Université de Sherbrooke
Faculté des sciences
Département de physique

PLAN DE COURS
Session d'automne

OPTIQUE
PHQ-324

COURS	
Titre :	Optique
Sigle :	PHQ-324
Crédits :	3
Cours magistraux :	3 heures/sem.
Séance d'exercices :	1 heure/sem.
Travail personnel :	5 heures/sem.
Session :	3

PROFESSEUR

Nom : Denis Morris

Bureau : D3-2044

Disponibilité : sur demande via courriel

Courrier électronique : denis.morris@usherbrooke.ca

Moniteur: Baptiste Monge;
baptiste.monge@usherbrooke.ca, local D2-1078

Page WEB: voir votre page Moodle
https://moodle.usherbrooke.ca/course/view.php?id=15262

PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME DE BACCALAURÉAT EN PHYSIQUE	
Type de cours :	obligatoire
Cours préalables :	AUCUN
Cours concomitants :	AUCUN

PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME DE BACCALAURÉAT EN ENSEIGNEMENT AU SECONDAIRE	
Type de cours :	obligatoire
Cours préalables :	AUCUN
Cours concomitants :	AUCUN

MISE EN CONTEXTE DU COURS

Les lois de base de l'optique sont comprises depuis environ une centaine d'années. Pour l'étude de ces lois, il est nécessaire d'aborder plusieurs approches et concepts de physique moderne tels que la notion de principe variationnel ou le passage d'une description ondulatoire à une description corpusculaire de la matière. Ces deux descriptions complémentaires s'entremêlent encore plus étroitement en mécanique quantique. L'optique constitue ainsi un sujet d'étude fondamental, mais c'est également un domaine très riche en applications. En effet, il suffit de penser, par exemple, aux appareils photographiques, microscopes, lecteurs de disques compacts ou aux télécommunications par fibres optiques, pour se rendre compte que les applications de l'optique jouent un rôle très important dans notre vie de tous les jours.

C'est de plus un domaine en pleine expansion : l'optoélectronique, la photonique et l'optique non-linéaire constituent des thèmes de recherche extrêmement actifs en ce moment. Pour toutes ces raisons, le cours d'optique est considéré comme un cours de base, et est obligatoire pour tous les élèves du baccalauréat en physique et du baccalauréat en enseignement au secondaire (BES) profil « Science et Technologie », option physique. PHQ 324 est une base essentielle pour aborder des cours d'optique plus avancés, tel que Photonique et optique quantique (PHQ 577) offert en option en troisième année du baccalauréat en physique.

OBJECTIF GÉNÉRAL

Le cours PHQ 324 vise à :

- approfondir l'optique géométrique à partir du principe de Fermat;
- initier l'élève à l'optique ondulatoire par l'étude des phénomènes de polarisation, d'interférence et de diffraction;
- décrire le principe de fonctionnement de divers instruments d'optique et à donner un aperçu du vaste domaine des applications de l'optique.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

À la fin du cours PHQ 324, et pour atteindre les objectifs généraux, l'étudiante ou l'étudiant devra être capable de :

- expliquer les lois de l'optique géométrique et le principe dont elles découlent;
- appliquer ces lois à l'étude de systèmes optiques centrés composés de plusieurs lentilles ou de miroirs, en utilisant l'approche matricielle;
- décrire les particularités des composants optiques utilisés dans divers instruments optiques modernes;
- identifier les limites de l'optique géométrique;
- décrire les différents types de polarisation de la lumière;
- expliquer comment produire une lumière polarisée;
- calculer les changements de polarisation dans des montages simples utilisant des polariseurs linéaires ainsi que des lames quart-d'onde ou demi-onde;
- expliquer le phénomène d'interférence par deux ou plusieurs sources;
- expliquer le principe de Huygens et les phénomènes de diffraction de Fraunhofer et de Fresnel;

- connaître quelques idées de base de l'optique de Fourier;
- calculer les effets d'interférence et de diffraction dans des configurations simples;
- identifier des domaines de recherche en optique;
- identifier le rôle des phénomènes de réfraction, d'interférence et de diffraction dans des applications telles que la fibre optique, le lecteur de disque compact et le spectromètre à réseau;
- déduire le rôle des lois de l'optique dans des situations concrètes, incluant des démonstrations faites en classe.

