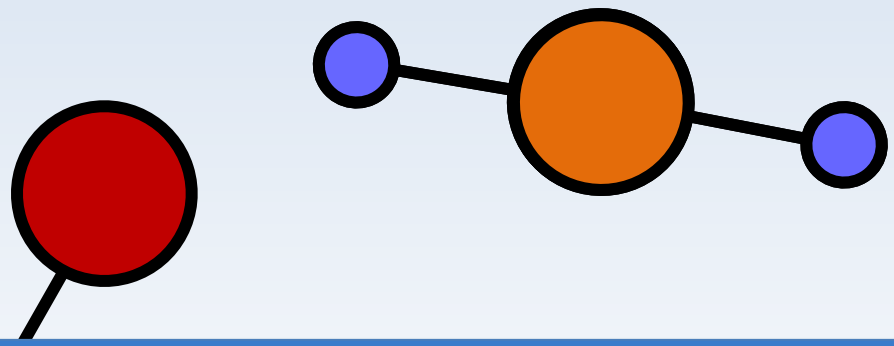
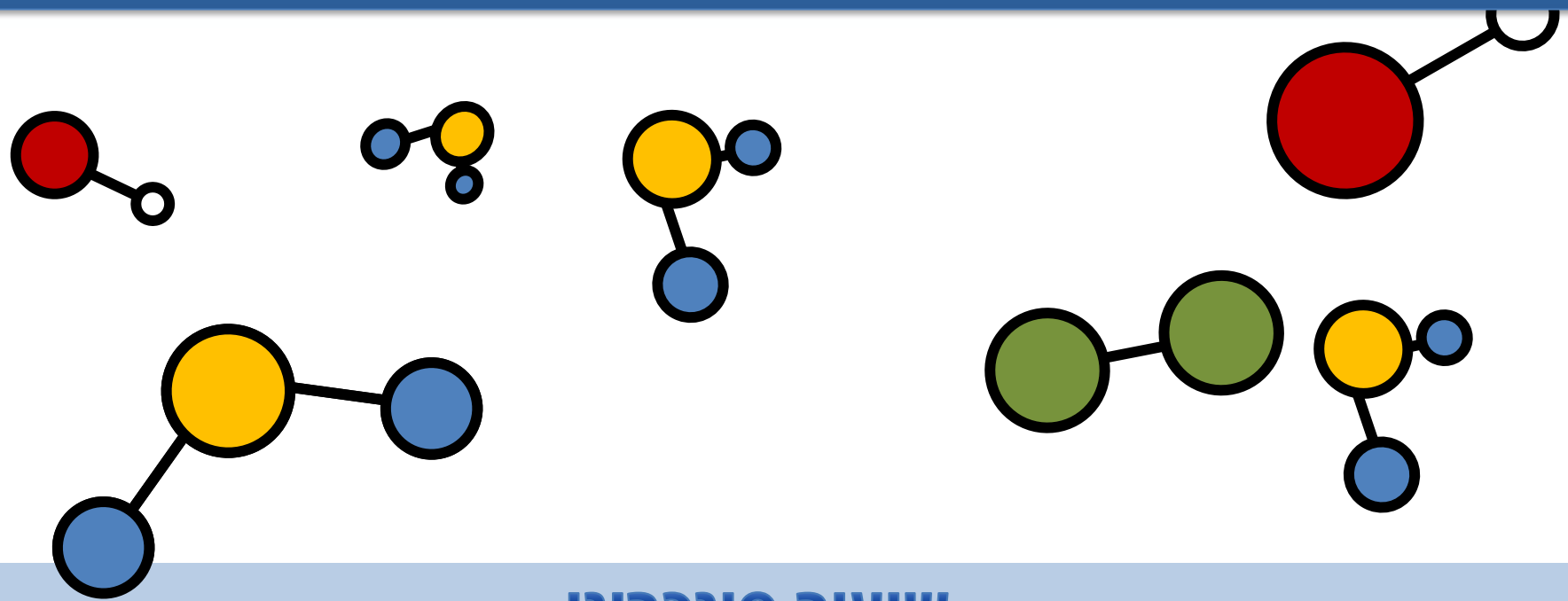
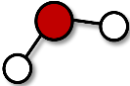


