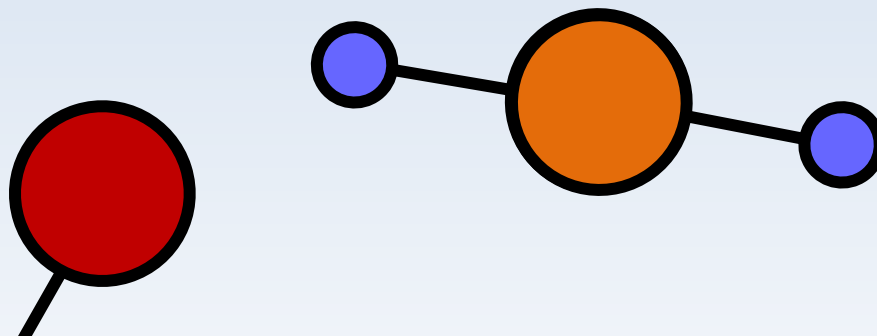
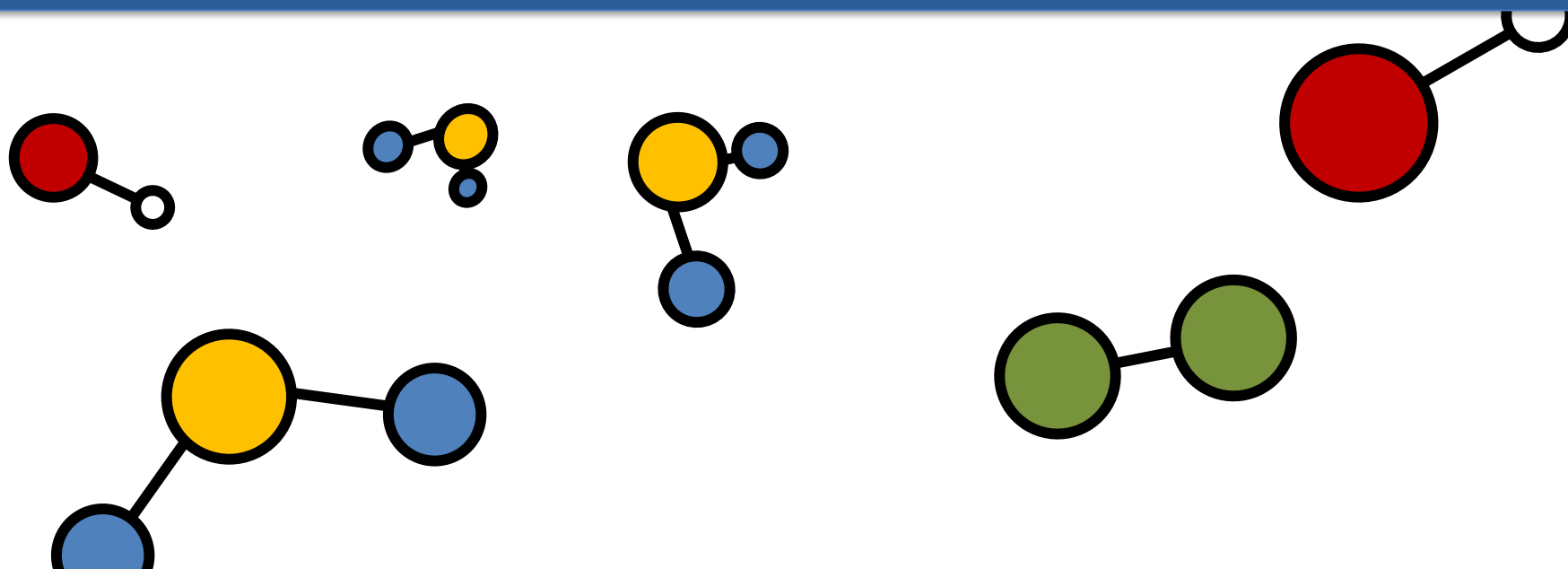




# מול, מסה ומסה מולרית



נגלה את הקשר בין מסה למולים 

נלמד מהי מסה מולרית של יסודות ורכובות? 

