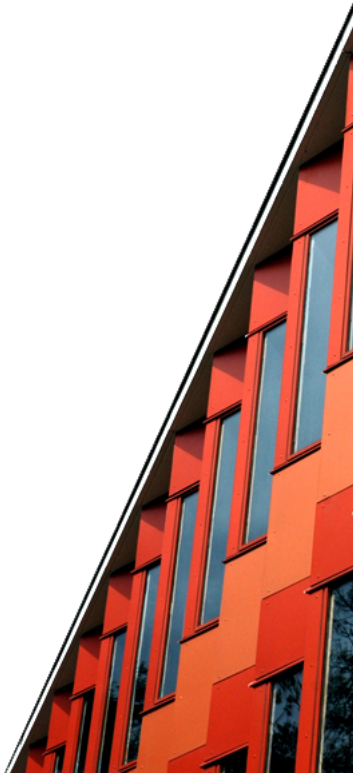
Med@TICE
Faculté de Médecine de Grenoble
Enseignement de la 1ère année de Médecine

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER
SCIENCES.TECHNOLOGIE.SANTÉ

Physique

Chapitre 1 :
Introduction

Eva PEBAY-PEYROULA



I – Introduction

Rôle de la physique

Comprendre le monde qui nous entoure :

Démarche : observation, expérimentation (étude de l'influence des différentes variables), formalisation des lois expérimentales (en utilisant un formalisme mathématique)

Lois de la physique : basées sur une méthode scientifique rigoureuse, expérimentale et théorique

Utilisation de ces lois pour comprendre les phénomènes observés, pour prédire les effets d'actions définies

I – Introduction
Rôle de la physique

Analogies et modèles

Devant un phénomène complexe: à partir des données expérimentales essayer d'en saisir l'essentiel, avec des simplifications on peut réduire le nombre de variables et par approximations successives obtenir de façon plus précise les lois qui gouvernent le phénomène étudié

Exemple:
Comprendre la résistance mécanique des os: on peut les décrire par des formes géométriques simples se rapprochant de la forme réelle et faire des calculs de mécanique

Le fonctionnement du cœur peut être décrit par un système de double pompe avec des valves, le sang comme un liquide avec une certaine viscosité

Certains organes peuvent être décrits comme un circuit électrique (générateur de courant ou de tension, résistances,..)

I – Introduction

Quelques ordres de grandeur

Objet	Masse en kg
électron	$0,9\ 10^{-30}$
proton	$1,66\ 10^{-27}$
Molécule d'ADN (moyenne)	10^{-15}
Un litre d'eau	1
La tour Eiffel	$7\ 10^{6}$
Terre	$6\ 10^{24}$
Soleil	$2\ 10^{30}$
Univers (?)	10^{53}

I – Introduction

Quelques ordres de grandeur

10^{27}	$\rightarrow$	« limites de l'univers »	
10^{24}			
10^{21}	$\rightarrow$	Diamètre de notre galaxie	
10^{18}			
10^{15}	$\rightarrow$	Une année lumière	
10^{12}	$\rightarrow$	Distance terre-soleil	Téra
10^{9}	$\rightarrow$	Distance terre-lune	Giga
10^{6}			Mega
10^{3}	$\rightarrow$	1 km	kilo
1	$\rightarrow$	Notre taille	
10^{-3}			Milli
10^{-6}	$\rightarrow$	Cellules	Micro
10^{-9}	$\rightarrow$	Atomes/molécules	Nano
10^{-12}			Pico
10^{-15}	$\rightarrow$	Taille des noyaux	Femto
10^{-18}			