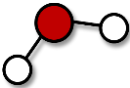


המול

המתמטיקה של נוסחאות ומשוואות כימיות

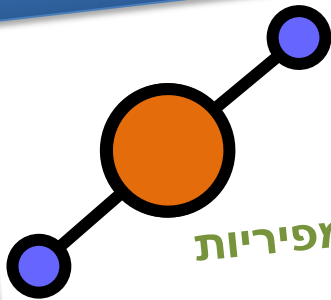


מספר אבוגדרו – המול 

תרגול מספר אבוגדרו 

תרגול מולים 

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?



שפת הכימאים 

רישום נוסחאות מולקולריות ואמפיריות
רישום תגובות

מבנה האטום 

חלקיקי האטום, מסה אטומית

קשרים כימיים: 

מתכתי, יוני, קוולנטי

חומרים ותכונותיהם: 

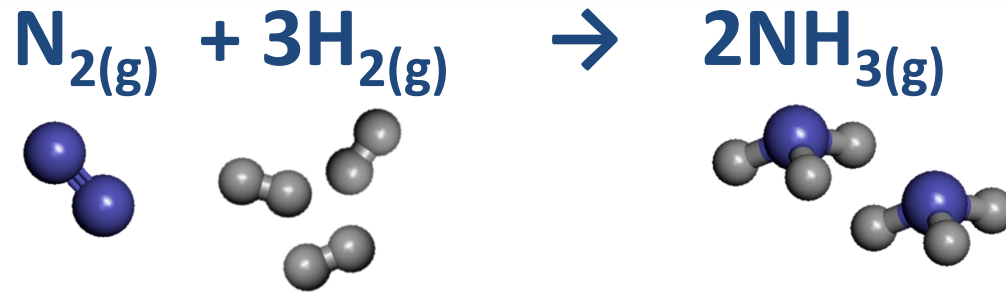
יונים, אטומריים, מתכתיים, מולקולריים

נצפה בסרטון



תהליך הבר

https://youtu.be/o1_D4FscMnU



כיצד ניתן לחבר בין הרמה המיקרוסקופית (החלקיקית) בה מוסברים תהליכים כימיים לבין סדרי גודל הנוחים למדידה?

האם ניתן לספור אטומים? 

האם ניתן להשוות בין מסות של אטומים מסוגים שונים? 

האם וכיצד ניתן לשקול במקום לספור 

סטויכיומטריה

(סטויכיון [יוונית] = יסוד; מטריה = מדע המדידה)

ענף בכימיה העוסק בהיבטים כמותיים של

תגובות כימיות.

הסטויכיומטריה מאפשרת למדוד

מסה (בגרמים, ק"ג), נפח (בליטר, מ"ל)

או ריכוז של חומרים (מגיבים או תוצרים).



מסע קניות מחשבתי:



באילו יחידות רוכשים:

לחם? חלב? ענבים?

פיצוחים? ביצים? אורז?



האם היינו מעלים בדעתנו לעמוד
במרכול ולספור 1000 גרגרי אורז?



**כאשר גודל של יחידה בודדת קטן וקשה
למדידה, ניתן למדוד בקבוצות**

איך סופרים בסטוכיומטריה?

אטומים בודדים או מולקולות בודדות הם קטנים מדי כך שלא ניתן למדוד או לשקול אותם.

עלינו להשתמש **בהרבה** מאוד אטומים כדי שניתן יהיה למדוד אותם.

לכן...

בכימיה אנחנו לא סופרים חלקיקים יחידים, אלא
אלא משתמשים ביחידת: **מול**

1 מול = 6.02×10^{23} חלקיקים

602,000,000,000,000,000,000,000

אז דרכו של הכימאי לספור חלקיקים

- מול של ביצים הוא 6.02×10^{23} ביצים
- מול של גרגרי אורז זה 6.02×10^{23} גרגרי אורז
- מול של אטומי פחמן זה 6.02×10^{23} אטומי פחמן
- וכן הלאה....

