

PHYSQ 124 – révision, examen final

Jeudi 21 décembre de 9h à midi
Gymnase de la Faculté St Jean

N'oubliez pas votre aide-mémoire! Recto-verso, pas de solutions, à remettre avec l'examen.

Vaut 45 points et 45% de la note finale du cours.

Questions tirées des chapitres 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 28, 30 et peuvent impliquer des notions vues dans les chapitres précédents (vecteurs, mouvement relatif, équations de la cinématique, lois de Newton, travail, etc.).

Chapitre 8

Sec 8-1 Forces conservatives

Sec 8-2 Énergie potentielle

Sec 8-3 Conservation de l' énergie mécanique

Sec 8-4 Forces non-conservatives

Sec 8-5 Omise

Sec. 8-2 Énergie potentielle

On peut définir une énergie potentielle U pour toute force conservative.

$$\Delta U = U_f - U_i = - (W_C)_{if} \quad (8-1)$$

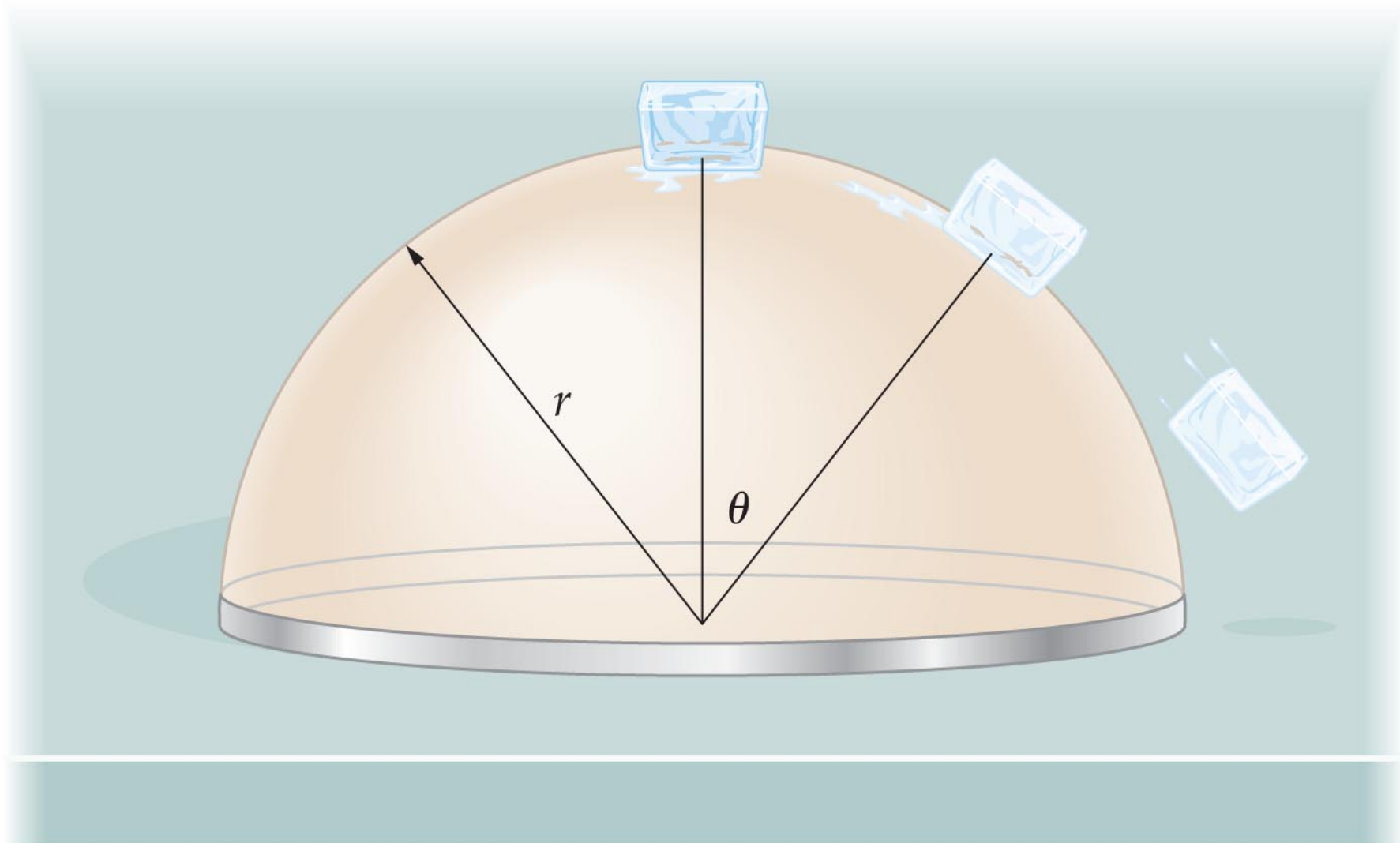
(travail par F_C pour le trajet $i \rightarrow f$)

Unité SI : joule (J)

Exemples:

- $U_{\text{grav}} = mgy \quad (8-3)$
- $U_{\text{ress}} = \frac{1}{2} kx^2 \quad (8-5)$

#8.71. À quel angle le cube de glace quittera-t-il la surface?



Sec. 8-4 Conservation de l' énergie mécanique et forces non-conservatives

Théorème de l' énergie cinétique:

$$K_f - K_i = (W_C)_{if} + (W_{NC})_{if} = - (U_f - U_i) + (W_{NC})_{if}$$

$$K_i + U_i + (W_{NC})_{if} = K_f + U_f$$

$$E_i + (W_{NC})_{if} = E_f \quad (8-9)$$

On a donc $E_f - E_i = W_{NC}$

Chapitre 9

Sec 9-1 Quantité de mouvement: $p = mv$

Sec 9-2 Lien avec la 2ème Loi de Newton

Sec 9-3 Impulsion: $I = \Delta p = p_f - p_i$

Sec 9-4 Conservation de p

Sec 9-5,6 Collisions (élastiques, inélastiques)

Sec 9-7 Centre de masse

Sec. 9-1 Quantité de mouvement

Définition de *quantité de mouvement*

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad \text{ou} \quad p = mv \quad (9-1)$$

Unité: kg•m/s

Quantité de mouvement totale (système de N objets):

$$p_{\text{total}} \text{ (ou } P) = p_1 + p_2 + \dots + p_N \quad (9-2)$$

Notation: p (1 objet) P (plusieurs objets)

Sec. 9-3 Impulsion I

Définition de l' *impulsion*:

$$I = F_{av} \Delta t \quad (9-6)$$

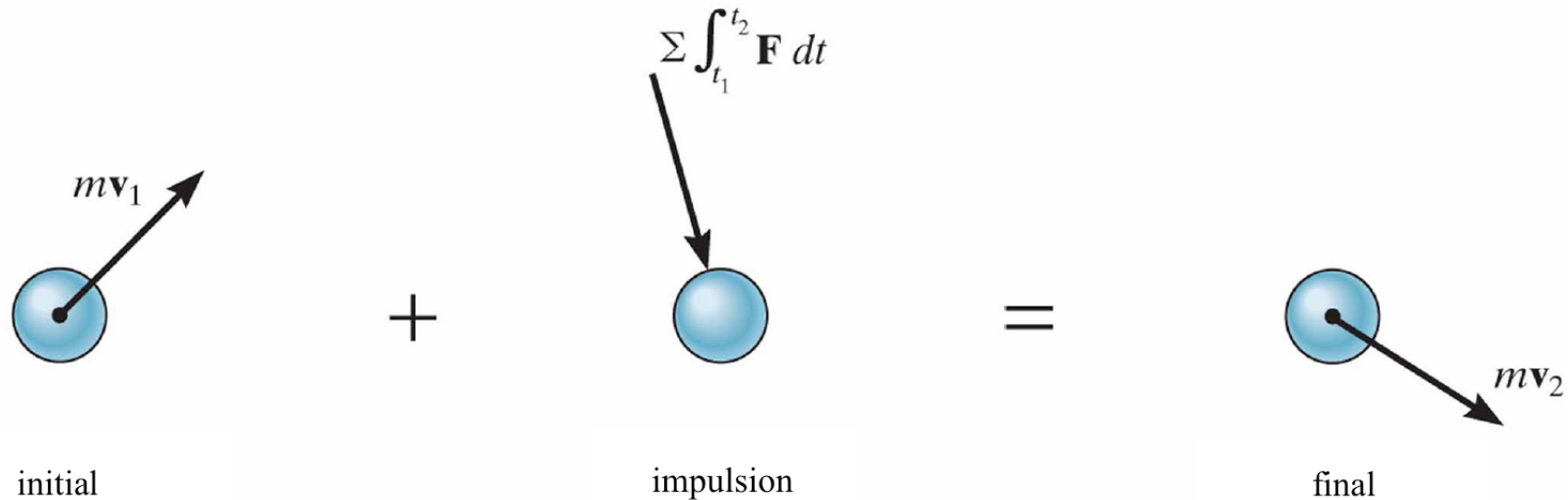
où F_{av} est la force moyenne qui agit sur l' objet.

