

Baccalauréat en physique &
B.E.S – profil Sciences et technologies – cheminement physique

PHQ 114 - MÉCANIQUE I

<https://moodle.usherbrooke.ca/course/view.php?id=6589>

(Version avant rencontre – **Sujet à changements**)

Cible(s) de formation

Se familiariser avec les lois et les grands principes géant les phénomènes physiques simples de la mécanique classique; s'initier à leur formulation mathématique.

Contenu

Mécanique newtonienne. Projectiles et particules chargées. Quantité de mouvement et moment cinétique. Énergies cinétique et potentielle, travail, puissance. Conservation de l'énergie, de la quantité de mouvement et du moment cinétique. Calcul des variations. Équations de Lagrange. Problème à deux corps en interaction centrale. Mécanique dans les référentiels non inertiels. Mouvement de rotation des corps rigides.

Cours		Professeur	
Titre :	Mécanique I	Nom :	Patrick Fournier
Sigle :	PHQ 114	Bureau :	D2-1073
Crédits :	3	Tél. :	821-8000 poste 62822
Travail personnel :	~5 heures/sem.	Courriel :	patrick.fournier@usherbrooke.ca

Place du cours dans le programme		Chargé d'exercices	
Type de cours :	aucun	Nom :	Pierre Lefloïc
Cours préalables :	aucun	Bureau :	D2-0031
Cours concomitants :	aucun	Courriel :	pierre.lefloic@usherbrooke.ca

Horaire		Disponibilités	
Mardis (cours 2 h):	10h30 à 12h20, D3-2034	Pierre Lefloïc: Du lundi au vendredi, sur demande par courriel.	
Judis : (cours 1h, CÉ 1h)	13h30 à 15h20, D3-2039	Patrick Fournier : Voir le calendrier sur Moodle, sur demande par courriel.	
Locaux :	Voir sur Horaire Web		

1- Mise en contexte

La mécanique est à la base des sciences physiques. C'est la science du mouvement et de ses causes. Plusieurs autres domaines scientifiques traitant du monde macroscopique s'appuient sur la mécanique, notamment les phénomènes oscillatoires, l'électrodynamique, l'hydrodynamique, la physique des plasmas et l'astrophysique. La mécanique classique, même si elle ne s'applique pas telle quelle au monde microscopique, est aussi un passage indispensable vers la mécanique quantique. Enfin, la mécanique classique constitue l'un des piliers conceptuels de l'enseignement des sciences aux niveaux secondaire et collégial.

2- Méthode pédagogique

1. Lectures préalables aux leçons introduisant la matière aux étudiantes et aux étudiants.
2. Leçons approfondissant les points essentiels à l'aide de courtes présentations du professeur, accompagnées de questions conceptuelles discutées avec la classe.
3. Résolution de problèmes à travers des exercices dirigés et les devoirs.

3- Calendrier détaillé

Le cours est divisé en quinze semaines complètes comportant 25 séances d'activités en classe et 2 périodes d'examens (intra et final).

Les tests de lecture devront être terminés **avant la première heure de chaque séance sur le site internet du cours**. À moins d'indications contraires, les exercices dirigés se tiendront à la dernière heure de cours de chaque semaine.

Séance	Date	Contenu	Lectures
1a	29 août	Accueil et présentation du plan de cours	
1b	31 août	Activité d'intégration – pas de cours	
2a	5 septembre	Écriture vectorielle	1 à 10
2b	7 septembre	Mouvement d'un point	
3a	12 septembre	Les lois du mouvement de Newton et remise du devoir 1	11 à 25
3b	14 septembre	Applications élémentaires des lois de Newton	26 à 37
4a	19 septembre	Projectiles et friction de l'air	47 à 72
4b	21 septembre	Particules chargées dans un champ magnétique	72 à 79
5a	26 septembre	Conservation de la quantité de mouvement et remise du devoir 2	91 à 98
5b	28 septembre	Systèmes à masse variable	
6a	3 octobre	Moment cinétique	98 à 109
6b	5 octobre	Conservation de l'énergie et travail	117 à 137
7a	10 octobre	Énergie des mouvements unidimensionnels	137 à 149
7b	12 octobre	Révision et remise du devoir 3	
8	17 octobre 19 octobre	Examen partiel (date à confirmer par la faculté)	
9	24 octobre 26 octobre	Relâche	
10a	31 octobre	Forces centrales	149 à 166
10b	2 novembre	Loi de Hooke et oscillations harmoniques	181 à 190
11a	7 novembre	Calcul des variations : équation Euler-Lagrange	241 à 253
11b	9 novembre	Calcul des variations : systèmes à plusieurs fonctions	253 à 257
12a	14 novembre	Équation de Lagrange et remise du devoir 4	265 à 284
12b	16 novembre	Exemple d'utilisation des équations de Lagrange	284 à 299
13a	21 novembre	Problème à deux corps en interaction centrale	327 à 343
13b	23 novembre	Orbites de Kepler	343 à 355
14a	28 novembre	Référentiels accélérés et remise du devoir 5	363 à 381
14b	30 novembre	Forces centrifuge et de Coriolis	382 à 398
15a	5 décembre	Propriété du centre de masse	407 à 413
15b	7 décembre	Rotations autour d'un axe fixe et remise du devoir 6	413 à 419
16	12 au 22 déc.	Examen final (date à confirmer par la faculté)	

4- Sommaire et objectifs

L'annuaire cible les objectifs suivants pour le cours :

Se familiariser avec les lois et les grands principes régissant les phénomènes physiques simples de la mécanique classique; s'initier à leur formulation mathématique.