נתרגל מעבר בין מסה, מולים ומספר חלקיקים 

# מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

מבנה וקישור: 

מבנים וקשרים כימיים

הכרת ושימוש במערכה המחזורית 

מספר אטומי ומסה אטומית

הכרת רישום מספרים גדולים וקטנים: 

$1.204 \times 10^{24}$  ;  $4.5 \times 10^{-3}$

הכרת מספר אבוגדרו:  $6.02 \times 10^{23}$  

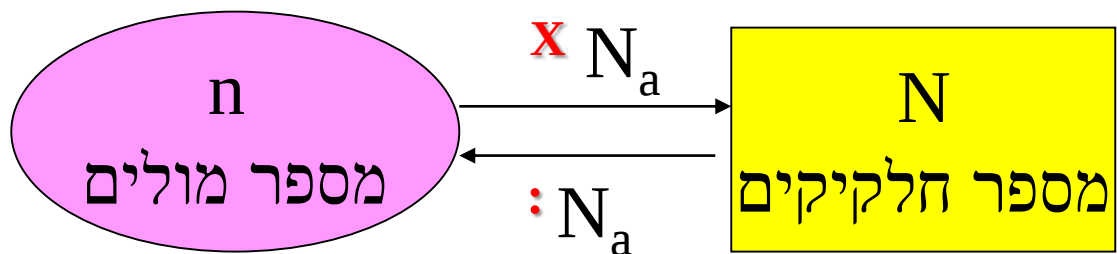
הכרת מושג המול 

- מול הוא ה"יחידה של הכימאים" והוא מכיל מספר אבוגדרו של חלקיקים:  $6.02 \times 10^{23}$ . מספר זה נקבע בדרך ניסיונית.

- מול הוא ה"יחידה של הכימאים" והוא מכיל מספר אבוגדרו של חלקיקים:  $6.02 \times 10^{23}$ . מספר זה נקבע בדרך ניסיונית.
- חלקיקים יכולים להיות כל דבר: גרגרי אורז, יונים, ורדים... לכן, חשוב מאד לציין באילו חלקיקים אנו דנים.

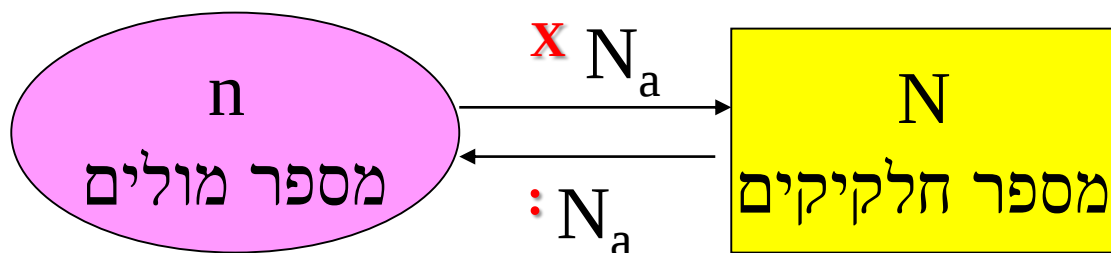
- מול הוא ה"יחידה של הכימאים" והוא מכיל מספר אבוגדרו של חלקיקים:  $6.02 \times 10^{23}$ . מספר זה נקבע בדרך ניסיונית.
- חלקיקים יכולים להיות כל דבר: גרגרי אורז, יונים, ורדים... לכן, חשוב מאד לציין באילו חלקיקים אנו דנים.
- חלקיקי החומר הם זעירים מאד ולכן אין ברירה אלא לעסוק בכמות גדולה מאד של חלקיקים

# הקשר בין מול, מספר אבוגדרו ומספר החלקיקים



$N_a$  – מספר אבוגדרו:  $6.02 \cdot 10^{23}$   
 $N$  – מספר החלקיקים (יש להגדירם!)  
 $n$  – מספר המולים (מול)

# הקשר בין מול, מספר אבוגדרו ומספר החלקיקים



$$n = \frac{N}{N_a}$$

$N_a$  – מספר אבוגדרו:  $6.02 \cdot 10^{23}$

$N$  – מספר החלקיקים (יש להגדירם!)