Théorème de l' impulsion:

$$I = F_{av} \Delta t = \Delta p = p_f - p_i \quad (9-7)$$

Théorème de l'impulsion (= Newton #2)

$$m\vec{v}_1 + \sum_{\text{forces}} \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = m\vec{v}_2$$



Sec. 9-4 Conservation de p

Rappel : Eq. (9-5)

$$\sum \vec{\mathbf{F}} = \frac{\Delta \vec{\mathbf{p}}}{\Delta t}$$

Si la force totale sur un objet est nulle, p est conservée:

$$p_f = p_i \qquad (9-9)$$

Sec. 9-5 Collisions inélastiques

Collision: deux objets se frappent

Si la durée de l'impact est assez courte, nous pouvons négliger la contribution des forces externes.

Collisions inélastiques: $P_f = P_i$ mais $K_f \neq K_i$

Collisions parfaitement inélastiques: les objets restent collés l'un à l'autre après l'impact.

#9.30 modifié. Deux joueurs de hockey de masse 72 kg patinent chacun à 5.45 m/s. Ils entrent en collision et restent collés temporairement. Si l'angle entre leurs directions initiales était de 115° , quelle est leur vitesse commune après la collision?

Droite d'impact, plan de contact, coefficient de restitution

Quand 2 objets, de masses m_1 et m_2 , entrent à collisions avec des vitesses données, le calcul de leurs vitesses après la collision est déterminé par (1) la conservation de la quantité de mouvement et (2) par le *coefficient de restitution* e , qui dépend du matériau dont sont constitués les objets.

Le coefficient e est le rapport de l'impulsion de restitution à l'impulsion de déformation (p.17) et relie les vitesses dans la direction de la droite d'impact (p.18).

Coordonnée x du CM, Eq. (9-15)

$$X_{\text{cm}} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum m x}{M}$$

Coordonnée y du CM, Eq. (9-16)

$$Y_{\text{cm}} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum m y}{M}$$

Vitesse du CM. Eq. (9-17)

$$\vec{V}_{\text{cm}} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum m \vec{v}}{M}$$

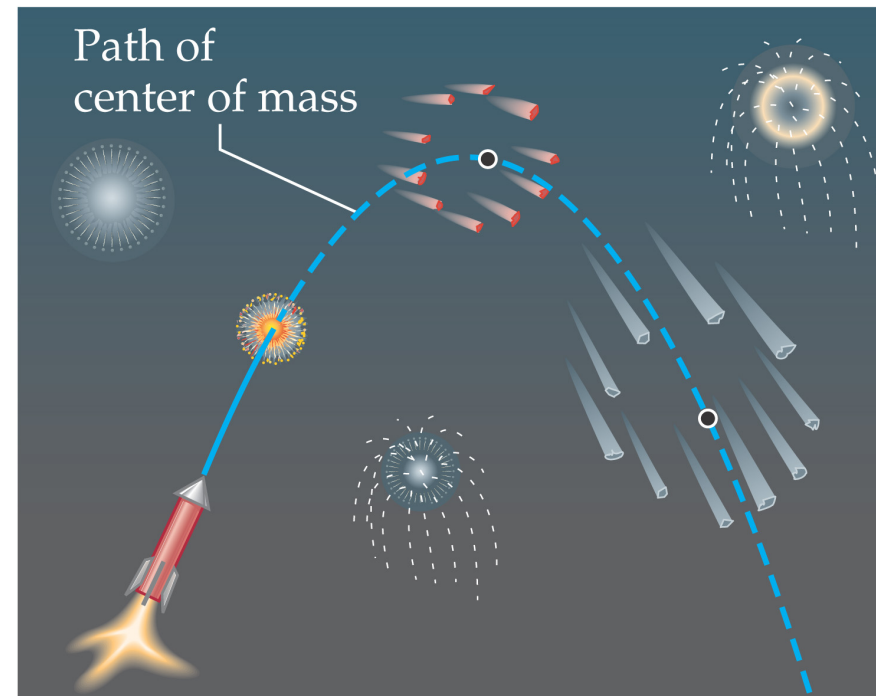
Accélération du CM. Eq. (9-18)

$$\vec{A}_{\text{cm}} = \frac{m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum m \vec{a}}{M}$$

Newton 2 pour un système. Eq. (9-19)

$$M\vec{A}_{\text{CM}} = \sum m_i \vec{a}_i = \sum \vec{F}_i = \vec{F}_{\text{totale}} = \sum \vec{F}_{\text{EXT}}$$

Le CM se comporte
comme un objet de
masse M soumis à la
force $\sum \vec{F}_{\text{EXT}}$



Chapitre 10

Sec 10-1 Position θ , vitesse ω et accélération α angulaires

Sec 10-2 Cinématique de rotation (α constante)

Sec 10-3 Lien entre variables linéaires et angulaires

Sec 10-4 Roulement

Sec 10-5 Moment d'inertie et énergie cinétique de rotation

Sec 10-6 Conservation de l'énergie

Sec. 10-2 Cinématique de rotation (α constante). P. 305

Linear Quantity		Angular Quantity	
x		θ	
v		ω	
a		α	
Linear Equation ($a = \text{constant}$)		Angular Equation ($\alpha = \text{constant}$)	
$v = v_0 + at$	2-7	$\omega = \omega_0 + \alpha t$	10-8
$x = x_0 + \frac{1}{2}(v_0 + v)t$	2-10	$\theta = \theta_0 + \frac{1}{2}(\omega_0 + \omega)t$	10-9
$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	2-11	$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$	10-10
$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	2-12	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$	10-11

Sec. 10-3 Lien entre variables linéaires et angulaires

Le taux de variation de

$$s = r\theta \quad (10-2)$$

par rapport au temps donne la *vitesse tangentielle*

$$v_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r\Delta\theta}{\Delta t} = r\omega \quad (10-12)$$

et, appliqué une deuxième fois, l'*accélération tangentielle*,

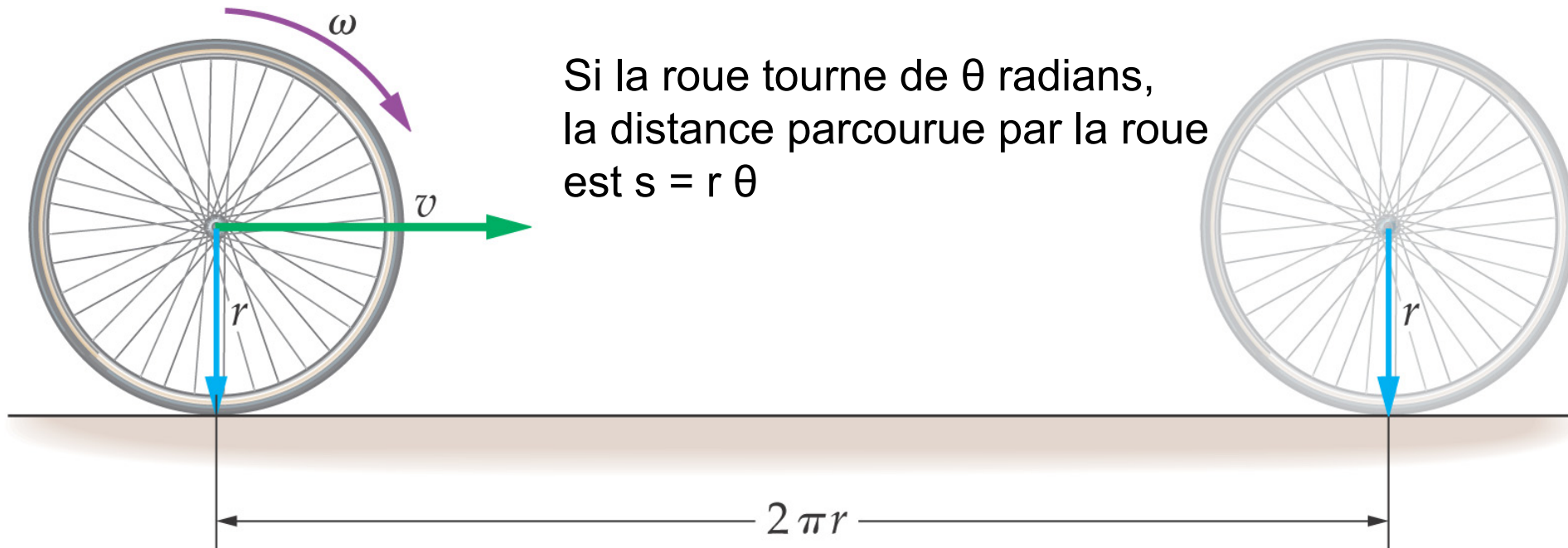
$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r\Delta\omega}{\Delta t} = r\alpha \quad (10-14)$$

