

L'électrophorèse

Question simple

Trainée d'une sphère en mouvement rectiligne uniforme dans un fluide newtonien

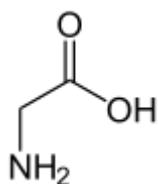
Notion de vitesse limite dans le cas d'un modèle de trainée linéaire : on prendre l'exemple de la chute vertical d'un objet sphérique dans l'air initialement sans vitesse.

Question ouverte

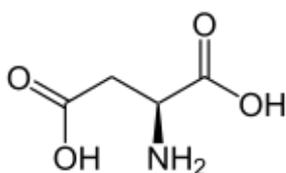
On souhaite séparer quatre acide aminés la glycine (GLY), la lysine (LYS), l'acide aspartique (ASP) et l'acide glutamique (GLU), contenu dans une solution. Pour cela, un papier rectangulaire est tout d'abord imbibé par une solution tamponnée à pH 7,0. On dépose ensuite la solution contenant les quatre acides aminés sur la ligne médiane du papier. Aux deux extrémités du papier on fixe ensuite deux électrodes, reliées à un générateur de tension continue délivrant 120 V.

Combien de temps, au minimum et au maximum, faut-il laisser le générateur allumé pour pouvoir séparer les quatre acides aminés ?

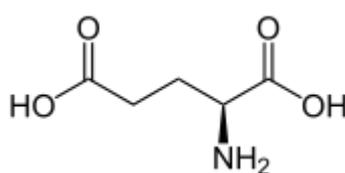
Propriétés des acides aminés à séparer



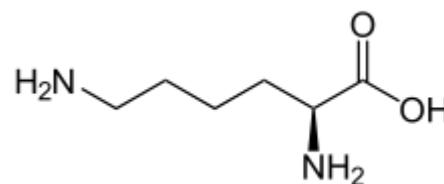
GLY



ASP



GLU



LYS

	pKa	Rayons ioniques (nm)
GLY	2,4 9,7	4,8
ASP	2,0 3,9 10,0	9,1
GLU	2,2 4,3 9,7	10,1
LYS	2,2 9,2 10,7	14

Données :

Dimension du papier entre les deux électrodes : 20 cm

Distance minimale entre deux tâches pour les séparer et les distinguer : 0,20 cm

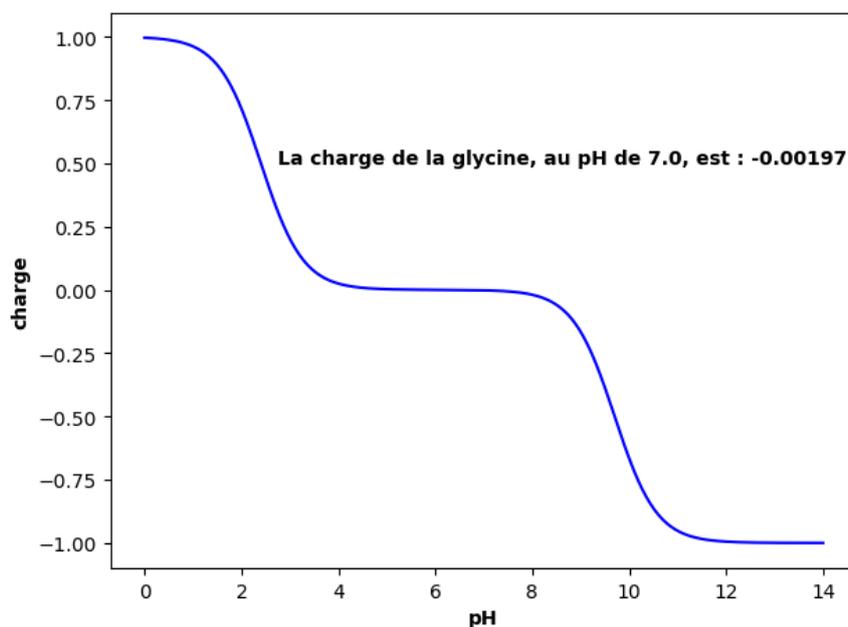
Viscosité du liquide dans le papier : 1,0 mPa.s

Force électrostatique s'exerçant sur une particule de charge q sous un champ électrique \vec{E} , dirigé dans le sens des potentiels décroissants : $\vec{F} = q\vec{E}$. Le champ électrique crée par deux électrodes distantes de d , mises sous une tension U , s'écrit : $E = \frac{U}{d}$.

