Syllabus de la préparation aux IPhO France
Année scolaire 2023-2024

Épreuve théorique

Mode d'emploi :

Ce syllabus est construit à partir du syllabus international des IPhO (dont il est la simple traduction). Les éléments sur lesquels portera le test de sélection du comité français des IPhO sont indiqués :

- *en rouge pour les élèves de terminale ;*
- *en rouge et bleu pour les élèves de CPGE.*

Ce qui est rouge souligné ne fait pas partie du programme de l'épreuve écrite du baccalauréat de l'enseignement de spécialité physique-chimie de la voie générale ; ce qui est bleu souligné ne fait partie ni des programmes pré-bac, ni du programme du premier semestre de PCSI.

---

1. Général

La capacité à faire des approximations appropriées en modélisant des problèmes de la vie quotidienne. Reconnaître et exploiter les symétries d'un problème.

2. Mécanique

2.1 Cinématique

Vitesse et accélération d'une particule ponctuelle vues comme les dérivées du vecteur déplacement. Vitesse linéaire ; accélération radiale et tangentielle (mouvement circulaire ou autre). Mouvement d'une particule ponctuelle soumise à une accélération constante. Sommation de vitesses et de vitesses angulaires ; sommation d'accélérations sans le terme de Coriolis ; identifier dans quels cas le terme de Coriolis est nul. Mouvement d'un corps solide autour d'un centre instantané de rotation ; vitesse et accélération des points matériels d'un corps solide en rotation.

2.2 Statique

Trouver le centre de masse d'un système par une sommation ou une intégration. Conditions d'équilibre : équilibre des forces (vectoriel ou par projections), équilibre des couples (seulement dans une géométrie à 1D ou à 2D). Réaction du support, force de tension, force de frottement statique et dynamique[1] ; loi de Hooke, contrainte, déformation, module d'Young. Équilibre stable ou instable[2].

2.3 Dynamique

Seconde loi de Newton (sous forme vectorielle ou projetée) ; énergie cinétique en translation ou en rotation. Énergie potentielle pour des champs de force simples (par intégration d'un champ de force). Quantité de mouvement, moment cinétique, énergie et leurs lois de conservation. Notion de travail et de puissance ; dissipation par frottement. Référentiels galiléens ou non : force d'inertie, force centrifuge, énergie potentielle dans un référentiel en rotation. Moment d'inertie d'objets simples (anneau, disque, sphère, sphère creuse, tige), théorème de Huygens ; calcul d'un moment d'inertie par intégration.

---

[1] Les lois de Coulomb seront rappelées dans l'énoncé de l'épreuve de sélection pour les élèves de terminale.
[2] Seule une étude qualitative sera exigible pour les élèves de terminale.

2.4 Mécanique céleste

Loi de la gravité, potentiel gravitationnel, lois de Kepler (démonstration non nécessaire pour la première et la troisième loi de Kepler). Énergie d'un point matériel sur une orbite elliptique.

2.5 Hydrodynamique

Pression, poussée d'Archimède, équation de continuité, équation de Bernoulli[3]. Tension de surface et énergie associée, pression capillaire.

3. Champs électromagnétiques

3.1 Concepts de base

Notion de charge et de courant ; conservation de la charge et loi des nœuds. Force de Coulomb ; champ électrostatique comme un champ dérivant d'un potentiel ; loi des mailles. Champ magnétique ; force de Lorentz ; force de Laplace ; loi de Biot et Savart, champ magnétique dans le cas d'une boucle circulaire de courant et pour des géométries simples comme un fil rectiligne, une boucle circulaire ou un solénoïde.

3.2 Formes intégrales des équations de Maxwell

Théorème de Gauss (pour les champs E et B) ; théorème d'Ampère ; loi de Faraday ; utilisation de ces lois pour le calcul des champs quand la fonction à intégrer est constante par morceaux. Conditions aux limites pour le champ électrique (ou le potentiel électrostatique) à la surface des conducteurs et à l'infini ; concept de conducteurs mis à la masse. Principe de superposition pour les champs électrique et magnétique ; unicité de la solution avec les conditions aux limites ; méthode des charges images.

3.3 Interaction avec la matière des champs électrique et magnétique

Résistivité et conductivité ; loi d'Ohm locale. Permittivité diélectrique et perméabilité magnétique ; permittivité et perméabilité relatives de matériaux électriques et magnétiques ; densité d'énergie électrique et magnétique ; matériaux ferromagnétiques ; hystérésis et dissipation ; courants de Foucault ; loi de Lenz. Charges dans un champ magnétique : mouvement hélicoïdal, fréquence cyclotron, mouvement pour des champs E et B croisés (dérive). Énergie d'un dipôle magnétique dans un champ magnétique ; moment dipolaire d'une boucle de courant.

3.4 Circuits

Résistance linéaire et loi d'Ohm ; loi de Joule ; travail d'une force électromotrice ; batteries idéales et non idéales, sources de courant constant, ampèremètres, voltmètres et ohmmètres. Caractéristique courant-tension d'éléments non linéaires. Condensateurs et capacité (y compris pour une unique électrode en considérant l'autre à l'infini) ; auto-induction et inductance, énergie de condensateurs et de bobines ; inductance mutuelle ; constantes de temps pour les circuits RL et RC. Circuits en courant alternatif : amplitude complexe ; impédance électrique de résistances, bobines, condensateurs et leurs combinaisons ; diagramme de phase ; résonance en courant et en tension ; puissance active.

