



PRÉPAS RENTRÉE 2020 PHYSIQUE - MPSI

226 rue Sainte Catherine – CS 41264 – 33075 Bordeaux Cedex

Présentation générale

La physique est la science qui essaie de comprendre, de modéliser et d'expliquer les phénomènes naturels de l'univers. Elle correspond à l'étude du monde qui nous entoure sous toutes ses formes, des lois de sa variation et de son évolution. La physique développe des représentations du monde expérimentalement vérifiables dans un domaine de définition donné. Elle produit donc plusieurs lectures du monde, chacune n'étant considérée comme précise que jusqu'à un certain point. La modélisation des systèmes physiques peut inclure ou non les processus chimiques et biologiques.

La physique telle que conceptualisée par Isaac Newton, aujourd'hui dénommée physique classique, butait sur l'explication de phénomènes naturels comme le rayonnement du corps noir (catastrophe ultraviolette) ou les anomalies de l'orbite de la planète Mercure, ce qui posait un réel problème aux physiciens. Les tentatives effectuées pour comprendre et modéliser les phénomènes nouveaux auxquels on accédait à la fin du XIX^e siècle révisèrent en profondeur le modèle newtonien pour donner naissance à deux nouveaux ensembles de théories physiques. Il existe donc trois ensembles de théories physiques établies, chacune valide dans le domaine d'applications qui lui est propre.

- ✓ La physique classique (monde des milieux solides, liquides et gazeux), toujours d'actualité, c'est elle qui s'applique, par exemple, à la construction des routes, des ponts et des avions. Elle utilise les anciennes notions de temps, d'espace, de matière et d'énergie telles que définies par Newton.
- ✓ La physique quantique (monde microscopique des particules et des champs) qui s'applique, par exemple, à la technologie utilisée pour la production des composants électroniques (la diode à effet tunnel par exemple) ou encore aux lasers. Elle se fonde sur de nouvelles définitions de l'énergie et de la matière mais conserve les anciennes notions de temps et d'espace de la physique classique, ces deux dernières étant contredites par la relativité générale. La physique quantique n'a jamais été prise en défaut à ce jour.
- ✓ La relativité générale (monde macroscopique des planètes, des trous noirs et de la gravité) qui s'applique, par exemple, à la mise au point et au traitement de l'information nécessaire au fonctionnement des systèmes GPS. Elle se fonde sur de nouvelles définitions du temps et de l'espace mais conserve les anciennes notions d'énergie et de matière de la physique classique, ces deux dernières étant contredites par la physique quantique. La relativité générale n'a jamais été prise en défaut à ce jour.

La physique s'intéresse à une grande variété de systèmes, certaines théories ne peuvent être rattachées qu'à la physique dans son ensemble et non à l'un de ses domaines. Chacune est supposée juste, dans un certain domaine de validité ou d'applicabilité. Par exemple, la théorie de la mécanique classique décrit fidèlement le mouvement d'un objet, pourvu que

- ✓ ses dimensions soient bien plus grandes que celles d'un atome,
- ✓ sa vitesse soit bien inférieure à la vitesse de la lumière,
- ✓ il ne soit pas trop proche d'une masse importante, et
- ✓ celui-ci soit dépourvu de charge électrique.

Les théories anciennes, comme la mécanique newtonienne, ont évolué engendrant des sujets de recherche originaux notamment dans l'étude des phénomènes complexes (exemple : la théorie du chaos). Leurs principes fondamentaux constituent la base de toute recherche en physique et tout étudiant en physique, quelle que soit sa spécialité, est censé acquérir les bases de chacune d'entre elles.

Mécanique newtonienne	Cinématique, Lois du mouvement de Newton, Mécanique analytique, Mécanique des fluides, Mécanique du point, Mécanique du solide, Transformations de Galilée, Mécanique des milieux continus	Dimension, Espace, Temps, Référentiel, Longueur, Vitesse, Vitesse relative, Masse, Moment cinétique, Force, Énergie, Moment angulaire, Couple, Loi de conservation, Oscillateur harmonique,
-----------------------	--	---

Électromagnétisme	Électrostatique, Électricité, Magnétisme, Équations de Maxwell	Onde, Travail, Puissance, Équilibre Charge électrique, Courant électrique, Champ électrique, Champ magnétique, Champ électromagnétique, Onde électromagnétique
Physique statistique et Thermodynamique	Machine thermique, Théorie cinétique des gaz	Constante de Boltzmann, Entropie, Énergie libre, Chaleur, Fonction de partition, Température, Équilibre thermodynamique, Réversibilité
Mécanique quantique	Intégrale de chemin, Équation de Schrödinger, Théorie quantique des champs	Hamiltonien, Boson, Fermion, Particules identiques, Constante de Planck, Oscillateur harmonique quantique, Fonction d'onde, Énergie de point zéro
Théorie de la relativité	Relativité galiléenne, Relativité restreinte, Relativité générale	Principe d'équivalence, Quadri-vecteur, Espace-temps, Vitesse de la lumière, Vitesse relative, Invariance de Lorentz