$n$  – מספר המולים (מול)

משוואה ראשונה:

מול/מספר/מספר אבוגדרו

# כיצד סופרים אטומים או מולקולות?

גודל האטומים – **קטן** מאוד מאוד מאוד... (סדרי גודל של  $10^{-10} \times 1$  מטר)

מסת האטומים – **קטנה** מאוד מאוד מאוד... (סדרי גודל של  $10^{-20} \times 1$  גרם)

איך נוכל לספור אותם במעבדה?

# כיצד סופרים אטומים או מולקולות?

גודל האטומים – קטן מאוד מאוד ... (סדרי גודל של  $10^{-10} \times 1$  מטר)

מסת האטומים – קטנה מאוד מאוד ... (סדרי גודל של  $10^{-10} \times 1$  גרם)



אפשר לספור על ידי שקילה!

כמה גרגרי אורז יש כאן?

לדוגמה:

גודל האטומים – קטן מאוד מאוד ... (סדרי גודל של  $10^{-10} \times 1$  מטר)

מסת האטומים – קטנה מאוד מאוד ... (סדרי גודל של  $10^{-10} \times 1$  גרם)

אפשר לספור על ידי שקילה!

כמה גרגרי אורז יש כאן?

לדוגמה:

נשקול כמות ידועה – למשל 100 גרגרי אורז

2 גרם

נשקול את כל הכמות הלא ידועה

1 ק"ג = 1000 גרם

נחשב 2 גרם 100 גרגרי אורז

1000 גרם X גרגרי אורז

בשקית יש כ 50,000 גרגירים

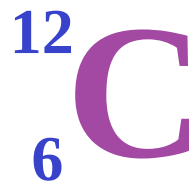
## הגדרה:

מסה מולרית היא המסה (בגרמים) של כמות חומר המכילה מול או מספר אבוגדרו ( $6.02 \times 10^{23}$ ) של חלקיקים של החומר.

| היסוד            | מסה של מול<br>אטומים | מספר אטומים<br>במול יסוד |
|------------------|----------------------|--------------------------|
| $^1\text{H}$     | 1 גרם                | $6.02 \times 10^{23}$    |
| $^{12}\text{C}$  | 12 גרם               | $6.02 \times 10^{23}$    |
| $^{16}\text{O}$  | 16 גרם               | $6.02 \times 10^{23}$    |
| $^{14}\text{N}$  | 14 גרם               | $6.02 \times 10^{23}$    |
| $^{40}\text{Ca}$ | 40 גרם               | $6.02 \times 10^{23}$    |

מספר החלקיקים במול שווה, המסה שונה

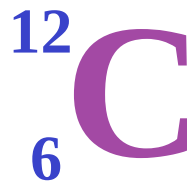
**מספר מסה:** סכום מספר הפרוטונים ומספר הנויטרונים  
בגרעין האטום.



**מסה אטומית:** המסה של אטום. היחידה הנפוצה לציון  
מסה אטומית היא יחידת המסה האטומית (ימ"א).



1 ימ"א



12 ימ"א



35 ימ"א

אם נשווה איזוטופ של אטום מימן  $^1\text{H}$  המכיל רק פרוטון בגרעין לאיזוטופ פחמן  $^{12}\text{C}$  שמכיל 6 פרוטונים ו-6 נויטרונים, נוכל לומר שאטום המימן קל פי 12 מאשר אטום פחמן.

לכן אם ניקח מול ( $6.02 \times 10^{23}$ ) אטומי פחמן שהמסה שלהם 12 גרם, אזי למול של אטומי מימן תהיה מסה קטנה פי 12, כלומר 1 גרם.

| איזוטופ          | מספר מסה | מסה אטומית | מסת מול אטומים |
|------------------|----------|------------|----------------|
| $^1\text{H}$     | 1        | 1 ימ"א     | 1 גרם          |
| $^{12}\text{C}$  | 12       | 12 ימ"א    | 12 גרם         |
| $^{16}\text{O}$  | 16       | 16 ימ"א    | 16 גרם         |
| $^{40}\text{Ca}$ | 40       | 40 ימ"א    | 40 גרם         |

מסת מול אחד של פחמן 12 ( $^{12}\text{C}$ ) היא 12 גרם בדיוק.

בטבלה המחזורית מופיעים היסודות השונים, כאשר מסתם האטומית היחסית מופיעה לצידם.  
המסה האטומית היחסית נקבעת ביחס לאטום  $^{12}\text{C}$ .