המול מתאר מספר - בדיוק כמו ש:

12 ביצים הם – תריסר ביצים

שתי נעליים הם – זוג נעליים

עשרות אלפי אנשים הם – רבבות אנשים



6.02×10^{23} מולקולות מים - מול מולקולות מים

במול יש מספר אבוגדרו של חלקיקים

במול יש

602,000,000,000,000,000,000,000

או

6.02×10^{23}

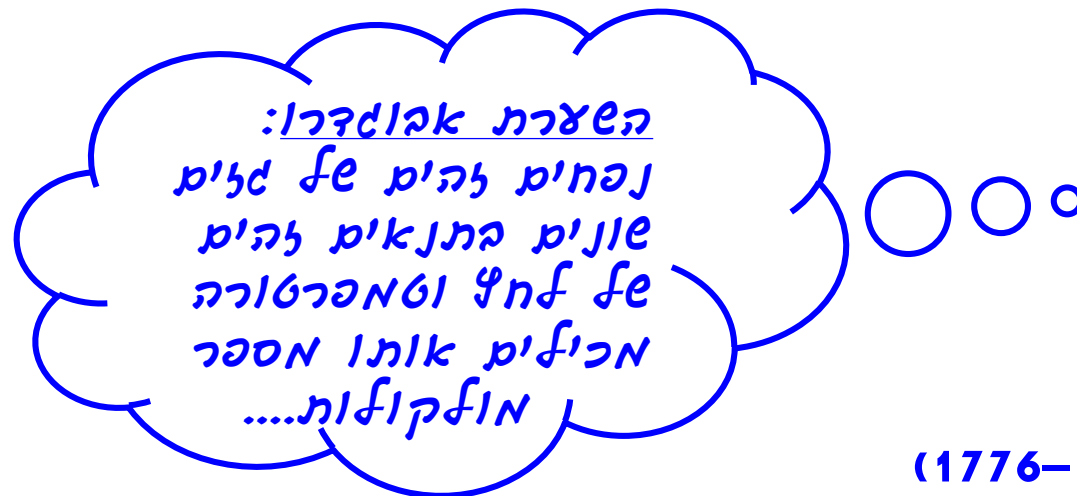
חלקיקים

המספר נקרא מספר אבוגדרו (N_A)

מספר החלקיקים במול אחד: 6.02×10^{23} נקרא:

מספר אבוגדרו

על שמו של פיסיקאי איטלקי אשר השערותו הנקראת
עד היום: **השערת אבוגדרו**. השערה זו, הובילה
מדענים דגולים אחריו להגיע למושג המול.



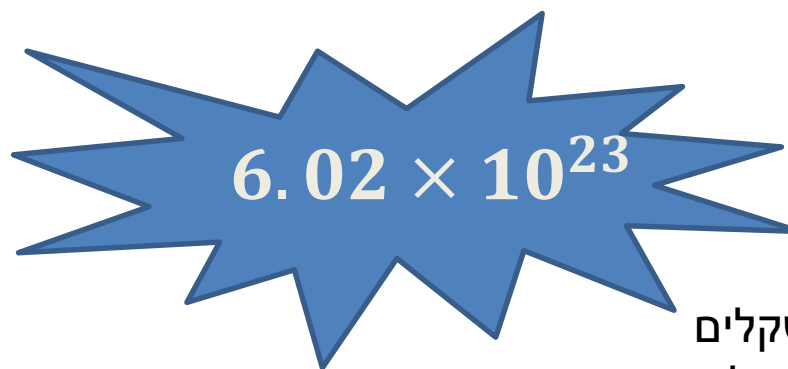
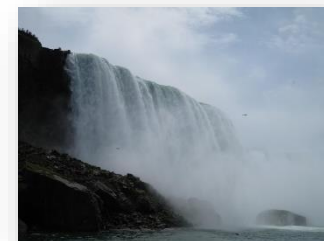
אמדאו אבוגדרו (1776–1856)

עד כמה גדול מספר אבוגדרו?

