

FRANCAIS DES SCIENCES - PHYSIQUE 2

Grandeurs physiques, unités et analyse dimensionnelle

École Centrale Pékin

Année 1

Table des matières

1	Vocabulaire du chapitre	2
2	Grandeur physique et unité	2
2.1	Grandeur physique	3
2.2	Valeur numérique	3
2.3	Unités	4

1 Vocabulaire du chapitre

Grandeur physique - 物理量	Durée - 时间
Unité - 单位	Pression - 压强
Paramètre - 参数	Température - 温度
Homogénéité - 齐次性	Intensité - 强度
Homogène - 量纲齐次性	Courant électrique - 电流
Dimension - 量纲	Intensité lumineuse - 光强
Loi physique - 物理定律	Quantité de matière - 物质的 (摩尔) 量
Prédire - 预测	Seconde - 秒
Onde - 波	Mètre - 米
Longueur d'onde - 波长	Kilogramme - 千克
Formule - 公式	Ampère - 安培
Valeur numérique - 数值	Mole - 摩尔
Ecriture scientifique - 科学计数法	Radian - 弧度
Chiffre significatif - 有效数字	Stéradian - 球面度
Nombre décimal - 十进制数	Angle solide - 立体角
Nombre entier relatif - 整数	Surface - 面积
Certitude / incertitude - 确定性/不确定性	Volume - 体积
Précision - 精确度	Force - 力
Valeur approchée - 近似值	Energie - 能量
Ordre de grandeur - 数量级	Puissance - 功率
Formule - 公式	Tension - 张力
Référence - 参考	Multiple - 倍数
Symbole - 符号	Intervalle - 区间
	Prefixe - 前缀

2 Grandeur physique et unité

En physique, on mesure des paramètres (参数) (exemples : une distance, une vitesse, une pression...) appelés des **grandeurs physiques** (物理量). L'**analyse dimensionnelle** permet de :

- déterminer l'**unité** (单位) d'une grandeur physique
exemple : une distance d en mètre m (米)
- vérifier l'**homogénéité** (齐次性) d'une équation, c'est-à-dire vérifier l'accord entre une formule et l'unité des grandeurs physiques dans la formule
exemple : la vitesse v est donnée par $v = \frac{d}{t}$ avec d la distance et t le temps. On vérifie que $\frac{d}{t}$ a bien la même unité que v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
- prédire (预测) la **forme d'une loi physique** (物理定律) pour trouver une solution à un problème sans avoir à résoudre l'équation
exemple : une onde (波) a une vitesse v (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) et une fréquence f (en s^{-1}) et on cherche la longueur d'onde (波长) λ (en m). Même si on ne connaît pas la physique des ondes et on ne sait pas ce qu'est une longueur d'onde, on peut construire à partir des unités la formule (公式) :
$$\lambda = \frac{v}{f}$$

2.1 Grandeur physique

En physique, on mesure des **grandeurs physiques** X : on associe une **valeur numérique** (数值) (un nombre) x et une **unité** :

$$X = x \text{ unité}$$

exemples :

$$L = 12 \text{ m}$$

$$t = 1 \text{ s}$$

 Donner des exemples de grandeurs physique et leur unité :

masse $m = 100 \text{ g}$
température $T = 200 \text{ K}$

2.2 Valeur numérique

2.2.1 Écriture scientifique et chiffres significatifs

Les valeurs numériques mesurées sont souvent des **nombre décimaux** (avec une virgule par exemple 1,3 ou 45,67). **Combien de chiffres après la virgule doit-on écrire ?**


- **écriture scientifique** (科学计数法) : on écrit le nombre sous la forme $a \times 10^n$ avec :
 - a un **nombre décimal** (十进制数) (avec une virgule) compris dans l'intervalle $[1; 10[$
 - n un **nombre entier relatif** (整数) ($n > 0$ ou $n < 0$)

exemples :

45,67 s'écrit en écriture scientifique $4,567 \times 10^1$

312,900 s'écrit en écriture scientifique $3,12900 \times 10^2$

0,000125 s'écrit en écriture scientifique $1,25 \times 10^{-4}$

 Donner les écritures scientifiques de 14,87, 125, 2,245 et 0,1

$$14,87 \rightarrow 1,487 \cdot 10^1$$

$$2,245 \rightarrow 2,245 \cdot 10^0$$

$$125 \rightarrow 1,25 \cdot 10^2$$

$$0,1 \rightarrow 1 \cdot 10^{-1}$$

on ne l'écrit pas

- **chiffres significatifs** (有效数字) : lorsqu'on écrit un nombre, on écrit plusieurs chiffres. Ces chiffres sont appelés les chiffres significatifs : ils correspondent aux chiffres connus avec **certitude** (确定性) plus le premier chiffre incertain (le zéro situé à gauche du nombre ne compte pas). La **précision** (精确度) (ou l'incertitude (不确定性)) avec laquelle on connaît la valeur d'une grandeur dépend de la manière de mesurer.