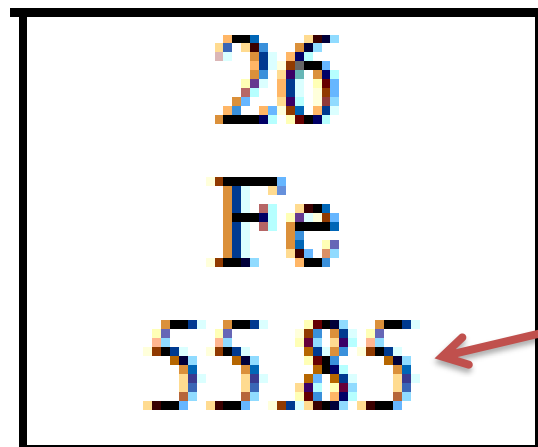
| איזו<br>טופ      | מספר<br>מסה | מסה<br>אטומית | מסת<br>מול<br>אטומים |
|------------------|-------------|---------------|----------------------|
| $^1\text{H}$     | 1           | 1 ימ"א        | 1 גרם                |
| $^{12}\text{C}$  | 12          | 12 ימ"א       | 12 גרם               |
| $^{16}\text{O}$  | 16          | 16 ימ"א       | 16 גרם               |
| $^{40}\text{Ca}$ | 40          | 40 ימ"א       | 40 גרם               |

יחידות המסה האטומית

הם: ימ"א

(amu = atomic mass units)





**מסה אטומית  
ממוצעת**

**מסה מולרית**

בטבלה המחזורית מופיעים היסודות השונים כאשר המסה האטומית הממוצעת לצידם. המסה האטומית הממוצעת היא ממוצע משוקלל של מסות האיזוטופים השונים בהתאם לשכיחותם בטבע היות ומול של חומר בטבע מכיל בממוצע את כל האיזוטופים, הרי שהמסה המולרית של חומר מסוים תואמת למסה האטומית הממוצעת

בתחילה, קבעו את **מספר אבוגדרו** לפי מספר החלקיקים ב-1 גר' מימן. הבחירה במימן הייתה טבעית, בשל היותו הגז הקל ביותר (לא ידעו מה גודל המספר).

בהמשך, כשהתרבו הניסויים עם חמצן קבעו את **מספר אבוגדרו** לפי החמצן (מספר אטומי החמצן ב-16 גר' חמצן).

כיום **מספר אבוגדרו**,  $6.02 \cdot 10^{23}$  מוגדר כמספר האטומים המצוי ב-12 גרם פחמן  $^{12}\text{C}$ .

**מספר זה הוא מספר החלקיקים הנמצאים במול אחד**

## מול:

במול יש מספר אבוגדרו של חלקיקים  $6.02 \times 10^{23}$   
זהו מספר האטומים המצוי ב-12 גרם  $^{12}\text{C}$

## מסה מולרית:

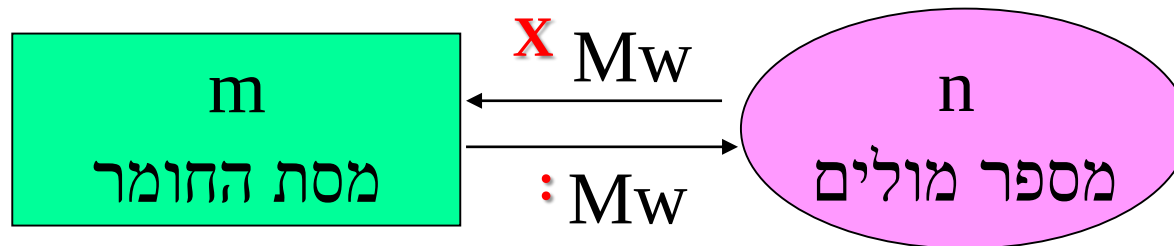
המסה של מול חלקיקים  
המסה המולרית של היסודות נתונה  
בטבלה המחזורית

