



LIVRET PÉDAGOGIQUE



PSL



phys.ens.fr



Crédit photos : © Département de physique / ENS - Hubert Raguet 2017

Sur la photo : Arnaud Leclercq, dessinateur en bureau d'études.

Graphisme : Amandine Rey

Solutions des jeux
Établis les bons liens : le principe d'indétermination : Werner Heisenberg, le concept de l'entropie : Rudolf Clausius, la découverte de l'hélium : Gustav Kirchhoff, lien entre symétrie et lois de conservation : Emmy Noether, lois de la dynamique : Isaac Newton, rayonnement des trous noirs : Stephen Hawking, relativité restreinte : Albert Einstein, découverte du radium : Pierre et Marie Curie.
Réponses aux questions : 1 - Cratosthène ; 2 - Edwin Hubble ; 3 - Car ils tombent vers la Terre à la même vitesse que les stations ; 4 - La supraconductivité ; 5 - Mendeleïev Remplis les bulles : a - distance Terre-Lune ; 381 500 km, b - distance Terre-Soleil : 1,496 x 10⁸ km, c - taille du système solaire : 0,002 al, d - taille de la Voie Lactée : 30 700 pc.

À l'aide de ton livret pédagogique et de ce que tu as pu apprendre aujourd'hui, procède aux conversions pour remplir les bulles :

a - Distance Terre-Lune
b - Distance Terre-Soleil
c - Taille du Système solaire
d - Taille de la Voie Lactée

Relie les éléments et établis les bons liens :

- Principe d'indétermination
- Concept de l'entropie
- Découverte de l'hélium
- Lien entre symétrie et lois de conservation
- Lois de la dynamique
- Rayonnement des trous noirs
- Relativité restreinte
- Découverte du radium

- Pierre et Marie Curie
- Stephen Hawking
- Isaac Newton
- Werner Heisenberg
- Albert Einstein
- Rudolph Clausius
- Gustav Kirchhoff
- Emmy Noether

- 0,002 al
- 381 500 km
- 30700 pc
- 1 ua

Selon ce qui t'a été présenté aujourd'hui, réponds aux questions suivantes (n'hésite pas à interroger les chercheurs de l'ENS) :

- 1 - Qui a estimé pour la première fois la circonférence de la Terre ?
- 2 - Quel physicien a mis en évidence l'expansion de l'univers ?
- 3 - Pourquoi les astronautes flottent-ils dans les stations en orbite autour de la Terre ?
- 4 - Quel phénomène permet notamment de transporter de l'électricité sans perte d'énergie ?
- 5 - On parle du tableau périodique des éléments de ...

Ce livret te donne quelques éléments pour appréhender certains concepts de la physique. Il contient des questionnements, et des éléments de cours que tu peux facilement retrouver sur internet pour les approfondir. Il contient aussi des jeux dont les solutions se trouvent à l'ENS (exposition temporaire, mini-cours, chercheurs auxquels tu peux poser des questions). C'est un outil que tu peux réutiliser à ta guise tout au long de ta scolarité et après. Bonne journée à l'ENS !



Si le stylo que je pose sur la table est constitué d'atomes composés à plus de 99 % de vide, et que la table est constituée de ces mêmes atomes, pourquoi le stylo ne passe-t-il pas à travers la table ? Dans une même pièce (une salle de bain par exemple), tu remarqueras que marcher sur le carrelage te donne froid aux pieds alors que le tapis ne te fait pas cet effet. Or, ces deux éléments de la même pièce sont à la même température. Pourquoi le carrelage te paraît-il plus froid ? Nous sommes sûrs que tu te poses d'autres questions aussi complexes ! La Fête de la Science est l'occasion pour nous d'y répondre, n'hésite pas à nous solliciter !