exemples :

45,67 a 4 chiffres significatifs

312,900 a 6 chiffres significatifs

0,000125 a 7 chiffres significatifs

Combien de chiffres significatifs ont les nombres suivants : 0,87, 125, 2,200 et 2,2

0,87 → 2 chiffres significatifs

125 → 3 CS

2,200 → 4 CS

2,2 → 2 CS

2,200 est plus précis que 2,2

• **Comment écrire un nombre** : on écrit un nombre avec le bon nombre de chiffres significatifs en utilisant l'écriture scientifique pour éviter d'écrire trop de zéros. Si le nombre est le résultat d'une opération, on écrit le même nombre de chiffres significatifs que celui de la donnée qui a le moins de chiffres significatifs en écriture scientifique (donnée la moins précise).

exemples :

$$2,200 + 2,2 = 4,4$$

$$2,200 \times 5,02 = 1,10 \times 10^1$$

Ecrire le résultat de ces opérations :

$$1,0 \times 2,890 = 2,9$$

$$5 \times 34,2 = 2 \cdot 10^2 \text{ ou } 1,71 \cdot 10^2$$

si 5 est une grandeur mesurée ou exacte
5,00000...

$$23 + 12,45 = 35$$

$$0,5 + 15,3 = 15,8$$

⚠ pour l'addition est la soustraction c'est le nombre de chiffres derrière la virgule qui compte

2.2.2 Ordre de grandeur

Parfois, la valeur précise d'une grandeur physique ne nous intéresse pas, on veut uniquement connaître une **valeur approchée** (近似值). Dans ce cas, on donnera l'**ordre de grandeur** (数量级) : on écrit le nombre en écriture scientifique et on arrondit à la puissance de dix la plus proche.

exemples :

La distance Terre-Soleil est de $152 \times 10^6 \text{ km}$, l'ordre de grandeur est : 10^8 km

Le diamètre d'un proton est $1,67262 \times 10^{-27} \text{ kg}$, l'ordre de grandeur est : 10^{-27} kg

Donner les ordres de grandeurs des grandeurs suivantes : 12 m , 200 km, 0,00001 s

$$12 \sim 10 \text{ m}$$

$$200 \text{ km} \sim 10^2 \text{ km} = 10^5 \text{ m}$$

$$0,00001 \text{ s} \sim 10^{-5} \text{ s}$$

2.3 Unités

2.3.1 Définition

Une **unité** est une **référence** (参考) qui permet d'écrire la valeur numérique d'une grandeur physique. Chaque unité est représenté par un **symbole** (符号) souvent constitué des premières lettres du nom de l'unité.

exemples : longueur en mètre \rightarrow m
masse en kilogramme \rightarrow kg

Il y a deux types d'unités :

- les **unités de base** : elles sont indépendantes les unes des autres et sont une base pour exprimer toutes les autres unités.

exemples : $m, kg, s...$

- les **unités dérivées** : elles s'expriment à partir des unités de base

exemples : $m^2, m^3, m.s^{-1}$

On peut donc exprimer toutes les grandeurs physiques en fonction des unités de base : on choisit alors un **système d'unité**. Aujourd'hui, les scientifiques utilisent tous le même système d'unité pour mieux se comprendre : ce sont les unités du **Système International** (noté SI)

2.3.2 Unités de base : unité du Système International

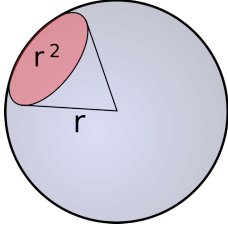
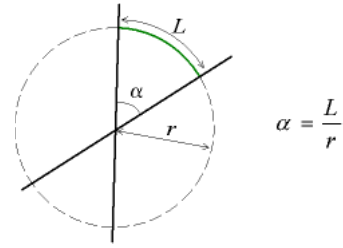
Il y a aujourd'hui 7 unités dans le Système International qui ne sont plus définies à partir d'objet ou de situation de référence (risque de variation dans le temps ou des conditions expérimentales) mais à partir de **constantes de la physique moderne bien connues** aujourd'hui.