10^{18}	$\rightarrow$	Age de l'univers
10^{15}	$\rightarrow$	Apparition de l'homme sur la terre
10^{12}	$\rightarrow$	Age des peintures de Lascaux
10^{9}	$\rightarrow$	Vie humaine
10^{6}		Une année ($3.1\ 10^{7}$) Un jour ($8.6\ 10^{4}$)
10^{3}		
1	$\rightarrow$	Un battement de coeur
10^{-3}		Période des sons audibles
10^{-6}	$\rightarrow$	Repliement des protéines (10^{-6} à 10^{-3})
10^{-9}	$\rightarrow$	
10^{-12}	$\rightarrow$	Capture d'un photon par la rhodopsine
10^{-15}		
10^{-18}		
10^{-21}	$\rightarrow$	Vibrations nucléaires

I – Introduction

Dimensions

Les grandeurs physiques ont leur nature propre: une force est différente d’une énergie ou d’une puissance, alors que toutes les forces ont une dimension commune

Un système d’unités mécaniques est constitué de trois grandeurs fondamentales, masse, longueur et temps, et de grandeurs dérivées, vitesse, accélération, force, énergie, pression,…)

Pour l’électricité on rajoute l’intensité de courant, les grandeurs dérivées qui en découlent sont par exemple la différence de potentiel, le champ électrique,…

La température est aussi une grandeur fondamentale

Les unités des grandeurs fondamentales peuvent être choisies de façon arbitraire, les unités des grandeurs dérivées en découlent

Notation de la dimension des grandeurs:

Longueur [L]   masse [M]   temps [T]   intensité [I]

dérivés:

Vitesse [V]= [L] [T-1]

I – Introduction

Unités du système international

Les unités fondamentales (7 au total)

Longueur : mètre (m)

Temps: seconde (s)

Masse: kilogramme (kg)

Intensité: Ampère (A)

Température: Kelvin (K)

Quantité de matière: mole (mol)

Intensité lumineuse: candela (cd)

Unités dérivées :

Vitesse m/s, accélération m/s2, …

certaines unités ont des noms particuliers

(elles seront introduites au fur et à mesure dans le cours)

Force : 1 Newton (N) = 1 kg m s-2

Énergie: 1 Joule (J) = 1 kg m2 s-2

Pression: 1 Pascal (Pa) = 1 kg m-1 s-1

Fréquence: 1 Hertz (Hz) = 1 s-1

Quelques unités spéciales: en particulier Å (Ångström), 1 Å= 10^{-10} m (ordre de grandeur d'une distance interatomique)

autrefois système CGS : longueur cm, masse g, temps s

I – Introduction

Équations aux dimensions

Équations aux dimensions: expression symbolique des relations entre les différentes grandeurs en fonction des grandeurs fondamentales:

Exemple:

relation fondamentale de la dynamique dans le cas d'une particule soumise à son poids et à une force de viscosité proportionnelle à sa vitesse

Résultante des forces $\Sigma F = m\,g - f\,v = m\,\gamma$

$$[F] = [M]\,[L]\,[T^{-2}]$$

Donc la dimension de la constante f est celle de mg/v, c'est-à-dire:

$$[M]\,[L]\,[T^{-2}] \,/\, ([L]\,[T^{-1}]) = [M]\,[T^{-1}]$$

Permet de retrouver la dimension d'une grandeur, ou de vérifier l'homogénéité des formules (très utile)

I – Introduction
Les applications numériques

Ordre de grandeur ou calcul précis?

Le mode de calcul dépend de la précision nécessaire pour répondre à la question posée

Exemples

Comparaison de deux forces

1- Force de pesanteur exercée sur un proton avec force électrique exercée sur ce proton lorsqu'il traverse une membrane cellulaire (V=80 mV, d= 4,8 nm)

$$F_{pesanteur} = mg = 1{,}66\ 10^{-27} \times 9{,}81 = 16{,}285\ 10^{-27} = 1{,}6285\ 10^{-26}\ N$$

$$F_{électrique} = q\ E = q\ V/d = 1{,}6\ 10^{-19} \times 80\ 10^{-3} / (4{,}8\ 10^{-9}) = (1{,}6 \times 8 / 4{,}8)\ 10^{-19} \times 10^{-2} \times 10^{9} = 2{,}667\ 10^{-12}\ N$$