## מסה:

כמות החומר



# הקשר בין מול, מסה ומסה מולרית

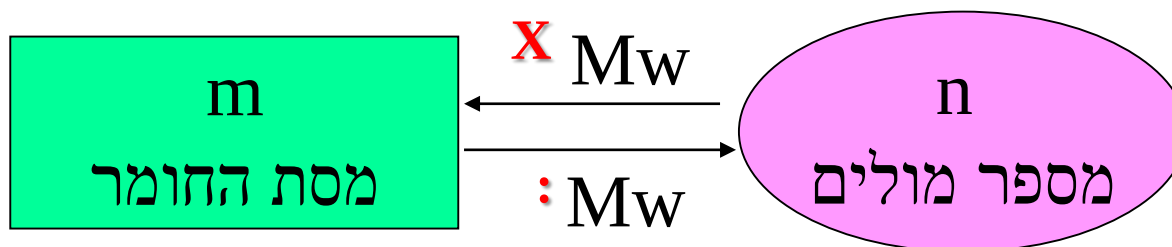


$M_w$  - מסה מולרית (גר'/מול)

$n$  - מספר המולים (מול)

$m$  - מסה (גר')

# הקשר בין מול, מסה ומסה מולרית



$$M_w = \frac{m}{n}$$

$M_w$  - מסה מולרית (גר'/מול)  
 $n$  - מספר המולים (מול)  
 $m$  - מסה (גר')

**משוואה שנייה:**

מול/מסה/מסה מולרית

היעזרו במערכה המחזורית ומצאו את  
המסות המולריות של אטומי היסודות:



