

# ביולוגיה 1

## קרומים (ממברנות) – מבנה ותפקיד

דר' אורנה עטאר  
היחידה לנוער שוחר מדע

# מטרות ההרצאה

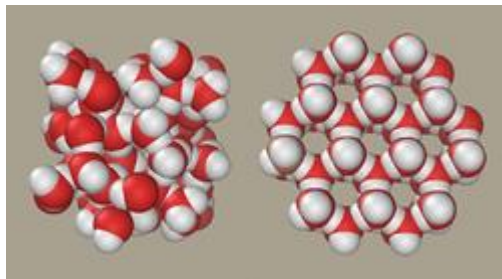
- I. להסביר את יתרונות המים כממס אוניברסלי
- II. להסביר כיצד בנוי הקרום הביולוגי
- III. טרנספורט של חומרים דרך הממברנות

## תמיסה (solution) והקשר לתא

- תמיסה - מערכת נוזלית הומוגנית שבה חומר אחד (המומס) מפוזר בתוך חומר אחר הנמצא בכמות גדולה יותר (הממס)
- תאים חייבים לשמור על ריכוז קבוע של מומסים בתוך התא, הומאוסטאזיס (homeostasis)
- תאים מופרדים מסביבתם על ידי קרום בלתי חדיר למולקולות גדולות וליונים.
- באופן כזה, תוך שימוש בכלים מתאימים, התא יכול לבקר את תכולתו.

# מים כממס אוניברסלי

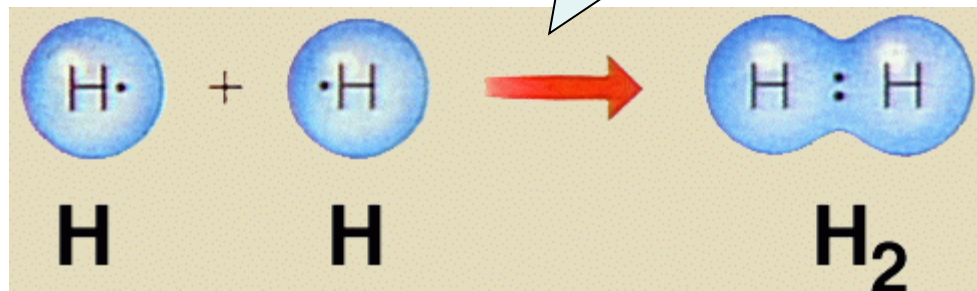
- חיפוש חיים על כוכבי לכת אחרים. מים במצב נוזלי יאפשרו חיים.
- החומר היחידי ששלושת מצבי הצבירה נמצאים בטווח טמפ' טבעי בכדה"א.
- מגוון חומרים עצום מתמוסס במים:  
מלחים, חלבונים, DNA, חמצן.
- קיבול חום גבוה - צריך להשקיע הרבה מאוד אנרגיה כדי לחמם מים (אוקיינוסים, יכולת לשמור על טמפ' גוף קבועה בקלות יחסית)
- מתח פנים גבוה (טיפה) וכוח הנימיות (קפילריות)(צמח).
- צפיפות - הקרח המוצק פחות צפוף מהמים הנוזליים.



## הקשר הקוולנטי (covalent bond)

- קשר קוולנטי (קו-ולנטי = משתף ערכיות) הוא קשר בין שני אטומים (יסודות) המבוסס על שיתוף אלקטרונים. היסודות יוצרים שותפות באלקטרוני הערכיות בקליפה החיצונית.
- קשר קוולנטי הינו קשר חזק ונדרשת השקעת אנרגיה בכדי לפרק אותו.

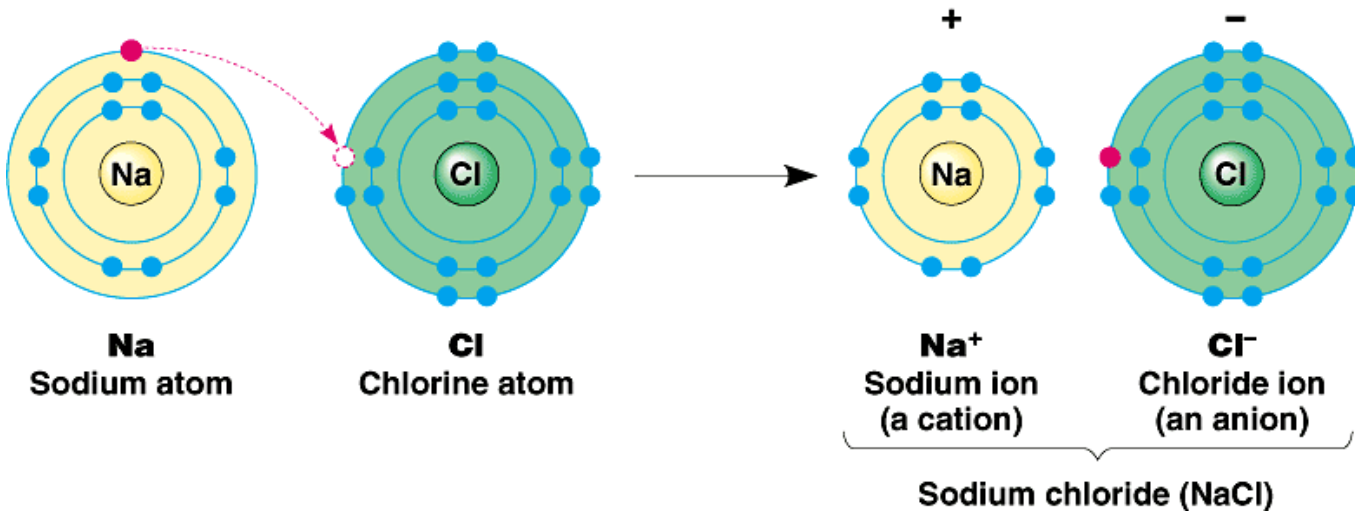
שני אטומי מימן  
המחוברים בקשר כזה  
יוצרים את מולקולת הגז  
של המימן  $H_2$ .