Pour ton information, de nombreux sites et établissements proposent un accès gratuit et illimité à leurs cours. Que ce soit sur le domaine des Sciences Fondamentales, des Sciences de l'Ingénieur, des Sciences Sociales ou même Politiques, l'opportunité t'es offerte de t'instruire à tous niveaux sur toutes ces thématiques. Savoirs ENS, Canal U, Collège de France en sont des exemples. Des revues spécialisées grand public sont également à citer pour approfondir ta culture scientifique : Science et Vie et La Recherche en sont des exemples. Certaines chaînes Youtube te permettent d'appréhender des concepts-clés des sciences fondamentales d'aujourd'hui. Les contenus proposés sont de vrais tremplins vers de nombreux domaines de la physique ! Tu peux également consulter librement des articles (cela nécessite une formation scientifique) : Arxiv (astrophysique, physique, mathématiques...), Pubmed NCBI (biologie, biotechnologie), HAL (sciences de l'Homme et Société, physique, informatique, environnement...), sciencedirect (recherches scientifiques, techniques et médicales)...

Les ordres de grandeur

Remplis les vides à l'aide des ateliers que tu feras aujourd'hui.

Facteur	Préfixe	Symbole	Facteur	Préfixe	Symbole
10 ⁻¹	déci	d	10 ¹	déca	da
10 ⁻²	centi	c	10 ²	hecto	h
10 ⁻³	milli	m	10 ³	kilo	k
10 ⁻⁶		μ	10 ⁶	méga	M
10 ⁻⁹	nano	n	10 ⁹		G
10 ⁻¹²	pico	p	10 ¹²	téra	T
10 ⁻¹⁵		f	10 ¹⁵	péta	P
10 ¹⁸	atto	a	10 ¹⁸	exa	e

Voici quelques symboles du formalisme mathématique usité par les scientifiques (qui reprend souvent l'alphabet grec) :

ω : oméga (minuscule, capitale : Ω) | Ψ : psi | η : êta | ν : nu | π : Pi | σ : sigma (minuscule, capitale : Σ) | ρ : rhô | λ : lambda | θ : thêta | δ : delta (minuscule, capitale : Δ) | φ : phi (minuscule, capitale : Φ) | μ : mu | α : « proportionnel à » | ∫ : intégrale | γ : gamma (minuscule, capitale : Γ) | ∞ : lemniscate (infini)...

Nous te proposons de réfléchir aux questions suivantes. En tapant « paradoxe physique » dans un moteur de recherche, tu trouveras une liste sur Wikipédia qui compte de nombreux résultats.

L'effet Mpemba : l'eau chaude gèle plus vite que de l'eau froide dans des conditions de refroidissement similaires, comment est-ce possible ?

Les jumeaux de Langevin : sur deux jumeaux, si l'un reste sur Terre, alors que l'autre voyage dans l'espace à une vitesse proche de celle de la lumière, alors celui qui aura voyagé reviendra plus jeune que le sédentaire ! Pourquoi ?

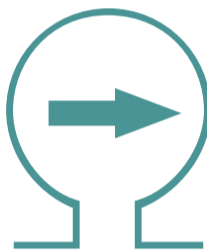
Le problème du miroir : fixe une feuille de plastique transparent sur un miroir, placez-vous à une distance quelconque de cette glace et dessinez sur la feuille les contours de votre visage, tel que vous le voyez à travers le miroir. Pourquoi ce dessin est-il toujours deux fois plus petit que votre visage, quelle que soit la distance à laquelle vous vous êtes placé ?

* CONSENSUS

Un consensus scientifique est établi lorsqu'un ensemble d'études scientifiques réalisées par des équipes indépendantes confirment l'hypothèse proposée. Ces études sont publiées dans des revues scientifiques dont le contenu est vérifié par des chercheurs spécialistes, et chacune d'entre elle utilise la démarche scientifique validée par des expériences contrôlées. Un consensus n'est pas figé, il peut évoluer au gré des nouvelles découvertes.

* SCIENTIFIQUE *

Les astrophysiciens sont confrontés à des mesures dont le nombre de chiffres peut être gigantesque. Par exemple, Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche, est située à environ 40 000 000 000 000 km. Pour éviter de traiter des nombres aussi grands, des unités adaptées ont été développées. L'année-lumière (al) est une mesure de distance qui est définie par la distance parcourue par la lumière en une année. Pour des objets dont la distance exprimée en année-lumière devient également importante, on a introduit le parsec (pc).