נחושת  
Cu



כסף  
Ag



זהב  
Au

## היעזרו במערכה המחזורית ומצאו את המסות המולריות של אטומי היסודות:



נחושת  
Cu



כסף  
Ag



זהב  
Au

63.54 גרם/מול

ל  $6.02 \times 10^{23}$  אטומי נחושת  
יש מסה של 63.54 גרם

107.87 גרם/מול

ל  $6.02 \times 10^{23}$  אטומי כסף  
יש מסה של 107.87 גרם

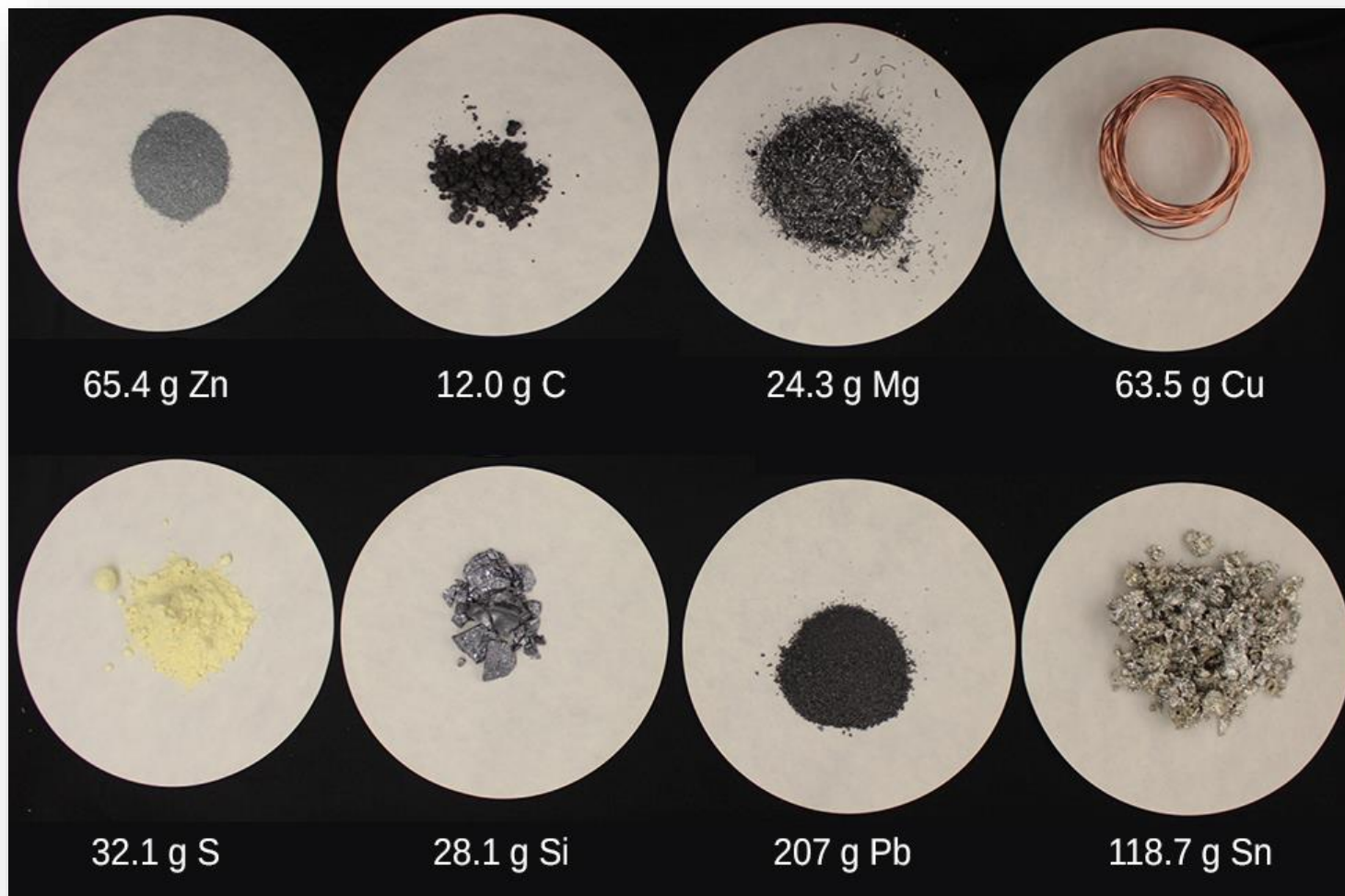
196.97 גרם/מול

ל  $6.02 \times 10^{23}$  אטומי זהב  
יש מסה של 196.97 גרם

**מספר החלקיקים שווה, המסה שונה**

# מספר חלקיקים שווה – מסה שונה

## 1 מול של יסודות שונים



modification of work by Mark Ott ! [Formula Mass and the Mole Concept](#) by Rice University | CC-by-SA 4.0

השלימו את הטבלה הבאה:

| מסה (גרמים)<br>m | מספר מולים<br>n | מסה<br>מולרית<br>Mw | החומר                                                                                       |
|------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | 3.2             | 197<br>גרם/מול      | זהב      |
|                  | 0.25            | 108<br>גרם/מול      | כסף     |
| 12.7 גרם         |                 | 63.5<br>גרם/מול     | נחושת  |

## שאלה 2 - פתרון

$$m = n \times M_w$$

$$n = \frac{m}{M_w}$$

| החומר                                                                                       | מסה מולרית $M_w$ | מספר מולים $n$                                           | מסה (גרמים) $m$                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| זהב      | 197<br>גרם/מול   | 3.2                                                      | $m = 3.2 \times 197 = 630.4$<br><b>630.4 גרם</b> |
| כסף      | 108<br>גרם/מול   | 0.25                                                     | $m = 0.25 \times 108 = 27$<br><b>27 גרם</b>      |
| נחושת  | 63.5<br>גרם/מול  | $n = \frac{12.7}{63.5} = 0.2$<br><b>0.2 מול אטומי Cu</b> | <b>12.7 גרם</b>                                  |

האם מספר האטומים בכל אחת מהמדגמים שחישבנו שונה או שווה?

## שאלה 2 - המשך

מספר האטומים שונה מכיוון שמספר המולים שונה.  
חשבו את מספר האטומים בכל אחד מהמדגמים.

| מספר אטומים<br>N | מסה<br>(גרמים)<br>m | מספר<br>מולים<br>n | מסה<br>מולרית<br>Mw | החומר                                                                                       |
|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | 630.4               | 3.2                | 197<br>גרם/מול      | זהב      |
|                  | 27                  | 0.25               | 108<br>גרם/מול      | כסף     |
|                  | 12.7                | 0.2                | 63.5<br>גרם/מול     | נחושת  |