Le titulaire et le chargé d'exercices y ajoutent les objectifs suivants :

Le développement d'un raisonnement critique se basant sur des arguments physiques et la communication de ce raisonnement à l'aide d'une base mathématique ET d'une base conceptuelle solides.

Les objectifs spécifiques à chaque section du cours sont détaillés ci-dessous.

Les lois du mouvement de Newton (6 heures).

OBJECTIFS : Exprimer le mouvement d'un point comme un vecteur dépendant du temps ; décrire les concepts de masse et de force ; expliquer les trois lois de Newton sur le mouvement ; expliquer comment ces lois s'appliquent à un objet macroscopique ; appliquer les lois de la mécanique à des problèmes élémentaires en coordonnées cartésiennes et polaires.

Sections pertinentes du manuel : 1.1 – 1.7

Projectiles et particules chargées (3 heures).

OBJECTIFS : Analyser le mouvement des projectiles soumis à la pesanteur et à la résistance de l'air ; expliquer le mouvement de particules chargées dans un champ magnétique uniforme ; résoudre ce mouvement à l'aide d'exponentielles complexes.

Sections pertinentes du manuel : 2.1 – 2.7

Quantité de mouvement et moment cinétique (5 heures).

OBJECTIFS : Utiliser la loi de conservation de la quantité de mouvement dans l'analyse de problèmes de collisions et de propulsion ; énoncer et démontrer la loi de conservation du moment cinétique et savoir l'utiliser dans l'analyse de problèmes simples ; calculer le centre de masse de différents objets.

Sections pertinentes du manuel : 3.1 – 3.5

Conservation de l'énergie (6 heures).

OBJECTIFS : Définir le travail et savoir utiliser le théorème travail-énergie ; démontrer la loi de conservation de l'énergie et expliquer sa généralité ; expliquer le concept de force conservative et de potentiel ; savoir calculer la force à partir du potentiel et vice-versa ; définir les critères de stabilité ; appliquer la conservation de l'énergie à la résolution de problèmes, dont l'oscillateur harmonique.

Sections pertinentes du manuel : 4.1 – 4.10, 5.1 – 5.2

Calcul des variations (3 heures).

OBJECTIFS : S'initier au formalisme du calcul variationnel ; appliquer l'équation d'Euler-Lagrange à des problèmes élémentaires.

Sections pertinentes du manuel : 6.1 – 6.4

Équations de Lagrange (3 heures).

OBJECTIFS : S'initier à la formulation lagrangienne de la mécanique ; utiliser les équations de Lagrange pour des mouvements avec ou sans contraintes.

Sections pertinentes du manuel : 7.1 – 7.5

Problème à deux corps en interaction centrale (3 heures).

OBJECTIFS : Utiliser la conservation du moment cinétique dans le contexte de forces centrales ; énoncer et démontrer les lois de Kepler ; définir les éléments d'une orbite ; savoir réduire le problème à deux corps à un problème à un corps. Complexité du problème à trois corps.

Sections pertinentes du manuel : 8.1 – 8.8

Mécanique dans les référentiels non inertiels (3 heures).

OBJECTIFS : Adapter les lois de Newton à un référentiel accéléré ; expliquer le principe d'équivalence et la notion d'apesanteur ; définir la force de Coriolis et la force centrifuge et appliquer ces notions, notamment à des systèmes climatiques ; expliquer les marées et les ouragans ;
Sections pertinentes du manuel : 9.1 – 9.10

Mouvement de rotation des corps rigides (4 heures).

OBJECTIFS : Distinguer les moments cinétiques orbital et intrinsèque ; énoncer et démontrer le second théorème de Koenig ; savoir appliquer la loi de conservation du moment cinétique ; comprendre le concept de vitesse angulaire ; calculer les moments d'inertie d'objets simples ; résoudre la dynamique de rotation par rapport à un axe fixe ; déterminer les conditions d'équilibre statique ; analyser correctement des situations combinant rotation et translation ; expliquer le mouvement de précession et ses causes.
Sections pertinentes du manuel : 10.1 – 10.6

5- Évaluation

1. Un **examen partiel** de 110 minutes, comptant pour **35%** de la note finale.
2. Un **examen final** de trois heures, comptant pour **50%** de la note finale.
3. **Six devoirs** à remettre en équipe de deux ou trois, comptant pour **15%** de la note finale.
4. Tests de lecture hebdomadaire comptant pour un maximum de 10 points bonis à la note finale.
5. Questions conceptuelles discutées en classe, ne comptant pas pour la note finale.