Nous avons donc :

- 1 ua = 149 600 000 kilomètres (distance Terre-Soleil) ;
- 1 al = 9 460 730 472 581 kilomètres ;
- 1 pc = 3,085 677 581 x 10¹³ kilomètres = 3,2616 al.

Si on observe des objets dont la vitesse varie, alors ils sont soumis à une ou des forces. Il se peut que la vitesse ne varie pas alors que l'objet est soumis à des forces. Les résultats du travail de Newton ont abouti à des lois physiques encore valides aujourd'hui.

L'interaction électromagnétique, répulsive ou attractive, est responsable de quasiment tous les phénomènes à notre échelle.

L'interaction forte maintient les quarks à l'intérieur du proton, et assure la cohésion des noyaux atomiques.

L'interaction faible conduit à la désintégration du neutron. Cette désintégration contribue pour une bonne part à la radioactivité que nous observons.

La gravité, purement attractive, est responsable de la cohésion de la matière à large échelle, c'est-à-dire de celle des systèmes planétaires, galactiques...

Les bosons élémentaires

Toutes les particules élémentaires découvertes à ce jour sont soit des fermions, soit des bosons. Tous les bosons élémentaires observés agissent comme des intermédiaires des interactions fondamentales.

- les photons, vecteurs de l'interaction électromagnétique,
- les huit gluons de l'interaction forte,
- les bosons Z⁰, W⁻ et W⁺ de l'interaction faible.

Constitution de la matière

Proton = 3 quarks ; Neutron = 3 quarks
Atome = proton(s) + neutron(s) = électron(s)

Les fermions élémentaires

	Particule	Interactions
Leptons	Électron	Électromagnétique, faible
	Muon	Électromagnétique, faible
	Tau	Électromagnétique, faible
	Neutrino électron	Faible
Quarks	Neutrino muon	Faible
	Neutrino tau	Faible
	Up	Forte > électromagnétique > faible
	Down	
	Charme	
	Strange	
	Top	
	Bottom	

Actuellement, la communauté scientifique ne sait pas décrire l'interaction gravitationnelle dans un cadre quantique. Plusieurs théories sont à l'étude pour tenter d'effectuer cela, dont la gravité quantique à boucle ou la théorie des cordes.

e = mc²

L'énergie est une quantité physique exprimée en joules qui se conserve quelle que soit la transformation observée. Nous ne pouvons que la transformer d'une forme à une autre. En voici quelques déclinaisons :

- Énergie cinétique
- Énergie électrique
- Énergie potentielle de pesanteur
- Énergie mécanique
- Énergie électrostatique
- Énergie interne
- Énergie thermique

Un point de Lagrange

est une position de l'espace dans un système composé de deux objets massifs, où leurs champs de gravité se combinent et forment un point d'équilibre pour un troisième corps de masse négligeable. En d'autres termes, la gravité est nulle en ces points. C'est à ces endroits que sont mis les sondes spatiales. Un tel système à deux corps (Terre-Soleil par exemple) possède cinq points de Lagrange dont deux sont stables.

Quelques constantes de physique

En physique, la notion de constante fondamentale désigne une grandeur fixe intervenant dans les équations de la physique qui ne peut être déterminé par une théorie. Ces constantes doivent être déterminées par l'expérience et l'observation.