## שאלה 2 המשך - פתרון

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$N = n \times N_A$$

| מספר אטומים<br>$N$                                                           | מסה<br>(גרמים)<br>$m$ | מספר<br>מולים<br>$n$ | מסה<br>מולרית<br>$M_w$ | החומר                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $N = 3.2 \times 6.02 \times 10^{23}$<br>$N = 1.9 \times 10^{24}$ אטומי זהב   | 630.4                 | 3.2                  | 197<br>גרם/מול         | זהב      |
| $N = 0.25 \times 6.02 \times 10^{23}$<br>$N = 1.5 \times 10^{23}$ אטומי כסף  | 27                    | 0.25                 | 108<br>גרם/מול         | כסף     |
| $N = 0.2 \times 6.02 \times 10^{23}$<br>$N = 1.2 \times 10^{23}$ אטומי נחושת | 12.7                  | 0.2                  | 63.5<br>גרם/מול        | נחושת  |

# חישוב מסה מולרית של תרכובת

כדי לחשב את המסה המולרית של תרכובת יש לסכום את המסות המולריות של כל אטומים בתרכובות על פי מספר הפעמים שהאטומים מופיעים בנוסחה המיוצגת של החומר.

**לדוגמא: חישוב מסה מולרית של מים:**

$$Mw_{(H_2O)} = 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18 \frac{\text{גרם}}{\text{מול}}$$

The diagram illustrates the calculation of the molar mass of water ( $H_2O$ ). The equation is  $Mw_{(H_2O)} = 2 \times 1 + 1 \times 16 = 18 \frac{\text{גרם}}{\text{מול}}$ . Arrows point from the numbers in the equation to explanatory boxes:

- From the '2' to a box: מספר הפעמים שאטום המימן מופיע במולקולה אחת של מים (Number of times the hydrogen atom appears in one molecule of water).
- From the '1' (after the first 'x') to a box: מסה מולרית של אטומי מימן (מספר מסה של מימן) (Molar mass of hydrogen atoms (mass number of hydrogen)).
- From the '16' to a box: מספר הפעמים שאטום החמצן מופיע במולקולה אחת של מים (Number of times the oxygen atom appears in one molecule of water).
- From the '1' (before the second 'x') to a box: מסה מולרית של אטומי חמצן (מספר מסה של חמצן) (Molar mass of oxygen atoms (mass number of oxygen)).

מהי המסה המולרית של התרכובת סידן כלורי  $\text{CaCl}_2$ .

א. 75.5 גרם/מול

ב. 111 גרם/מול

ג. 115.5 גרם/מול

ד. 306 גרם/מול

מהי המסה המולרית של התרכובת סידן כלורי  $\text{CaCl}_2$ .

$$\text{Mw}_{(\text{NH}_3)} = \underbrace{40 \times 1}_{\text{סידן}} + \underbrace{35.5 \times 2}_{\text{כלור}} = 111 \frac{\text{גרם}}{\text{מול}}$$

א. 75.5 גרם/מול

ב. 111 גרם/מול

ג. 115.5 גרם/מול

ד. 306 גרם/מול

חשבו את המסה המולרית של הגלוקוז,  $C_6H_{12}O_6$ .

א. 18 גרם/מול

ב. 180 גרם/מול

ג. 0.18 גרם/מול

ד.  $18 \times 10^{23}$  גרם/מול

חשבו את המסה המולרית של הגלוקוז,  $C_6H_{12}O_6$ .

$$Mw_{(C_6H_{12}O_6)} = \underbrace{6 \times 12}_{\text{פחמן}} + \underbrace{12 \times 1}_{\text{מימן}} + \underbrace{6 \times 16}_{\text{חמצן}} = 180 \frac{\text{גרם}}{\text{מול}}$$

א. 18 גרם/מול

ב. 180 גרם/מול

ג. 0.18 גרם/מול

ד.  $18 \times 10^{23}$  גרם/מול

מהי המסה של 8 מול מים?

א. 18 גרם

ב. 8 גרם

ג. 0.18 גרם

ד. 144 גרם



## מהי המסה של 8 מול מים?

1. נחשב מסה מולרית:

$$M_w = 1 \times 2 + 16 = 18 \text{ gr/mol}$$

$$n = \frac{m}{M_w} \rightarrow m = nM_w \quad \text{2. נחשב מסה:}$$

$$m = 8 \times 18 = 144 \text{ gr}$$

א. 18 גרם

ב. 8 גרם

ג. 0.18 גרם

ד. 144 גרם



מהי המסה של 0.1 מול סידן פחמתי,  $\text{CaCO}_3$ ?



