

► Informations générales

Cours

Titre	Relativité 1
Sigle	PHY1652
Nombre de crédits	3 crédits
Faculté / École / Département	Faculté des arts et des sciences, Département de physique
Trimestre	Hiver 2025

Description du cours

Description simple	Ce cours explore la notion de relativité en physique classique et moderne, en particulier à travers la théorie de la relativité restreinte. Le cours couvrira notamment les aspects suivants : relativité galiléenne; référentiels non inertiels; postulats de la relativité restreinte; dilatation du temps, contractions des longueurs, simultanéité; transformations de Lorentz, quadrivercteurs; cinématique relativiste, relativité et électromagnétisme.
Programmes	Ce cours est offert dans les programmes de physique, physique et informatique, mathématiques et physique, mathématiques, philosophie, enseignement des sciences et des technologies au secondaire, et accueil en sciences.
Cours préalable	PHY1651 – Mécanique classique 1

Équipe enseignante

Professeure	Delphine Bouilly, delphine.bouilly@umontreal.ca
Auxiliaires d'enseignement	Érika Le Bourdais, erika.le.bourdais@umontreal.ca Samuel Poitras, samuel.poitras@umontreal.ca Marianne Bouchard, marianne.bouchard.5@umontreal.ca

Horaire et modalités d'enseignement

Horaire	Mercredi 10h30-12h20 (cours) Jeudi 15h30-16h20 (cours) + 16h30-18h20 (travaux pratiques)
Format du cours	Ce cours est donné en personne. La présence aux cours et aux séances de travaux pratiques est requise pour prendre part aux activités pédagogiques. Des parties du cours pourraient être enregistrées par l'équipe enseignante. L'enregistrement, le partage et la diffusion des prestations de cours et du matériel pédagogique par les étudiants ne sont pas autorisés, à moins d'une permission écrite explicite de l'enseignante.

Site web

Studium	www.studium.umontreal.ca Cette page sera mise à jour tout au long du trimestre. Vous y trouverez les lectures suggérées en lien avec la matière, les énoncés des devoirs, ainsi que toute autre documentation pertinente pour le cours.
----------------	--

► Apprentissages visés

Intentions pédagogiques

De façon générale, ce cours vise à :

- Faire découvrir aux étudiant.e.s le passage entre les théories classiques et relativistes en physique;
- Familiariser les étudiant.e.s avec les postulats de la théorie de la relativité restreinte et leurs conséquences;
- Développer chez les étudiant.e.s la maîtrise des notions de relativité et de référentiels;
- Initier les étudiant.e.s aux techniques permettant de décrire des objets et situations relativistes;
- Exercer chez les étudiant.e.s des habiletés d'analyse de situations et de résolution de problèmes en physique.

Objectifs d'apprentissage

Au terme du cours, l'étudiant.e sera en mesure de :

- O1. Distinguer les variations du principe de relativité en mécanique classique, relativité restreinte et relativité générale;
- O2. Distinguer les référentiels inertiels et non-inertiels;
- O3. Appliquer les forces fictives propres aux référentiels accélérés, en translation et en rotation (forces centrifuge, de Coriolis, azimutale);
- O4. Analyser et concevoir des expériences de pensée en mécanique classique et relativiste;
- O5. Interpréter les expériences principales ayant mené à la transition entre la physique classique et relativiste;
- O6. Énoncer les postulats de la relativité restreinte;
- O7. Appliquer les trois effets des postulats de la relativité restreinte (dilatation du temps, contraction des longueurs et bris de simultanéité);
- O8. Démontrer les preuves expérimentales des effets relativistes;
- O9. Appliquer les notions de temps propre et de longueur propre;
- O10. Appliquer en contexte les équations de transformation entre deux référentiels (équations de Galilée ou de Lorentz);
- O11. Appliquer en contexte le formalisme de l'espace-temps (quadrivecteurs, diagramme de Minkowski, intervalles);
- O12. Interpréter et résoudre les paradoxes de la physique relativiste;
- O13. Énoncer les lois de conservation en mécanique relativiste;
- O14. Calculer la vitesse propre, l'impulsion et l'énergie d'une particule relativiste;
- O15. Appliquer les notions d'énergie de seuil et de référentiel du centre d'impulsion;
- O16. Résoudre des problèmes de collision de particules relativistes;
- O17. Transformer la force de Lorentz et les champs électromagnétiques entre deux référentiels inertiels;
- O18. Expliquer le principe d'équivalence en relativité générale;
- O19. Calculer les effets relativistes gravitationnels dans des problèmes simples.

