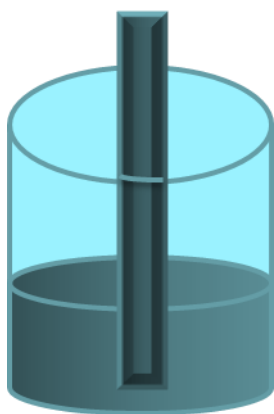


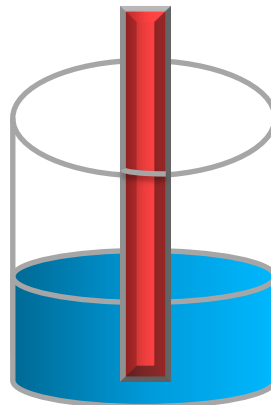
## Karta pracy III/1a – Elektrochemia: ogniwa galwaniczne

### I. Elektroda, półogniwo, ogniwo

- ❖ **Elektroda** – przewodnik elektryczny (blaszka metalowa lub pręcik grafitowy) który ma być zanurzony w roztworze elektrolitu (wodny roztwór kwasu lub soli).
- ❖ **Półogniwo** – układ składający się z elektrody zanurzonej w roztworze odpowiedniego elektrolitu (np. blaszka miedziana zanurzona w wodnym roztworze  $\text{CuSO}_4$ ).



Półogniwo cynkowe – płytka cynkowa zanurzona w roztworze wodnym  $\text{ZnSO}_4$

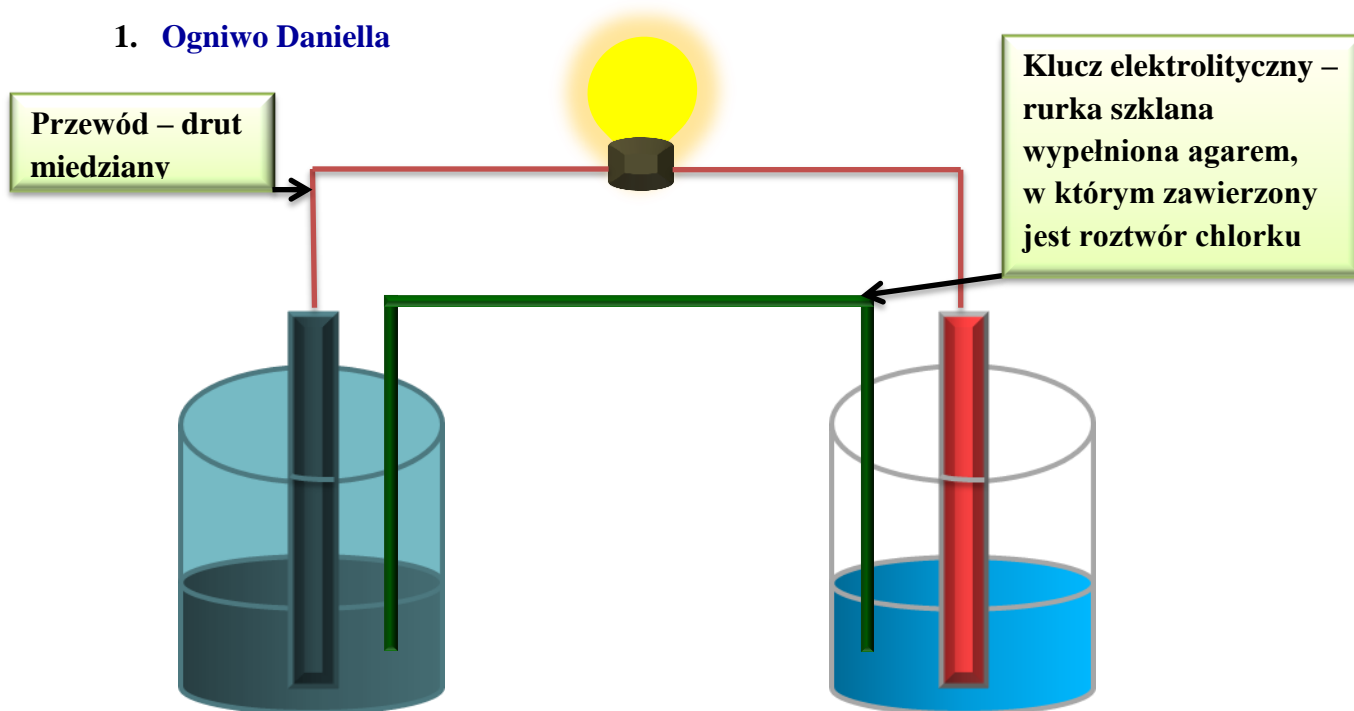


Półogniwo miedziane – płytka miedziana zanurzona w roztworze wodnym  $\text{CuSO}_4$