$$F_{pesanteur} \ll F_{électrique}$$

Autre façon de conduire le calcul (plus adapté pour répondre à la question): calcul d'un ordre de grandeur

$$F_{pesanteur} = mg \sim 1{,}6\ 10^{-27} \times 10 = 1{,}6\ 10^{-26}\ N$$

$$F_{électrique} = q\ E = q\ V/d \sim (1{,}5 \times 10 / 5)\ 10^{-19} \times 10^{-2} \times 10^{9} = 3\ 10^{-12}\ N$$

Dans ce cas il suffit de comparer 10^{-26} à 10^{-12}

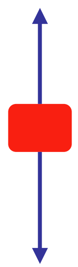
I – Introduction

Les applications numériques

Ordre de grandeur ou calcul précis ?

2- Une particule de masse m et de charge Q >0 placée dans un champ électrique vertical orienté vers le haut, $m = 1{,}5$ g, $Q = 7{,}42\ 10^{-9}$ C, $E = 2\ 10^{6}$ V/m

Dans quel sens va se déplacer la particule?



$\vec{F} = Q\vec{E}$

$\vec{P} = m\vec{g}$

Calcul approché:

$\| \vec{P} \| = P = mg \sim 1{,}5\ 10^{-3} \times 10 = 1{,}5\ 10^{-2}$ N

$F = QE \sim 7{,}4\ 10^{-9} \times 2\ 10^{6} = 1{,}48\ 10^{-2}$ N

Dans ce cas, les deux valeurs sont proches, il faut faire un calcul plus précis pour savoir laquelle est la plus grande

$P = mg = 1{,}5\ 10^{-3} \times 9{,}81 = 1{,}47\ 10^{-2}$ N

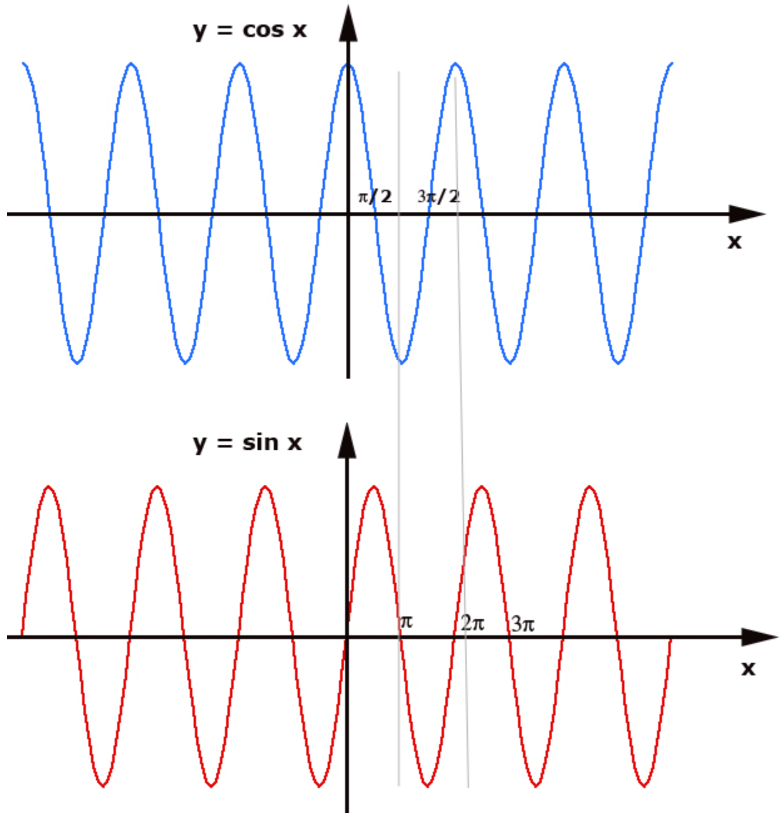
$F = QE = 7{,}42\ 10^{-9} \times 2\ 10^{6} = 1{,}484\ 10^{-2}$ N $> P$