Sec. 10-4 Roulement

Quand un objet roule sans glisser, la relation entre sa vitesse angulaire et sa vitesse est

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$v = r\omega = v_t$$



Système de plusieurs masses,

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (10-17)$$

Moment d'inertie

Objets discrets $I = \sum m_i r_i^2 \quad (10-18)$

Objets continus $I = \int r^2 dm = \int r^2 \rho(r) d^3r$

I dépend de la masse, de l'axe de rotation et de la forme de l'objet. r_i est la distance entre la masse m_i et l'axe de rotation.

Sec. 10-6 Conservation de l'énergie

L'énergie cinétique totale est la somme de son énergie cinétique linéaire plus l'énergie cinétique de rotation

$$K = \underbrace{\frac{1}{2}mv^2}_{K_{translation}} + \underbrace{\frac{1}{2}I\omega^2}_{K_{rotation}} \quad (10-19)$$

L'énergie potentielle U d'un objet étendu est déterminée par la position du *centre de masse*.

Chapitre 11

Sec 11-1 Moment de force $\vec{\tau}$ (en anglais, *torque*)

Sec 11-2 Deuxième Loi de Newton – version rotationnelle

Sec 11-3 Équilibre statique

Sec 11-4 Centre de masse et équilibre (omis)

Sec 11-5 Exemples dynamiques

Sec 11-6 Moment cinétique (ou moment angulaire)

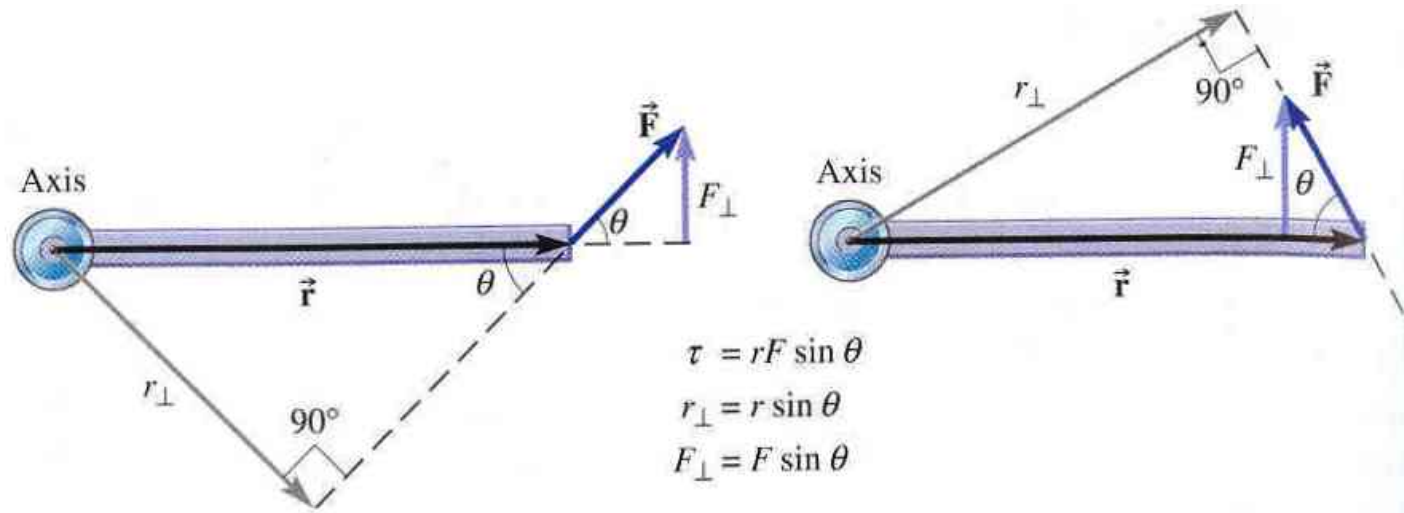
Sec 11-7 Conservation du moment cinétique

Sec 11-8 Travail et puissance de rotation

Bref, vous pouvez utiliser l'une ou l'autre forme,

$$\tau = \begin{cases} r_{\perp} F = (r \sin \theta) F \\ r F_{\perp} = r (F \sin \theta) \end{cases}$$

La valeur de τ sera la même.



Sec. 11-2 Deuxième Loi de Newton rotationnelle

Version rotationnelle de la 2ième Loi de Newton:

$$\sum \tau = I\alpha \quad (11-4)$$

Tableau, P.340

Linear Quantity	Angular Quantity
m	I
a	α
F	τ

Sec. 11-3 Équilibre statique

Un objet est en *équilibre statique* lorsqu' il est au repos, c.-à-d. qu' il ne se déplace pas ($v = 0$) et qu' il ne tourne pas ($\omega = 0$).

Ceci implique

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \quad \text{et} \quad \sum \vec{\tau} = \vec{0}$$

Dans ce cours, nous travaillerons dans le *plan*, où les *conditions d'équilibre statique* prennent la forme:

$$\sum F_x = 0, \quad \sum F_y = 0 \quad (11-5)$$

et

$$\sum \tau_z = 0 \quad (11-6)$$

Le livre n' utilise pas l' indice z dans l' équation (11-6).

Sec. 11-6 Moment cinétique

Le *moment cinétique* d'un objet de moment d'inertie I et de vitesse angulaire ω est un vecteur de grandeur

$$L = I\omega \quad (11-11)$$

et de direction donnée par le pouce, avec les doigts enroulés dans le sens de la rotation.

Unité SI: $\text{kg m}^2/\text{s}$

C'est l'analogue de la quantité de mouvement p .

Autres formes:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

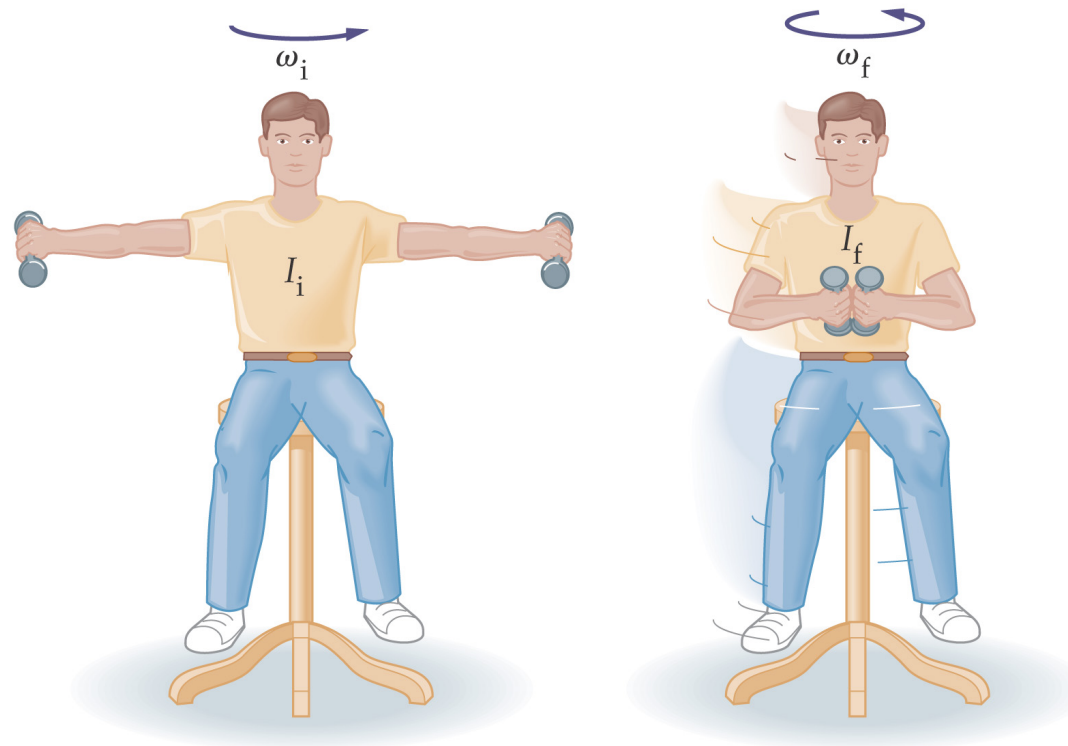
$$L = rp \sin \theta = \begin{cases} (r \sin \theta) p = r_{\perp} p \\ r(p \sin \theta) = r p_{\perp} \end{cases}$$

Analogues au moment de force.