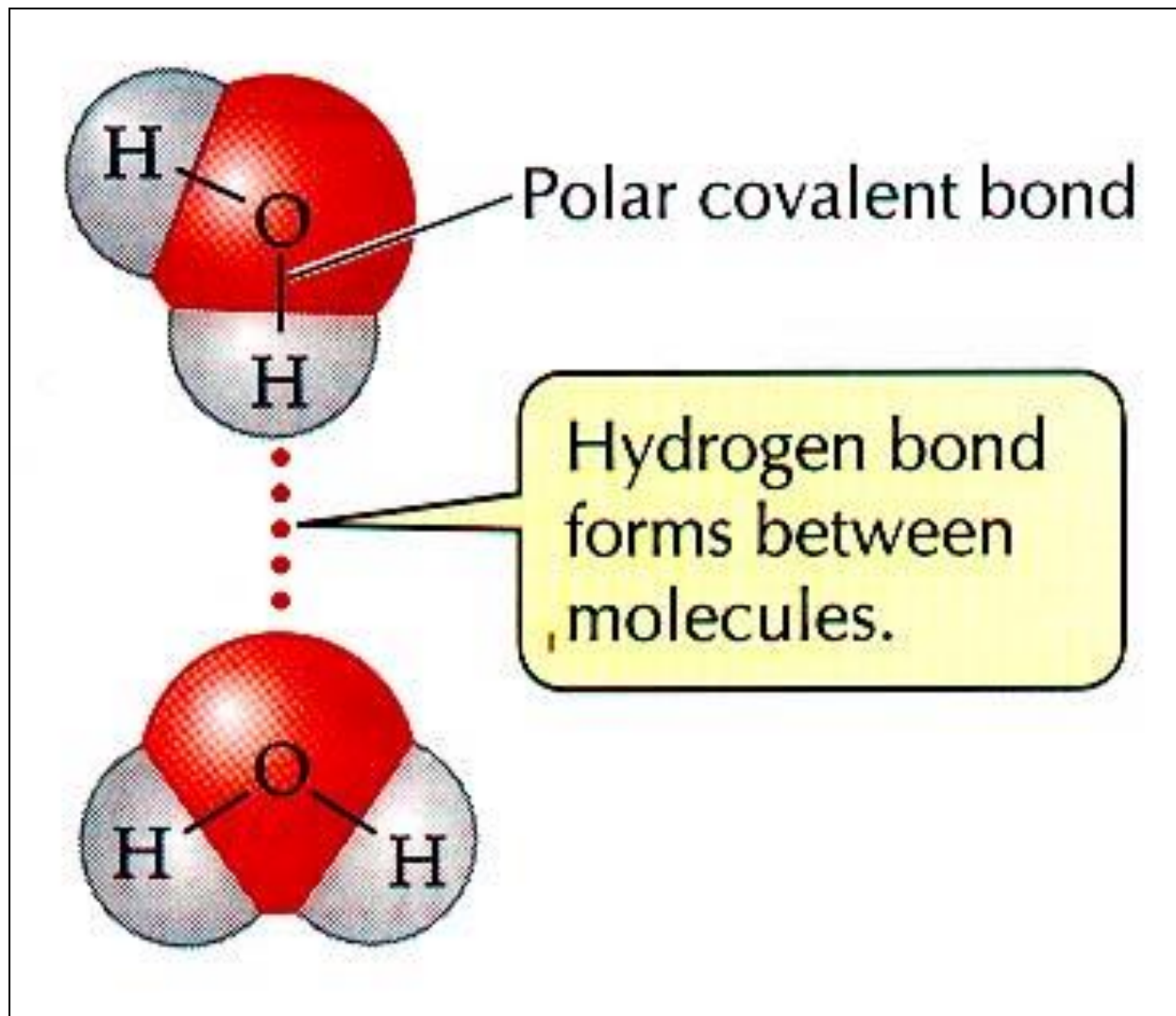
H-H

# קשר יוני

קשר כימי חזק בין יונים (אטומים או מולקולות הנושאים מטען חשמלי)

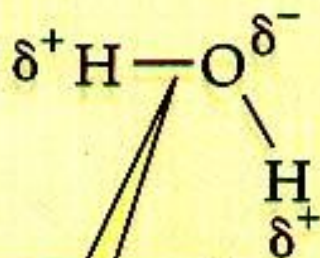


קשר מימן: קשר בין מולקולרי בין מימן לחמצן או חנקן.  
עוצמתו כ 5% מקשר קוולנטי.



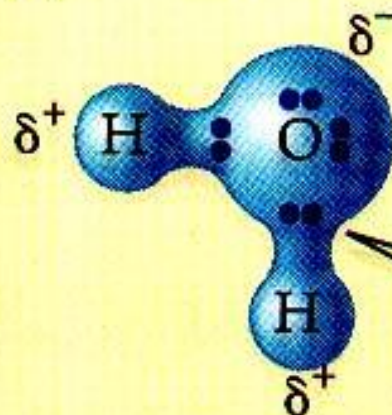
## למים קשר קוולנטי פולרי בין אטום חמצן לשני אטומי מימן

(a)



Water has polar covalent bonds.

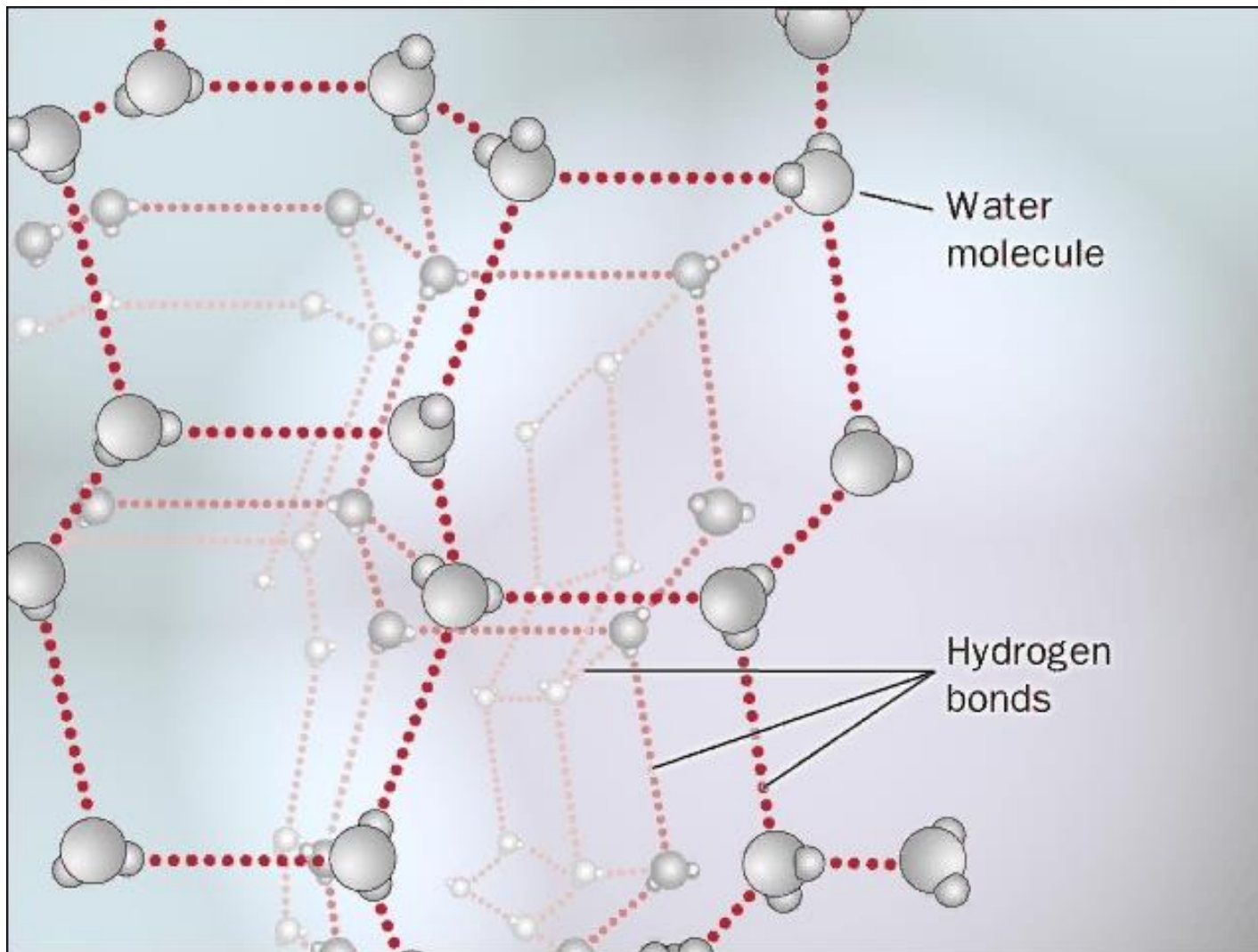
(b)



Water's bonding electrons are shared unequally; electron density is greatest around the oxygen atom.