חבילה של 6.02×10^{23} דפים
הייתה כל כך גבוהה שהיא הייתה
מגיעה מכאן ועד לשמש, לא פעם
אחת כי אם מיליון פעמים...



זרימה של 6.02×10^{23} טיפות
מים במפלי הניאגרה הייתה
נמשכת יותר מ-100,000 שנים



6.02×10^{23} כדורי טניס היו
מכסים את פני כדור הארץ
בשכבה שעובייה יותר מ-160
ק"מ...



6.02×10^{23} שניות הוא
משך זמן ארוך פי 4 מיליון
מגיל כדור הארץ

אם היו לך 6.02×10^{23} שקלים
היית יכול לבזבז מיליארד שקל
בכל שנייה ועדיין היו נשארים לך
99.999% מכסף, כדי להעביר
לורשים שלך אחרי 120 שנה

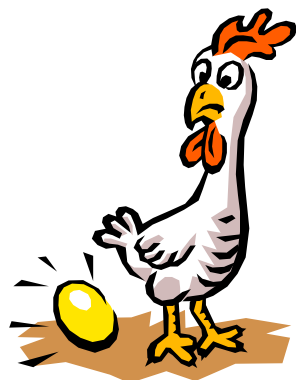


♦ **מול** גרעיני אבטיח יכולים למלא אבטיח שגודלו גדול יותר מהירח;

♦ 6.02×10^{23} כדוריות דם אדומות הם יותר מסך כל כדוריות הדם

האדומות של כל האנשים על פני תבל;

♦ אם ניקח 10 ביצים נוכל להכין חביתה "די גדולה".



אם ניקח **מול** ביצים, כלומר: 6.02×10^{23} ביצים,

נוכל להכין חביתה בשטח כולל שיכסה 30 מיליון פעמים את שטחם של כל האוקיינוסים על פני כדור הארץ, ולשם כך נזדקק ל-10 ביליון תרנגולות שיטילו 10 ביצים מידי יום במשך 10 ביליון שנים.



(ביליון = מיליארד = אלף מליון = 10^9)

אם היה לכם 1 מול מולקולות מים,
האם הייתם יכולים לשחות בתוכם?



א. כן

ב. לא

ג. אי אפשר לדעת

אם היה לכם 1 מול מולקולות מים,
האם הייתם יכולים לשחות בתוכם?



