

IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
1. Le soluzioni elettrolitiche	 ANIMAZIONE La dissociazione elettrolitica	1,5
2. L'elettrolisi	 IN LABORATORIO Corrente elettrica in una cella elettrolitica	2
5. La conduzione elettrica nei gas	 ANIMAZIONE Ionizzazione di un gas	2
6. I raggi catodici	 ESPERIMENTO VIRTUALE Raggi catodici Gioca, misura, esercitati.	
 MAPPA INTERATTIVA	20 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»	

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

2 L'ELETTROLISI

PROBLEMA MODELLO 1 IL CLORURO DI SODIO IN ACQUA

In una corrente elettrolitica dovuta a cloruro di sodio disciolto in acqua i portatori di carica negativa sono gli ioni Cl^- , mentre nei metalli le cariche negative sono trasportate dagli elettroni.

- ▶ Di quante volte la massa di uno ione Cl^- supera quella di un elettrone?
- ▶ Quanto vale la massa di Cl^- espressa in kg?

1 H idrogeno	17 Cl cloro
--------------------	-------------------

■ DATI

Peso atomico del cloro: 35,45
 Peso atomico dell'idrogeno: 1,008
 Massa dello ione H^+ = 1836 volte quella dell'elettrone $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg.

■ INCOGNITE

Rapporto tra la massa dello ione cloro e la massa dell'elettrone: $m_{\text{Cl}} / m_e = ?$
 Massa dello ione cloro: $m_{\text{Cl}} = ?$

L'IDEA

- Il cloruro di sodio, NaCl , è un sale ionico che deriva dall'unione degli ioni Na^+ e Cl^- .
- Conoscendo i pesi atomici del cloro e dell'idrogeno, posso calcolare il rapporto tra la massa di un atomo di cloro e la massa di un atomo di idrogeno.
- Considero la massa dello ione Cl^- uguale a quella dell'atomo Cl : questa approssimazione è giustificata perché la massa dell'atomo di cloro supera di quasi 64000 volte quella dell'elettrone.

LA SOLUZIONE

Determino il rapporto tra le masse di un atomo di cloro e di uno di idrogeno.

La massa di un atomo è data dalla massa molare dell'elemento diviso il numero di Avogadro e il rapporto tra le masse molari di atomi è pari al rapporto dei rispettivi pesi atomici. Quindi si può scrivere:

$$\frac{m_{\text{Cl}}}{m_{\text{H}}} = \frac{\mathcal{M}_A(\text{Cl})/N_A}{\mathcal{M}_A(\text{H})/N_A} = \frac{\mathcal{M}_A(\text{Cl})}{\mathcal{M}_A(\text{H})} = \frac{35,45}{1,008} = 35,17.$$

Scrivo il rapporto tra la massa dell'atomo di idrogeno e quella dell'elettrone.

La massa dello ione H^+ è 1837 volte maggiore di quella dell'elettrone. Allora l'atomo di idrogeno, che contiene lo ione H^+ e un elettrone, ha una massa 1837 volte maggiore di quella dell'elettrone:

$$\frac{m_{\text{H}}}{m_e} = 1837.$$

Calcolo il valore di m_{Cl} / m_e .

Moltiplico i due rapporti trovati in precedenza:

$$\frac{m_{\text{Cl}}}{m_e} = \frac{m_{\text{Cl}}}{m_{\text{H}}} \times \frac{m_{\text{H}}}{m_e} = 35,17 \times 1837 = 6,461 \times 10^4.$$

Calcolo il valore di m_{Cl} .

Poiché $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg posso scrivere:

$$m_{\text{Cl}} = (6,461 \times 10^4) \times m_e = (6,461 \times 10^4) \times (9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}) = 5,89 \times 10^{-26} \text{ kg}.$$

3 LE LEGGI DI FARADAY PER L'ELETTROLISI

13 ★★★ Una cella elettrolitica contiene una soluzione di un sale di calcio. Per ottenere 10,0 g di calcio deve essere attraversata da una carica di $4,81 \times 10^4$ C.

- Qual è la valenza del calcio?

[2]

14 ★★★ Il rodio (Rh) somiglia molto all'argento, ma si appanna meno ed è più resistente, per questo è spesso usato come sostituto dell'argento. Una soluzione di $\text{Rh}(\text{NO}_3)_3$ è sottoposta a un processo di elettrolisi per un'ora con una corrente di 0,80 A. La valenza del rodio è $z = 3$.