Les physiciens observent, mesurent et modélisent le comportement et les interactions de la matière à travers l'espace et le temps de façon à faire émerger des lois générales quantitatives. Le temps, défini par la durée, (l'intervalle et la construction corrélative d'échelles) et l'espace, ensemble des lieux où s'opère le mouvement (et où l'être ou l'amas matériel, c'est-à-dire la particule, la molécule ou le grain, le corps de matière ou encore l'opérateur se positionnent à un instant donné), sont des faits réels constatés, transformés en entités mathématiques abstraites et physiques mesurables pour être intégrées logiquement dans le schéma scientifique. Ce n'est qu'à partir de ces constructions qu'il est possible d'élaborer des notions secondaires à valeurs explicatives. Ainsi l'énergie, une description d'états abstraite, un champ de force ou une dimension fractale peuvent caractériser des « phénomènes physiques » variés. La métrologie est ainsi une branche intermédiaire capitale de la physique.

Une théorie ou un modèle, appelé schéma une fois patiemment étayé par de solides expériences et vérifié jusqu'en ses ultimes conséquences logiques, est un ensemble conceptuel formalisé mathématiquement, dans lequel des paramètres physiques qu'on suppose indépendants (charge, énergie et temps, par exemple) sont exprimés sous forme de variables (q , E et t) et mesurés avec des unités appropriées (Coulomb, Joule et seconde). La théorie relie ces variables par une ou plusieurs équations (par exemple, $E = mc^2$). Ces relations permettent de prédire de façon quantitative le résultat d'expériences.

Une expérience est un protocole matériel permettant de mesurer certains phénomènes dont la théorie donne une représentation conceptuelle. Il est illusoire d'isoler une expérience de la théorie associée. Le physicien ne mesure évidemment pas des choses au hasard ; il faut qu'il ait à l'esprit l'univers conceptuel d'une théorie. Aristote n'a jamais pensé calculer le temps que met une pierre lâchée pour atteindre le sol, simplement parce que sa conception du monde sublunaire n'envisageait pas une telle quantification. Cette expérience a dû attendre Galilée pour être faite. Un autre exemple d'expérience dictée nettement par un cadre conceptuel théorique est la découverte des quarks dans le cadre de la physique des particules. Le physicien des particules Gell-Mann a remarqué que les particules soumises à la force forte se répartissaient suivant une structure mathématique élégante, mais que trois positions fondamentales (au sens mathématique de la théorie des représentations) de cette structure n'étaient pas réalisées. Il postula donc l'existence de particules plus fondamentales (au sens physique) que les protons et les neutrons. Des expériences permirent par la suite, en suivant cette théorie, de mettre en évidence leur existence.

Le cours de physique en première année CPGE

Au travers du programme officiel, à savoir mécanique newtonienne, électromagnétisme, thermodynamique et mécanique quantique, vous allez apprendre à élaborer un modèle et réaliser des protocoles expérimentaux. Pour cela un certain nombre d'outils mathématiques et les techniques de résolutions qui en résultent doivent être maîtrisées.

Exemple 1

Un pendule simple est un système physique constitué d'une masse m suspendue à un fil inextensible de longueur l . On peut le mettre en mouvement. Dans le cadre du mouvement des faibles oscillations autour de la position

d'équilibre et moyennant certaines hypothèses, on peut montrer que la période d'oscillation T peut se mettre sous la forme

$$T = 2\pi l^\alpha g^\beta$$

où g est l'accélération de la pesanteur avec :

$$\alpha + \beta = 0 \quad 1 + 2\beta = 0.$$

En déduire que $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

Exemple 2

Soit les équations suivantes où $n > 1$ et i, i', r et r' sont des angles dans l'intervalle $\left[0, \frac{\pi}{2}\right]$

$$\begin{aligned} \sin i &= n \sin r \\ n \sin r' &= \sin i' \\ r + r' &= \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

Dans le cas où $i' = \frac{\pi}{2}$, montrer que $\sin i = \sqrt{n^2 - 1}$

Donnée : $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

Exemple 3

Soit les fonctions suivantes :

$$\begin{aligned} f(x) &= A \cos(x) \\ f_1(\theta) &= A \sin(\theta) \\ f_2(t) &= A \cos(2t) \\ f_3(t) &= A \cos(\omega t) \end{aligned}$$

où $A > 0$

Donner la période de chacune de ces fonctions et les représenter graphiquement. Pour la représentation graphique vous choisirez une échelle arbitraire et pour $f_3(t)$, vous ferez apparaître la période T que vous exprimerez en fonction de ω .

Exemple 4

Soit l'équation suivante :

$$\frac{1}{d-x} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f'}$$

où $d > 0, f' > 0$ et $0 < x < d$.

Établir l'équation du second degré vérifiée par x en fonction de d et f' . Déterminer l'expression littérale des solutions réelles de cette équation et montrer que nécessairement $d > 4 f'$.