- ❖ **Ogniwo** – układ zbudowany z dwóch półogniw, w którym energia reakcji chemicznej zamieniana jest na energię elektryczną.

### II. Rodzaje ogniw galwanicznych

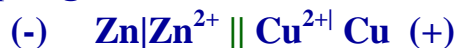
#### 1. Ogniwo Daniella



### Schemat ogniwa:

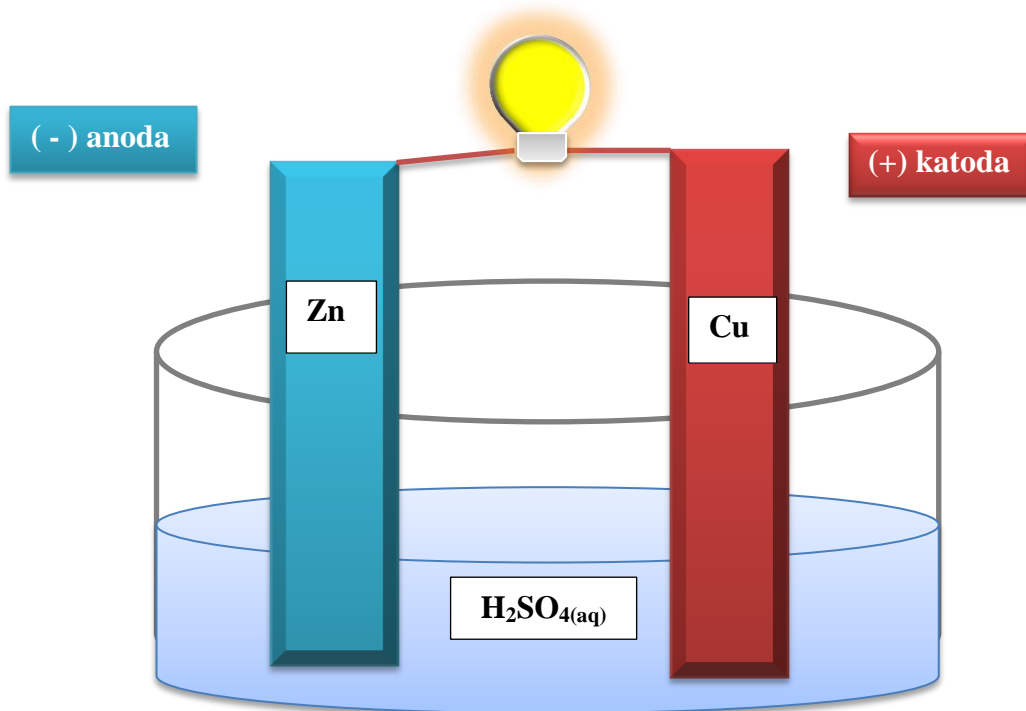
- $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}$  - półogniwo cynkowe
- $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+}$  - półogniwo miedziowe
- $\parallel$  - przegroda porowata/ klucz elektrolityczny
- **Anoda (-)** : elektroda, na której zachodzi proces utlenienia:  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
- **Katoda (+)**: elektroda, na której zachodzi proces redukcji:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

(-) półogniwo – anoda  $\parallel$  katoda – półogniwo (+)