Sec. 11-7 Conservation du moment cinétique

Si $\tau_{\text{total, externe}} = 0$, nous avons **conservation du moment cinétique**

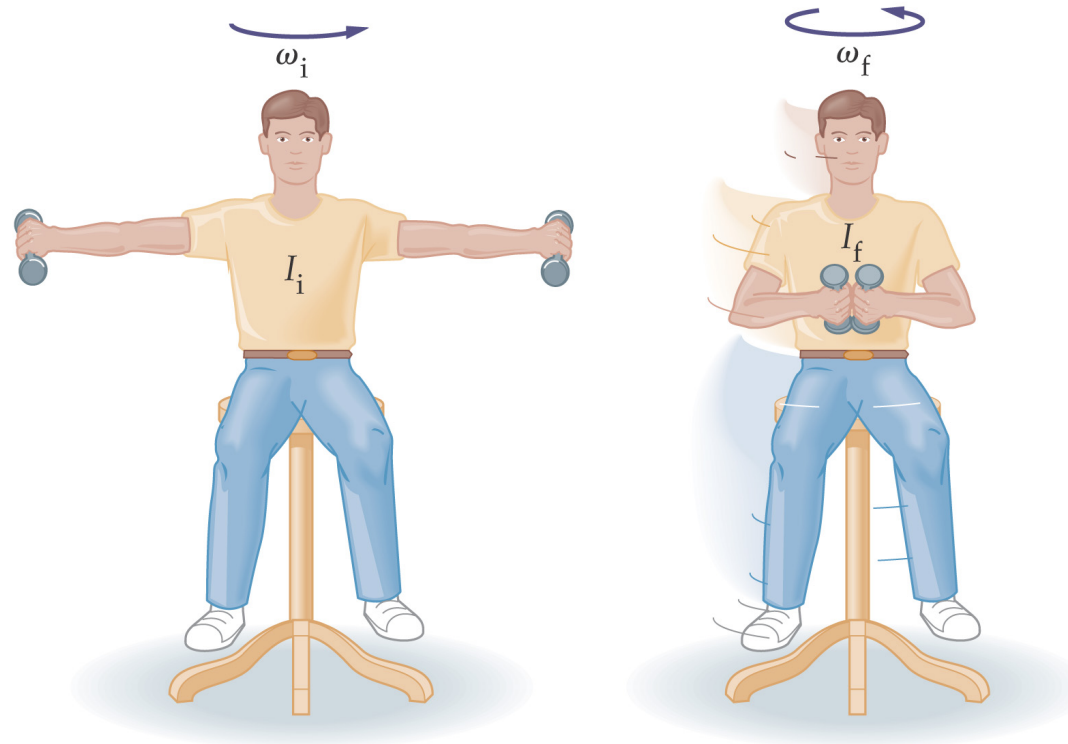
$$L_i = L_f \quad (11-15)$$



Sec. 11-7 Conservation du moment cinétique

Si $\tau_{\text{total, externe}} = 0$, nous avons **conservation du moment cinétique**

$$L_i = L_f \quad (11-15)$$



Chapitre 12

Sec 12-1 Loi universelle de la gravitation de Newton

Sec 12-2 Force gravit. entre objets sphériques

Sec 12-3 ~~Loi de Képler~~— Section omise

Sec 12-4 Énergie potentielle gravitationnelle – Bref

Sec 12-5 Conservation d'énergie – Bref

Sec 12-6 ~~Les marées~~— Section omise

La *force d'attraction gravitationnelle* entre ces deux objets est donnée par la relation

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (12-1)$$

avec la *constante de gravitation universelle*,

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg}^2 \quad (12-2)$$

La force F_{12} , sur 1 par 2, pointe de 1 vers 2: force d'*attraction*.

Exemple. Quelle est la force gravitationnelle entre la Terre ($m_T = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$) et le Soleil ($m_S = 2.00 \times 10^{30} \text{ kg}$), séparés de $1.50 \times 10^8 \text{ km}$?

12-5 Conservation de l'énergie

Énergie mécanique totale d'une particule de masse m , située à distance r du centre de la Terre:

$$E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM_E}{r} \quad (12-10)$$

Plus un objet approche la Terre, plus il va vite. Et quand il s'en éloigne, il ralentit. Typiquement, nous dirons qu'à l'infini, $U = 0$ et $v = 0$, d'où $K = 0$ et $E = 0$.

Chapitre 13

Sec 13-1 Mouvement périodique

Sec 13-2 Oscillateur harmonique simple (OHS)

