Physique générale

Mécanique Newtonienne

		Formules	Unités
Mouvement circulaire uniforme		$v = \omega r$ $\omega = \frac{v}{r}$ $a = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$	v : en $m.s^{-1}$ ω en $rad.s^{-1}$ a en $m.s^{-2}$
La quantité de mouvement		$P = mv_G$	v_G : la vitesse du centre d'inertie
Lois de Newton	1ère	$\overrightarrow{F_{tot}} = 0$	
	2nde	$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	
	3ème	$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$	
Force gravitationnelle		$\overrightarrow{F_{A/B}} = \frac{-G \times m_A \times m_B}{r^2}$ Force de pesanteur sur Terre : $\vec{F}_T = -mg\vec{k}$	m : la masse en kg G : constante gravitationnelle r : la distance entre a et b (en m) g : accélération de la pesanteur
Force de Coulomb		$\vec{F}_{a/b} = k\frac{q_a \times q_b}{r^2}\vec{r}$	k : la constante de Coulomb $q_a et\ q_b$: charges des points a et b r : distance entre a et b
Champ électrique		$\vec{F} = q\vec{E}$	$q = 1$ E : le champ électrique
Force de rappel d'un ressort		$\vec{F} = -k(x - x_0)\vec{i}$	k : en $N.m^{-1}$ $(x - x_0)$: l'allongement du ressort
Force de frottement sec dynamique		$\vec{F_s} = -\mu_d \times \|\overrightarrow{R}\| \times sign(\vec{v})$ $R = -mg$	R : réaction du support μ_d : coefficient de frottement
Force de frottement visqueux		$\vec{F}_{visq} = -\beta\vec{v}$ $\beta = 6\pi R\eta$	β : coefficient de viscosité (en $kg.s^{-1}$) η : coefficient de viscosité dynamique (en $N.m^{-2}.s$) R : rayon de l'objet
Force de trainée		$\vec{F}_r = -\frac{1}{2}\rho \times S \times c \times v \times \vec{v}$	S : surface apparente en m^2 c : coefficient de trainée
Poussée d'Archimède		$\vec{F}_A = \rho g V_i \times \vec{k}$	ρ : masse volumique du fluide V_i : volume immergé (m^3)

Dynamique de rotation

Moment angulaire ou cinétique		$\vec{J} = I\vec{\omega}$	I : moment d'inertie (en $kg.m^2$) ω : vitesse angulaire en $rad.s^{-1}$
Moment d'inertie	Masse ponctuelle	$I = mr^2$	m : masse de l'objet (kg) r : rayon (m)
	Roue creuse		
	Roue pleine	$I = \frac{1}{2}mr^2$	
Mouvement de précession		$\Omega = \frac{mgl}{I\omega}$	Ω : vitesse angulaire de précession l : longueur entre le centre d'inertie et pointe de la toupie

Formalisme du potentiel		
Travail d'une force	$W_{AB} = \int_{x_A}^{x_B} F(x)dx$	
Energie potentielle	$U_B - U_A = W_{AB}$	
	$U(x) = mgx + cst$	Force de pesanteur
	$U(x) = \frac{kx^2}{2} + cst$	Force de rappel d'un ressort
	$U(x) = \frac{kqQ}{x} + csts$	Force de 2 charges électriques
Energie cinétique	$E_c = \frac{1}{2}mv^2$ $E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}^{ext}$	
Energie mécanique	$E_{méca} = \frac{1}{2}mv^2 + U(x)$ $Ec_B + U_B = Ec_A + U_A$	
Dipôle électrique		
Moment dipolaire	$\vec{p} = aq\hat{u}$	a : distance entre les 2 barycentres q : charge des barycentres (C)
Energie potentielle	$= -\vec{p}.\vec{E}$ $=> U = -p.E.cos(\theta)$	E : valeur du champ électrique θ : angle entre le dipôle et le champ électrique
Dipôle dans la matière	$p = Q_+ \times AB$	Q_+ : charge du barycentre positif AB : distance entre les barycentres
Condensateur		
Charge	$Q = CV$	C : capacité en Farad V : tension électrique en Volt
Champ électrique	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$	σ : densité de charge (en $C.m^{-2}$) ε_0 : permittivité du vide
Capacité	$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$	S : surface d'une plaque (m²) d : distance entre les plaques
Condensateur rempli de diélectrique	$\frac{C'}{C} = \varepsilon_r \geq 1$ $C' = \varepsilon_r C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{S}{d} = \frac{\varepsilon S}{d}$	ε_r : constante diélectrique ε : permittivité du matériau $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$
Conduction électrique		
Intensité	$I = \frac{U_A - U_B}{R_{AB}}$	U : différence de potentiel en Volt R : résistance électrique en Ω I en Ampère
Résistance	$R_{AB} = \frac{L}{S}\rho$	L : longueur du fil S : section du fil ρ : résistivité électrique (Ω.m)
Puissance	$P = (U_A - U_B)I = R_{AB}I^2$ $P = \frac{(U_A - U_B)^2}{R_{AB}}$	P en W
Résistances	Résistance en série : $R_{eq} = R_1 + R_2$	