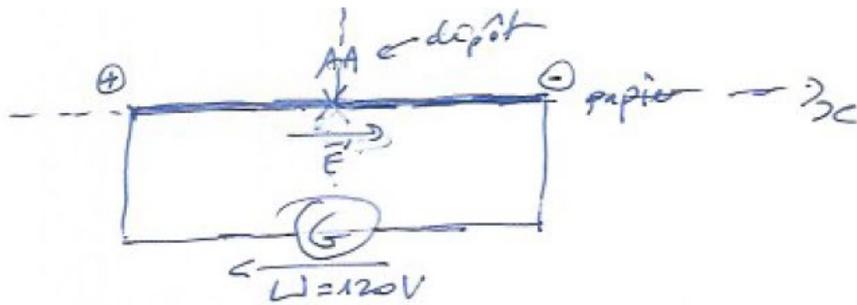
Documents supplémentaires à distribuer comme complément à la résolution de la question :

Au cours de l'électrophorèse de ces 4 acides aminés, on souhaite vérifier si la glycine reste bien sur la ligne de dépôt et ne migre pas vers l'une des électrodes. Le script ci-dessous est alors écrit.

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 pH_mesuré=7.0
5 pKa1=2.4
6 pKa2=9.7
7 Ka1=10**(-pKa1)
8 Ka2=10**(-pKa2)
9
10 def AH2(pH):
11     h = 10**(-pH)
12     return 100/(1+Ka1*Ka2/h**2+Ka1/h)
13
14 def AH(pH):
15     h = 10**(-pH)
16     return Ka1/h*AH2(pH)
17
18 def A(pH):
19     h = 10**(-pH)
20     return Ka2/h*AH(pH)
21
22 def charge(pH):
23     return (AH2(pH)-A(pH))/100
24
25 C=charge(pH_mesuré)
26
27 pH=np.linspace(0,14,500)
28
29 plt.plot(pH,charge(pH),'b')
30 plt.xlabel("pH",fontweight='bold')
31 plt.ylabel("charge",fontweight='bold')
32 plt.text(2.75,0.5,f"La charge de la glycine, au pH de {pH_mesuré}, est :
33     {round(C,5)}", fontweight='bold')
34
35 plt.tight_layout()
36 plt.show()
```



1. Que permet de réaliser ce script ? Expliquer le bloc correspondant aux lignes 9 à 22. On justifiera la formule écrite ligne 12.
2. Utiliser le script ci-dessous pour contrôler si la glycine reste sur la ligne de dépôt ou migre vers l'une des deux électrodes.



(1)

Etude mécanique:

Réf: hémestre support galiléen

Sol: acide aminé

Fext: \vec{P} , \vec{R} , \vec{F}_{elec} , \vec{F}_{frott}

(H) force de frottement fluide de la forme:

$$\vec{F}_{frott} = -6\pi\eta R \vec{v}$$

$$\vec{F}_{elec} = q \vec{E} \quad \text{avec} \quad \vec{E} = E \vec{u}_x$$

PFD: $m \vec{a} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{F}_{elec} + \vec{F}_{frott}$

(Ox): $m \ddot{x} = 0 + 0 + qE - 6\pi\eta R \dot{x}$

$$\Rightarrow m \dot{v} = qE - 6\pi\eta R v$$

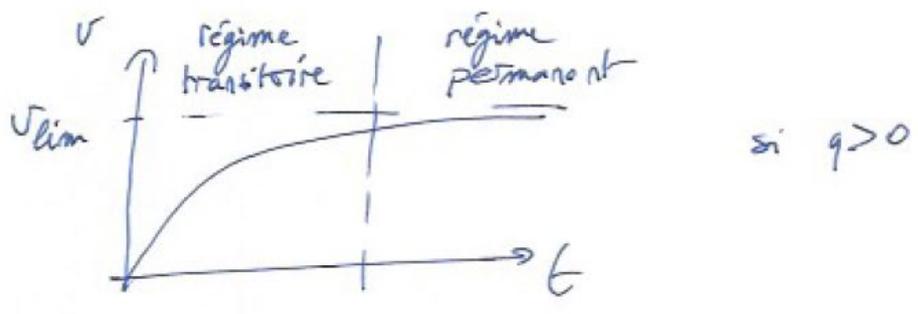
$$\Rightarrow \frac{dv}{dt} + \left(\frac{6\pi\eta R}{m} \right) v = \frac{qE}{m}$$

$= \frac{1}{\tau}$

$$\Rightarrow v = K e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{qE}{m} \tau$$

à t=0 v=0 => k = - qE / m

=> v = (qE / m) * tau * (1 - e^(-t/tau))



(H)2: tau << temps de migration => Rp atteint

=> v = v_lim = (qE * tau) / m

à faire avant

Acides aminés à séparer: charge à pH 7,0

Table listing amino acids (GLY, LYS, ASP, GLU) with their charges at pH 7.0 and migration direction towards the cathode or anode.

Séparables.

Donc seul problème: séparer ASP et GLU

mais si ne veut pas non plus que ASP, GLU et LYS sortent du papier.

Pour GLU et ASP:

(3)

$$\text{En comptant } v > 0 \Rightarrow v = |v_{\text{aim}}| = \frac{|q| E r}{m}$$

$$\Rightarrow v = \frac{e E r}{m}$$