► **Structure du cours**

Séances	Contenus	Travaux pratiques	Évaluations
Partie 1 – Référentiels et relativité en mécanique classique (2 semaines)			
8-9 janvier	Référentiels inertiels, non-inertiels et relativité galiléenne	TP1	
15-16 janvier	Référentiels en rotation	TP2	
Partie 2 – Limites de la physique classique et émergence de la relativité restreinte (1 semaine)			
22-23 janvier	Lumière et interféromètre de Michelson-Morley	TP3	Remise Devoir 1
Partie 3 – Temps et espace en relativité restreinte (3 semaines)			
29-30 janvier	Dilatation du temps et contraction des longueurs	TP4	
5-6 février	Simultanéité et paradoxes	TP5	Remise Devoir 2
12-13 février	Transformations de Lorentz	TP6	Remise du Projet 1
EXAMEN INTRA			
Partie 4 – Formalisme de l'espace-temps en relativité restreinte (2 semaines)			
26-27 février	Diagrammes de Minkowski	(pas de TP)	
12-13 mars	Quadrivecteurs et intervalles d'espace-temps	TP7	
Partie 5 – Mécanique relativiste (3 semaines)			
19-20 mars	Énergie, impulsion et lois de conservation	TP8	Remise Devoir 3
26-27 mars	Collisions de particules	TP9	
2-3 avril	Photons et électromagnétisme relativiste	TP10	Remise Devoir 4
Partie 6 – Introduction à la relativité générale (1 semaine)			
9-10 avril	Principe d'équivalence et relativité générale	TP11	Remise du Projet 2
EXAMEN FINAL			

► Évaluations des apprentissages

Méthodes	Dates	Pondération
Devoirs	Devoir #1 : 23 janvier Devoir #2 : 6 février Devoir #3 : 20 mars Devoir #4 : 3 avril	15% , soit 5% pour chacun des trois meilleurs devoirs
Projets en équipe	Projet #1 : 13 février Projet #2 : 10 avril	20% , soit 10% par travail
Examen intra	Jeudi 20 février 2025, 15h30-17h30	30% (ou 0% si meilleur résultat au final)
Examen final	Mercredi 16 avril 2025, 8h30-11h30	35% (ou 65% si résultat meilleur qu'à l'intra)