	Résistance en parallèle : $$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$	
Les oscillateurs		
Harmoniques non amortis	$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega_0^2 x$$	ω_0 : pulsation propre
	Période : $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$	
Pulsation propre	$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}$$	Masse liée à un ressort
	$$\omega_0^2 = \frac{r_G mg}{I_0}$$ $$\omega_0^2 = \frac{g}{l}$$	Petites oscillations d'un corps solide Pendule
	Oscillateur électrique : $$\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$	L : inductance en Henrys C : capacité en Farad
Harmoniques amortis	$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\gamma\frac{(dx)}{dt} - \omega_0^2 x$$	ω_0 : pulsation propre γ : facteur d'amortissement
Période	$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$$	$\omega_1^2 = \omega_0^2 - \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2 > 0$: pseudo pulsation propre
Temps d'amortissement	$$\tau = \frac{2}{\gamma}$$	
Facteur de qualité	$$Q = \frac{\omega_0}{\gamma}$$	Pour un circuit RLC : $\gamma = \frac{R}{L}$

Optique géométrique		
Propagation de la lumière à travers un matériau		
Vitesse de l'onde	$$v = \frac{c}{n}$$	c : célérité de la lumière dans le vide $n = \sqrt{\varepsilon_r}$: indice du milieu
Loi de Snell-Descartes	$n_1.\sin(\theta_1) = n_2.\sin(\theta_2)$	θ_1 : angle incident θ_2 : angle réfracté
Réflexion totale	$$\theta_L \geq \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$	
Fibres optique	$$n.\sin(\theta_A) = \sqrt{n_{coeur}^2 - n_{gaine}^2}$$	
Ouverture numérique	$NA = n.\sin(\theta_A)$	
Dans une fibre optique	$$NA = \sqrt{n_{coeur}^2 - n_{gaine}^2}$$	
Angle de déviation	$D \approx (n-1)A$	A : angle au sommet
Loi de Cauchy	$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2}$$	
Lentilles et dioptre		
Vergence	$$D = \frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = \frac{n'-n}{\overline{SC}}$$ $$D = \frac{n'}{f'} = -\frac{n}{f}$$	p : distance sommet – objet p' : distance sommet image f : distance focale objet f' : distance focale image
Grandissement	$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} = \frac{p'}{p}$$	

Limites du pouvoir de résolution d'un système optique		
Limite de résolution angulaire	$\theta_0 = \frac{c}{l}$	c : diamètre des cellules l : profondeur
Pouvoir de résolution angulaire	$P_r = \frac{1}{\theta_0} = \frac{l}{c}$	
Limite de résolution	$d_{min} = D.\theta_0$	D : distance d'observation
Pouvoir séparateur = pouvoir de résolution spatiale	$P_s = \frac{1}{d_{min}}$	
La loupe		
Grossissement	$G = \frac{P_p}{f'}$	P_p : punctum proximum
Puissance	$P = \frac{1}{f'}$	
Le microscope		
Grossissement	$G = \frac{\lvert P_p \rvert.\Delta}{f_1'.f_2'} = \Delta \lvert P_p \rvert P_1 P_2 = \frac{\Delta}{f_1'} G_0$	G_0 : grossissement de l'oculaire Δ : intervalle optique

Optique ondulatoire

Interférences à 2 sources d'ondes			
Interférences	Franges claires	$\delta = k\lambda$	δ : différence de marche (en m) k : nombre entier sans unité λ : longueur d'onde (en m)
	Franges sombres	$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$	
Si D>>a		$\delta = a.\sin\theta$ Si θ petit : $\delta = a.\theta$	θ : angle d'incidence de la source (rad) a : distance entre les 2 sources d'onde
Maximas		Angles multiples de $\frac{\lambda}{a}$	
Minimas		Angles multiples de $\frac{\lambda}{2a}$	
Intervalle angulaire		$\Delta\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{i}{D}$	i : interfrange (en m) D : distance entre les 2 sources et l'écran (en m)
Interfrange		$i = \frac{\lambda D}{a}$	
Interférences dans des lames minces			
Si les indices optiques sont égaux à l'extérieur	Différence de marche	$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$	n : indice optique e : épaisseur minimale de la couche (en m)
	Interférences constructives	$e = \frac{\lambda}{4n}$	
	Interférences destructives	$e = \frac{\lambda}{2n}$	
Lame sur un matériau d'indice optique supérieur	Différence de marche	$\delta = 2ne$	
	Interférences destructives	$e = \frac{\lambda}{4n}$	
	Interférences constructives	$e = \frac{\lambda}{2n}$	