- Quanto rodio si può ottenere?

[1,0 g]

15 ★★★ L'idrogeno, che può essere isolato dall'acqua per elettrolisi, potrebbe essere il combustibile del futuro per le auto. Una corrente di 1,00 A attraversa una massa di acqua salata.

- Quanto tempo è necessario perché questa corrente produca 1,00 g di idrogeno?

[26 h 33 min]

4 LE PILE E GLI ACCUMULATORI

24 ★★★ Una batteria di forza elettromotrice pari a 12 V può fornire energia fino a $2,0 \times 10^6$ J in 30 min.

- Determina quanta carica fornisce la batteria.
- Determina la capacità energetica della batteria.

[$1,7 \times 10^5$ C; 46 Ah]

25 ★★★ Una batteria di forza elettromotrice pari a 12 V può fornire una corrente di 8,0 A per 2,0 h.

- Determina la capacità energetica della batteria.
- Determina per quanto tempo la batteria può rimanere in funzione se deve fornire una corrente costante pari a 0,50 A.

[16 Ah; 32 h]

5 LA CONDUZIONE ELETTRICA NEI GAS

PROBLEMA MODELLO 3 RADIAZIONE IONIZZANTE FRA LE PIASTRE DI UN CONDENSATORE

La d.d.p. misurata in un circuito agli estremi di una resistenza di 10 k Ω posta in serie a un condensatore piano è di 1,0 mV. La distanza tra le armature del condensatore è di 5,0 mm e tra esse è presente come dielettrico l'aria. Una radiazione ionizzante che colpisce l'aria tra le piastre produce ioni positivi, con carica uguale a e , ed elettroni, con carica uguale a $-e$, al ritmo di $3,6 \times 10^{18} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$ ioni ogni secondo per metro cubo. Le particelle ionizzate che raggiungono le piastre sono il 50% di quelle prodotte.

- Determina la superficie delle armature del condensatore.
- Determina la capacità del condensatore.

■ DATI

Resistenza: $R = 10 \text{ k}\Omega$
 d.d.p. agli estremi di R : $\Delta V = 1,0 \times 10^{-3} \text{ V}$
 Distanza tra le armature del condensatore:
 $d = 5,0 \text{ mm}$
 Ritmo di produzione di ioni (in 1,0 s per m^3):
 $r_p = 3,6 \times 10^{18} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$
 Percentuale di ioni che raggiunge le piastre del condensatore: 50% di quelli prodotti

■ INCOGNITE

Superficie delle armature del condensatore: $S = ?$
 Capacità del condensatore: $C = ?$

L'IDEA

- Calcolo il numero di ioni prodotti per secondo a partire dalla corrente che attraversa il circuito $i = \frac{\Delta V}{R} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{n e}{\Delta t}$. Dal numero di ioni prodotti per secondo e per metro cubo ricavo il numero di ioni prodotti in un secondo che raggiungono il volume tra le piastre (pari al 50% del totale). Esprimo il volume di una armatura come Sd , e ricavo la superficie S .
- La capacità del condensatore è dunque $C = \frac{S\epsilon}{d}$.

LA SOLUZIONE

Calcolo la corrente che attraversa il circuito.

$$i = \frac{\Delta V}{R} = \frac{1,0 \times 10^{-3} \text{ V}}{10 \times 10^3 \Omega} = 1,0 \times 10^{-7} \text{ A}.$$

Calcolo il numero n_s di ioni che raggiungono le piastre in un secondo.

$$i = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{n e}{\Delta t}$$

$$n_s = \frac{n}{\Delta t} = \frac{i}{e} = \frac{(1,0 \times 10^{-7} \text{ C/s})}{1,60 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6,3 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$$

Calcolo la superficie di ognuna delle armature del condensatore piano.

Prima determino il numero di ioni prodotti in un secondo che raggiunge il volume tra le piastre (pari al 50% di n). So che $n_s = 50\% N_{\text{piastre/s}}$ quindi:

$$N_{\text{piastre/s}} = \frac{n_s}{0,50} = 13 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$$

Nel volume tra le armature del condensatore deve essere:

$$r_p V_{\text{piastre}} = r_p S d = N_{\text{piastre/s}} \Rightarrow S = \frac{N_{\text{piastre/s}}}{r_p d} = \frac{13 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}}{(3,6 \times 10^{18} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}) \times (5,0 \times 10^{-3} \text{ m})} = 7,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Calcolo la capacità del condensatore.