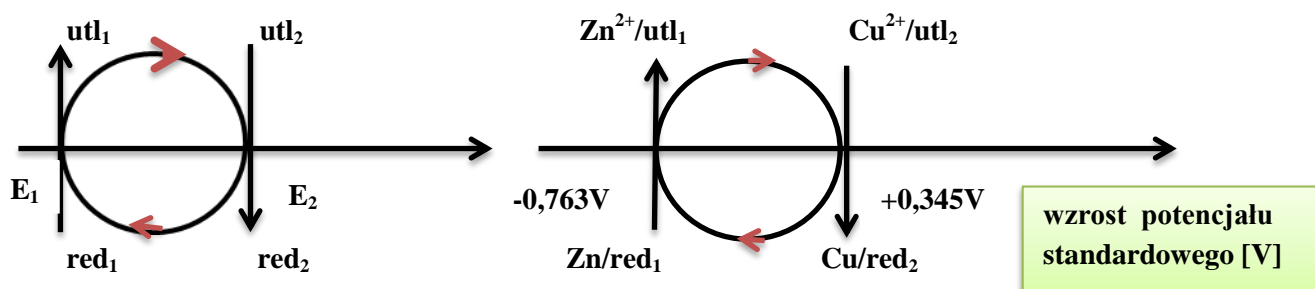


### 2. Ogniwo Volty

- ❖ Schemat ogniwa : (anoda) (-)  $\text{Zn} | \text{H}_2\text{SO}_4 | \text{Cu}$  (+) (katoda)
- ❖ Procesy elektrodowe w ogniwie:
  - $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$
  - **Elektroda cynkowa: anoda (-)** ulega rozтворzeniu, jej masa maleje, ponieważ do roztworu przechodzą kationy cynku
  - **Elektroda miedziowa: katoda (+)** jej masa nie zmienia się, w trakcie pracy ogniwa wydzielają się na niej gazowy wodór



### II. Przewidywanie kierunku procesu redukcji i utlenienia w ogniwie na podstawie szeregu na podstawie szeregu elektrochemicznego gdzie: $E_1 < E_2$



- Na tej podstawie równanie reakcji w ogniwie:  $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$

### III. Potencjały standardowe półogniw metalicznych i siła elektromotoryczna ogniwa (SEM, $\Delta E$ )

#### 1. Potencjały standardowe półogniw:

- ❖ Półogniwo wzorcowe – potencjał standardowego półogniwa wodorowego (**elektrody wodorowej** :  $\text{Pt}|\text{H}_2|2\text{H}^+$ ), którego  $E^0$  w każdej temp. ma wartość 0,0V
- **Elektroda wodorowa** – blaszka platynowa pokryta czernią platynową (rozdrobniona platyna) zanurzona w roztworze  $\text{H}^+$  o stężeniu  $1\text{mol/dm}^3$  i opłukiwanej gazowym wodorem pod ciśnieniem 1013hPa
  - ❖ **Potencjał standardowy półogniwa** – wartość potencjału półogniwa mierzona w roztworach jednomolowych względem półogniwa wodorowego
- **Potencjały standardowe półogniw metalicznych** (szereg napięciowy metali)

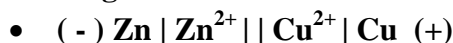
Każda następna elektroda w stosunku do poprzedzającej w szeregu, w ogniwie jest <b>katodą</b>	Elektroda/ schemat półogniwa	Reakcja elektrodowa	$E^0$ [V]	Każda poprzedzająca elektroda w stosunku do następnej w szeregu, w ogniwie jest <b>anodą</b>
	$\text{K}   \text{K}^+$	$\text{K}^+ + 1\text{e}^- \leftrightarrow \text{K}$	- 2, 922	
	$\text{Ca}   \text{Ca}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ca}$	- 2, 870	
	$\text{Na}   \text{Na}^+$	$\text{Na}^+ + 1\text{e}^- \leftrightarrow \text{Na}$	- 2,712	
	$\text{Mg}   \text{Mg}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mg}$	- 2,340	
	$\text{Al}   \text{Al}^{3+}$	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Al}$	- 1,670	
	$\text{Mn}   \text{Mn}^{2+}$	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Mn}$	- 1,185	
	$\text{Zn}   \text{Zn}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Zn}$	- 0,763	
	$\text{Cr}   \text{Cr}^{3+}$	$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cr}$	- 0,710	
	$\text{Fe}   \text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe}$	- 0,440	
	$\text{Cd}   \text{Cd}^{2+}$	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cd}$	- 0,402	
	$\text{Tl}   \text{Tl}^{1+}$	$\text{Tl}^+ + 1\text{e}^- \leftrightarrow \text{Tl}$	- 0,336	
	$\text{Co}   \text{Co}^{2+}$	$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Co}$	- 0,277	
	$\text{Ni}   \text{Ni}^{2+}$	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ni}$	- 0,250	
	$\text{Sn}   \text{Sn}^{2+}$	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Sn}$	- 0,136	
	$\text{Pb}   \text{Pb}^{2+}$	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Pb}$	- 0,126	
	$\text{H}_2   2\text{H}^+$	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{H}_2$	0, 000	
	$\text{Cu}   \text{Cu}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cu}$	+ 0,345	
	$\text{Cu}   \text{Cu}^+$	$\text{Cu}^+ + 1\text{e}^- \leftrightarrow \text{Cu}$	+ 0,552	
	$2\text{Hg}   \text{Hg}_2^{2+}$	$2\text{Hg}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Hg}$	+ 0,798	
	$\text{Ag}   \text{Ag}^+$	$\text{Ag}^+ + 1\text{e}^- \leftrightarrow \text{Ag}$	+ 0,799	
	$\text{Hg}   \text{Hg}^{2+}$	$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Hg}$	+ 0, 854	
	$\text{Pt}   \text{Pt}^{2+}$	$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Pt}$	+ 1,200	
	$\text{Au}   \text{Au}^{3+}$	$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \leftrightarrow \text{Au}$	+ 1, 420	
	$\text{Au}   \text{Au}^+$	$\text{Au}^+ + 1\text{e}^- \leftrightarrow \text{Au}$	+ 1,680	