Interférences à N sources			
Espace entre 2 franges		$\frac{\lambda}{a}$	
Maximas d'intensité		$\theta = k\frac{\lambda}{a}$	
Largeur angulaire		$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{N.a}$	
Diffraction			
Par une seule fente	Minimas :	$\theta = \frac{k\lambda}{b}$	b : largeur de la fente (en m) L : largeur de la tâche centrale
	Largeur angulaire tâche centrale :	$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{b}$	
	Largeur tâche centrale	$L = \frac{2\lambda}{b}D$	
Diffraction par une fente circulaire		Demi-largeur angulaire : $\Delta\theta = 0{,}61\frac{\lambda}{rn'}$	$n' = 1$ dans le vide
Diffraction par 2 fentes		Interférences : $\frac{\lambda}{a}$ Diffraction : $\frac{\lambda}{b}$	a : largeur entre les 2 fentes b : largeur des fentes
Pouvoir de résolution optique			
Tâche d'Airy		$2\theta_0$ $\theta_0 = 0{,}61\frac{\lambda}{n'r}$	n' : indice de réfraction de l'instrument r : rayon d'ouverture de l'appareil
Limite de résolution spatiale		$d_{min} = 0{,}61\frac{\lambda D}{n'r} = 0{,}61\frac{\lambda}{NA}$	
Pouvoir séparateur = pouvoir de résolution spatiale		$P_s = \frac{1}{d_{min}}$	

Physique quantique		
Rayonnement du corps noir		
Loi de Wien	$\lambda_{max} = \frac{0{,}29}{T}$	T : température en Kelvin λ : longueur d'onde en cm
Longueur d'onde	$\lambda = \frac{c}{\nu}$	c : vitesse de la lumière ν : fréquence en Hz
Energie des photons	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \hbar\omega$	h : la constante de Planck $\hbar = \frac{h}{2\pi}$: constante de Planck réduite
Effet photoélectrique		
Energie cinétique des électrons arrachés	$E_c = e\lvert V_0\rvert = h\nu - W = h\nu - h\nu_0$	$\lvert V_0\rvert$: module de V_0, contre tension maximale
Nombres de photons émis	$n = \frac{Puissance\ de\ la\ lampe}{E_{photon}}$	
Stabilité et spectre des atomes		
Longueurs d'ondes	$\frac{1}{\lambda_{nm}} = R_h\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	R_h : constante de Rydberg m : numéro de couche du 1er e- n : numéro de couche du 2ème e-

Energie mécanique des électrons	$E_m = -E_H \frac{1}{n^2}$	E_H : énergie d'ionisation de l'hydrogène
Rayon de l'orbite	$r_n = a_0 n^2$	$a_0 = 0{,}53$: rayon de Bohr n : nombre quantique
Dualité onde-corpuscule : au-delà du photon		
Longueur d'onde	$\lambda = \frac{h}{mv}$	mv : quantité de mouvement
Longueur d'onde des électrons accélérés sous une différence de potentiel	$\lambda = \frac{1{,}2.10^{-9}}{\sqrt{V}}$	V : voltage
Equation de Schrödinger stationnaire		
Nombre d'onde de De Broglie	$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{p^2}{\hbar^2}$	$p = mv$: la quantité de mouvement
Puit plat infiniment profond		
Nombre d'onde	$k = \frac{n\pi}{L}$	
Longueur de la boite	$L = \frac{n\pi}{k} = \frac{n\lambda}{2}$	
Energie de la particule	$E = n^2 \frac{h^2}{8mL^2} = n^2 E_1$	m : masse de la particule

Emission de la lumière par la matière		
Luminescence		
Transition de Bohr	$E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$	ν : fréquence
Energies des photons	$E_{abs} \geq E_{fluo} > E_{phospho}$	
Longueur d'onde des photons	$\lambda_{abs} \leq \lambda_{fluo} \leq \lambda_{phospho}$	
Rendement quantique	$\varphi = \frac{nombre\ photons\ émis}{nombres\ photons\ absorbés} < 1$	
Nombres de molécules excitées	$N = N_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$	N_0 : nombre de molécules à t=0 φ_f : rendement quantique de fluorescence τ_r : durée de vie radiative du plus bas sous niveau de l'état excité
Temps de déclin	$\tau = \varphi_f \times \tau_r$	
Lasers		
Statistique de Boltzmann	$N_i = e^{-\frac{E_i}{k_B T}}$	T : température k_B : facteur de Boltzmann
Condition du laser à 4 niveaux	$(E_1 - E_0) > k_B T$	
Modes longitudinaux	$\nu = \frac{nc}{2L} = n\nu_0$	c : célérité de la lumière L : longueur de la cavité ν : fréquence des photons
Condition d'oscillation	$G(1-\eta) > 1$ $G = e^{2gl}$	G : gain du milieu actif η : pertes sur un aller-retour l : longueur du milieu actif
Nombres de modes actifs	$i\ ou\ i-1$ i : entier sup de $x = \frac{\nu_2 - \nu_1}{\nu_0}$	$\nu_2 - \nu_1$: intervalle de fréquence ν_0 : fréquence fondamentale