Fra le piastre c'è aria che approssimo al vuoto, dunque:

$$C = \frac{S\epsilon}{d} = \frac{S\epsilon_0}{d} = \frac{(7,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2) \times (8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m})}{5,0 \times 10^{-3} \text{ m}} = 1,3 \times 10^{-13} \text{ F}$$

- 31** Una radiazione ionizzante colpisce un gas che si trova tra le armature di un condensatore, il cui dielettrico è l'aria, collegato a un generatore di tensione. La radiazione produce ioni positivi, con carica e , ed elettroni, di carica $-e$, al ritmo di 10^{19} ogni ora. Una parte degli ioni e degli

elettroni che si formano raggiunge le armature del condensatore e il circuito risulta attraversato da una corrente di 0,13 mA.

- Determina la percentuale di ioni prodotti dalla ionizzazione che giungono alle armature del condensatore in un'ora.

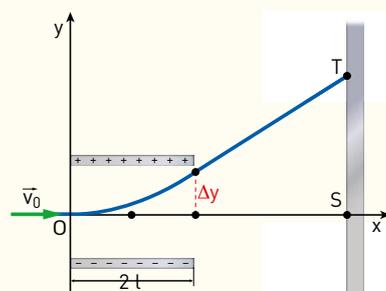
6 I RAGGI CATODICI

[29%]

PROBLEMA MODELLO 4 DEFLESSIONE DI UN FASCIO DI ELETTRONI IN UN TUBO CATODICO

Un fascio di elettroni entra con velocità orizzontale $v_0 = 1,7 \times 10^7 \text{ m/s}$ tra le piastre di un condensatore piano collocato dentro un tubo a raggi catodici. Tra le piastre, di lunghezza $2l = 6,0 \text{ cm}$ e distanti $d = 5,0 \text{ mm}$, è applicata una d.d.p. pari a 10 V. Uno schermo fluorescente è posto a una data distanza dal centro delle piastre. Un elettrone alla fine delle piastre subisce uno spostamento Δy rispetto alla direzione originaria del moto.

- Calcola l'accelerazione dell'elettrone all'interno del condensatore.
- Scrivi le leggi del moto della coordinata x e y .
- Ricava l'espressione dello spostamento Δy e calcola il suo valore.



■ DATI

Velocità del fascio di elettroni: $v_0 = 1,7 \times 10^7$ m/s
 Lunghezza delle piastre: $2l = 6,0$ cm = 0,060 m
 Distanza tra le piastre: $d = 5,0$ mm = 0,0050 m
 Differenza di potenziale: $\Delta V = 10$ V
 Carica dell'elettrone: $-e = -1,60 \times 10^{-19}$ C
 Massa dell'elettrone: $m = 9,11 \times 10^{-31}$ kg

■ INCOGNITE

Spostamento verticale: $\Delta y = ?$

L'IDEA

- Il fascio di elettroni si muove tra le piastre del condensatore percorrendo una traiettoria parabolica causata dalla differenza di potenziale applicata. Al di fuori delle piastre, lontano da esse, dove non agiscono forze elettriche, la traiettoria è rettilinea.
- Fisso un sistema di riferimento come indicato nella figura (che non è in scala per rendere più chiara la forma della traiettoria). Considero $t = 0$ s l'istante in cui l'elettrone passa dall'origine degli assi.
- Il moto lungo la coordinata x è rettilineo uniforme con velocità di valore pari a v_0 , mentre lungo la coordinata y è uniformemente accelerato con velocità iniziale nulla.
- L'equazione della traiettoria parabolica all'interno del condensatore si ottiene eliminando la variabile t dalle equazioni del moto nella direzione x e nella direzione y .

LA SOLUZIONE

Calcolo il modulo della forza elettrica che agisce fra le piastre del condensatore.

Il campo elettrico all'interno del condensatore è uniforme e perpendicolare alla velocità iniziale. Quindi la forza elettrica che agisce su un elettrone del fascio è perpendicolare a \vec{v}_0 e rivolta verso l'armatura positiva del condensatore con modulo:

$$F = -Ee = (-e) \times \left(-\frac{\Delta V}{d}\right) = \frac{e\Delta V}{d} = \frac{(1,60 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (10 \text{ V})}{0,0050 \text{ m}} = 3,2 \times 10^{-16} \text{ N}$$

Calcolo il modulo dell'accelerazione dell'elettrone del fascio catodico.