Sec 13-3 Relation entre l'OHS et le mouvement circulaire uniforme

Sec 13-4 Période et fréquence d'oscillation

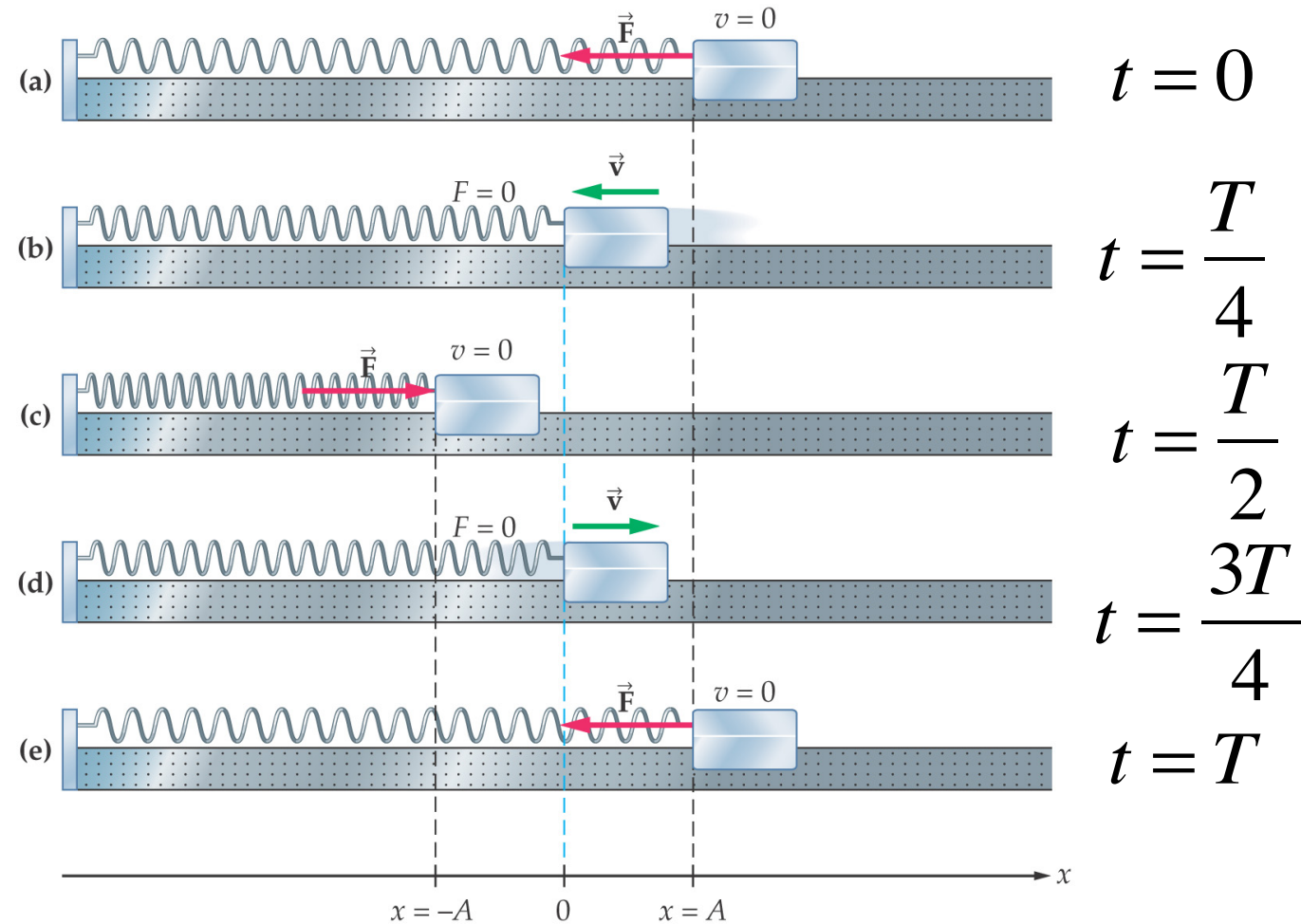
Sec 13-5 Énergie dans un OHS

Sec 13-6 Pendule simple - bref

Sec 13-7 et 13-8 Omises

Force de rappel: $F = -kx$

Fig. 13-3



Sec. 13-3 Relation entre l'OHS et le mouvement circulaire uniforme

Simulation

<http://ngsir.netfirms.com/englishhtm/SpringSHM.htm>

La Fig. 13-5 permet de trouver $x(t)$ par la projection de la position sur l'axe x :

$$\theta = \omega t \quad (13-3)$$

$$x = A \cos \theta = \underbrace{A}_{x_{\max}} \cos(\omega t) \quad (13-4)$$

Sec. 13-3 Relation entre l'OHS et le mouvement circulaire uniforme

Simulation

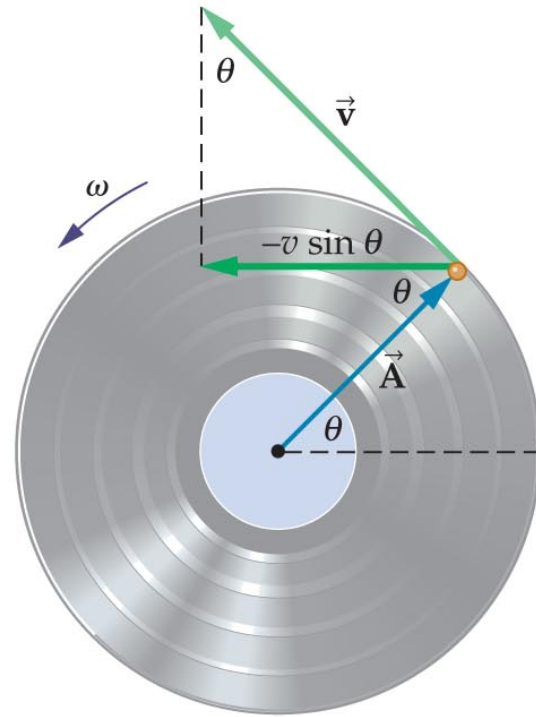
<http://ngsir.netfirms.com/englishhtm/SpringSHM.htm>

La Fig. 13-5 permet de trouver $x(t)$ par la projection de la position sur l'axe x :

$$\theta = \omega t \quad (13-3)$$

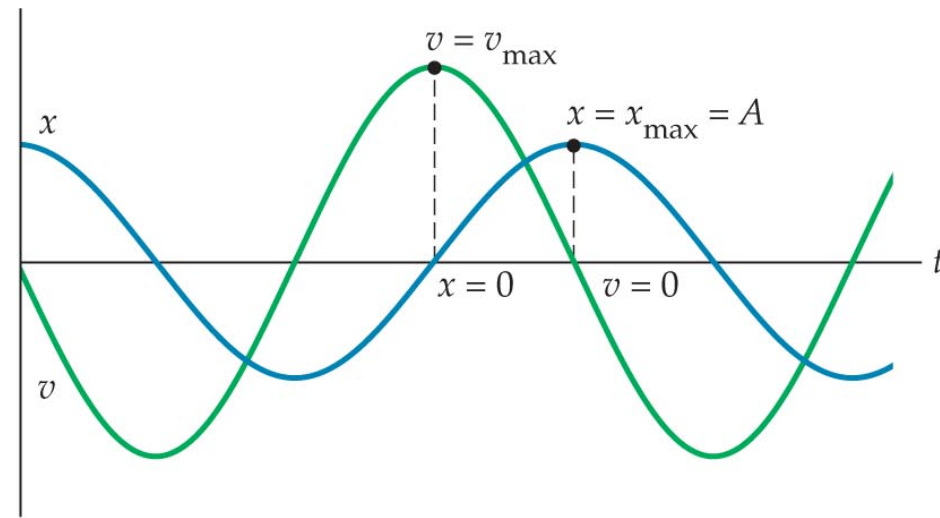
$$x = A \cos \theta = \underbrace{A}_{x_{\max}} \cos(\omega t) \quad (13-4)$$

Fig. 13-9



(a)

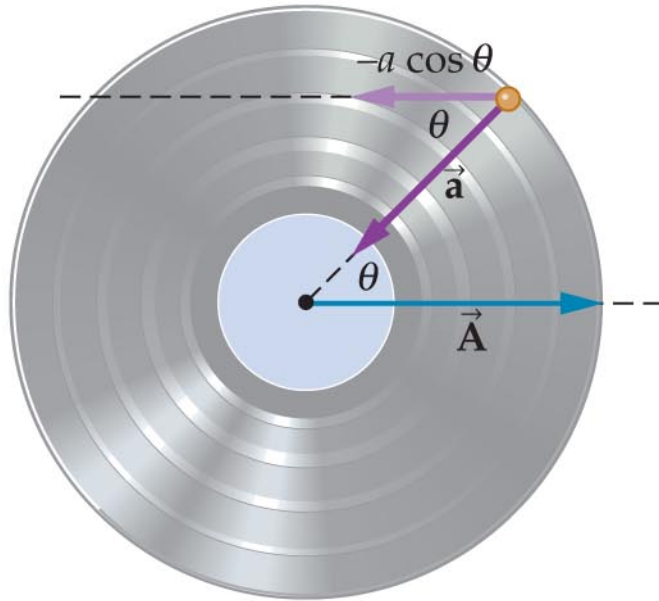
© 2010 Pearson Education, Inc.



(b)

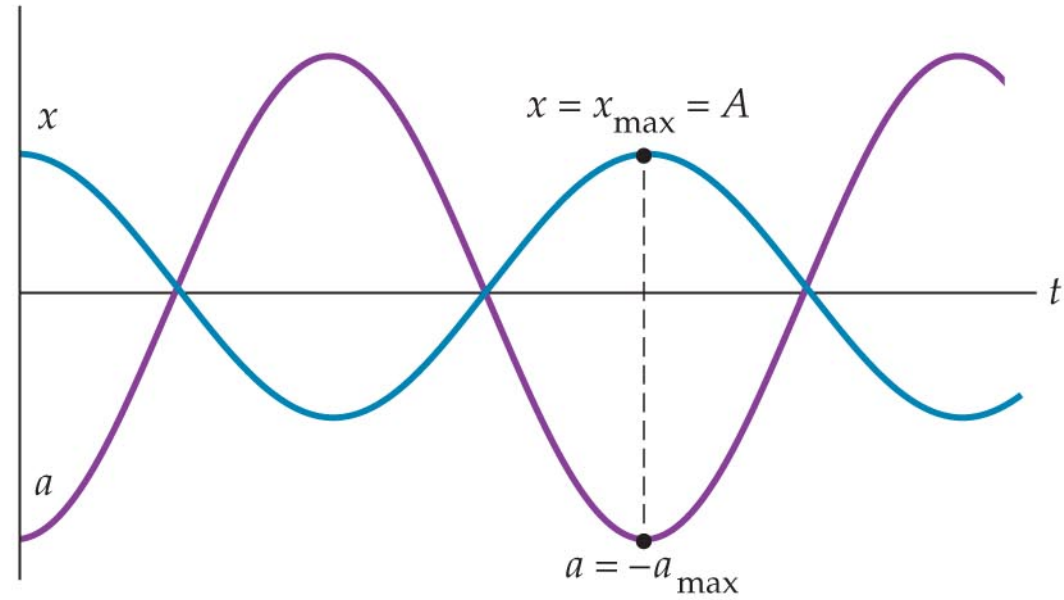
$$v = -\underbrace{A\omega}_{v_{\max}} \sin(\omega t) \quad (13-6)$$

Fig. 13-10



(a)

© 2010 Pearson Education, Inc.