Consignes et règles pour les évaluations

Devoirs	Les devoirs visent à évaluer vos habiletés à appliquer les concepts vus dans le cours, à travers des exercices et problèmes. La réflexion en équipe est toujours encouragée dans la préparation des devoirs, mais chaque devoir doit être rédigé et remis de façon individuelle.
Projets en équipe	Les travaux en équipe visent à approfondir vos connaissances et vos habiletés de résolution de problèmes scientifiques, à travers des analyses de cas. Les équipes sont formées de façon aléatoire par l'équipe enseignante. Un seul travail commun doit être remis par équipe.
Dépôt des devoirs et projets	Sur Studium, en un seul document au format PDF (sauf si spécifié autrement dans l'énoncé)
Retards dans la remise des devoirs et projets	Si des circonstances vous empêchent de remettre un devoir ou un projet à temps, vous devez toujours communiquer par courriel avec l'équipe enseignante avant la date de remise . Vous pouvez chacun utiliser une banque de 2 jours ouvrables de retard sans pénalité pendant le trimestre, sans justification <u>mais à condition de prévenir du retard avant la date de remise</u> . Si vous omettez le préavis ou si vous dépassez la banque de retard, des pénalités s'appliqueront. Si vous vivez des circonstances exceptionnelles, il est recommandé d'en discuter avec l'enseignante. Notez qu'il sera impossible d'évaluer un devoir ou un projet après la distribution des rétroactions au groupe . Notez également que la rétroaction d'un devoir ou projet remis avec retard pourrait être retardée.
Examens	Les examens visent à évaluer vos connaissances et votre compréhension des concepts vus dans le cours, à travers des questions à choix multiples, des questions à développement et/ou des problèmes.
Absence à un examen	La présence aux examens est obligatoire. Si vous devez vous absenter, informez-vous dès que possible des procédures à suivre, voir articles 9.7 et 9.9 du Règlement des études de premier cycle .
Usage de l'intelligence artificielle et autres ressources	Les outils d'intelligence artificielle générative (ex. ChatGPT) ne doivent pas être utilisés pour la rédaction de vos devoirs et projets. L'utilisation de matériel à usage restreint (ex. corrigés) est également interdite. Tout usage considéré comme fraude ou plagiat est passible de sanctions (voir la section <i>Intégrité</i>).
Qualité de la langue et de la présentation	Vos devoirs, projets et examens devraient être rédigés en français de façon claire, lisible et dans le respect des normes linguistiques. Les manquements à la qualité de la présentation peuvent être pénalisés dans les évaluations.
Réussite du cours	La réussite des Examens (combinaison intra + final) est requise pour réussir le cours.

Attention ! Exceptionnellement, l'enseignant(e) peut apporter des modifications aux dates et à la pondération relative des évaluations. Le cas échéant, l'enseignant(e) doit obtenir l'appui de la majorité des étudiant(e)s de sa classe. Veuillez vous référer à l'[article 4.8 du Règlement des études de premier cycle](#).

► Ressources

Matériel pédagogique

Studium www.studium.umontreal.ca
 Vous y trouverez les diapositives présentées en classe (disponibles après les cours), les énoncés des TPs, devoirs et projets, et toute autre information pertinente au déroulement du cours. Vous y déposerez vos devoirs et projets.

Ouvrages fortement recommandés
 1. Taylor, J. R. Classical mechanics
 2. Helliwell, T. M. Special relativity
 Disponibles à la librairie UdeM www.librairie.umontreal.ca ou en location/achat électronique sur www.redshelf.com
 Des lectures recommandées vous seront proposées dans ces ouvrages chaque semaine.

Ouvrages mis en réserve à la bibliothèque
 En plus des manuels recommandés, les ouvrages suivants sont disponibles en réserve à la bibliothèque :

- Taylor, J. R. – Classical mechanics
- Helliwell, T. M. – Special relativity
- Smith, J. H. – Introduction à la relativité
- Symon, K. R. – Mechanics
- Resnick, R. – Introduction to special relativity
- French, A. P. – Special relativity

Autre
 N'hésitez pas à utiliser des ressources *publiques* (ex. YouTube, Wikipedia) pour approfondir votre apprentissage de manière autonome. Attention aux outils émergents d'intelligence artificielle (ex. ChatGPT) : ils peuvent aider à clarifier des concepts simples, mais peuvent aussi induire en erreur. Ces outils ne doivent jamais se substituer à votre travail de réflexion et de rédaction, en particulier dans vos travaux.

Soutien à la réussite

De nombreuses activités et ressources sont offertes à l'Université de Montréal pour faire de votre vie étudiante une expérience enrichissante et agréable. La plupart d'entre elles sont gratuites. Explorez les liens ci-dessous pour en savoir plus.