FIGURE 1 – Mètre et kilogramme de référence

1. **L'unité d'une durée est la seconde (s)** : la seconde est définie à partir de la fréquence $\Delta\nu_{Cs} = 9\,192\,631\,770\,s^{-1}$ de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 (^{133}Cs) à $-273,15\,^{\circ}\text{C}$.
2. **L'unité d'une longueur est le mètre (m)** : le mètre est défini à partir de la vitesse de la lumière dans le vide $c = 299\,792\,458\,m.s^{-1}$ avec la seconde définie avant.
3. **L'unité d'une masse est le kilogramme (kg)** : le kilogramme est défini à partir de la constante de PLANCK $h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34}\,kg.m^2.s^{-1}$ en utilisant le mètre et la seconde définis avant.
4. **L'unité d'intensité de courant électrique est l'ampère (A)** : l'ampère est définie à partir de la charge élémentaire $e = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19}\,A.s$ avec la seconde définie avant.
5. **L'unité de température est le kelvin (K)** : le kelvin est défini à partir de la constante de BOLTZMANN $k_B = 1,380\,649 \times 10^{-23}\,kg.m^2.s^{-2}.K^{-1}$ avec le kilogramme, le mètre et la seconde définis avant.
6. **L'unité d'intensité lumineuse est la candela (cd)** : la candela est défini à partir de l'efficacité lumineuse $K_{cd} = 683\,cd.sr.kg^{-1}.m^{-2}.s^3$ d'un rayonnement monochromatique de fréquence $540 \times 10^{12}\,s^{-1}$ avec le kilogramme, le mètre et la seconde définis avant (sr correspond à l'unité stéradian d'un angle solide que nous détaillons plus loin).
7. **L'unité de quantité de matière est la mole (mol)** : la mole est définie à partir de la constante d'AVOGADRO $\mathcal{N}_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23}\,mol^{-1}$.

À ces unités, on peut ajouter une unité complémentaire : le **radian** qui est l'unité d'un angle plan (noté **rad**). Cette unité d'angle permet de ne pas confondre le degré ° et le radian. Le radian d'un angle α est défini par la longueur d'un arc de cercle L d'un cercle de rayon r .



On peut également définir l'unité du **stéradian** (noté **sr**) qui est l'unité d'un angle solide (non plan) : un cône, de sommet au centre d'une sphère de rayon r , dont l'intersection avec cette sphère est une surface de r^2 , a un angle solide de 1 sr. Pour tout l'espace (sphère complète), l'angle solide vaut 4π sr.

2.3.3 Unités dérivées

Les unités de toutes les grandeurs physiques peuvent être défini en combinant les unités SI. Historiquement ou pour éviter une combinaison trop longue, on a donné un nom à de ces certaines unités.

Grandeur physique	unité en base SI	Nom et symbole
Longueur L	m	
Surface $S = L^2$ (面积)	m^2	
Volume $V = L^3$ (体积)	m^3	
Temps T	s	
Vitesse $v = \frac{L}{T}$	$m \cdot s^{-1}$	
Accélération $a = \frac{v}{T}$	$m \cdot s^{-2}$	
Fréquence $f = \frac{1}{T}$	s^{-1}	Hertz (Hz)
Pulsation $\omega = \frac{2\pi}{T}$	$rad \cdot s^{-1}$	
Masse M	kg	
Masse volumique $\rho = \frac{M}{V}$	$kg \cdot m^{-3}$	
Force $F = Ma$ (力)	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$	
Énergie $E = FL$ (能量)	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	Joule (J)
Puissance $P = \frac{E}{T}$ (功率)	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$	Watt (W)
Pression $p = \frac{F}{S}$ (压强)	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$	Pascal (Pa)
Intensité du courant I (强度)	A	
Charge électrique $q = IT$	$A \cdot s$	Coulomb (C)
Tension $U = \frac{P}{I}$ (张力)	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	Volt (V)
Résistance $R = \frac{U}{I}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$	Ohm (Ω)
Conductance $G = \frac{1}{R}$	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3 \cdot A^2$	Siemens (S)
Capacité $C = \frac{q}{U}$	$kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^4 \cdot A^2$	Farad (F)

TABLE 1 – Unités dérivées dans la base des unités SI