א. 250 גרם

ב. 100 גרם

ג. 10 גרם

ד. 0.1 גרם

## מהי המסה של 0.1 מול סידן פחמתי, $\text{CaCO}_3$ ?

$$M_w = 40 + 12 + 16 \times 3 = 100 \text{ gr/mol}$$

$$n = \frac{m}{M_w} \rightarrow m = nM_w$$

$$m = 0.1 \times 100 = 10 \text{ gr}$$

1. נחשב מסה מולרית:

2. נחשב מסה:



א. 250 גרם

ב. 100 גרם

ג. 10 גרם

ד. 0.1 גרם

- א- כמה מול סוכר,  $C_{12}H_{22}O_{11} (s)$ , יש בכפית המכילה 10 גרם סוכר?
- ב- כמה מולקולות סוכר,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , יש בכפית המכילה 10 גרם סוכר?
- ג- כמה אטומי פחמן יש בכפית המכילה 10 גרם סוכר  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ?



כמה מול סוכר,  $C_{12}H_{22}O_{11}(s)$ , יש בכפית המכילה 10 גרם  
סוכר?



כמה מול סוכר,  $C_{12}H_{22}O_{11}(s)$ , יש בכפית המכילה 10 גרם

סוכר?

אסטרטגיה לפתרון:

נתונות לנו מסת הדגימה ( $m$ ) ונוסחה מולקולרית של החומר

1. נחשב את המסה המולרית ( $M_w$ ) של הסוכר
2. נחשב את מספר המולים ( $n$ ) של הסוכר בדגימה

1. נחשב את המסה המולרית ( $M_w$ ) של הסוכר:

$$\text{גר' / מול} = 12 \times 12 + 22 \times 1 + 11 \times 16 = 342$$

2. נחשב את מספר המולים ( $n$ ) של הסוכר בדגימה:

$$n = 10 / 342 = 0.03 \text{ מול סוכר}$$

תשובה: ב-10 גרם סוכר יש 0.03 מול מולקולות סוכר

$$n = \frac{m}{M_w}$$

כמה מולקולות סוכר,  $C_{12}H_{22}O_{11}(s)$ , יש בכפית המכילה

10 גרם?



כמה מולקולות סוכר,  $C_{12}H_{22}O_{11}(s)$ , יש בכפית המכילה 10 גרם?

אסטרטגיה לפתרון:

חישבנו כבר את מספר המולים של מולקולות הסוכר בדגימה  
נחשב את מספר המולקולות בעזרת מספר אבוגדרו

חישבנו בשאלה הקודמת: מול סוכר  $n = 0.03$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$N = n \times N_A$$

נחשב את מספר מולקולות הסוכר (N) בדגימה:

$$N = 0.03 \times 6.02 \times 10^{23} = 0.18 \times 10^{23} = 1.8 \times 10^{22}$$

תשובה: ב10 גרם סוכר יש  $1.8 \times 10^{22}$  מולקולות סוכר

כמה אטומי פחמן יש בכפית המכילה 10גרם סוכר  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ?



כמה אטומי פחמן יש בכפית המכילה 10גרם סוכר  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ?

אסטרטגיה לפתרון:

חישבנו כבר את מספר מולקולות הסוכר בדגימה

נחשב את מספר אטומי הפחמן על פי מספר אטומי הפחמן בכל מולקולת סוכר (12)

לפי הנוסחה המולקולרית, ידוע לנו שבכל מולקולת סוכר יש 12 אטומי פחמן.  
לכן:

מספר  
אטומי  
פחמן

$$N_{(C)} = N_{(C_{12}H_{22}O_{11})} \times 12 = 1.8 \times 10^{22} \times 12 = 2.17 \times 10^{23}$$

מספר מולקולות  
הסוכר

תשובה: ב10 גרם סוכר יש  $2.17 \times 10^{23}$  אטומי פחמן

תזכורת מול, מספר אבוגדרו 

כיצד סופרים חלקיקים על ידי שקילה 

למדנו על מסה ומסה מולרית 

תרגלנו שימוש בשתי המשוואות הראשונות המראות 

את הקשר בין מולים, מספר אבוגדרו, מסה ומסה מולרית