Nom	Notée	Définition
Charge élémentaire	e	Charge électrique d'un proton ou, de façon équivalente, l'opposé de la charge électrique d'un électron. Elle est égale à 1,602 176 634 x 10 ⁻¹⁹ C.
Célérité de la lumière dans le vide	c	Vitesse de la lumière dans le vide, soit 299 792 458 mètres par seconde.
Constante de la gravitation	G	Constante apparaissant dans la loi universelle de la gravitation d'Isaac Newton. Elle est égale à G = 6,67 x 10 ⁻¹¹ N.m ² .kg ⁻² .
Constante de Planck	h	Constante apparaissant en mécanique quantique, elle est reliée à la quantification de la matière. Elle est égale à 6,626 070 15 x 10 ⁻³⁴ J s.
Constante d'Avogadro	N _A	Nombre d'entités élémentaires (atomes, molécules, ou ions en général) qui se trouvent dans une mole de matière. Elle est égale à 6,022 140 76 x 10 ²³ mol ⁻¹ .
Constante de Boltzmann	k	On l'utilise pour convertir une grandeur mesurable, la température (en kelvins), en une énergie (en joules). Elle est égale à 1,380 649 x 10 ⁻²³ J/K.

À l'heure où la quantité d'informations fausses augmente, nous te proposons une ouverture à la zététique (« l'art du doute » telle que définie par Henri Broch). Cette méthode permet d'appréhender les informations, en vérifier la véracité ou faire en sorte d'avoir les données les plus fiables avant d'établir un jugement. Voici des références qui parlent de l'autodéfense intellectuelle :

- Ouvrages : « Devenez sorciers, devenez savants » de G. Charpak et H. Broch, « Petit cours d'autodéfense intellectuelle » de Baillargeon, « Les secrets des sorciers » de H. Broch (pour enfants) ;
- Sites : Cortecs.org, www.Hacking-Social.com ;
- Youtube : **Université Grenoble Alpes** (Onglet « Playlist » puis « Zététique et autodéfense intellectuelle »), **Hygiène Mentale**, **Horizon-Gull**, **La Tronche en Biais**.

Le Bureau international des poids et mesures (BIPM) est chargé d'établir les étalons fondamentaux et les échelles pour la mesure des principales grandeurs physiques. Le Système international d'unités vient d'être révisé, les nouvelles définitions devraient entrer en vigueur le 20 mai 2019. Elles seront fondées sur sept constantes de la physique.

Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de 1 / 299 792 458 de seconde.

La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

Le kelvin, unité de température thermodynamique, est défini en prenant la valeur numérique fixée de la constante de Boltzmann, k, égale à 1,380 649 x 10⁻²³ lorsqu'elle est exprimée en J K⁻¹, unité égale à kg m² s⁻² K⁻¹.

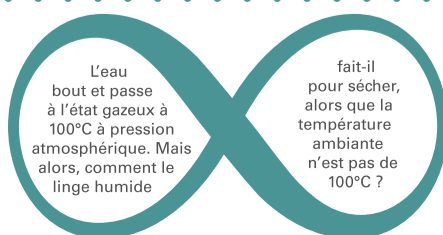
Le kilogramme est défini en prenant la valeur numérique fixée de la constante de Planck, h, égale à 6,626 070 15 x 10⁻³⁴ lorsqu'elle est exprimée en J s, unité égale à kg m² s⁻¹.

La candela est l'unité d'intensité lumineuse dans une direction donnée. Elle est définie en prenant la valeur numérique fixée de l'efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique de fréquence 540 x 10¹² Hz, K_{cd}, égale à 683 lorsqu'elle est exprimée en lm W⁻¹, unité égale à cd sr W⁻¹, ou cd sr kg⁻¹ m⁻² s³.

L'ampère est défini en prenant la valeur numérique fixée de la charge élémentaire, e, égale à 1,602 176 634 x 10⁻¹⁹ lorsqu'elle est exprimée en C, unité égale à A s.

Une mole contient exactement 6,022 140 76 x 10²³ (« nombre d'Avogadro ») entités élémentaires. Une entité élémentaire peut être un atome, une molécule, un ion, un électron, ou toute autre particule ou groupement spécifié de particules.

Si le métier de chercheur t'intéresse, je t'invite à prendre connaissance des sites suivants pour élaborer ton plan de carrière : www.trouvermonmaster.gouv.fr ; www.onisep.fr.



Dès le 16 octobre 2018, tu retrouveras sur le site www.phys.ens.fr l'ensemble des visuels

de ces deux journées : l'exposition temporaire, les « le saviez-vous » et ce livret pédagogique.