Per la seconda legge della dinamica:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{e\Delta V}{md} = \frac{3,2 \times 10^{-16} \text{ N}}{9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}} = 3,5 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

Scrivo le leggi del moto dell'elettrone fra le piastre del condensatore.

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} at^2 = \frac{e\Delta V}{2md} t^2 \end{cases}$$

Determino lo spostamento verticale Δy di un elettrone all'uscita dalle piastre del condensatore

Elimino t fra le due equazioni del moto e ottengo la forma della traiettoria parabolica dell'elettrone all'interno del condensatore:

$$y = \frac{e\Delta V}{2mdv_0^2} x^2$$

Lo spostamento verticale di un elettrone del fascio all'uscita dal condensatore è dato dall'equazione della traiettoria parabolica in corrispondenza di $x = 2l$ cioè:

$$\Delta y = \frac{e\Delta V}{2mv_0^2 d} (2l)^2 = \frac{(1,60 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (10 \text{ V})}{2 \times (9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}) \times (1,7 \times 10^7 \text{ m/s})^2 \times (0,005 \text{ m})} \times (0,060 \text{ m})^2 = 2,2 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,2 \text{ mm}$$

PER NON SBAGLIARE

Alla velocità ordinaria di questi fenomeni, dell'ordine di almeno 10^6 m/s, l'elettrone percorre l'intera traiettoria in un intervallo di tempo minore di 10^{-6} s. In questo intervallo di tempo, la sua distanza di caduta per effetto della forza-peso ($gt^2/2$) è all'incirca pari a 10^{-11} m, del tutto trascurabile.

PROBLEMI GENERALI

8 ★★★ Una corrente di 1,0 A libera 37 mg di idrogeno all'ora in una cella elettrolitica che contiene una soluzione di acido cloridrico (HCl). Una corrente elettrica che attraversa una cella elettrolitica che contiene cloruro rameico (CuCl_2) deposita sul catodo 3,5 g di rame in un'ora.

► Qual è il valore della corrente elettrica?

[3,0 A]

9 ★★★ Una pila di $f_{em} = 4,5$ V e resistenza interna $0,50 \Omega$ è collegata a una cella elettrolitica a solfato di rame CuSO_4 . L'anodo è un elettrodo di rame, mentre il catodo è costituito da una medaglia di raggio $r = 2,0$ cm e spessore trascurabile, che deve essere ricoperta di rame. Il circuito elettrico esterno alla pila ha una resistenza elettrica $R = 4,00 \Omega$; il rame ha una densità di $8,96$ g/cm³. Vuoi ottenere uno strato di 0,20 mm di spessore.

► Determina il tempo necessario.

[$1,4 \times 10^4$ s]

10 ★★★ Due distinte celle elettrolitiche contengono la stessa soluzione. Quando si alimenta la prima cella con un generatore, di resistenza interna di $1,0 \Omega$, per 5,0 h si depositano al catodo 20 g di argento. Se si alimenta con lo stesso generatore la seconda cella per 12 h si ricavano 18 g di

argento. Sai che la resistenza della prima cella è un terzo della resistenza della seconda.

► Calcola le resistenze delle due celle.

[5,0 Ω ; 15,0 Ω]

11 ★★★ Due conduttori sono posti in derivazione su uno stesso elettromotore che fornisce una corrente complessiva nota i . Il primo conduttore è immerso in un vaso calorimetrico; nel secondo è inserito un voltmetro a nitrato d'argento. Dopo un tempo t si constata che si è avuto, per effetto Joule, uno sviluppo di calore Q nel calorimetro e un deposito di massa m (di cui si conosce l'equivalente chimico ϵ) al catodo del voltmetro.

► Calcola quali sono i valori dell'intensità della corrente nei due rami.

► Calcola i valori delle rispettive resistenze.

