Transitions radiatives, approximation dipolaire, transitions multipolaires, règles de sélection, cascades radiatives.</p> <p>2.6 Effet Stark et polarisabilité atomique, ions négatifs.</p> <p><b>III Physique moléculaire</b> (volume horaire de 12 h).</p> <p>3.1 L'approximation de Born-Oppenheimer.</p> <p>3.2 Séparation des coordonnées.</p> <p>3.3 Etats électroniques : orbitales moléculaires et orbitales atomiques.</p> <p>3.4 Etats vibrationnels et états rotationnels.</p> <p>3.5 Symétries des molécules diatomiques.</p> <p>3.6 Diagrammes de corrélation.</p> <p>3.7 Transitions radiatives, règles de sélection.</p> <p><b>IV Physique nucléaire</b> (volume horaire de 14 h).</p> <p>4.1 Découverte du neutron, les premiers noyaux et notion d'isospin fort.</p> <p>4.2 Introduction aux diagrammes de Feynman.</p> <p>4.3 Découverte de la radioactivité et du rayonnement cosmique (origine et composition).</p> <p>4.4 Modèle de la goutte liquide.</p> <p>4.5 Modèle de Yukawa de l'interaction entre nucléons.</p> <p>4.6 Les découvertes du pion et du muon.</p> <p>4.7 Modèles nucléaires en couches (potentiel de Woods-Saxon).</p> <p>4.8 Description plus complète des désintégrations alpha, beta et gamma.</p> <p>4.9 Introduction à la fusion et à la fission nucléaire.</p>

Ressources en ligne	Différentes ressources (diapositives et documents annexes) sont mises en ligne via la plate-forme MoodleUCL.
Bibliographie	<p>B. H. Bransden, C. J. Joachain (1990), "Physics of atoms and molecules", John Wiley and sons, ISBN-13: 978-0582356924.</p> <p>K. S. Krane, "Introductory Nuclear Physics", 3rd edition, ISBN: 978-0-471-80553-3.</p> <p>Brian R. Martin, Graham Shaw, "Nuclear and Particle Physics: An Introduction", 3rd Edition, ISBN: 978-1-119-34461-2.</p> <p>C. Foot (2005), 'Atomic Physics', Oxford University Press, ISBN: 9780198506966</p>
Autres infos	<b>En fonction des conditions sanitaires, les modalités de l'enseignement ET de l'examen pourraient être réévaluées suivant la situation et les règles en vigueur.</b>
Faculté ou entité en charge:	PHYS

<b>Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)</b>				
Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Master [120] : ingénieur civil physicien	FYAP2M	6		
Bachelier en sciences physiques	PHYS1BA	6		