PLAN DE LA MATIÈRE

Sem	Contenu	Exemples et exercices en classe.	Lectures (dans Hecht)	Évaluation
1-2	Bref historique. Régimes géométrique et ondulatoire. Théorie élémentaire de la dispersion. Diffusion. Optique géométrique: rayons et front d'ondes. Loi de Snell-Descartes. Chemin optique. Approche variationnelle. Principe de Huygens. Principe de Fermat.	Lois de la réflexion et de la réfraction. Mirages. Réflexion totale interne et mesure de l'indice de réfraction. Fibre optique.	Chap.1, Chap. 3 (3.5), Chap. 4 (4.3, 4.4, 4.5), Chap. 5 (5.6) + Notes sur la fibre optique.	Devoir 1
3	Formation des images. Stigmatisme. Réfraction sur dioptre. Approximation de Gauss. Lentilles minces. Formulation matricielle. Matrice de réfraction et de translation. Vergence. Grandissements. Diaphragmes et pupilles.	Dioptres. Lentilles minces.	Chap. 5 (5.1, 5.2), Chap. 6 (6.2)	
4-5	Éléments cardinaux: Foyers, plans focaux, points nodaux et plans principaux. Miroirs et prismes. Systèmes optiques composés.	Construction géométrique. Complément sur l'oeil. Applications des composants de base: miroirs - prismes – fibre optique. Loupe – Oculaire – Microscope - Télescope	Chap. 5 (5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7) Chap. 6 (6.1, 6.2)	Devoir 2
6	Suite systèmes optiques composés. Aberrations chromatiques et géométriques.	Télescopes catadioptriques - Compléments sur l'optique adaptative. Lentilles achromatiques. Lentille à gradient d'indice	Chap. 5 (5.7, 5.8) Chap. 6 (6.3, 6.4)	
7	Ondes progressives, ondes planes et sphériques. Méthode de d'Alembert. Ondes électromagnétiques. Irradiance – Énergie – Impulsion. Photons. Spectre électromagnétique.	Paramètres caractéristiques d'une onde: vitesse de phase, indice de réfraction, irradiance, etc.	Chap. 2 (2.1 à 2.9), Chap. 3 (3.2 à 3.6)	Devoir 3

8	Propagation de la lumière: diffusion, absorption et dispersion. Propagation dans des milieux denses.	Dispersion par un prisme. L'arc-en-ciel.	Chap. 4 (4.1, 4.2)	
	INTRA			
9	Superposition d'ondes. Méthodes algébrique et avec nombres complexes. Ondes stationnaires, ondes anharmoniques.	Paquet d'ondes. Largeur de bande de fréquence. Longueur de cohérence.	Chap. 7	
10	États de polarisation de la lumière. Production d'ondes polarisées. Dichroïsme. Biréfringence.	Loi de Malus. Lames quart d'onde et demi-onde. Cristaux de quartz et de calcite. Composants optiques de polarisation. Compléments sur l'affichage à cristaux liquides.	Chap. 8 (8.1 à 8.8, 8.12)	Devoir 4
11-12	Interférence de deux ondes cohérentes. Cohérence spatiale et temporelle. Contraste. Interférence d'ondes multiples.	Fentes d'Young – Bi-prisme de Fresnel- Trous d'Young. Interféromètre de Fabry-Pérot. Interféromètre de Michelson. Filtre interférentiel et couches diélectriques anti-reflet.	Chap. 9	
13-14	Principe de Huygens et diffraction. Approximation de Fraunhofer. Diffraction par divers objets. Pouvoir de résolution des instruments. Critère de Rayleigh. Optique de Fourier. Diffraction de Fresnel. Notion sur l'holographie.	Diffraction par une fente (trou). Double fentes (trous). Filtrage spatial. Réseau de diffraction.	Chap. 10 (10.1, 10.2)	Devoir 5