א. כן

ב. לא

ג. אי אפשר לדעת

מולקולות המים כל כך קטנות
שמול אחד של מים הם 18 מ"ל



נצפה בסרטון

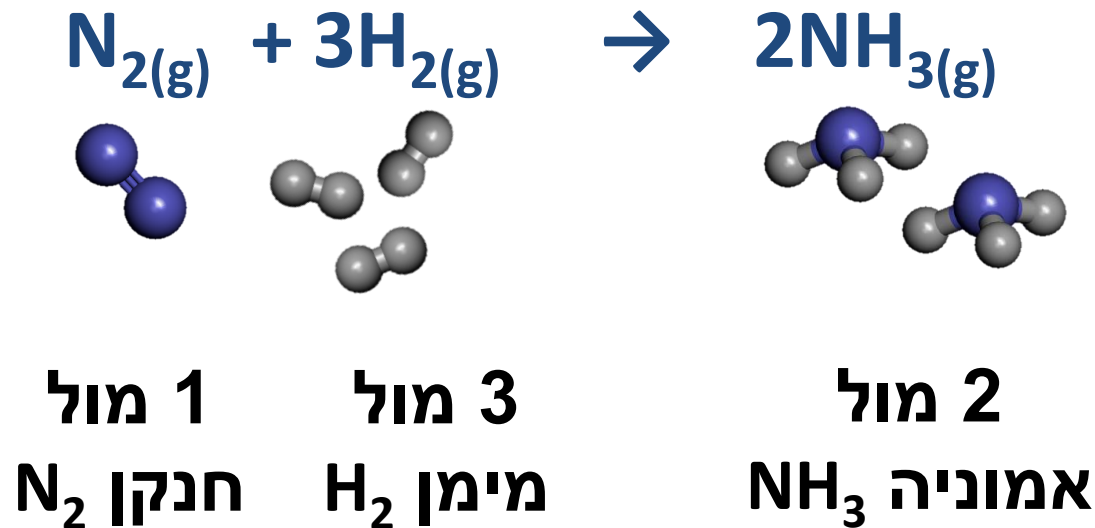


כמה גדול הוא המול?

jeETVmg4https://youtu.be/TEI

כיצד ניתן לחבר בין הרמה המיקרוסקופית (החלקיקית) בה מוסברים תהליכים כימיים לבין סדרי גודל הנוחים למדידה?

נספור במולים ולא בחלקיקים



1 מול של אטומי C = 6.02×10^{23} אטומי C

1 מול של H₂O = 6.02×10^{23} מולקולות H₂O

1 מול של NaCl = 6.02×10^{23} יחידות של NaCl

נתרן כלורי NaCl הוא חומר יוני המורכב משני יונים Na⁺ ו-Cl⁻

ב-1 מול NaCl יש

1 מול יוני Na⁺

1 מול יוני Cl⁻



במכונית אחת יש 4 גלגלים
בתריסר מכוניות יש 4 תריסרים של גלגלים
במול של מכוניות יש 4 מול גלגלים

שאלה 2

השלימו את הטבלה 

מספר המולים של כל האטומים במולקולה	מספר המולים של כל אחד מן היסודות	1 מול מולקולות של החומר
	- P - O	P_4O_{10}
	- C - O	CO_2

מספר המולים של כל היונים במולקולה	מספר המולים של כל אחד מן היונים	1 מול יחידות סריג של החומר
	- -	$MgBr_2$
	- -	Na_3PO_4

שאלה 2 - פתרון

השלימו את הטבלה 

מספר המולים של כל האטומים במולקולה	מספר המולים של כל אחד מן היסודות	1 מול מולקולות של החומר
14 מול אטומים	P - 4 מול O - 10 מול	P_4O_{10}
3 מול אטומים	C - 1 מול O - 2 מול	CO_2

מספר המולים של כל היונים במולקולה	מספר המולים של כל אחד מן היונים	1 מול יחידות סריג של החומר
3 מול יונים	Mg^{2+} - 1 מול Br^- - 2 מול	$MgBr_2$
4 מול יונים	Na^+ - 3 מול PO_4^{3-} - 1 מול	Na_3PO_4

השלימו את הטבלה 

החומר	מספר המולים של כל אחד מן היסודות	סה"כ מספר המולים של כל האטומים במדגם
2 מול Fe_2O_3	- Fe - O	
1.5 מול SO_3	- S - O	
10^3 מול CH_4	- C - H	
0.25 מול PbI_2	- Pb - I	
0.01 מול H_3PO_4	- H - P - O	

שאלה 3 - פתרון

השלימו את הטבלה 

החומר	מספר המולים של כל אחד מן היסודות	סה"כ מספר המולים של כל האטומים במדגם
2 מול Fe_2O_3	Fe - 4 מול O - 6 מול	10 מול אטומים
1.5 מול SO_3	S - 1.5 מול O - 4.5 מול	6 מול אטומים
10^3 מול CH_4	C - 1000 מול H - 4000 מול	5000 מול אטומים
0.25 מול PbI_2	Pb - 0.25 מול I - 0.5 מול	0.75 מול אטומים
0.01 מול H_3PO_4	H - 0.03 מול P - 0.01 מול O - 0.04 מול	0.8 מול אטומים

מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

נדגים אסטרטגיה לפתרון שאלות עם מולים בעזרת תריסר ביצים

כמה ביצים יש ב-8 תריסרים ?