Lumière et couleur			
Loi de Beer-Lambert		$I_{trans} = I_{inc}e^{-K(\lambda).C.l}$	C : concentration en mol/L l : épaisseur de la cuve K : coefficient d'extinction
Absorbance		$A = K(\lambda).C.l$ $A_\lambda = -\ln\left(\frac{I_{trans}}{I_{inc}}\right)$	Sans unités
Flux	Incident	$\Phi_{inc} = I_0.A$	A : absorbance σ_s : section efficace de diffusion
	Diffusé	$\Phi_{diff} = I_0\sigma_s$	
	Transmis	$\Phi_{trans} = I_0(A - \sigma_s)$	
Diffusion	Coefficient	$\mu_s = N_s.\sigma_s$	En m^{-1} N_s : nombre de diffuseurs $/m^3$
	Libre parcours moyen	$l_s = \frac{1}{\mu_s}$	En m
Absorption	Coefficient	$\mu_a = C.K(\lambda)$	En m^{-1} C : concentration (mol/L)
	Libre parcours moyen	$l_a = \frac{1}{\mu_a}$	En m
Coefficient d'atténuation global		$\mu = \mu_s + \mu_a$	
Loi d'atténuation généralisée		$I_{trans} = I_{inc}.\exp(-\mu.l)$	

Photométrie		
Angle solide	$\Omega = \frac{A}{r^2} = 2\pi(1 - \cos\ \theta)$ Pour une sphère : $\Omega = 4\pi$	En stéradian (sr) A : aire incluse dans le cercle r : rayon
Flux lumineux	$\Phi = I \times \Omega$	En lumen (lm) I : intensité en cd
Rendement lumineux	$r = \frac{\Phi}{P}$	En lm/W P : puissance totale consommée
Eclairement	$E_m = \frac{\Phi}{S}$ En un point : $E_p = \frac{Icos\alpha}{d^2}$	En lux (lx) S : surface en m² d : distance entre le point et la source (en m)
Luminance	$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega.dS.\cos\theta}$	En cd/m²
Emittance	$M = \frac{d\Phi}{dS}$ Source de Lambert : $M = \pi.L$ Loi de Stefan : $M^e = \sigma/T^4$	En lm/m² M^e : émittance énergétique totale (en $W.m^{-2}.K^4$)

Ondes et RMN		
Vitesse de propagation des ondes		
Ondes longitudinales (ressort)	$v = \sqrt{\frac{KL}{\mu}}$	K : constante de raideur L : allongement du ressort µ : masse linéique

Ondes transversales	$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$	T : tension = mg (m : la masse suspendue)
Effet du milieu sur les ondes		
Impédance	$Z = \frac{T}{v} = \sqrt{T\mu} = \mu v$	En $kg.s^{-1}$
Coefficient de réflexion	$r = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$	
Coefficient de transmission	$t = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$	
Pulsation de l'onde	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	
Puissance moyenne	$P = \frac{1}{2}ZA^2\omega^2$	A : amplitude
Puissance réfléchie / incidente	$\frac{P_r}{P_i} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}\right)^2$	
Puissance transmise /incidente	$\frac{P_t}{P_i} = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$	
Puissance incidente	$P_i = P_r + P_t$	
Ondes stationnaires		
Longueur de la corde	$L = \frac{n\lambda}{2}$	En m n : nombre de modes
Fréquence	$f = \frac{nc}{2L} = nf_1$	c : célérité de l'onde f_1 : fréquence fondamentale (en Hz)
RMN		
Moment de spin / moment magnétique intrinsèque	Electron : $\overrightarrow{\mu_s} = -g_e \frac{e}{2m_e} \vec{S}$ Proton : $\overrightarrow{\mu_s} = g_p \frac{e}{2m_p} \vec{S}$	$g_e \approx 2$, constante de Landé électron $g_p \approx 5{,}58$, constante de Landé proton m_e/m_p : masse d'un e-/proton
Vitesse angulaire de précession	$\omega_0 = \gamma.B_0$	γ : rapport gyromagnétique B_0 : champ statique uniforme
Fréquence de Larmor	$\nu_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$	