MÉTHODE PÉDAGOGIQUE

- **Exposés magistraux.** L'enseignant expose les concepts importants du cours. Durant ces périodes, les étudiants et étudiantes sont fortement encouragés à poser des questions. Le rythme de ces séances permet facilement de prendre des notes manuscrites et/ou de compléter les notes de cours du professeur (dont les notes de l'ancien enseignant, Yves Grosdider, disponibles sur le site Moodle du cours).
- **Séances d'exercices.** Lors de ces séances, le professeur et/ou le moniteur aide les étudiants et étudiantes à poser correctement le problème et résume la méthodologie à suivre pour résoudre des problèmes concrets d'optique et d'ondes. Les étudiants et étudiantes peuvent être appelés à travailler en équipe à la résolution d'un problème.
- **Devoirs.** Des retours sont faits en classe sur les problèmes rencontrés par les étudiants et étudiantes dans leurs devoirs.
- **Démonstrations**. Des démonstrations seront faites en laboratoire ou en classe et quelques vidéos seront montrées afin d'illustrer des applications de l'optique.

ÉVALUATION

L'évaluation sera de type sommatif, et basée sur les résultats obtenus dans les devoirs et examens. Un aspect formatif sera également introduit par l'intermédiaire de retours, faits en classe, sur les questions posées dans les devoirs et examens.

En cas de circonstances extraordinaires au-delà du contrôle de l'Université et sur décision de celle-ci, l'évaluation des apprentissages dans ce cours est sujette à changement.

1. Moyens d'évaluation : 5 devoirs + intra + final. Les devoirs seront déposés de manière électronique via l'interface Moodle.
2. Type de questions : Problèmes à résoudre, questions à développement.
3. Pondération :
   25% pour les devoirs.
   30% pour l'examen intra.
   45% pour le final.
4. Moments prévus pour les évaluations : L'examen intra (deux heures) et l'examen final (trois heures) auront lieu à des dates fixées par la Faculté des sciences. Les dates de remise des devoirs sont réparties à intervalle régulier (typiquement à toutes les deux semaines) au cours de la session; ces dates sont fixées par le professeur durant le cours.
5. Critères d'évaluation : Les devoirs et examens visent à vérifier l'acquisition des connaissances, leur compréhension et leur application. En plus de l'exactitude des réponses, les critères d'évaluation incluent la justification des étapes de calcul, la rigueur des développements ou démonstrations, et la clarté des explications. Conformément à la politique en vigueur à la Faculté des sciences, une pénalité allant jusqu'à 5% de la note pourra être appliquée pour une mauvaise qualité du français écrit.

Politique sur la rédaction des devoirs :
On encourage les élèves à rendre des copies manuscrites en autant que l'écriture soit lisible et que les schémas soient clairs. Les copies doivent contenir toutes les étapes d'un développement ou d'une démonstration.

Politique sur la pénalité en cas de retard dans la remise d'un devoir :
Les devoirs doivent être remis au professeur ou au correcteur à la date spécifiée sur l'énoncé du devoir. Tout retard sera pénalisé de -10% par jour de retard. Aucune copie ne sera acceptée après plus de trois jours de retard.

BIBLIOGRAPHIE

Référence principale suggérée :

- Optique, traduction française de la 4e édition de Eugene Hecht, Pearson Education, 2005; ou la version originale en anglais.

Autres ouvrages de référence :

- Optique: Fondement et applications (J.P. Perez, 7e édition, Dunod 2004). Plusieurs exemplaires disponibles à la bibliothèque.
- Fundamentals of photonics, B. E. A. Saleh & M. C. Teich, Wiley, 2019. Plusieurs exemplaires sont disponibles à la bibliothèque.
- Optics and Photonics : An introduction, 2nd Edition, (Graham Smith, King, and Wilkins, 2007)

- Introduction à l'optique électromagnétique, Frédérick Bernardot, (2018, Lavoisier, Paris) ISBN : 978-2-7462-4785-7

Fiche signalétique

PHQ 324 : 3 Cr.

Optique (3-1-5)

Cible de formation :

Approfondir l'optique géométrique à partir du principe de Fermat ainsi que des équations de Maxwell décrivant la propagation des ondes dans les milieux diélectriques. S'initier à l'optique ondulatoire par l'étude des phénomènes de polarisation, d'interférence et de diffraction.

Contenu:

Ondes électromagnétiques dans le vide et dans les diélectriques. Réflexion et réfraction : équations de Fresnel. Optique géométrique : principe de Fermat, systèmes optiques, formulation matricielle, instrumentation optique. Interférence et diffraction (Fraunhofer, Fresnel). Aberrations chromatiques et géométriques. Polarisation.