Corrections de la série 02 d'exercices sur l'électrocinétique

1. $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\text{nombre de charges} \cdot e}{\Delta t} = \frac{10^{18} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,[C]}{10{,}0\,[s]} = 1{,}60 \cdot 10^{-2}\,[A] = 16{,}0\,[mA]$

Le courant doit être de 16,0 mA.

2. Nombre d'électrons = $\frac{m_{\text{un gramme}}}{m_{é}} = \frac{10^{-3}\,[kg]}{9{,}11 \cdot 10-31\,[kg]} = 1{,}10 \cdot 10^{27}$, soit plus d'un milliard de milliards de milliards d'électrons.

ΔQ = nombre d'électrons · e = $1{,}76 \cdot 10^{8}$ [C]

$\Delta t = \frac{\Delta Q}{I} = \frac{1{,}76 \cdot 10^{8}\,[C]}{0{,}100\,[A]} = 1{,}76 \cdot 10^{9}\,[s]$ = 55,8 années est le temps pour déplacer un gramme d'électrons avec un courant de 0,100 A.

3. Énergie acquise = $E = q \cdot U = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ [C] · 10^{4} [V] = $1{,}602 \cdot 10^{-15}$ [J].

Elle se transforme en énergie cinétique, donc $E = E_{\text{cinétique}} = \frac{1}{2} m \cdot V^{2}$.

$V = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-15}\,[J]}{9{,}11 \cdot 10^{-31}\,[kg]}} = 59{,}3 \cdot 10^{6}\left[\frac{m}{s}\right]$.

Cela représente 0,20% de la vitesse de la lumière.

4. 1 [eV] = q · V = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ [C] · 1 [V] = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ [J] correspond à 1 électron-Volt.

5.a Nombre d'électrons = $\frac{\Delta Q}{e} = \frac{30\,[C]}{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,[C]} = 1{,}87 \cdot 10^{20}$ est le nombre d'électrons déplacés entre le ciel et la Terre.

5.b Courant moyen de l'éclair = $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{30\,[C]}{10^{-3}\,[s]} = 3 \cdot 10^{4}\,[A]$ = 30'000 Ampères.

C'est 3'000 fois plus que le courant limité pas nos fusibles dans les maisons !

5.c Énergie = P · Δt = U · I · Δt = $5 \cdot 10^{6}$ [V] · $3 \cdot 10^{4}$ [A] · 10^{-3} [s] = $1{,}5 \cdot 10^{8}$ [J].
Cela permet d'allumer 87 ampoules de 20 Watts durant 24 heures !

5.d Cela correspond à la combustion de $m = \frac{1{,}5 \cdot 10^{8}\,[J]}{16 \cdot 10^{6}\,[J/kg]} = 9{,}38\,[kg]$ de bois.

5.e En admettant que l'être humain soit constitué essentiellement d'eau :
Il faut le faire atteindre sa température d'ébullition (100°C) :
L'énergie nécessaire pour cela vaut :

$\Delta Q = m \cdot c_{eau} \cdot (T_{finale} - T_{initiale}) = 70\,[kg] \cdot 4180\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right] \cdot (100[°C] - 20[°C]) = 2{,}34 \cdot 10^{7}\,[J]$.

On a assez d'énergie pour atteindre la température d'ébullition, mais a-t-on encore suffisamment pour transformer l'eau (liquide) en vapeur :

$\Delta Q = m \cdot L_{vaporisation} = 70\,[kg] \cdot 23 \cdot 10^{5}\left[\frac{J}{kg}\right] = 1{,}61 \cdot 10^{8}\,[J]$ est supérieur mais proche de $1{,}5 \cdot 10^{8}$ [J].

On ne dispose pas d'assez d'énergie pour l'évaporer entièrement, mais assez pour évaporer plus de la moitié de l'homme !

6.a $57{,}5 \cdot 10^9$ [kWh] = $57{,}5 \cdot 10^9 \cdot 1000 \cdot 3600$ [J] = $2{,}07 \cdot 10^{17}$ [J] = consommation électrique / an.

6.b Consommation énergétique totale = $826 \cdot 10^6 \cdot 10^9 = 8{,}26 \cdot 10^{17}$ [J]

La proportion d'énergie électrique est : $\dfrac{2{,}07}{8{,}26} = 0{,}2506 = 25{,}1$ %.

6.c $P = \dfrac{\Delta \text{Énergie}}{\Delta t} = \dfrac{8{,}26 \cdot 10^{17}}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$ = $2{,}62 \cdot 10^{10}$ [W] est la puissance moyenne consommée en Suisse.

6.d Puissance moyenne consommée par habitant = $\dfrac{2{,}62 \cdot 10^{10}}{8{,}4 \cdot 10^6}$ = 3'120 [W].

6.e La puissance moyenne consommée par habitant en Suisse est environ 30 fois celle qu'une personne peut produire péniblement. Si elle était produite par des humains, nous aurions besoin en moyenne de 60 esclaves qui travaillent péniblement 12 heures par jours, sans aucune vacance pour produire cette énergie.

7.a P = U · I, donc I = $\dfrac{P}{U} = \dfrac{20\,[W]}{230\,[V]} = 0{,}087\,[A]$ = 87 [mA]. C'est peu, comparé à un sèche-cheveux qui consomme 2000 [W], soit 100 fois plus !

7.b E = P · t = 20 [W] ·365 · 24 · [h] = 175'000 [W · h] = 175 [kWh] (= $6{,}3 \cdot 10^8$ [J])
L'ampoule allumée durant une année consomme 175 [kWh].
Le coût financier correspondant est de 175 [kWh] · 0,25 [CHF / kWh] = 44.- CHF, soit plus du double du prix de l'ampoule économique.
Sur quelques années, le coût de la consommation électrique d'un appareil est souvent supérieur au coût de l'appareil lui-même !

8.a On peut se référer à l'exercice 7.a. P = U · I, donc I = $\dfrac{P}{U} = \dfrac{2000\,[W]}{230\,[V]} = 8{,}7\,[A]$.

8.b L'énergie nécessaire pour chauffer l'eau vaut :

$Q = m \cdot c_{eau} \cdot \Delta T = 1{,}5\,[\text{kg}] \cdot 4'180 \left[\dfrac{J}{kg \cdot °C}\right] \cdot 80\,°C = 5{,}02 \cdot 10^5\,[\text{J}]$.

Cette chaleur Q représente l'énergie utile pour chauffer l'eau.

Le rendement vaut : $\eta = \dfrac{E_{utile}}{E_{consommée}}$, donc $E_{consommée} = \dfrac{E_{utile}}{\eta} = \dfrac{5{,}02 \cdot 10^5}{0{,}9}$ = $5{,}58 \cdot 10^5$ [J].

E = P · t, donc le temps de fonctionnement du chauffe-eau est de :

$t = \dfrac{E_{consommée}}{P_{consommée}} = \dfrac{5{,}58 \cdot 10^5}{2000}$ = 279 [s] = 4 minutes et 39 secondes.

C'est un temps raisonnable pour chauffer 1,5 litre d'eau !