Bibliothèque des sciences (MIL A-150)	https://bib.umontreal.ca/travailler/les-bibliotheques/sciences
Centre de communication écrite	http://cce.umontreal.ca/
Centre étudiant de soutien à la réussite	http://cesar.umontreal.ca/
Services des bibliothèques UdeM	https://bib.umontreal.ca
Soutien aux étudiants en situation de handicap	http://bsesh.umontreal.ca/

► Rappels

Évaluation de l'enseignement

Accordez à l'évaluation de l'enseignement tout le sérieux qu'elle mérite. Vos commentaires contribuent à améliorer le déroulement du cours et la qualité de la formation.

Dates importantes

Premier cours	8 janvier 2025
Date limite pour modification de l'inscription	23 janvier 2025
Semaine d'activités libres	3 au 7 mars 2025
Date limite d'abandon	14 mars 2025
Dernier cours	10 avril 2025

Attention ! En cas de différence entre les dates inscrites au plan de cours et celles publiées dans le Centre étudiant, ces dernières ont préséance. Accédez au Centre par le [Bureau du registraire](#) pour trouver l'information. Pour les cours à horaires atypiques, les dates de modification de l'inscription et les dates d'abandon peuvent être différentes de celles des cours à horaires réguliers.

► Cadres réglementaires et politiques institutionnelles

Règlements et politiques

Apprenez à connaître les règlements et les politiques qui encadrent la vie universitaire.

Règlement des études

Que vous soyez étudiant(e) régulier(ère), étudiant(e) libre ou étudiant(e) visiteur(se), connaître le règlement qui encadre les études est tout à votre avantage. Consultez-le !

<http://secretariatgeneral.umontreal.ca/documents-officiels/reglements-et-politiques/reglement-des-etudes-de-premier-cycle/>

<http://secretariatgeneral.umontreal.ca/documents-officiels/reglements-et-politiques/reglement-pedagogique-de-la-faculte-des-etudes-superieures-et-postdoctorales/>

Politique-cadre sur l'intégration des étudiant(e)s en situation de handicap

Renseignez-vous sur les ressources disponibles les mieux adaptées à votre situation auprès du Bureau de soutien aux étudiant(e)s en situation de handicap (BSESH). Le deuxième lien ci-contre présente les accommodements aux examens spécifiques à chaque école ou faculté.

https://secretariatgeneral.umontreal.ca/public/secretariatgeneral/documents/doc_officiels/reglements/administration/adm10_25-politique-cadre_integration_etudiants_situation_handicap.pdf

<http://www.bsesh.umontreal.ca/accommodement/index.htm>

Intégrité, fraude et plagiat

Problèmes liés à la gestion du temps, ignorance des droits d'auteurs, crainte de l'échec, désir d'égaliser les chances de réussite des autres – aucune de ces raisons n'est suffisante pour justifier la fraude ou le plagiat. Qu'il soit pratiqué intentionnellement, par insouciance ou par négligence, le plagiat peut entraîner un échec, la suspension, l'exclusion du programme, voire même un renvoi de l'université. Il peut aussi avoir des conséquences directes sur la vie professionnelle future. Plagier ne vaut donc pas la peine !

Le plagiat ne se limite pas à faire passer un texte d'autrui pour sien. Il existe diverses formes de manquement à l'intégrité, de fraude et de plagiat. En voici quelques exemples :

- Dans les travaux : Copier un texte trouvé sur Internet sans le mettre entre guillemets et sans citer sa source ; Soumettre le même travail dans deux cours (autoplégat) ; Inventer des faits ou des sources d'information ; Obtenir de l'aide non autorisée pour réaliser un travail.
- Durant les évaluations : Utiliser des sources d'information non autorisées ; Obtenir des réponses de façon illicite ; S'identifier faussement comme un(e) étudiant(e) du cours.

Site Intégrité

<https://integrite.umontreal.ca/accueil/>

Les règlements expliqués

<https://integrite.umontreal.ca/reglements/les-reglements-expliques/>