Remarque: même le calcul plus précis contient une incertitude car les valeurs numériques des paramètres utilisés ont une incertitude, par exemple sur la valeur de g: $\Delta g/g = 0{,}01/9{,}81$

I – Introduction
Rappel sur des fonctions mathématiques

Fonctions sinus et cosinus: utilisation et définition

Les phénomènes vibratoires, en particulier les ondes, seront souvent décrits par ces fonctions.



Les fonctions sinus et cosinus sont reliées par un changement d'origine,

$\cos x = \sin (x+\pi/2)$

les 2 peuvent donc apparaître pour décrire le même phénomène:

I – Introduction

Rappel sur des fonctions mathématiques

Fonctions sinus et cosinus : quelques formules de trigonométrie

$\cos(\pi - x) = -\cos x$

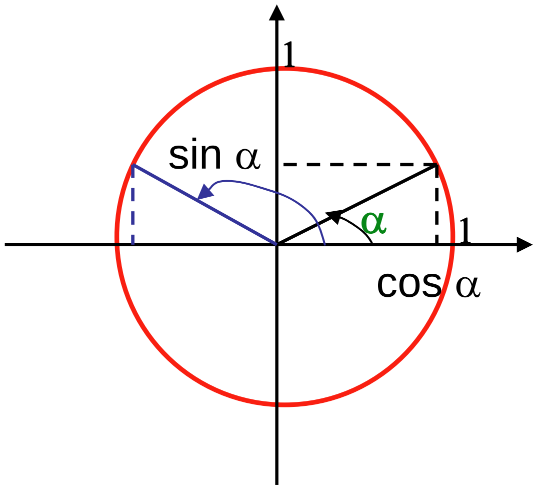
$\sin(\pi - x) = \sin x$

$\cos(\pi/2 - x) = \sin x$ $\quad\quad$ $\cos(\pi/2 + x) = -\sin x$

$\sin(\pi/2 - x) = \cos x$ $\quad\quad$ $\sin(\pi/2 + x) = \cos x$

$\mathrm{cox}(-x) = \cos x$

$\sin(-x) = -\sin x$



$\sin A + \sin B = 2 \sin((A+B)/2) \cos((A-B)/2)$

$\sin A - \sin B = 2 \cos((A+B)/2) \sin((A-B)/2)$

$\cos A + \cos B = 2 \cos((A+B)/2) \cos((A-B)/2)$

$\cos A - \cos B = 2 \sin((A+B)/2) \sin((A-B)/2)$

(cos A/2)2 = (1 + cos A)/2

I – Introduction

Rappel sur des fonctions mathématiques

Fonctions logarithme et exponentielle

Les fonctions exponentielles sont souvent utilisées pour décrire des évolutions dans le temps