# קשרי המימן מקנים למים מבנה סריגי האחראי לתכונת הקוהזיה



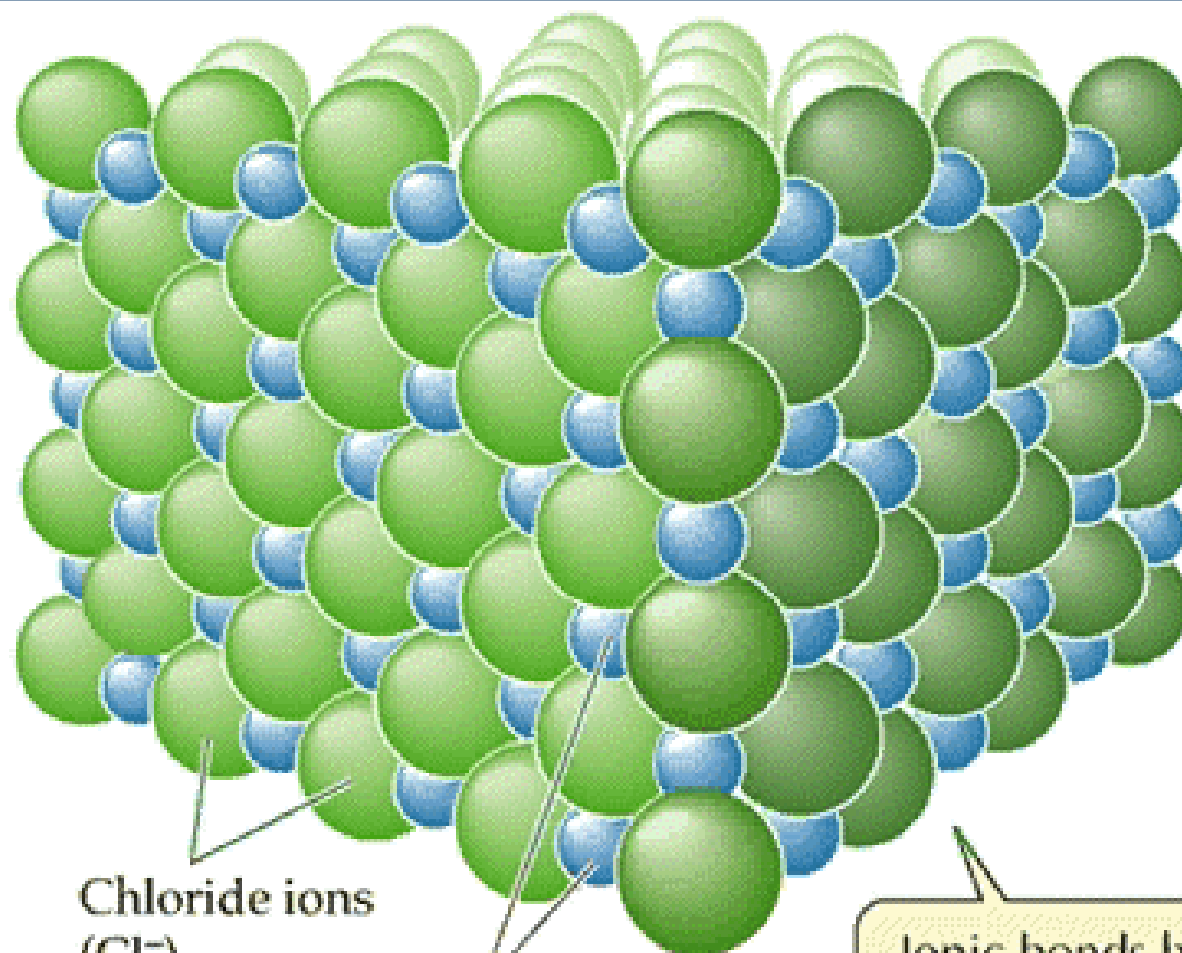


<https://www.youtube.com/watch?v=pbGz1njghxU>



<https://www.youtube.com/watch?v=WOiq2EuJETo>

## יצירת סריג יוני במלח מוצק כתוצאה מקשר יוני

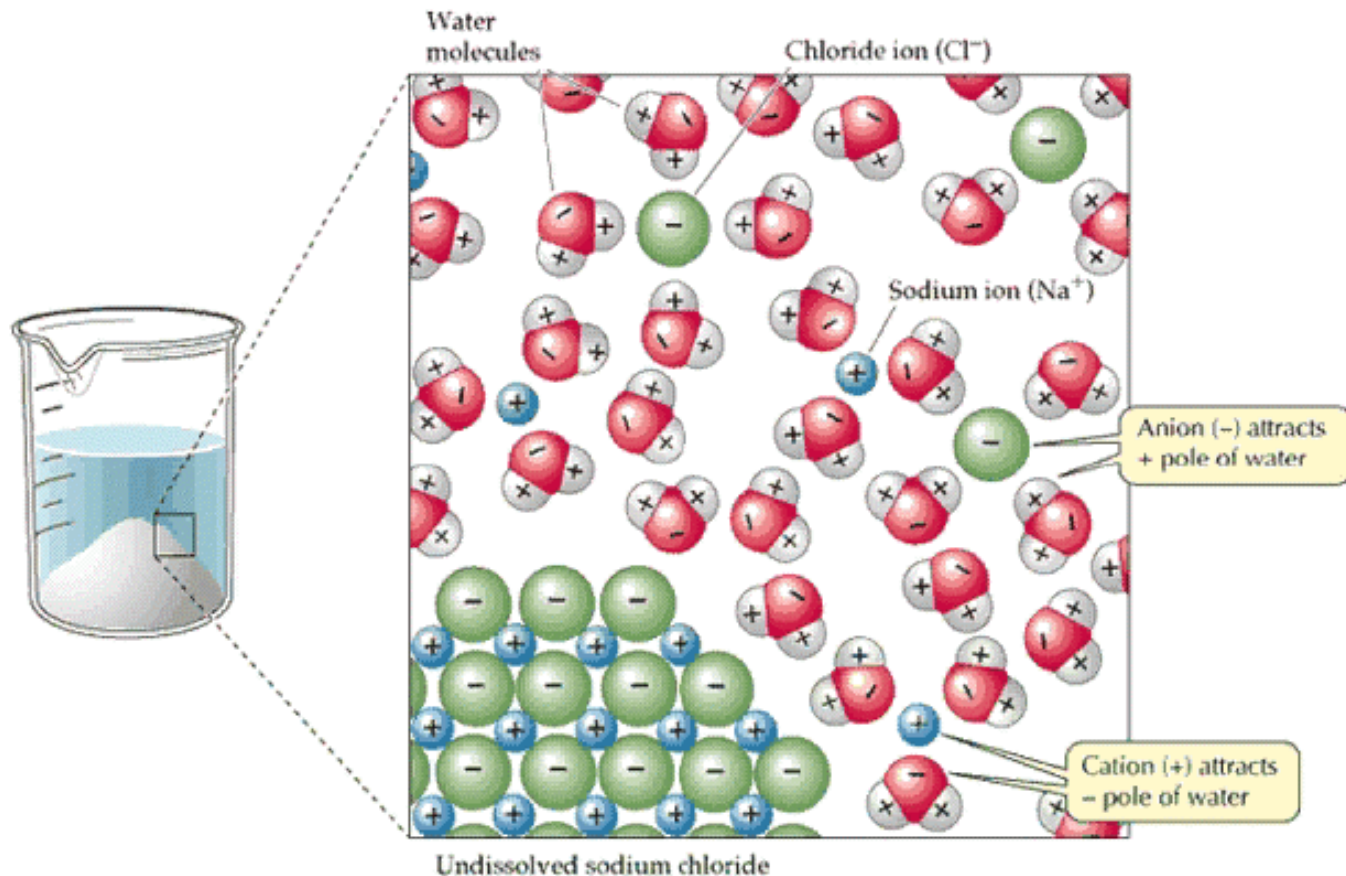


Chloride ions  
( $\text{Cl}^-$ )

Sodium ions  
( $\text{Na}^+$ )

Ionic bonds between  
 $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  hold ions  
together in a solid crystal.

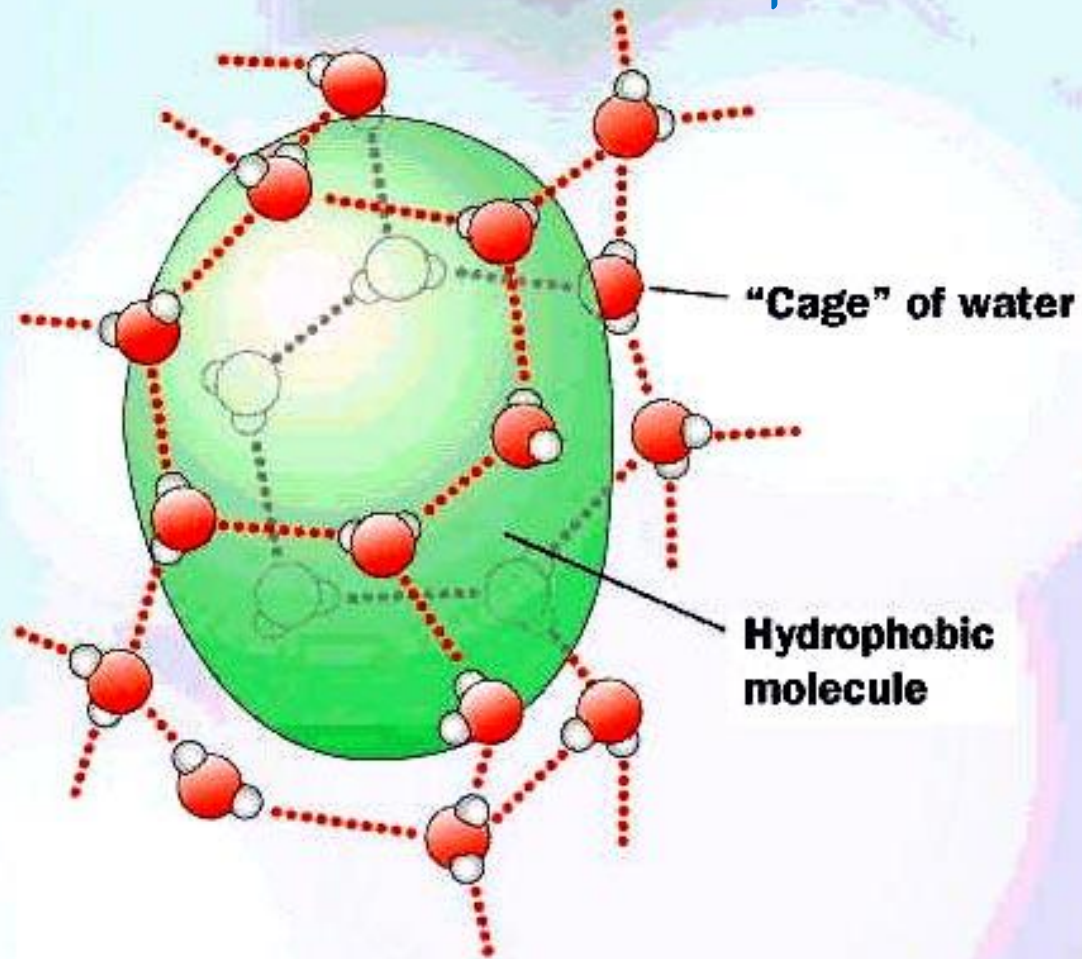
- הקשר היוני עשוי להתפרק בממסים קוטביים (פולריים), מאחר שמולקולות המים מצליחות להתגבר על המשיכה בין היונים החיוביים ליונים השליליים
- מלח שולחן נמס במים. החומר היוני מתמוסס ונוצרים יונים ניידים בתמיסה.



# המסה של חומר יוני במים

- כאשר חומר יוני מתמוסס במים חודרות מולקולות המים הקוטביות לבין היונים שבסריג מנתקות את היונים וגורמות למיום - הידראטציה של היונים
- לכל יון חיובי או שלילי נמשכות ומתחברות מספר מולקולות מים. נוצר קשר בגלל המשיכה החשמלית בין היון לקוטב בעל המטען המנוגד במולקולות המים
- היונים הממוימים נעים בשדה חשמלי יחד עם מולקולות המים הקשורות להם. בין היונים הממוימים נמצאות מולקולות מים רבות הקשורות אחת לשנייה בקשרי מימן.