#### 2. Siła elektromotoryczna ogniwa ( $\text{SEM} / \Delta E = [\text{V}]$ )

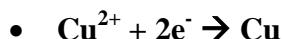
- ❖ **Siła elektromotoryczna ogniwa** – parametr charakteryzujący zdolność ogniwa, która jest różnicą potencjałów półogniwa katodowego i anodowego:
- $\text{SEM} (\Delta E) = E^0_{\text{kat}} - E^0_{\text{an}} = [\text{V}]$

➤ Przykład dla ogniwa cynkowo-miedziowego

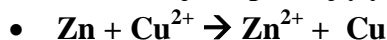
✓ Schemat ogniwa:



✓ Reakcje elektrodowe:



✓ Równanie reakcji w pracującym ogniwie:



✓ Obliczenie SEM :

•  $E^0_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}} = 0,345\text{V}$

•  $E^0_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = -0,763\text{V}$

•  $\text{SEM} = E^0_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}} - E^0_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = 0,345\text{V} - (-0,763\text{V}) = 1,108\text{V}$

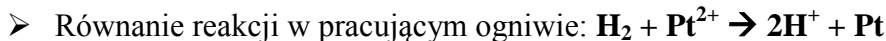
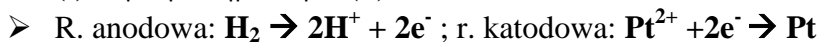
#### IV. Przykładowe zadania z rozwiązaniami

**Zad.1** Dysponując następującymi półogniwami: wodorowe, glinowe, srebrne i platynowe:

- zapisz schematy wszystkich możliwych ogniw,
- zapisz reakcje elektrodowe,
- zapisz ogólne równanie reakcji w pracującym ogniwie,
- oblicz siłę elektromotoryczną ogniw.

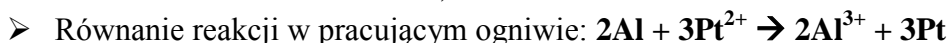
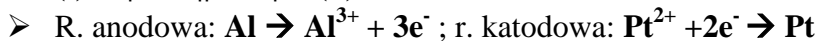
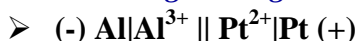
**Rozwiązanie:**

❖ *ogniwo wodorowo-platynowe*



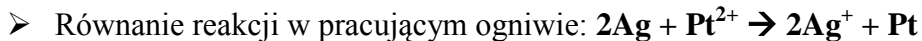
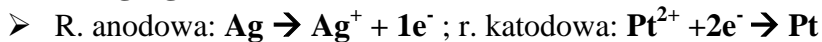
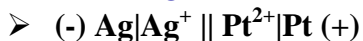
➤  $\text{SEM} = 1,200\text{V} - 0,0\text{V} = 1,2\text{V}$

