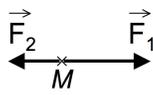


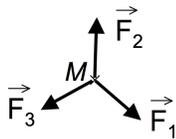
L2 Préservation des Biens Culturels
MÉCANIQUE : Travaux dirigés

1 Composition et projection des forces

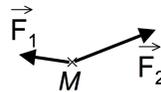
1. Dessiner la résultante des forces qui s'exercent au point M dans les cas suivants.



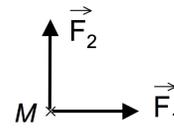
(a)



(b)

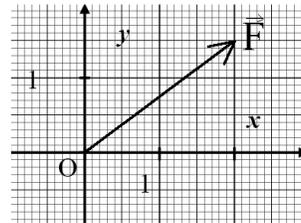


(c)



(d)

2. On considère un repère cartésien (Ox, Oy) . Projeter la force \vec{F} dessinée ci-dessous sur les axes Ox et Oy et donner la valeur numérique des coordonnées de \vec{F} .



2 Lois de Newton

On considère les quatre cas schématisés à la première question de l'exercice précédent ; l'objet ponctuel placé au point M possède une masse m . Le mouvement de M sous l'effet de $\sum \vec{F}$ est-il accéléré ?

3 Chute des corps

1. Calculer le poids d'un objet de plomb de masse $m_1 = 55 \text{ kg}$ (on donne $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$).
2. Cet objet tombe dans le vide sans vitesse initiale sous l'effet de son propre poids (note : "dans le vide" signifie qu'il n'y a pas de résistance du milieu à la chute, par exemple pas de frottement de l'air). Quelle est son accélération \vec{a}_1 ? Quelle est l'accélération \vec{a}_2 d'une plume de $m_2 = 1 \text{ g}$ qui tombe dans le vide dans les mêmes conditions ?
3. Quelles sont les vitesses de l'objet de plomb et de la plume après une chute d'une seconde ?

4 Frottement solide

Un objet posé sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale se met à glisser lorsque α atteint une limite α_{max} . Montrer que le coefficient de frottement solide est : $\mu_s = \tan(\alpha_{max})$.
Application numérique : calculer μ_s lorsque $\alpha_{max} : 35^\circ$.

5 Pression

Une statuette a été brisée en deux morceaux ; la tête (de masse $m = 1$ kg) est séparée du corps (de masse $M = 5$ kg) et la surface de la partie cassée (le cou) est $S = 10 \text{ cm}^2$.

1. Calculer la pression exercée sur le cou lorsqu'on pose la tête sur le corps. (On donne $g \simeq 10 \text{ m.s}^{-2}$).
2. On recolle les morceaux à l'aide d'une colle pouvant supporter une traction maximale de 10 N.mm^{-2} . Peut-on soulever la statuette par la tête sans risque de décollement ?

6 Travail et pression

Montrer que le travail exercé par les forces de pression atmosphériques lorsqu'un corps voit son volume passer de V_1 à V_2 est : $W = -P_0(V_2 - V_1)$, où P_0 est la pression atmosphérique.

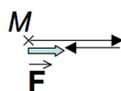
7 Energie

A quelle hauteur peut-on élever un objet de 1 gramme en dépensant une énergie égale à une calorie ?

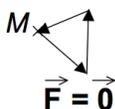
L2 Préservation des Biens Culturels
MÉCANIQUE : Travaux dirigés – CORRIGÉ

1 Composition et projection des forces

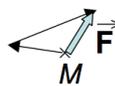
1. La résultante \vec{F} est :



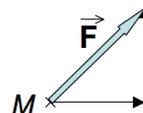
(a)



(b)

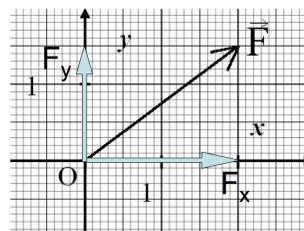


(c)



(d)

2. On a : $F_x = 2 \text{ N}$ et $F_y = 1,5 \text{ N}$.



2 Lois de Newton

D'après la seconde loi de Newton (loi fondamentale de la dynamique) : $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ où \vec{a} est l'accélération du centre de masse de l'objet sur lequel les forces sont appliquées. Donc l'objet est accéléré dans le cas (a), (c) et (d), et il n'est pas accéléré dans le cas (b) où $\sum \vec{F} = \vec{0}$.