# קשרים הידרופוביים

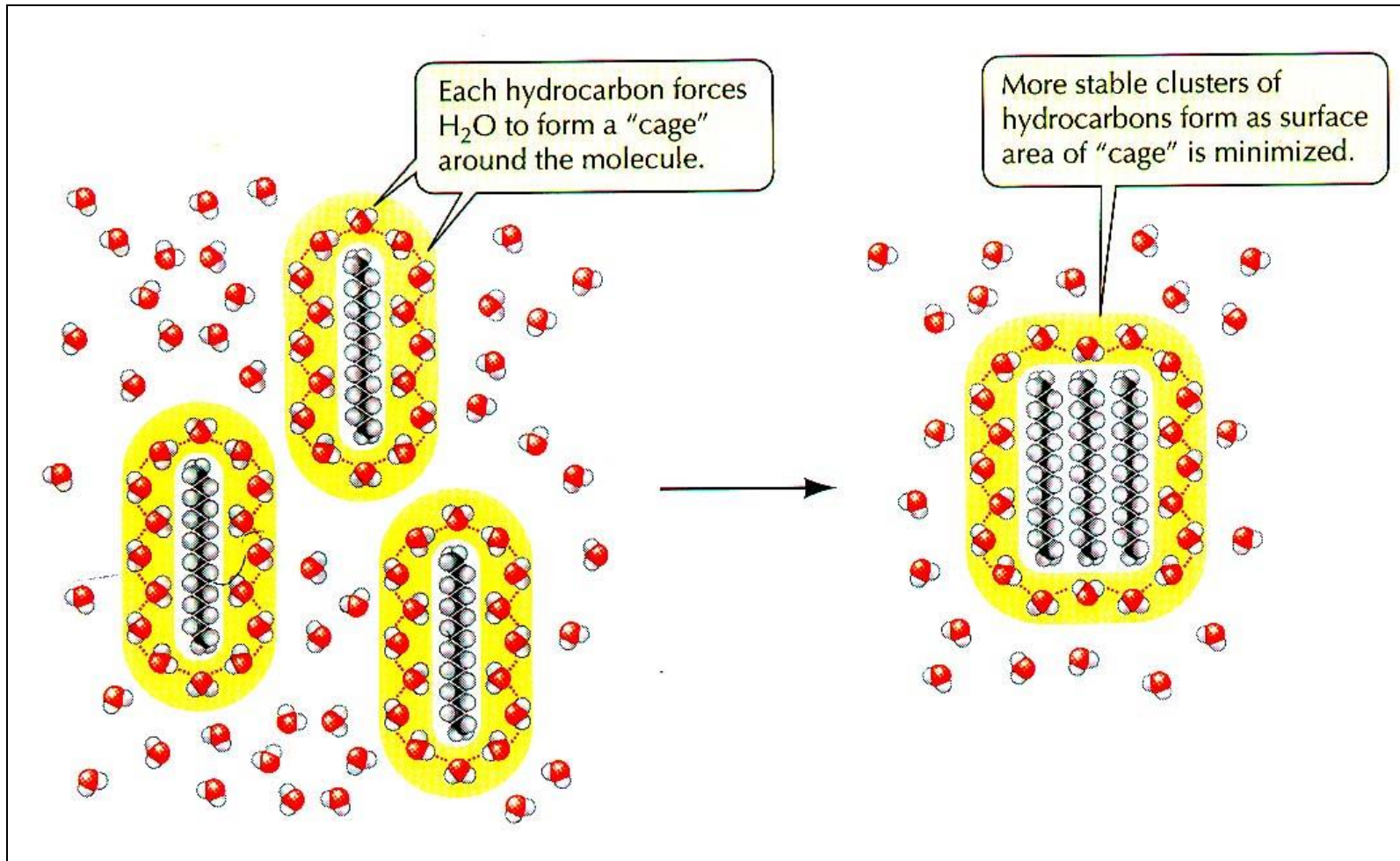


**Hydrophobic interactions**



# קשר Van der Waals:

כח משיכה בין תרכובות לא פולריות (הידרופוביות) הקרובות מאוד אחת לשנייה



# מולקולות אמפיפטיות

בין כלאיים של מולקולה הידרופילית והידרופובית

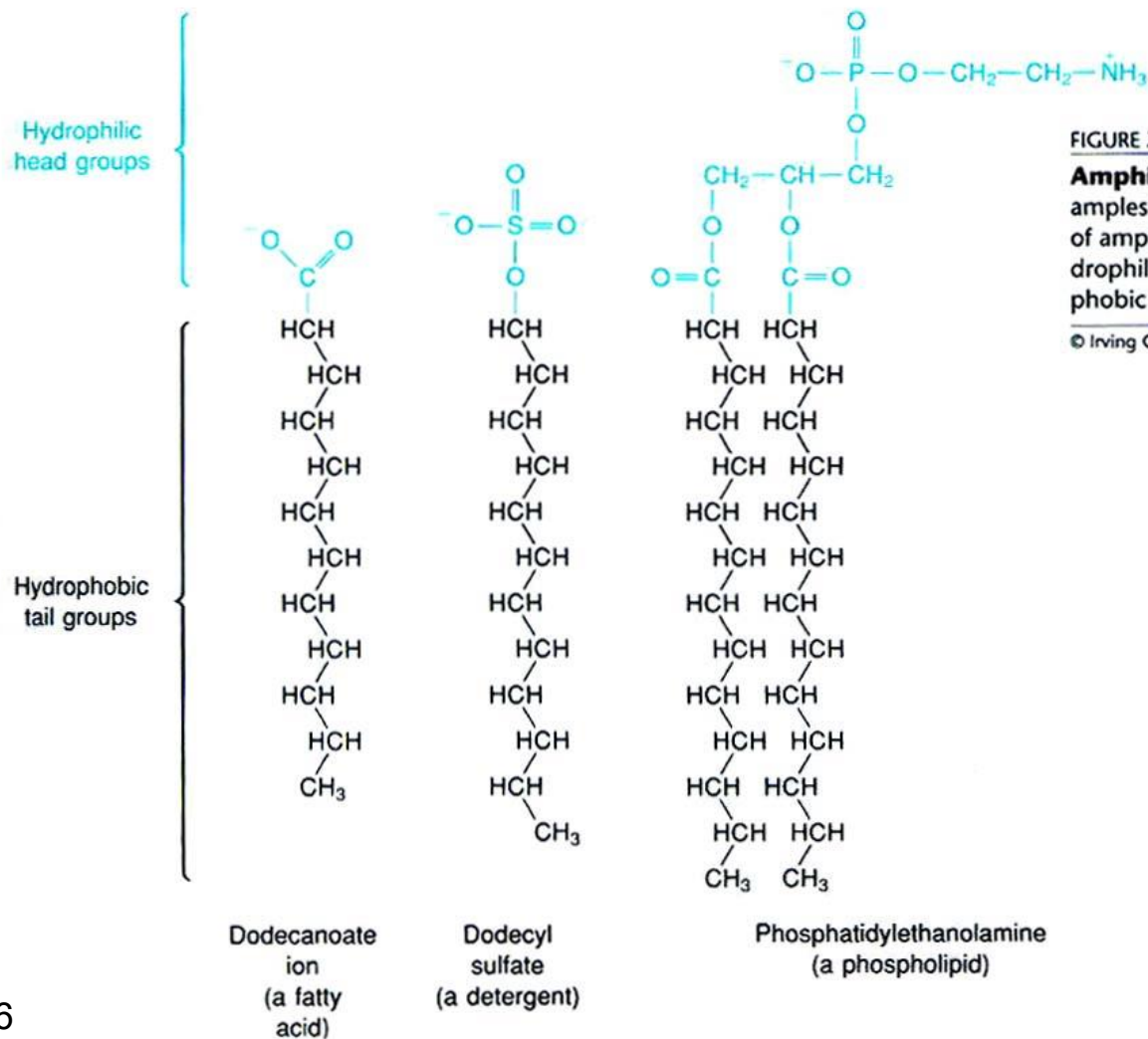


FIGURE 2.14

**Amphipathic molecules.** These three examples illustrate the “schizophrenic” structure of amphipathic molecules, which have a hydrophilic head group attached to a hydrophobic tail.

© Irving Geis.



