

4-1 Une petite boule de plomb tombe sur le sol d'une hauteur de 40 m. Si toute la chaleur développée par le choc est prise par la boule, quelle est l'élévation de température qu'elle subit.

Solution

En conformité avec le principe de la conservation de l'énergie, on peut poser que l'énergie potentiel mécanique est entièrement convertie en chaleur absorbée par la boule. On écrit l'équation et détermine l'élévation de la température en fonction des autres paramètres : ($c_{Pb} = 130[\frac{J}{kgK}]$)

$$E_{pot} = mgh = \Delta Q = mc_{Pb}\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{mgh}{mc_{Pb}} = 3.02 [^{\circ}K]$$

4-2 Quelle est l'élévation de température subie par une pièce de fer qui arrive à une vitesse de 200m/s contre un mur ? On suppose que la moitié de la chaleur est communiquée à la pièce.

Solution Comme pour l'exercice précédent, ici l'énergie cinétique est convertie en chaleur dont une moitié est transmise à la pièce avec élévation de la température et l'autre perdue dans l'environnement, c'est à dire que la moitié de l'énergie cinétique est convertie en chaleur transférée à la pièce, on écrit : ($c_{Fe} = 460[\frac{J}{kgK}]$)

$$\frac{1}{2}E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2 = \Delta Q = mc_{Fe}\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{1}{4}\frac{mv^2}{mc_{Fe}} = 21.74 [^{\circ}K]$$

4-3 Un cycliste descend un col de montagne. Estimer la quantité de chaleur communiquée au milieu ambiant durant la descente et calculer la quantité d'eau qui pourrait être chauffée de 0° à 100°C avec la chaleur dégagée.

Solution

Considérons les forces en jeu ; nous avons la gravitation, la force de propulsion du système cycliste-vélo c-v qui a une orientation plus ou moins horizontale et les forces de frottement. La projection perpendiculaire de la gravitation au plan de la pente a pour opposée les forces de la réaction du sol et la projection de la propulsion, et les projections parallèles au plan sont opposées aux forces de frottements. La chaleur communiquée à l'environnement se fait par le biais des forces de frottement sur le sol, contre l'air et par le frottement interne des muscles et tissus, réactions métaboliques du cycliste. On n'a pas de données précises relatives à ces forces, il vaut mieux analyser le problème sous l'aspect des énergies mécaniques. On fait d'abord la supposition que le binôme c-v n'exerce pas de force de propulsion, il se laisse descendre sous l'effet de la gravité. Il démarre à une vitesse nulle et son énergie potentielle est convertie avec descente en chaleur et en énergie cinétique puisque quelque soit le point où il arrive il a une vitesse non négligeable (et constante, les forces de frottement s'opposent à une accélération). On se retrouve alors dans une situation simplifiée et l'on peut calculer la masse d'eau chauffée en posant simplement l'équation d'équilibre. Avec de simples données relevées ou mesurées p. ex. M cycliste-vélo 100 kg sur d= 1km avec une pente de 30° et arrivant une vitesse de 10 m/s on a :

$$E_{Tot} - E_{cin} = mgh - \frac{1}{2}mv^2 = \Delta Q_{eau} = m_e c_e \Delta T \Rightarrow$$

$$mgd \sin(\alpha) - \frac{1}{2}mv^2 = m_e c_e \Delta T \Rightarrow$$

$$m_e = \frac{M(g * d * \sin(30) - \frac{1}{2}v^2)}{c_e * \Delta T} = 1.16[kg]$$

Remarque : si on choisit $v = 100 \text{ m/s}$, càd $v = \sqrt{2gh}$, on a toute l'énergie potentielle qui est convertie en énergie cinétique. On est parti de l'hypothèse que l'on ne pouvait estimer les forces de frottement, toutefois on peut essayer d'évaluer celles-ci, en considérant les forces de frottement de glissement des pneus et celle du glissement turbulent du système c-v dans l'air, on a (prenons pour coefficient de glissement μ sur route de qualité 0.008, un coefficient C de forme de 1 et une surface d'obstacle de 0.5 m^2) :

$$Mg * \cos(\alpha) = F_n = \frac{F_t}{\mu} \Rightarrow F_t = Mg \sin(\alpha) * \mu = 3.92[N]$$

$$F_{air} = \frac{1}{2}C S \rho v^2 = 32[N]$$

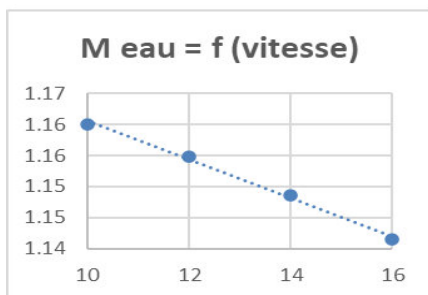
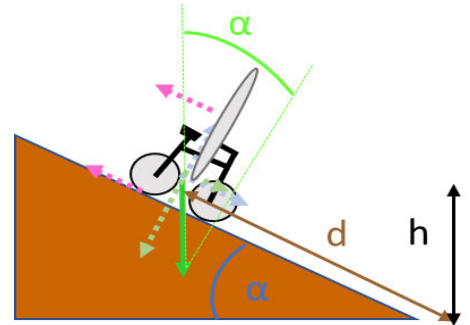
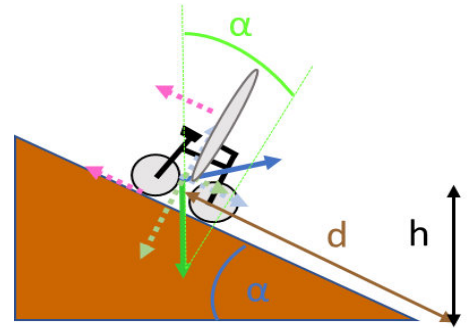
Le travail de frottement sur 1 km vaut donc :