5.1 Examens partiel et final

Les examens écrits permettent de vérifier l'acquisition et la maîtrise d'un certain nombre de concepts physiques et d'aptitudes, telles que la résolution de problèmes par des développements mathématiques. Comme il ne s'agit pas de vérifier votre capacité à apprendre par cœur, vous aurez droit à une page recto-verso pour noter les informations que vous jugerez pertinentes.

5.2 Devoirs

Les devoirs servent principalement à vérifier la progression des étudiantes et étudiants conformément aux attentes du professeur. Ils pourront être remis à raison d'une copie par équipe de deux ou trois personnes étudiantes. Il est dans l'intérêt de chacune et chacun de prendre part activement à la rédaction du devoir : ceci est important pour une préparation adéquate précédant les examens. La remise devrait être effectuée sur Moodle (pdf de préférence).

5.3 Tests de lecture

Avant chaque séance, quelques questions avec choix de réponses seront distribuées via Moodle aux personnes étudiantes afin de vérifier leur assiduité dans les lectures du manuel. Pour obtenir des points bonis, les questions devront être répondues individuellement sur le site internet du cours avant le début des rencontres. **Les points bonis accumulés diminueront le poids de l'examen final** ; par exemple, si une étudiante ou un étudiant gagne 7 points bonis pour l'assiduité de ses lectures, elle ou il voit la note de son examen final normalisée par un facteur 43/50 et les 7 points bonis ajoutés à la note normalisée. Les notes pour chaque test de lecture sont normalisées de manière que la moyenne du groupe corresponde au moins à 6 sur 10.

5.4 Questions conceptuelles

Plutôt que de reprendre en détails la matière traitée dans le manuel, les rencontres en classe consisteront en une série de présentations courtes portant sur les points essentiels, chacune accompagnée de questions conceptuelles appropriées au sujet abordé. Les étudiantes et les étudiants auront tout d'abord à formuler leurs propres réponses et seront ensuite invité.e.s à discuter de vive voix des réponses aux questions posant des difficultés, en tentant de convaincre voisines et voisins.

5.5 Règles générales

Les devoirs doivent être présentés sous une forme agréable à lire : soignez votre écriture ou bien utilisez un logiciel de traitement de texte. Cela s'applique aussi aux examens, qui sont bien sûr rédigés à la main. Les dates de remises doivent être impérativement respectées. Un travail ne sera pas corrigé s'il est soumis après la publication du solutionnaire.

Note importante : En cas de circonstances extraordinaires au-delà du contrôle de l'Université et sur décision de celle-ci, l'évaluation des apprentissages et le calendrier des séances dans ce cours sont sujets à changement.

6- Activités et charge de travail hebdomadaire

Le cours requiert chaque semaine environ 9 heures de travail réparties comme suit :

En classe	En dehors des heures de classe
4 heures/semaine	~ 5 heures/semaine
Exposés magistraux	Lectures hebdomadaires du manuel*
Questions conceptuelles	Réalisations des tests de lecture
Exercices divers	Réalisations des devoirs
	Études personnelles

* Les lectures sont préalables à chacune des rencontres.

7- Matériel didactique

Manuel obligatoire

Le manuel permet en premier lieu aux étudiantes et aux étudiants de se familiariser avec la matière avant chaque rencontre. Puisque la matière ne peut être abordée dans son intégralité en classe, le manuel devient ensuite un outil de référence et un guide pour les études, essentiel à la réussite du cours. Finalement, les chapitres plus avancés du manuel seront utiles à plusieurs autres cours de physique.

1. J.R. TAYLOR, Mécanique classique, De Boeck Supérieur, 2012.
ISBN :978-2-8041-5689-3

Références complémentaires

1. D. SÉNÉCHAL, Mécanique I, Université de Sherbrooke, notes de cours (accessible sur le site Moodle du cours).
2. D. KLEPPNER AND R.J. KOLENKOW, An introduction to mechanics, McGraw-Hill, 1973.
cote : QA 805 K62 1973
3. M.R. SPIEGEL, Théorie et applications de la mécanique générale (Série Schaum), McGraw-Hill, 1972.
cote : QA 807 S6T 1972F
4. C. KITTEL, W.D. KNIGHT ET M.A. RUDERMAN, Mécanique (BERKELEY : cours de physique, volume 1), Armand Colin, Paris, 1972.
cote : QC 21 B47
5. J.M. LÉVY-LEBLOND, La physique en questions : mécanique, Vuibert, Paris, 1980.
cote : QC 129 L48 1980
6. D. SIVOUKHINE, Cours de physique générale. vol. 1 : mécanique. Éditions Mir, Moscou, 1982.
cote : QC 30 S5814 1982
7. R.P FEYNMAN, Le cours de physique de Feynman, vol. 1 : Mécanique. Addison-Wesley, 1969.
cote : QC 23 F49F 1969