Par exemple: réaction chimique du premier ordre, décroissance radioactive

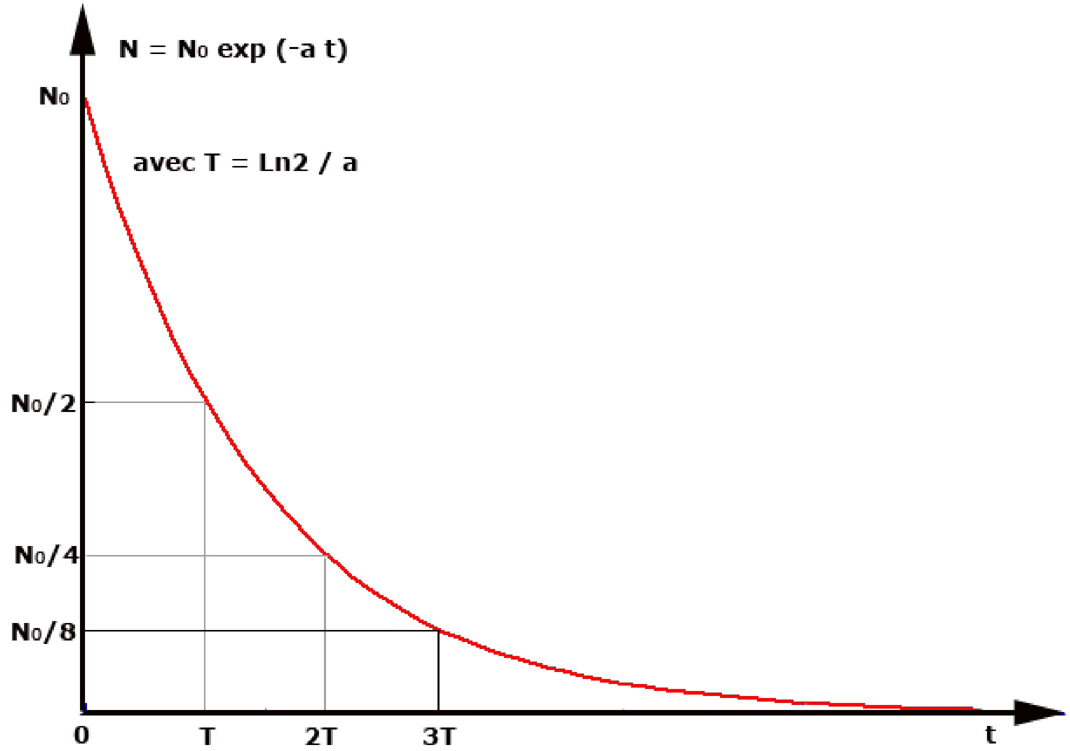
Cas où la variation dans le temps du nombre N molécules d'une espèce est proportionnelle à N

$dN/dt = - a N$

avec a constante

Alors $N=N_0 \exp(-a t)$

avec N_0 nombre de molécule à l'instant t=0



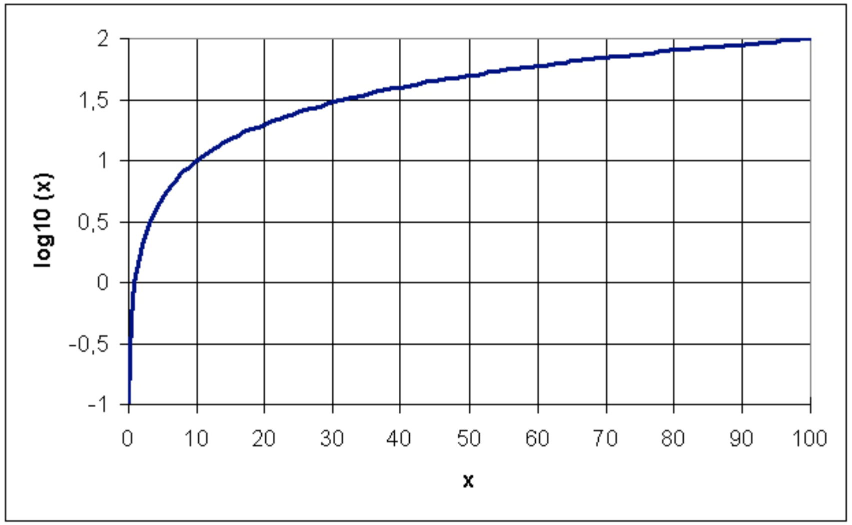
I – Introduction
Rappel sur des fonctions mathématiques

Fonctions logarithme et exponentielle

Les fonctions Ln et exp sont reliées : y = exp x alors x = Ln y

Remarque:

Il existe Ln (logarithme naturel) et log (logarithme décimal) : log x = Ln x / Ln 10 ~Ln x / 2,3