(b)

$$a = -\underbrace{A\omega^2}_{a_{\max}} \cos(\omega t) \quad (13-8)$$

Sec. 13-4 Période et fréquence d'un OHS

De la deuxième loi de Newton, on voit que $ma = -kx$
ce qui mène à

$$m[-A\omega^2 \cos(\omega t)] = -k[A \cos(\omega t)]$$

$$\omega^2 = k/m \qquad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad (13-10)$$

#13.44. Une masse de 0.85 kg est attachée à un ressort de constante 150 N/m et oscille avec une vitesse maximum de 0.35 m/s. Trouvez (a) la période, (b) l'amplitude, et (c) la valeur maximale de l'accélération.

Sec. 13-5 Énergie dans un OHS

L'énergie mécanique totale d'un système masse-ressort est donnée par

$$E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \quad (13-13)$$

Si $v = 0$, alors l'énergie totale est donnée par

$$U_{\max} = \frac{1}{2}kA^2 \quad (13-15)$$

et à $x = 0$, nous obtenons

$$K_{\max} = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = \frac{1}{2}mA^2(k/m) = \frac{1}{2}kA^2 \quad (13-16)$$

$$K_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$$

$$\begin{aligned} T &= 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{(mg/L)}} \\ &= 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \end{aligned} \quad (13-20)$$
$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Remarque: la période ne dépend pas de la masse!

Chapitre 14

Sec 14-1 Types d'ondes

Sec 14-2 Ondes sur une corde

Sec 14-3 Fonctions d'ondes (omis, pas au programme)

Sec 14-4 Ondes sonores

Sec 14-5 Intensité

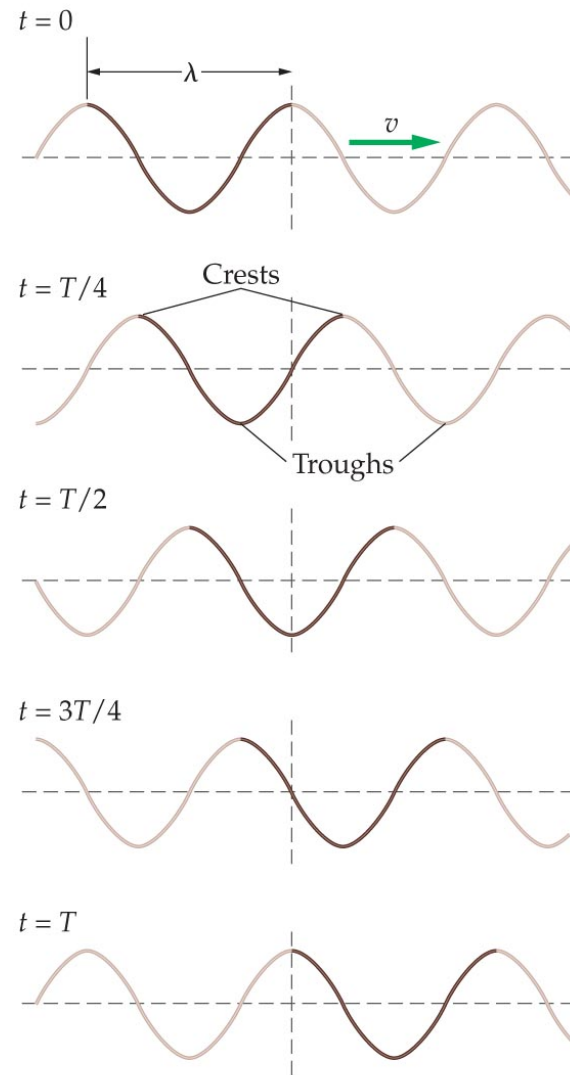
Sec 14-6 Effet Doppler (omis, pas au programme)

Sec 14-7 Superposition et interférence

Sec 14-8 Ondes stationnaires

Sec 14-9 Battements (omis, pas au programme)

Fig. 14-7



© 2010 Pearson Education, Inc.

$$v = \frac{\text{distance}}{\text{temps}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \quad (14-1)$$

Sec. 14-2 Ondes sur une corde

P. 460 *Densité linéique de masse* $\mu = \frac{m}{L}$ (en kg/m)

Vitesse d'une onde sur une corde

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (14-2)$$

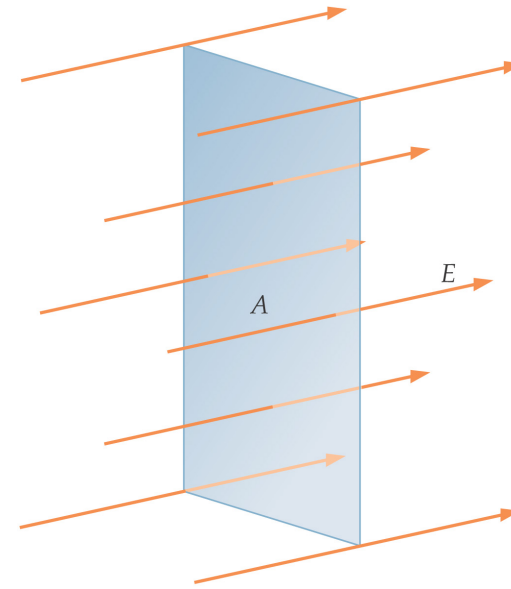
F est la tension dans la corde.

Sec. 14-5 Intensité sonore

Intensité = énergie par unité de surface par unité de temps

$$I = \frac{E}{At} = \frac{P}{A} \text{ (en W/m}^2\text{)} \quad (14-5)$$

À une distance r d'une source ponctuelle, A est la surface d'une sphère, et $I = \frac{P}{4\pi r^2}$



Niveau d'intensité sonore, décibels = une autre façon d'exprimer l'intensité sonore

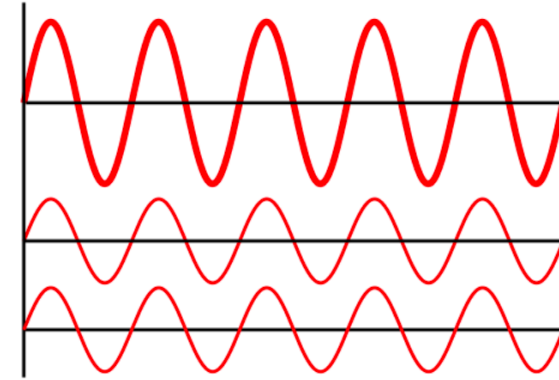
$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{en décibels (dB), avec } I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Si on connaît β , on a la relation réciproque $I = I_0 \cdot 10^{\frac{\beta}{10}}$

Exemple Si une personne entend deux sources, dont les intensités individuelles sont 82 dB et 84 dB, quelle est l'intensité totale? (Ça n'est pas 82 + 84 dB...)

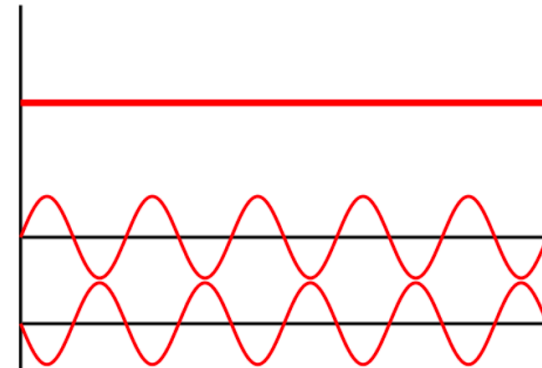
Interférence constructive

$$\Delta d = 0, \lambda, 2\lambda, \dots, m\lambda, \dots$$



Interférence destructive

$$\Delta d = \lambda / 2, 3\lambda / 2, \dots, (m + 1/2)\lambda, \dots$$

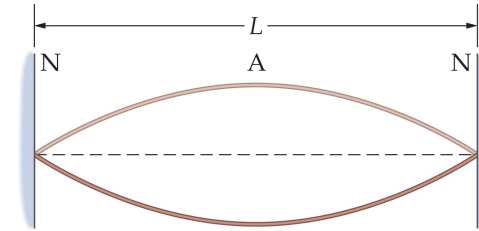


Δd est la différence de parcours entre les deux ondes.