$$F_f * d \approx 36 * 1000[J] = 36[kJ]$$

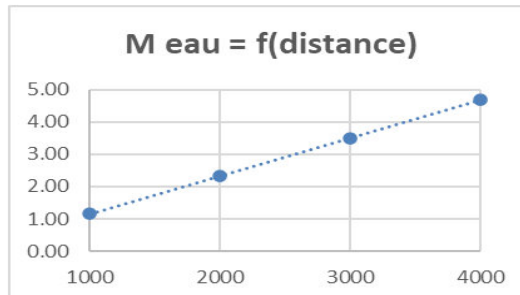
La perte d'énergie en chaleur est plus de 10x plus grande : $m_e c_e \Delta T = 1.16 * 4185 * 100[J] = 485[kJ]$

On voit que le calcul à partir des forces ne donne pas un résultat satisfaisant, d'abord la vitesse limite a été posé de manière arbitraire et les forces de frottement ne sont pas précises et n'ont pas toutes été prise en considération, notamment les roulements..etc. Mais, pour que cette équivalence soit concordante, il faudrait que la vitesse du mobile soit d'environ 40 m/s, càd 144 km/h, ce qui confirme bien ces incohérences.

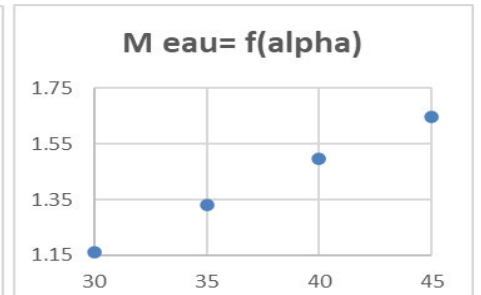
Les données et graphes jointes, permettent de constater la relation entre la masse équivalente d'eau chauffée à 100 °C selon la vitesse, l'angle de la pente et la distance de descente.



v	10	12	14	16
d	1000	1000	1000	1000
α	30	30	30	30
M ea	1.16	1.15	1.15	1.14



v	10	10	10	10
d	1000	2000	3000	4000
α	30	30	30	30
M ea	1.16	2.33	3.50	4.68



v	10	10	10	10
d	1000	1000	1000	1000
α	30	35	40	45
M ea	1.16	1.33	1.49	1.65

4-4 Un obus arrive contre un blindage et y perd toute sa vitesse. Sous l'effet du choc, sa température passe de 20°C à 800°C. Il s'agit d'un obus d'acier massif. En admettant que 60 % de la chaleur dégagée par le choc soit perdue, calculer la vitesse de l'obus.

Solution (l'acier est fait de plus de 97 % de fer ($c_{Ac} \approx c_{Fe} = 460[\frac{J}{kgK}]$))

Le problème est ici analogue à celui de l'exercice 4-2. On a ici l'énergie cinétique qui est entièrement convertie en chaleur dont seuls les 40 % sont transférés à l'obus, donc 40 % de l'énergie cinétique participe à l'élévation de la température de l'obus, posons :

$$0.4 * E_{cin} = \frac{2}{5} * \frac{1}{2}mv^2 = \Delta Q = m * c_{Ac} * \Delta T \Rightarrow v = \sqrt{\frac{5 * m * c_{Ac} * \Delta T}{m}} \Rightarrow v = 1.34 * 10^3 [\frac{m}{s}]$$

4-5. Quelle quantité d'eau pourrait-on chauffer de 20 à 100°C avec la chaleur dégagée par une lampe de 40W qui fonctionne durant 1 heure? Toute l'énergie consommée par la lampe est transformée en chaleur.

Solution

On a ici de l'énergie électrique qui est entièrement convertie en chaleur. La puissance étant le rapport de l'énergie par le temps, posons l'équation d'équivalence énergétique :

$$E_{el} = P_{el} * t = m_e * c_e * \Delta T \Rightarrow m_e = \frac{P_{el} * t}{c_e * \Delta T} \Rightarrow m_e = 0.43 [kg]$$

4-6 Quel est le prix d'une kilocalorie si le prix d'un kWh est de 8 centimes

Solution

Convertissons d'abord les kilocalories et les kWh en joules. On recherche la fraction d'équivalent en joules de la kilocalorie sur l'équivalent en joules par 8 centimes du kWh par 8 centimes, elle nous donne le prix de la

$$\text{kilocalorie : } P_{kcal} = \frac{1000[cal]}{\frac{1000[Wh]}{8[ct]}} = \frac{4185[J]}{\frac{1000[\frac{J}{s}] * 3600[s]}{8[ct]}} = 0.0093 [ct.]$$

4-7 Une casserole d'aluminium ayant une masse de 500g contient 2L d'eau. Un corps de chauffe de 1500W plonge dans cette eau. Combien faut-il de temps pour élever la température de 15 à 98 °C ? ($c_{Al} = 900[\frac{J}{kgK}]$)

Solution

Le problème est équivalent à l'exercice 4-5. On pose l'équation d'équivalence énergétique, l'énergie électrique est transformée en chaleur par élévation de la température de la casserole ainsi que de l'eau contenue :

$$E_{el} = P_{el} * t = \Delta Q_{eau} + \Delta Q_{al} = m_e * c_e * \Delta T + m_{Al} * c_{Al} * \Delta T \Rightarrow t = \frac{\Delta T(m_e c_e + m_{Al} c_{Al})}{P_e} \Rightarrow t = 8.13 [min] = 8'8''$$