I – Introduction

Rappel sur les vecteurs

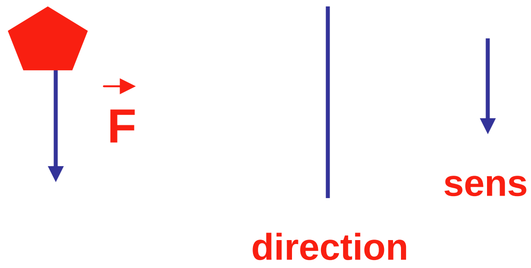
Certaines notions en physique se représentent par un vecteur

Exemple

une force est définie par une direction, par un sens et par son intensité.

Pour une force de pesanteur , la direction est une droite définie par le centre de gravité de l'objet considéré et le centre de la terre, le sens fait que l'objet est attiré vers le sol, l'intensité va dépendre de la masse de l'objet.

Le vecteur contient toutes ces informations



Autres exemples: vitesse, accélération, champ électrique,…

$\| \vec{F} \| = m\, g$

norme

I – Introduction
Rappel sur les vecteurs

Les formulations mathématiques qui décrivent les phénomènes physiques tiennent compte des 3 informations (direction, sens, intensité) et impliquent donc des opérations sur les vecteurs

Exemple d'opérations:

Produit scalaire: produit entre 2 vecteurs dont la résultante est un scalaire

$\vec{U_1} = x_1 \vec{i} + y_1 \vec{j} + z_1 \vec{k}$ et $\vec{U_2} = x_2 \vec{i} + y_2 \vec{j} + z_2 \vec{k}$

$\vec{U_1} \cdot \vec{U_2} = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$

Propriétés: le produit scalaire de 2 vecteurs perpendiculaires est nul

Produit vectoriel: produit entre 2 vecteurs dont la résultante est un vecteur

Le produit vectoriel de 2 vecteurs parallèles est nul
Le vecteur résultant est perpendiculaire aux 2 vecteurs

Exemple du produit vectoriel entre deux vecteurs d'une base orthonormée ($\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$):

$\vec{i} \times \vec{j} = \vec{k}$, $\vec{j} \times \vec{k} = \vec{i}$, $\vec{k} \times \vec{i} = \vec{j}$

I – Introduction

Principales lettres grecques utilisées

	Principales utilisations
α **alpha**	angle, particule
β **beta**	désintégration
γ **ou** Γ **gamma**	rayonnement, accélération
δ **ou** Δ **delta**	différence, angle
ε **epsilon**	petite quantité, constante diélectrique
λ **lambda**	longueur d'onde
μ **mu**	coefficient d'absorption
ν **nu**	fréquence
η **etha**	viscosité
ϕ **phi**	angle, phase
π **pi**	
θ **theta**	angle
τ **tau**	temps caractéristique
ρ **rho**	résistivité
ω **omega**	pulsation, angle

I – Introduction

Exercices

Exercice 1

La force résistante qu'exerce un fluide de viscosité n sur une sphère de rayon r en mouvement, à la vitesse v est: F = 6 π η r

En quelle unité s'exprime η dans le système international ?

Exercice 2

Calculer de façon approximative le nombre de nucléons contenu dans le corps humain.

Quel est le nombre moyen de nucléons par m^3 ?

Masse nucléon=1,7 10^{-27} kg, masse humain= 70 kg, masse volumique corps humain = 10^{-3} kg/m^3

Exercice 3

On constitue un système d'unités dont les unités fondamentales sont : la masse du soleil Ms, l'année-lumière et l'année. Dans ce système que vaut la vitesse de la lumière ?

Mentions légales

www.medatice-grenoble.fr

Ce document a été réalisé par la Cellule TICE Médecine de la Faculté de Médecine de Grenoble (Université Joseph Fourier – Grenoble 1) en collaboration avec le Service Commun Audio-Visuel (SCAV) de l'Université Stendhal de Grenoble.