הפעולה בחישובים	הפעולה במילים
	1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה
	2. ארגנו את הנתונים במשוואה
	3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות
	4. סיכום בתשובה מילולית קצרה

מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

נדגים אסטרטגיה לפתרון שאלות עם מולים בעזרת תריסר ביצים

כמה ביצים יש ב-8 תריסרים ?

הפעולה במילים	הפעולה בחישובים
1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה	1 תריסר = 12 ביצים 8 תריסרים = X ביצים
2. ארגנו את הנתונים במשוואה	
3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות	
4. סיכום בתשובה מילולית קצרה	

מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

נדגים אסטרטגיה לפתרון שאלות עם מולים בעזרת תריסר ביצים

כמה ביצים יש ב-8 תריסרים ?

הפעולה בחישובים	הפעולה במילים
$1 \text{ תריסר} = 12 \text{ ביצים}$ $8 \text{ תריסרים} = X \text{ ביצים}$	1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה
שיטת כפל בהצלבה $\begin{array}{ccc} 1 \text{ תריסר} & = & 12 \text{ ביצים} \\ & \searrow & \swarrow \\ 8 \text{ תריסרים} & = & X \text{ ביצים} \\ 1 \cdot X & = & 12 \cdot 8 \end{array}$	2. ארגנו את הנתונים במשוואה
	3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות
	4. סיכום בתשובה מילולית קצרה

מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

נדגים אסטרטגיה לפתרון שאלות עם מולים בעזרת תריסר ביצים

כמה ביצים יש ב-8 תריסרים ?

הפעולה במילים	הפעולה בחישובים
1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה	1 תריסר = 12 ביצים 8 תריסרים = X ביצים
2. ארגנו את הנתונים במשוואה	שיטת כפל בהצלבה $\begin{array}{ccc} 1 \text{ תריסר} & = & 12 \text{ ביצים} \\ & \swarrow \quad \searrow & \\ 8 \text{ תריסרים} & = & \text{X} \text{ ביצים} \end{array}$ $1 \cdot \text{X} = 12 \cdot 8$
3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות	$\text{X} = 96$ ביצים
4. סיכום בתשובה מילולית קצרה	

מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

נדגים אסטרטגיה לפתרון שאלות עם מולים בעזרת תריסר ביצים

כמה ביצים יש ב-8 תריסרים ?

הפעולה במילים	הפעולה בחישובים
1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה	1 תריסר = 12 ביצים 8 תריסרים = X ביצים
2. ארגנו את הנתונים במשוואה	שיטת כפל בהצלבה $\begin{array}{rcl} 1 \text{ תריסר} & = & 12 \text{ ביצים} \\ & \swarrow \quad \searrow & \\ 8 \text{ תריסרים} & = & \text{X} \text{ ביצים} \end{array}$ $1 \cdot \text{X} = 12 \cdot 8$
3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות	$\text{X} = 96$ ביצים
4. סיכום בתשובה מילולית קצרה	ב-8 תריסרי ביצים יש 96 ביצים

מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

כמה מולקולות יש ב-7.5 מול אמוניה?

הפעולה במילים	הפעולה בחישובים
1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה	
2. ארגנו את הנתונים במשוואה	
3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות	
4. סיכום בתשובה מילולית קצרה	

רישום במחשבון של חזקות 10 – לדוגמה: 6.02×10^{23} ← 6.02 EXP 23 6.02 E 23

מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

כמה מולקולות יש ב-7.5 מול אמוניה (NH₃)?

הפעולה במילים	הפעולה בחישובים
1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה	1 מול אמוניה = 6.02×10^{23} מולקולות 7.5 מולי אמוניה = X מולקולות
2. ארגנו את הנתונים במשוואה	1 מול אמוניה = 6.02×10^{23} מולקולות 7.5 מולי אמוניה = X מולקולות  $1 \cdot X = 7.5 \cdot 6.02 \times 10^{23}$
3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות	$X = 7.5 \cdot 6.02 \times 10^{23} = 4.52 \times 10^{24}$ מולקולות אמוניה
4. סיכום בתשובה מילולית קצרה	ב-7.5 מול אמוניה יש 4.52×10^{24} מולקולות אמוניה

שיטת כפל
בהצלבה

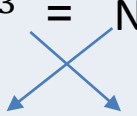
מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

כמה מולים יש ב- 3.01×10^{23} אטומי נתרן?