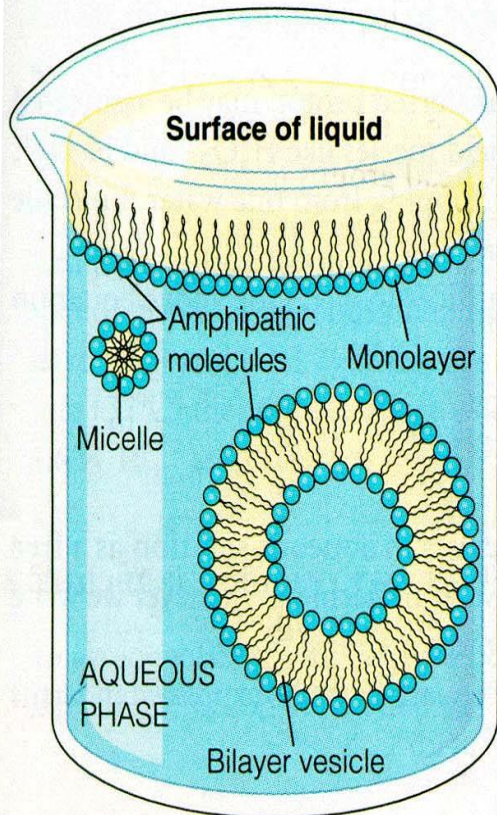
# מטרות ההרצאה

- I. להסביר את יתרונות המים כממס אוניברסלי**
- II. להסביר כיצד בנוי הקרום הביולוגי**
- III. טרנספורט של חומרים דרך הממברנות**

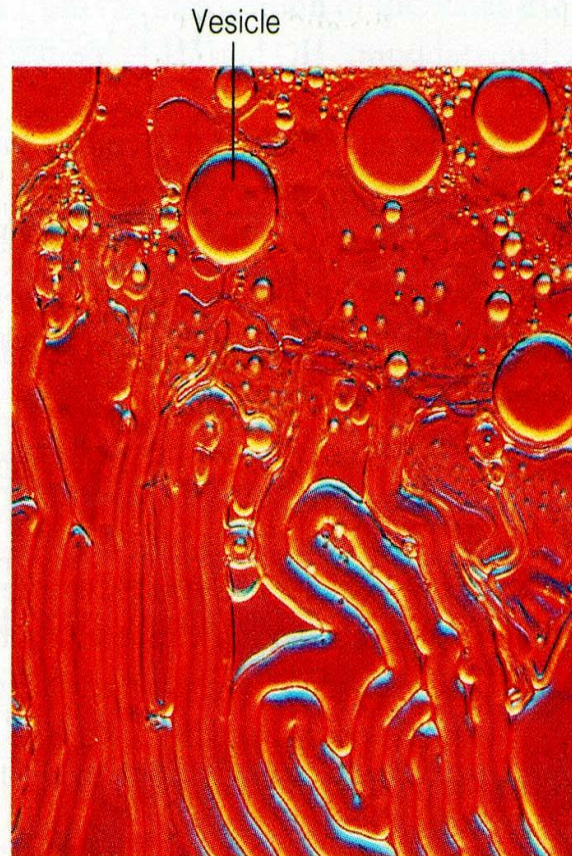
## חומרים אמפיפטיים והתארגנות הממברנה הביולוגית

- מהי האינטראקציה ההידרופובית?
- מהם חומרים אמפיפטיים?
- כיצד מתנהגים חומרים אמפיפטיים במים?
- כיצד מתארגנים פוספוליפידים ליצירת הממברנה הביולוגית?

# אינטראקציות של מולקולות אמפיפטיות עם מים



(a) Structures formed in water



(b) Vesicle formation

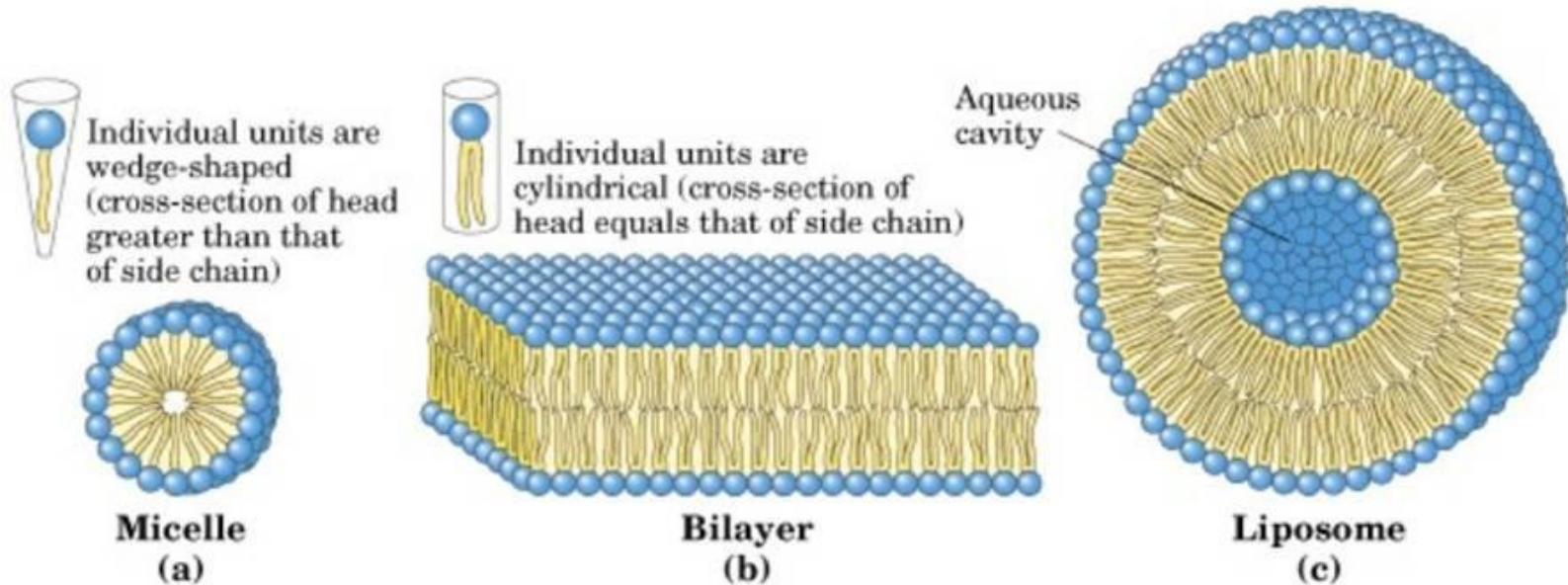
FIGURE 2.15

**Interactions of amphipathic molecules with water.** (a) Structures that can occur when amphipathic substances are mixed with water include a monolayer on the water surface, a micelle, and a bilayer vesicle, a hollow sphere with water both inside and out. In each case, the hydrophilic head groups are in contact with the aqueous phase, whereas the hydrophobic tails associate with one another. (b) When phospholipids are mixed with water, the amphipathic molecules aggregate to form films similar to biological membranes. Agitation causes the film to break up into vesicles.