(Esame di ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa, 1947)

Suggerimento: due conduttori sono posti in derivazione se sono collegati in parallelo; il voltmetro è un altro modo per indicare una cella elettrolitica; indica con q la carica che passa dalla cella elettrolitica.

$$\left[i - \frac{q}{t}; \frac{q}{t}; \frac{Q}{\left(i - \frac{q}{t}\right)^2 t}; \frac{Q}{\left(i - \frac{q}{t}\right) q}; \text{ con } q = \frac{mN_A e}{\epsilon} \right]$$

TEST

3 In una cella elettrolitica i portatori di carica positiva si muovono:

- A** dall'anodo al catodo, nel verso del vettore campo elettrico.
- B** dall'anodo al catodo, nel verso opposto a quello del vettore campo elettrico.
- C** dal catodo all'anodo, nel verso del vettore campo elettrico.
- D** dal catodo all'anodo, nel verso opposto a quello del vettore campo elettrico.

4 La corrente elettrica in una soluzione elettrolitica, come in un conduttore metallico:

- A** è dovuta a cariche di entrambi i segni.
- B** determina un trasferimento di massa.
- C** produce delle reazioni chimiche.
- D** segue la prima legge di Ohm.

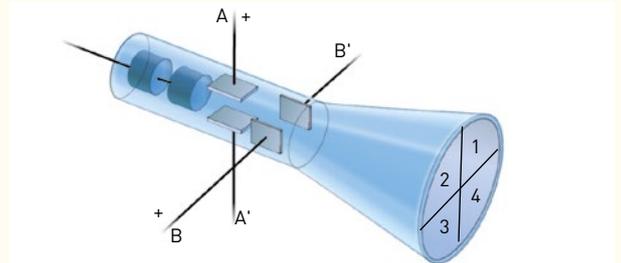
5 L'equivalente chimico si misura in:

- A** g · mol
- B** g · mol⁻¹
- C** g
- D** mol/g

- 6** Due diverse sostanze hanno lo stesso equivalente chimico: allora il rapporto tra le due masse atomiche della sostanza M_{A1}/M_{A2} è:
- A un numero intero.
 - B uguale a 1.
 - C uguale al prodotto $z_1 \times z_2$ tra le valenze.
 - D un numero razionale.
- 7** Nella pila di Volta erano disposte, in successione, diverse ripetizioni di una *struttura di base*: quale?
- A Un disco di rame e un disco di zinco.
 - B Diverse coppie di dischi di rame e zinco separate da un panno imbevuto di acido solforico.
 - C Un disco di rame, un panno imbevuto di un conduttore di prima specie, un disco di zinco.
 - D Un panno imbevuto di acido solforico che avvolge un disco di zinco.
- 8** La capacità di una batteria indica:
- A la carica totale che può erogare.
 - B la corrente che può fornire.
 - C l'energia immagazzinata.
 - D la potenza teorica.
- 9** Un accumulatore elettrico è:
- A una pila di grande capacità.
 - B una pila di grande durata.
 - C una pila a basso impatto ambientale.
 - D una pila ricaricabile.
- 10** La luminosità osservata durante la scarica elettrica in un gas:
- A è dovuta alla produzione di ioni a valanga.
 - B è dovuta al riscaldamento del gas.
 - C è dovuta alla combustione del gas.
 - D è dovuta alla eccitazione temporanea delle molecole del gas.

- 11** La figura sotto rappresenta un tubo a raggi catodici in cui gli elettroni, emessi dal catodo incandescente, attraversano le coppie di placchette, AA' e BB', tra loro ortogonali. Se la differenza di potenziale è la stessa per le due coppie, tenendo conto dei segni delle placchette riportati nella figura, il fascio di elettroni colpirà lo schermo in un punto del quadrante indicato con:

- A 1.
- B 2.
- C 3.
- D 4.



- 12** Quali delle seguenti sostanze non sono elettroliti?
- A Sali.
 - B Zuccheri.
 - C Basi.
 - D Acidi.
- 13** Per il suo funzionamento una cella a combustibile emette:
- A anidride carbonica.
 - B vapore acqueo.
 - C polveri sottili.
 - D gas metano.
- 14** In una pila zinco-carbone:
- A l'elettrodo di zinco diventa negativo perché cede elettroni allo zinco che entra in soluzione.
 - B gli elettrodi si stabilizzano a potenziali diversi quando tutto lo zinco si è ionizzato.
 - C l'elettrodo di carbonio diventa positivo perché cede elettroni al diossido di manganese MnO_2 .
 - D la soluzione elettrolitica è costituita da idrossido di potassio.
- 15** Se potessimo conservare un gas in un recipiente schermato da qualunque influenza esterna otterremmo:
- A un conduttore perfetto.
 - B un isolante perfetto.
 - C un pessimo conduttore.
 - D un pessimo isolante.