❖ *ogniwo glinowo-platynowe*



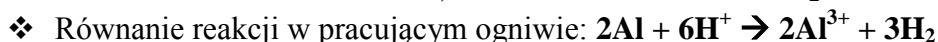
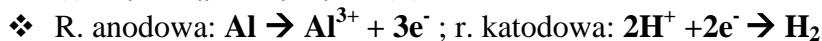
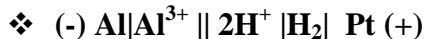
➤  $\text{SEM} = 1,200\text{V} - (-1,670) = 2,87\text{V}$

❖ *ogniwo srebrno-platynowe*



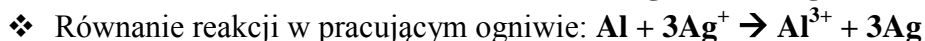
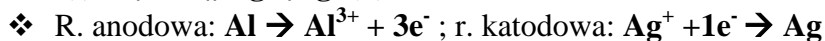
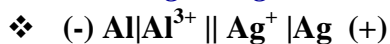
➤  $\text{SEM} = 1,200\text{V} - 0,799 = 0,401\text{V}$

❖ *ogniwo glinowo-wodorowe*



❖  $\text{SEM} = 0,00\text{V} - (-1,670) = 1,67\text{V}$

❖ *ogniwo glinowo-srebrne*



❖  $\text{SEM} = 0,799 - (-1,670) = 2,469\text{V}$

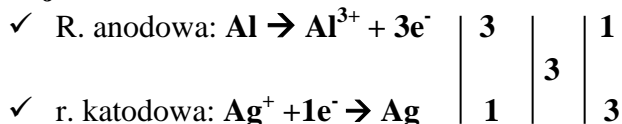
**Zad2.** Z ogniwa glinowo-srebrowego pobierano przez pewien czas energię, po zakończeniu pracy ogniwa płytkę glinową wyjęto, osuszono i zważono. Masa płytki zmalała o 0,54g. Oblicz, o ile gramów wzrosła masa płytki srebrnej.

### Rozwiązanie

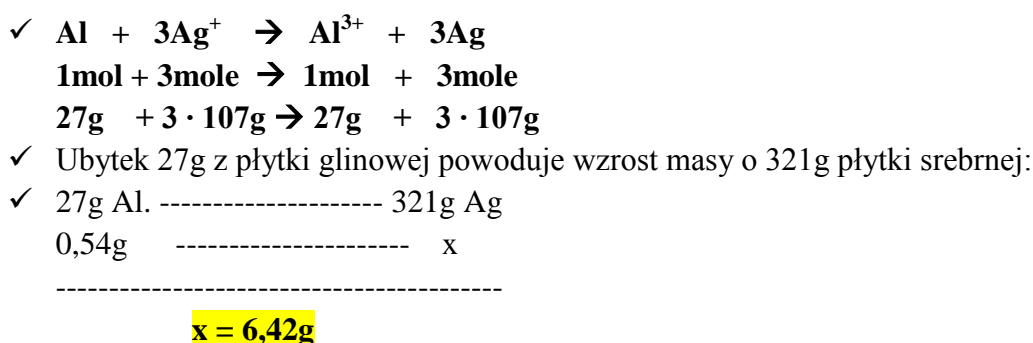
❖ (-)  $\text{Al}|\text{Al}^{3+} || \text{Ag}^+|\text{Ag}$  (+)

❖ Równanie reakcji w pracującym ogniwie:  $\text{Al} + 3\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{Ag}$

❖ Reakcje elektrodowe:



❖ obliczenie masy srebra



**Zad.3** W trakcie pracy ogniwa Volty zbudowanego z elektrody miedziowej i cynkowej zanurzonej w  $1\text{mol/dm}^3$  roztworze kwasu siarkowego(VI) zebrano  $1,12\text{dm}^3$  wodoru (objętość mierzona w warunkach standardowych). Wskaż elektrodę, której masa uległa zmianie oraz oblicz różnicę w masie tej płytki.