et $\text{RP} \Rightarrow v = \frac{d}{\Delta t}$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{m d}{e E r} \quad \text{avec } r = \frac{m}{6\pi\eta R}$$

$$\Rightarrow \left[\Delta t = \frac{d}{e E} 6\pi\eta R \right] \quad \text{ou} \quad \left[d = \frac{\Delta t e E}{6\pi\eta R} \right]$$

le + rapide = R le + petit \Rightarrow ASP.

Il faut donc que $d_{\text{ASP}} < \frac{d_{\text{max}}}{10 \text{ cm}} \Rightarrow \Delta t_{\text{max}}$

et il faut que $\frac{d_{\text{ASP}} - d_{\text{GLU}}}{d_{\text{min}}} > 0.2 \Rightarrow \Delta t_{\text{min}}$.

* Calcul de Δt_{max} :

$$\Delta t_{\text{max}} = \frac{\frac{10 \text{ cm}}{d_{\text{max}}} 6\pi\eta R_{\text{ASP}}}{e E}$$

$$\text{avec } E = \frac{\Delta V}{2d_{\text{max}}} = \frac{U}{2d_{\text{max}}}$$

AN: $\Delta t_{\text{max}} = 1,8 \times 10^5 \text{ s} \approx 2 \text{ j.}$

Calcul de Δt_{min} :

$$d_{ASP} = \frac{\Delta t_{ASP} e E}{6 \pi \eta R_{ASP}}$$

$$d_{GLU} = \frac{\Delta t_{GLU} e E}{6 \pi \eta R_{GLU}}$$

On veut : $d_{ASP} - d_{GLU} = d_{min}$ et dans ce cas $\Delta t_{ASP} = \Delta t_{GLU} = \Delta t_{min}$
 au minimum

$$\Rightarrow d_{ASP} = d_{min} + d_{GLU}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta t_{min} e E}{6 \pi \eta R_{ASP}} = d_{min} + \frac{\Delta t_{min} e E}{6 \pi \eta R_{GLU}}$$

$$\Rightarrow \Delta t_{min} \frac{e E}{6 \pi \eta} \left(\frac{1}{R_{ASP}} - \frac{1}{R_{GLU}} \right) = d_{min}$$

$$\Rightarrow \Delta t_{min} = \frac{d_{min}}{\frac{e E}{6 \pi \eta} \left(\frac{1}{R_{ASP}} - \frac{1}{R_{GLU}} \right)}$$

AN:

$$\Delta t_{min} = 3,6 \times 10^4 \text{ s} \approx 10 \text{ h.}$$

→ Critique des hypothèses notamment l'expression de la force de frottement choisie (trainée à discuter selon le nombre de Reynolds)

Question supplémentaire :

- Le bloc allant des lignes 10 à 23, permet de déterminer, le % des 3 formes acido-basiques, en fonction du pH, de la glycine (distribution). La charge de cet acide aminé est alors déduite.

Ligne 12 (où $h = [H_3O^+]$) :

$$K_{a1} = \frac{h \times [AH^-]}{[AH_2]} \Rightarrow [AH^-] = \frac{K_{a1}}{h} [AH_2]$$

$$K_{a2} = \frac{h \times [A^{2-}]}{[AH^-]} \Rightarrow [A^{2-}] = \frac{K_{a2}}{h} [AH^-] = \frac{K_{a1} K_{a2}}{h^2} [AH_2]$$

Par conservation de la matière : $C_0 = [AH_2] + [AH^-] + [A^{2-}]$

$$\text{Il vient alors : } C_0 = [AH_2] \times \left(1 + \frac{K_{a1}}{h} + \frac{K_{a1} K_{a2}}{h^2} \right) \Rightarrow \%(AH_2) = 100 \times \frac{[AH_2]}{C_0} = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{K_{a1}}{h} + \frac{K_{a1} K_{a2}}{h^2}}$$

- Au pH d'étude de l'exercice (7.0), la charge de la glycine est quasiment nul. La glycine reste bien sur la ligne de dépôt.