4. Oscillations et Ondes

4.1 Oscillateur simple

Oscillateur harmonique : équation du mouvement, fréquence, pulsation angulaire et période. Pendule réel et sa longueur équivalente. Comportement au voisinage d'un équilibre instable. Décroissance exponentielle

[3] L'équation de Bernoulli sera rappelée dans l'énoncé de l'épreuve de sélection pour les élèves de terminale.

d'oscillations amorties[4]; résonance d'oscillateurs sinusoïdaux forcés : amplitude et déphasage d'oscillations en régime permanent. Oscillations libres dans un circuit LC ; analogie électrique/mécanique ; boucle de rétroaction comme source d'instabilité ; génération d'oscillations sinusoïdales auto entretenues dans un résonateur LC.

4.2 Ondes

Propagation d'ondes harmoniques : expression de la phase comme une fonction linéaire de la position et du temps ; longueur d'onde, vecteur d'onde, vitesse de groupe et de phase ; décroissance exponentielle pour des ondes se propageant dans un milieu dissipatif ; ondes transverses et longitudinales ; effet Doppler classique. Ondes dans un milieu non homogène : principe de Fermat, lois de Snell-Descartes. Onde sonore : vitesse en fonction de la pression (module d'Young) et de la densité volumique, cône de Mach. Énergie portée par les ondes : proportionnalité avec le carré de l'amplitude, continuité du flux d'énergie.

4.3 Interférences et diffraction

Superposition des ondes : cohérence, battements, ondes stationnaires, principe de Huygens, interférences dans le cas des films minces (conditions pour des maxima et des minima d'intensité seulement). Diffraction par une ou deux fentes, réseau de diffraction, loi de Bragg.

4.4 Interaction d'ondes électromagnétiques avec la matière

Dépendance de la permittivité électrique avec la fréquence (aspect qualitatif) ; indice de réfraction ; dispersion et dissipation d'ondes électromagnétiques dans des milieux transparents ou opaques. Polarisation linéaire ; angle de Brewster ; polariseurs ; lois de Malus.

4.5 Optique géométrique et photométrie

Approximation de l'optique géométrique : rayons et images optiques ; cône d'ombre et de pénombre. Approximations des lentilles minces convergentes et divergentes ; construction d'images créées par des lentilles minces idéales ; formules de conjugaison (dont celles de Newton avec origines aux foyers)[5]. Flux lumineux et sa continuité ; éclairement ; intensité lumineuse.

4.6 Appareils optiques

Lunette, télescope et microscopes : grossissement et pouvoir de résolution ; réseau de diffraction et son pouvoir de résolution ; interféromètres.

5. Relativité

Principe de relativité et transformations de Lorentz pour les coordonnées spatiales et temporelles et pour l'énergie et l'impulsion ; équivalence masse-énergie ; invariance d'un intervalle dans l'espace-temps et de la masse au repos. Addition de vitesses parallèles, dilatation du temps, contraction des longueurs ; relativité de simultanéité ; énergie et impulsion de photons et effet Doppler relativiste ; équation relativiste du mouvement ; conservation de l'énergie et de l'impulsion pour des interactions élastiques et non élastiques de particules.

6. Physique quantique

6.1 Densité de probabilité

Dualité ondes-particules : relation entre fréquence et énergie (pour le photon) et entre quantité de mouvement et vecteur d'onde. Niveaux d'énergie pour des atomes hydrogénoïdes (orbites circulaires uniquement) et pour

[4] Seule une approche qualitative sera exigible pour les élèves de terminale.
[5] Les relations de conjugaison seront rappelées dans les énoncés de l'épreuve de sélection.

l'oscillateur harmonique (potentiel parabolique) ; quantification du moment cinétique. Principe d'incertitude pour l'énergie et le temps, et pour la position et l'impulsion (comme un théorème et comme un outil d'estimation).

6.2 Structure de la matière

Spectre d'émission et d'absorption pour des atomes hydrogénoïdes (aspect qualitatif pour les atomes à plusieurs électrons) et pour des molécules en raison des oscillations moléculaires ; largeur de raie et temps de vie des états excités. Principe d'exclusion de Pauli pour des fermions. Particules (connaissance de la charge et du spin) : électrons, neutrinos (électroniques), protons, neutrons, photons ; effet Compton. Protons et neutrons comme particules composites. Noyau atomique, niveaux d'énergie du noyau (qualitativement) ; émissions alpha, beta ou gamma ; fission, fusion et capture de neutron ; défaut de masse ; temps de demi-vie et décroissance exponentielle. Effet photoélectrique.

7. Thermodynamique et physique statistique

7.1 Thermodynamique classique

Concepts d'équilibre thermique et de transformations réversibles ; énergie interne, travail et chaleur (transferts thermiques) ; échelle de température de Kelvin ; entropie ; systèmes ouverts, fermés, isolés ; première et seconde loi de la thermodynamique. Théorie cinétique des gaz parfaits : constante d'Avogadro, facteur de Boltzmann et constante des gaz parfaits ; mouvement de translation des molécules et pression ; loi des gaz parfaits ; degrés de liberté de translation, rotation et oscillation ; théorème d'équipartition ; énergie interne de gaz parfaits ; vitesse quadratique des molécules. Transformations isothermes, isobares, isochores et adiabatiques ; chaleur spécifique aux transformations isobares et isochores ; cycle de Carnot en sens direct et indirect pour un gaz parfait et rendement ; rendement pour des machines thermiques réelles.

7.2 Transfert de chaleur et transitions de phase

Transition de phase (évaporation, ébullition, fusion et sublimation) et chaleur latente ; pression de vapeur saturante, humidité relative ; ébullition ; loi de Dalton ; notion de conductivité de la chaleur, continuité du flux de chaleur.

7.3 Physique statistique

Loi de Planck (explication qualitative, pas besoin de connaître la formule), loi du déplacement de Wien ; loi de Stefan-Boltzmann[6].

[6] La loi de Stefan-Boltzmann sera rappelée dans l'énoncé de l'épreuve de sélection de terminale.