3 Chute des corps

1. Poids $P = m_1g = 55 \times 9,81 = 539,55 \text{ N}$.

2. D'après la seconde loi de Newton : $\sum \vec{F} = m\vec{a}_1$;

or $\sum \vec{F} = m\vec{g}$ car seul le poids s'exerce sur l'objet considéré.

Donc $\vec{a}_1 = \vec{g}$: l'accélération de l'objet est égale à l'accélération de la pesanteur.

Comme cette accélération ne dépend pas de la masse de l'objet, on a également $\vec{a}_2 = \vec{g}$.

→ Dans le vide, une plume de 1g tombe avec la même accélération qu'un objet de plomb de 55 kg.

3. L'accélération est une vitesse divisée par un temps :

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, où Δv est la variation de vitesse de l'objet pendant le temps Δt .

$$\rightarrow \Delta v_1 = a_1 \Delta t$$

$$\Delta v_1 = g \Delta t$$

$$\Delta v_1 = 9,81 \times 1$$

$$\Delta v_1 = 9,81 \text{ m.s}^{-1}.$$

De même : $\Delta v_2 = a_2 \Delta t = g \Delta t = 9,81 \text{ m.s}^{-1}$.

4 Pression

1. La pression est égale au poids de la tête divisée par la surface du cou :

$$P_{tete} = \frac{mg}{S}.$$

Application numérique : $P_{tete} \simeq \frac{1 \times 10}{10 \cdot 10^{-4}} = 10^4 \text{ Pa}$.

2. Lorsqu'on soulève la statuette par la tête, le corps de la statuette exerce sur le cou une pression

$$P_{corps} = \frac{Mg}{S} \simeq \frac{5 \times 10}{10 \cdot 10^{-4}} = 5 \cdot 10^4 \text{ Pa}.$$

$$\text{Or } 5 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 5 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-2} = \frac{5 \cdot 10^4}{(10^3)^2} \text{ N.mm}^{-2} = \frac{5 \cdot 10^4}{10^{3 \times 2}} \text{ N.mm}^{-2} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ N.mm}^{-2}.$$

Cette pression est bien inférieure à la traction maximale que la colle peut supporter, donc il n'y a pas de risque de décollement.

L2 Préservation des Biens Culturels
TEMPÉRATURE ET CHALEUR : Travaux dirigés

Exercice 1

Pour vaporiser 125 g d'un solvant (acétate d'éthyle) il faut fournir $1,1 \cdot 10^4$ cal. Quelle est sa chaleur latente de vaporisation ?

Exercice 2

Dans un récipient thermiquement isolé et de capacité calorifique négligeable¹ (= un calorimètre) on mélange une masse m_1 d'éthanol à la température θ_1 et une masse m_2 d'eau à la température θ_2 .

1. Exprimer en fonction de m_1 , m_2 , θ_1 , θ_2 et des chaleurs massiques de l'éthanol c_1 et de l'eau et c_2 la quantité de chaleur Q_1 reçue par l'éthanol, celle Q_2 reçue par l'eau et la température finale du mélange θ_f .
2. On donne $m_1 = 10$ g, $m_2 = 90$ g, $\theta_1 = 0^\circ\text{C}$, $\theta_2 = 20^\circ\text{C}$, $c_1 = 0,6$ cal.g⁻¹.K⁻¹ et $c_2 = 1$ cal.g⁻¹.K⁻¹. Calculer θ_f .
3. Calculer Q_1 et Q_2 .

Exercice 3

Dans un calorimètre on mélange 100 g d'eau à 0°C et 700 g d'eau à 24°C . Quelle est la température finale du mélange ?

Exercice 4

Dans un calorimètre on mélange 100 g de glace à 0°C et 700 g d'eau à 24°C . Quelle est la température finale du mélange ?

On donne $c = 1$ cal.g⁻¹.K⁻¹ et $L_f = 80$ cal.g⁻¹.

¹"Thermiquement isolé" signifie que le récipient n'échange pas de chaleur avec le milieu extérieur ; "capacité calorifique négligeable" implique que le récipient n'échange pas de chaleur avec le mélange.

L2 Préservation des Biens Culturels
CHANGEMENTS D'ÉTAT : Travaux dirigés

Exercice 1

Quelle masse maximum de vapeur d'eau 1 m³ d'air peut-il contenir à 0°C ? 20°C ? 40°C ?
On donne $M = 18.10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$, $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et $1 \text{ mm Hg} = 133 \text{ Pa}$.