Sec. 14-8 Ondes stationnaires

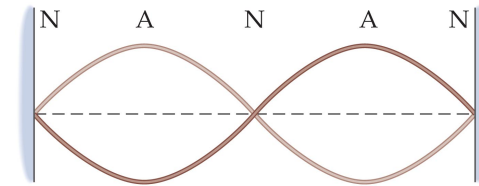
Sur une corde Fig. 14-30

Mode $n = 1$ $\lambda_1 = \frac{2L}{1}$



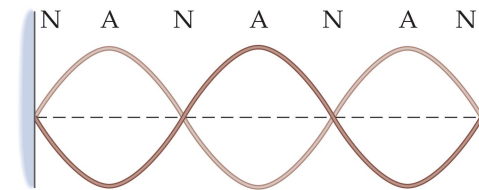
(a) First harmonic (fundamental)

Mode $n = 2$ $\lambda_2 = \frac{2L}{2}$



(b) Second harmonic

Mode $n = 3$ $\lambda_3 = \frac{2L}{3}$



(c) Third harmonic

Tuyaux ouverts

$$\lambda_1 = 2L$$

$$f_1 = v/2L$$

$$\lambda_2 = 2L/2$$

$$f_2 = 2v/2L$$

$$\lambda_3 = 2L/3$$

$$f_3 = 3v/2L$$

$$\lambda_n = 2L/n$$

$$f_n = nv/2L = n f_1 \quad (14-15)$$

$(n = 1, 2, 3, \dots)$

Tuyaux fermés

$$\lambda_1 = 4L$$

$$f_1 = v/4L$$

$$\lambda_2 \text{ non défini}$$

$$f_2 \text{ non défini}$$

$$\lambda_3 = 4L/3$$

$$f_3 = 3v/4L$$

$$\lambda_n = 4L/n$$

(n impair)

$$f_4 \text{ non défini}$$

$$f_5 = 5v/4L$$

$$f_n = nv/4L = n f_1 \quad (14-14)$$

(n = 1, 3, 5, ...)

Chapitre 28

Rappel Chap 25 Ondes électromagnétiques

Sec. 28-1 Superposition et interférence

Sec. 28-2 Expérience de Young

Sec. 28-3 Interférence et réflexion (Omis)

Sec. 28-4 Diffraction

Sec. 28-5 Résolution (Omis)

Sec. 28-6 Réseaux de diffraction (Omis)

Interférence constructive

$$\begin{aligned}d \sin \theta &= m\lambda & m &= 0, \pm 1, \pm 2, \dots & (28-1) \\&= 0, \pm\lambda, \pm 2\lambda, \pm 3\lambda, \dots\end{aligned}$$

Interférence destructive

$$\begin{aligned}d \sin \theta &= \left(m - \frac{1}{2} \right) \lambda & m &= 0, \pm 1, \pm 2, \dots & (28-2) \\&= \pm \frac{\lambda}{2}, \pm \frac{3\lambda}{2}, \pm \frac{5\lambda}{2}, \dots\end{aligned}$$

Fig. 28-9 montre que

$$y = L \tan \theta \quad (28-3)$$

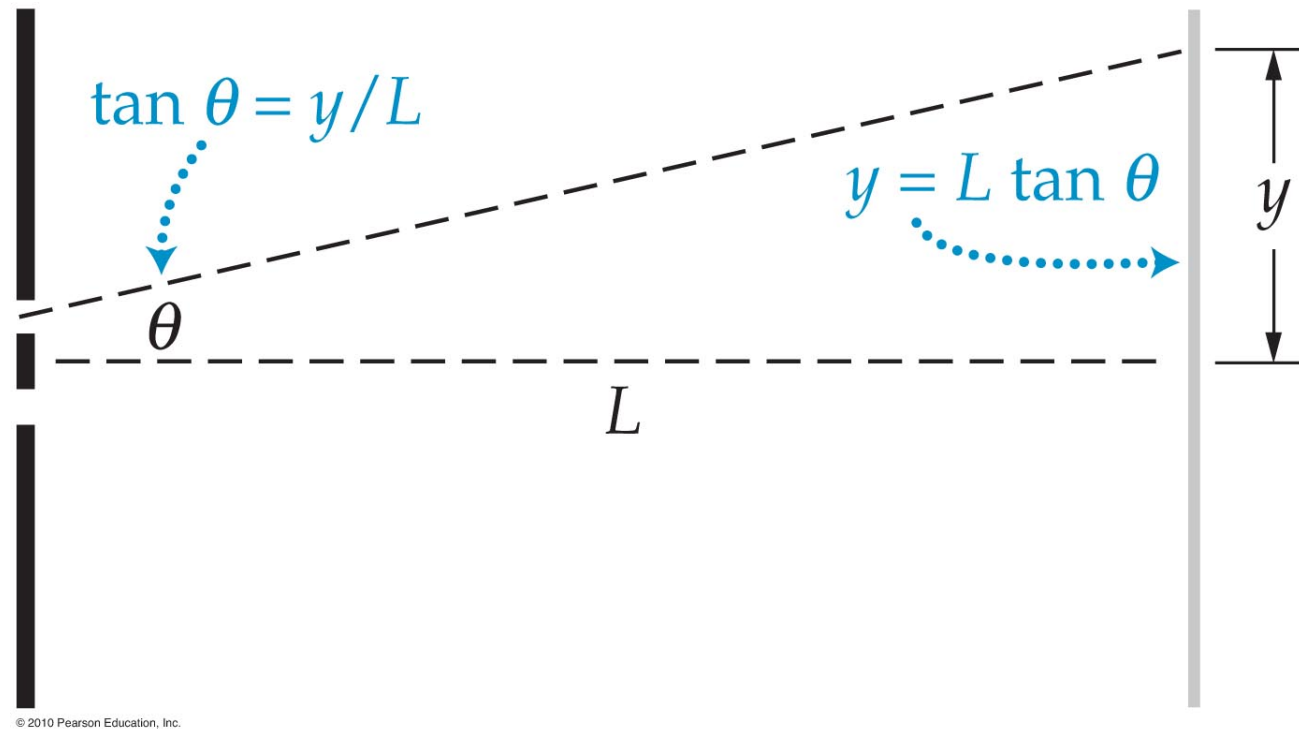
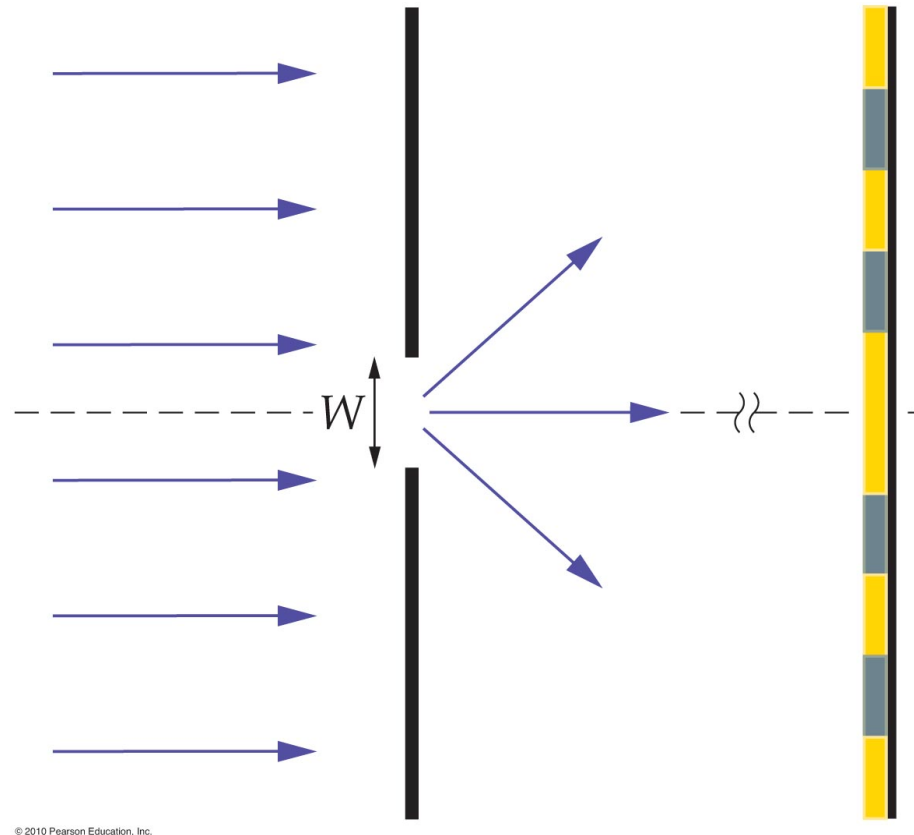