### Rozwiązanie:

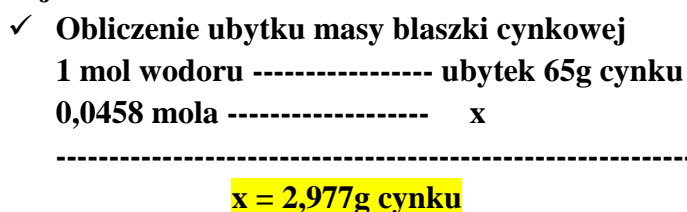
❖ Schemat ogniwa : ( - )  $\text{Zn} | \text{H}_2\text{SO}_4 | \text{Cu}$  (+)

❖ Procesy elektrodowe w ogniwie:  $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$   
 $1\text{mol} + 2\text{mole} \rightarrow 1\text{mol} + 1\text{mol}$   
 $65\text{g} + 2\text{mole} \rightarrow 65\text{g} + 1\text{mol}$

❖ Obliczenie moli wodoru w warunkach standardowych ( $T=298\text{K}$ ,  $p = 1013\text{hPa}$ )

$$\checkmark n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1013\text{hPa} \cdot 1,12\text{dm}^3}{83,1\text{hPa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298\text{K}} = 0,0458\text{mol}$$

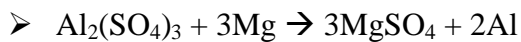
❖ Utlenieniu ulega cynk i przechodzi do roztworu, czyli masa płytki cynkowej ulega zmniejszeniu



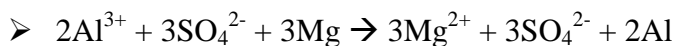
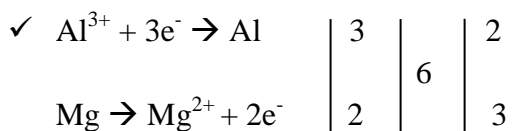
**Zad. 5** Do roztworu siarczanu(VI) glinu zanurzono płytkę magnezu o masie 10g. Po pewnym czasie płytkę wyjęto, osuszono. Po zważeniu stwierdzono, że masa płytki wynosiła 8,5 gramów. Oblicz masę zredukowanego glinu (osadzanego na płytce magnezowej).

**Rozwiązanie:**

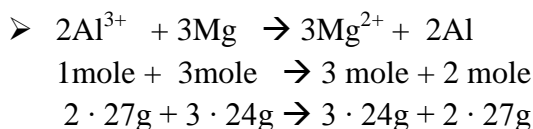
❖ Równanie reakcji



➤ Bilans elektronowy:



➤ Obliczenie masy glinu



✓ Na każde 2 mole glinu (54g), które osadza się na płytce magnezu do roztworu przechodzi 72g magnezu, czyli ubytek masy płytki  $\Delta m = 54\text{g} - 72\text{g} = -18\text{g}$

✓ Ubytek masy po doświadczeniu  $\Delta m = 8,5\text{g} - 10\text{g} = -1,5\text{g}$   
 18 ubytku masy ----- osadzonego 54g glinu  
 1,5g ubytku masy ----- x

---

**x = 4,5g glinu**

## Karta III/1b – Ogniwa galwaniczne

**Nazwisko i imię .....** **ocena .....**

**Zad.1.** Do roztworu siarczanu(VI) cynku zanurzono płytkę glinu o masie 20g. Po pewnym czasie płytkę wyjęto, osuszono. Po zważeniu stwierdzono, że masa płytki wynosiła 22,5 gramów. Oblicz masę zredukowanego cynku (osadzanego na płytce glinu).

**Zad.2.** W trakcie pracy ogniwa Volty zbudowanego z elektrody niklowej i chromowej zanurzonej w  $1\text{ mol/dm}^3$  roztworze kwasu siarkowego(VI) zebrano  $3\text{ dm}^3$  wodoru (objętość mierzona w warunkach standardowych). Wskaż elektrodę, której masa uległa zmianie oraz oblicz różnicę w masie tej płytki.

**Zad.3.** Z ogniwa chromowo-srebowego pobierano przez pewien czas energię, po zakończeniu pracy ogniwa płytkę srebrną wyjęto, osuszono i zważono. Masa płytki wzrosła o 0,27g. Oblicz, o ile gramów zmalała masa płytki chromowej.

**Zad.4.** Dysponując następującymi półogniwami: wodorowe, chromowe, cynkowe i miedziowe( $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+}$ ) :

- zapisz schematy wszystkich możliwych ogniw zbudowanych z w/w półogniw,
- zapisz reakcje elektrodowe,
- zapisz ogólne równanie reakcji w pracującym ogniwie,
- oblicz siłę elektromotoryczną ogniw.

### Rozwiązania:

This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, evenly spaced squares formed by thin gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.