Exercice 2

Si $HR = 30 \%$ à 0°C, quelle sera sa valeur à 20 °C ? (On donne en annexe la table de l'humidité absolue et de la pression de vapeur saturante de l'eau en fonction de la température).

Exercice 3

Connaissant $HA_{max} = 6,36 \text{ g.m}^{-3}$ à 4°C, quelle est l' HR à 4 °C sachant qu'elle est de 37 % à 20 °C ?

Exercice 4

D'après la table donnée en annexe on a :

θ (°C)	25	30	35
HA_{max} (g.m ⁻³)	23,1	30,4	39,6

Sachant que l'humidité relative de l'air à 35 °C est $HR = 58 \%$,

1. Quelle est l' HA de l'air à 35 °C ?
2. Quelle sera l' HA de l'air à 30 °C ? A 25 °C ?

Exercice 5

On dépose une masse $m = 0,1 \text{ g}$ d'éther sur une surface de masse $m' = 2\text{g}$. L'éther s'évapore entièrement.

1. Quelle quantité de chaleur Q consomme l'évaporation ? (On donne $L_v = 86 \text{ cal.g}^{-1}$)
2. Quel est le refroidissement de la surface si celle-ci est
 - le creux de la main ($c = 1 \text{ cal.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$) ?
 - du verre ($c = 0,2 \text{ cal.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$) ?

On suppose que la chaleur mise en jeu est intégralement fournie par la surface.

VAPEUR D'EAU SATURANTE

Θ (°C)	H _{Amax} (g/m ³)	p _s (mm Hg)
0	4,85	4,59
1	5,19	4,93
2	5,56	5,30
3	5,95	5,69
4	6,36	6,10
5	6,80	6,55
6	7,26	7,02
7	7,75	7,52
8	8,27	8,05
9	8,82	8,61
10	9,40	9,21
11	10,0	9,85
12	10,7	10,5
13	11,3	11,2
14	12,1	12,0
15	12,8	12,8
16	13,6	13,6
17	14,5	14,5
18	15,4	15,5
19	16,3	16,5
20	17,3	17,5
21	18,3	18,7
22	19,4	19,8
23	20,6	21,1
24	21,8	22,4
25	23,1	23,8
26	24,4	25,2
27	25,8	26,8
28	27,2	28,4
29	28,8	30,1
30	30,4	31,8
31	32,1	33,7
32	33,8	35,7
33	35,7	37,8
34	37,6	39,9
35	39,6	42,2
36	41,8	44,6
37	44,0	47,1
38	46,3	49,7
39	48,7	52,5
40	51,2	55,4
60	130	150
80	293	355
100	598	760

L2 Préservation des Biens Culturels

LIQUIDES : Travaux dirigés

1 Liquides au repos

Exercice 1

À quelle hauteur monte l'eau dans un tube de verre cylindrique de rayon 0,1 mm ? Même question pour un tube de 10 μm de rayon, et pour un tube de 1 mm de rayon.

On donne $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $\gamma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et on suppose que l'eau mouille totalement le verre.

Exercice 2

On fractionne une goutte d'eau sphérique de rayon $r_1 = 1 \text{ mm}$ en N gouttes sphériques de rayon $r_2 = 1 \mu\text{m}$.

1. Calculer N .
2. Montrer que la surface du liquide a été multipliée par 1000.
3. Quel a été le travail nécessaire pour fractionner la goutte ?

On donne la tension superficielle de l'eau $\gamma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

2 Liquides en mouvement

Vitesse de chute dans des suspensions

On considère une sphère de rayon r et de masse volumique ρ_1 tombant à la vitesse v dans un milieu de viscosité η et de masse volumique ρ_2 . Sachant que la force de freinage F (due à la viscosité) s'exerçant sur la sphère est $F = 6\pi\eta r v$ (formule de Stokes), on peut en déduire la vitesse maximum de chute, également appelée vitesse limite v_l :

$$v_l = \frac{2r^2 (\rho_2 - \rho_1) g}{9\eta}$$

où g est l'accélération de la pesanteur.

1. Calculer la vitesse limite dans l'eau de gouttes d'eau de diamètre 1 μm ; 10 μm .
2. Même question pour des particules solides dans de l'eau.

On donne :

$$\rho_{\text{air}} = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, \rho_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, \rho_{\text{particules}} = 3 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3},$$

$$\eta_{\text{air}} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}, \eta_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ et}$$

$$g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$