Fig. 28-24



Position des franges sombres

$$W \sin \theta = m\lambda \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (28-12)$$

Chapitre 30

Intro – physique quantique en 5 minutes

Sec. 30-1 Corps noir et quantification de l'énergie

Sec. 30-2 Photons, effet photoélectrique

Sec. 30-3 (Dynamique du photon) Omis

Sec. 30-4 (Effet Compton) Omis

Sec. 30-5 Dualité onde-corpuscule

Sec. 30-6 Principe de Heisenberg

Sec. 30-7 (Effet tunnel)Omis

Caractéristiques de la courbe

1. Maximum à (*Loi de Wien*)

$$\lambda_m \text{ (nm)} = 2.8972 \times 10^6 \text{ nm} \cdot \text{K} \left(\frac{1}{T \text{ (K)}} \right)$$

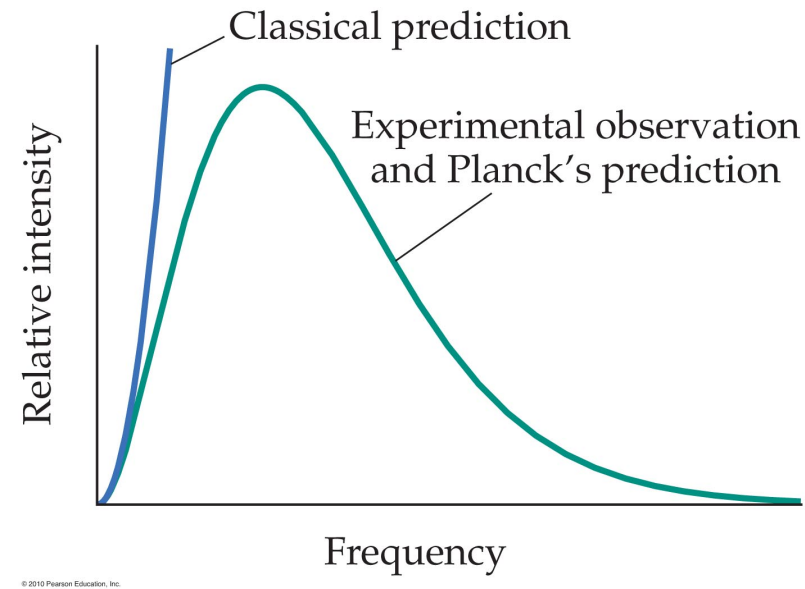
Exemples (a) Le soleil a $T = 6000 \text{ K}$, donc $\lambda_m = 485 \text{ nm}$, qui est au centre du spectre em: toutes les longueurs d'onde à peu près égales, d'où la lumière blanche. (b) Si $T = 2000 \text{ K}$, $\lambda_m = 1450 \text{ nm}$ est dans l'infrarouge. Donc, la longueur d'onde *visible* est surtout dans le rouge.

2. *Loi de Stefan*

$$I(T) = \sigma T^4, \quad \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4}$$

Donne l'*aire totale* sous la courbe (en W/m^2).

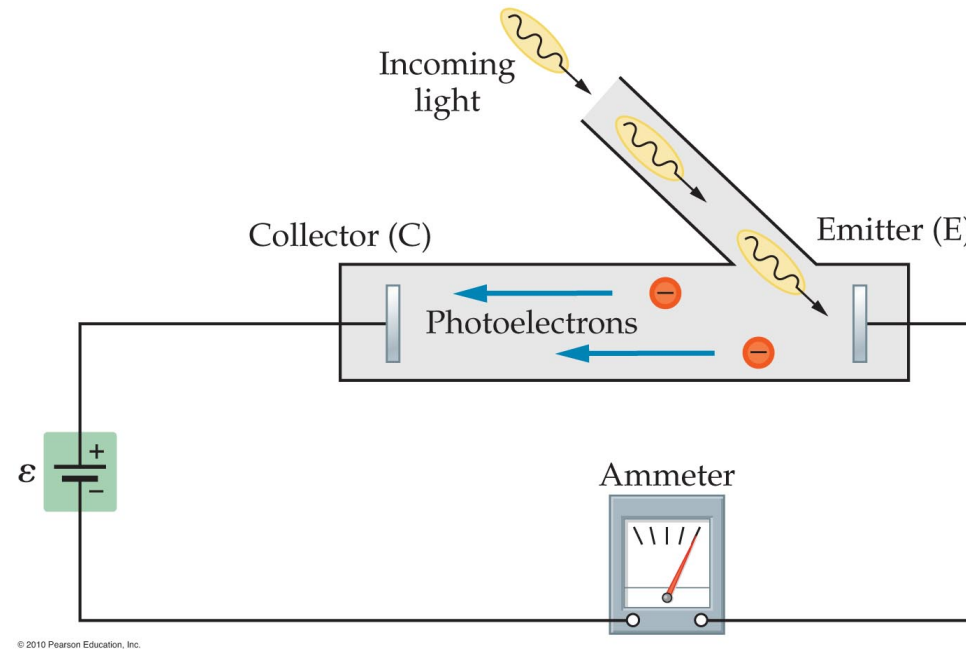
Fig. 30-4. Catastrophe ultraviolette.



$$E_n = nhf \quad (30-2)$$

Constante de Planck $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (30-3)

Fig. 30-6



$$K_{\max} = hf - W_0 \quad (30-7)$$

Fréquence de coupure (donnée par $K = 0$)

$$f_0 = \frac{W_0}{h}$$

Sections 30-5 Hypothèse de de Broglie, dualité onde-corpuscule

Longueur d'onde de de Broglie

$$\lambda = h/p \quad (30-16)$$

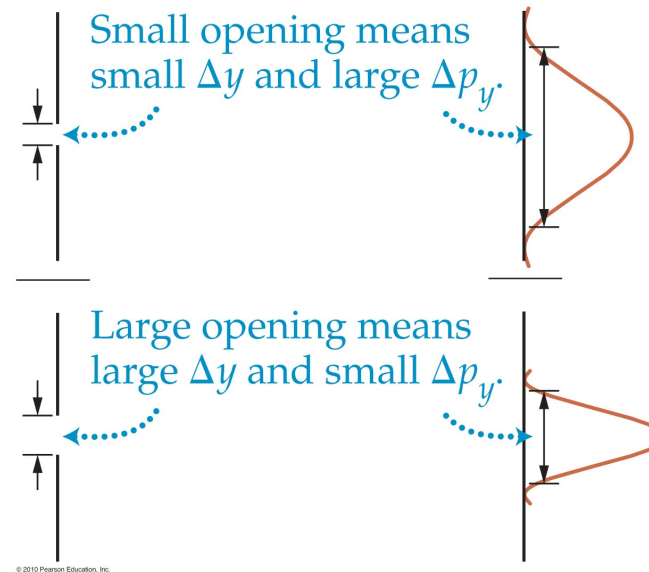
Les électrons peuvent être diffractés comme des ondes.

#30.63. Quelle v doit avoir un neutron pour que $\lambda = 0.282$ nm (la distance interionique de sel de table)?

#30.64 modifié. Un coureur de 79 kg a $v = 4.2$ m/s. $\lambda = ?$

Section 30-6 Principe de Heisenberg

Fig. 30-19



$$\Delta y \Delta p \geq \hbar \quad (30-19)$$

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar \quad (30-20)$$