הפעולה במילים	הפעולה בחישובים
1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה	
2. ארגנו את הנתונים במשוואה	
3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות	
4. סיכום בתשובה מילולית קצרה	

מעבר בין מולים למספר חלקיקים - אסטרטגיה

כמה מולים יש ב- 3.01×10^{23} אטומי נתרן?

הפעולה במילים	הפעולה בחישובים
1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה	1 מול אטומי Na $= 6.02 \times 10^{23}$ אטומים X מולי נתרן $= 3.01 \times 10^{23}$ אטומים
2. ארגנו את הנתונים במשוואה	1 מול אטומי Na $= 6.02 \times 10^{23}$ אטומים X מולי נתרן $= 3.01 \times 10^{23}$ אטומים  $6.02 \times 10^{23} \cdot \mathbf{X} = 1 \cdot 3.01 \times 10^{23}$
3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות	$\mathbf{X} = \frac{3.01 \times 10^{23} \cdot 1}{6.02 \times 10^{23}} = 0.5$ מול אטומי Na
4. סיכום בתשובה מילולית קצרה	ב- 3.01×10^{23} אטומי נתרן יש 0.5 מול אטומים

קיים קשר מתמטי בין מספר החלקיקים (N)

מספר אבוגדרו (N_A)

ומספר המולים (n)

אפשר לבטא קשר זה על ידי משוואה:

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

$$\frac{\text{מספר החלקיקים}}{\text{מספר אבוגדרו}} = \text{מספר המולים}$$

מהו מספר האטומים ב-0.5 מול Al?

א. 500 אטומי Al

ב. 6.02×10^{23} אטומי Al

ג. 3.01×10^{23} אטומי Al

מהו מספר האטומים ב-0.5 מול Al?

הפעולה במילים	הפעולה בחישובים
1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה	1 מול Al $= 6.02 \times 10^{23}$ אטומים 0.5 מולי Al $=$ N אטומים
2. ארגנו את הנתונים במשוואה	הצבה בנוסחה $n = \frac{N}{N_A}$ $0.5 = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}}$
3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות	$N = 0.5 \cdot 6.02 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{23}$ אטומי Al
4. סיכום בתשובה מילולית קצרה	ב-0.5 מול Al יש 3.01×10^{23} אטומי Al [תשובה ג']

מספר המולים של S

ב- 1.8×10^{24} אטומי S?

א. 1 מול אטומי S

ב. 3 מול אטומי S

ג. 1.1×10^{48} מול אטומי S

מספר המולים של S ב- 1.8×10^{24} אטומי S?

הפעולה בחישובים

1 מול S $= 6.02 \times 10^{23}$ אטומים
n מולי S $= 1.8 \times 10^{24}$ אטומים

הצבה
בנוסחה

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

$$n = \frac{1.8 \times 10^{24}}{6.02 \times 10^{23}}$$

$$n = \frac{1.8 \times 10^{24}}{6.02 \times 10^{23}} = 3 \text{ מול אטומי S}$$

ב- 1.8×10^{24} אטומי S יש מול אטומי S
[תשובה ב]

הפעולה במילים

1. רשמו את הידוע מתוך נתוני השאלה

2. ארגנו את הנתונים במשוואה

3. חשבו במחשבון ורשמו יחידות

4. סיכום בתשובה מילולית קצרה

מהו המול ומספר אבוגדרו 

מדוע הכימאי צריך את מושג במול 

בחנו מולים בנוסחאות ומשוואות כימיות 

הפכנו ממולים למספר חלקיקים וההפך 