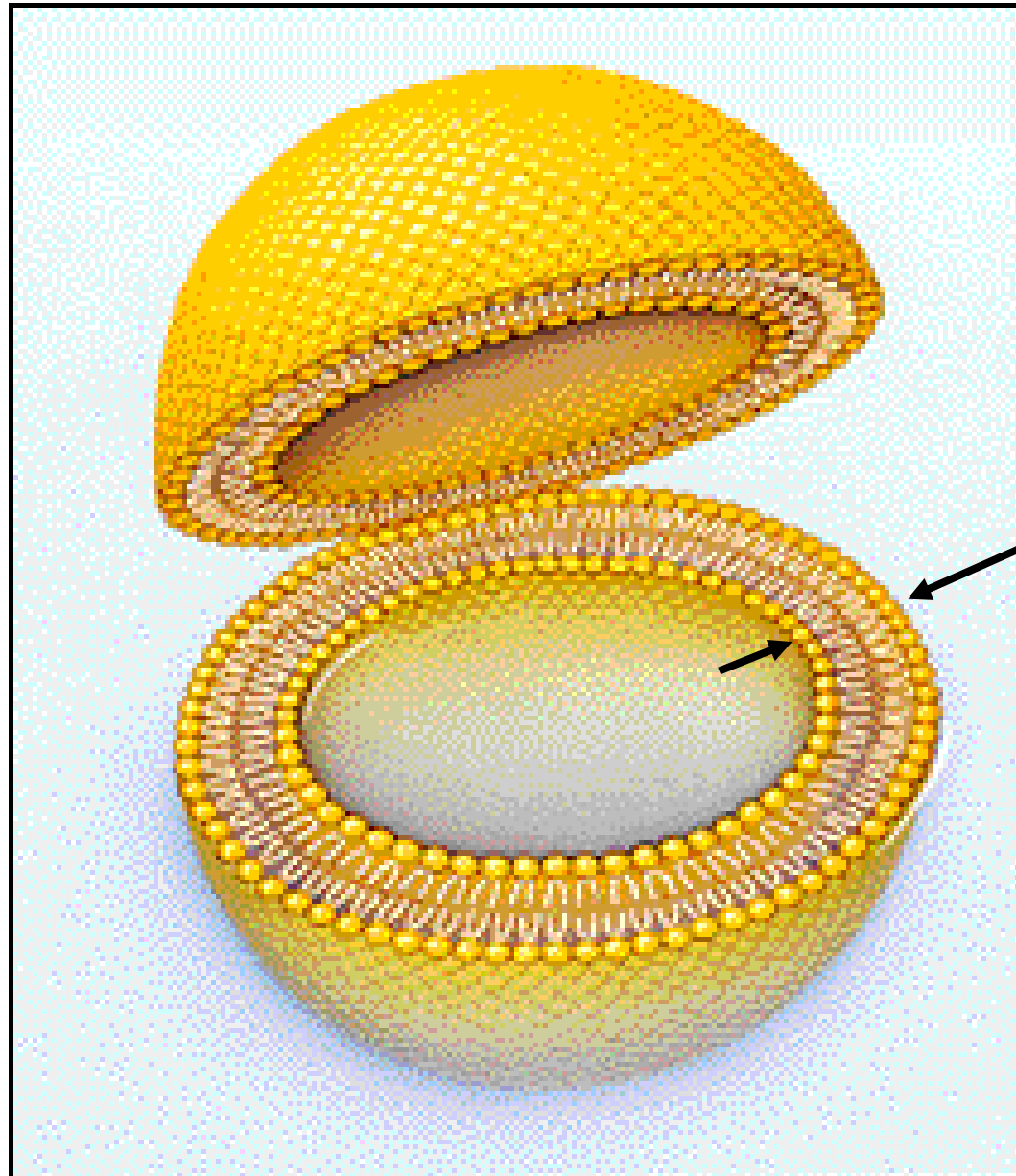
(b) Courtesy of D. W. Deamer and P. B. Armstrong, University of California, Davis.

# אינטראקציות של מולקולות אמפיפטיות עם מים

## Lipid Bilayers



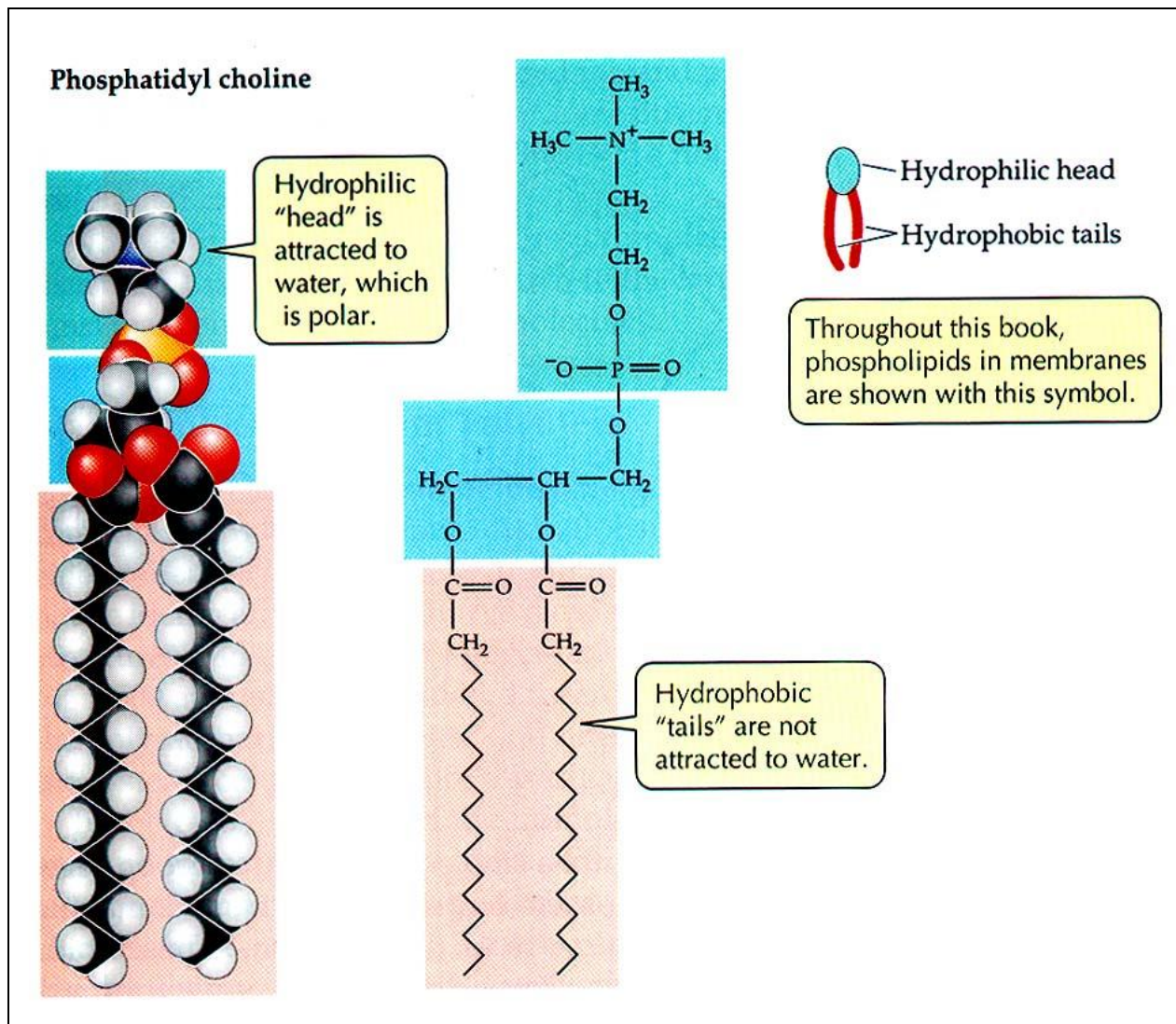
## המבנה המרחבי של קרום אמפיפטי במים



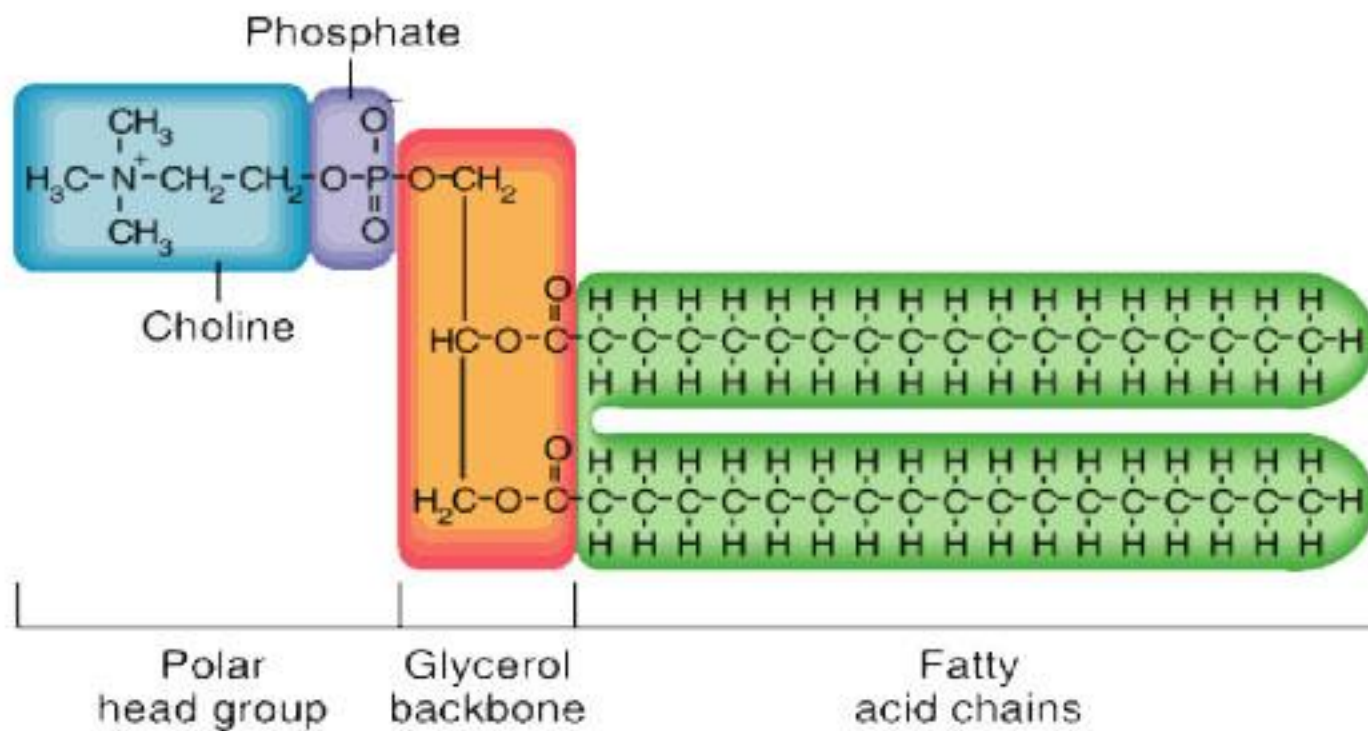
שכבה כפולה של  
פוספוליפידים



# הפוספוליפידים הן המולקולות האמפיפטיות העיקריות בקרום תאים

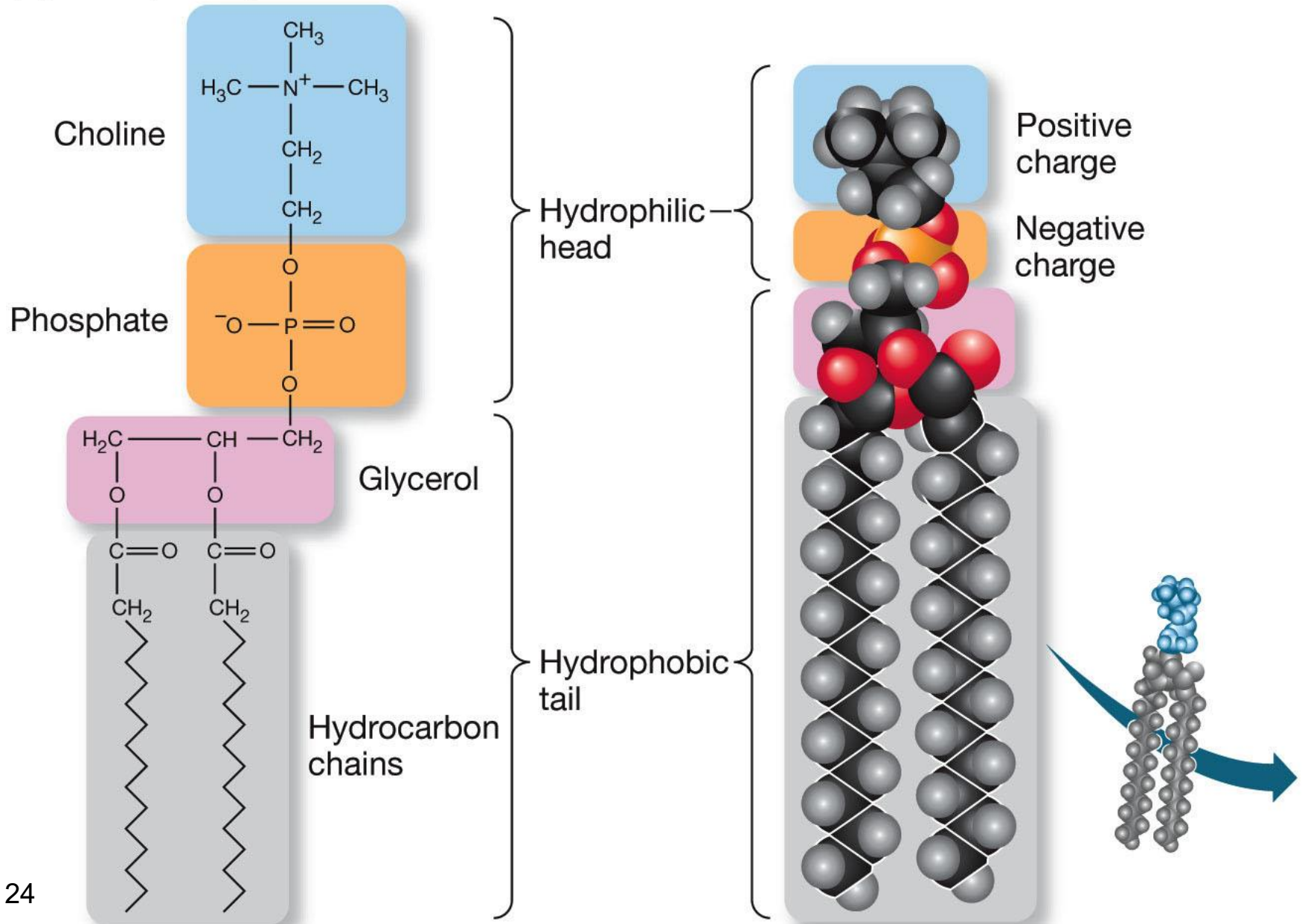


## הפוספוליפידים הן המולקולות האמפיפטיות העיקריות בקרום תאים



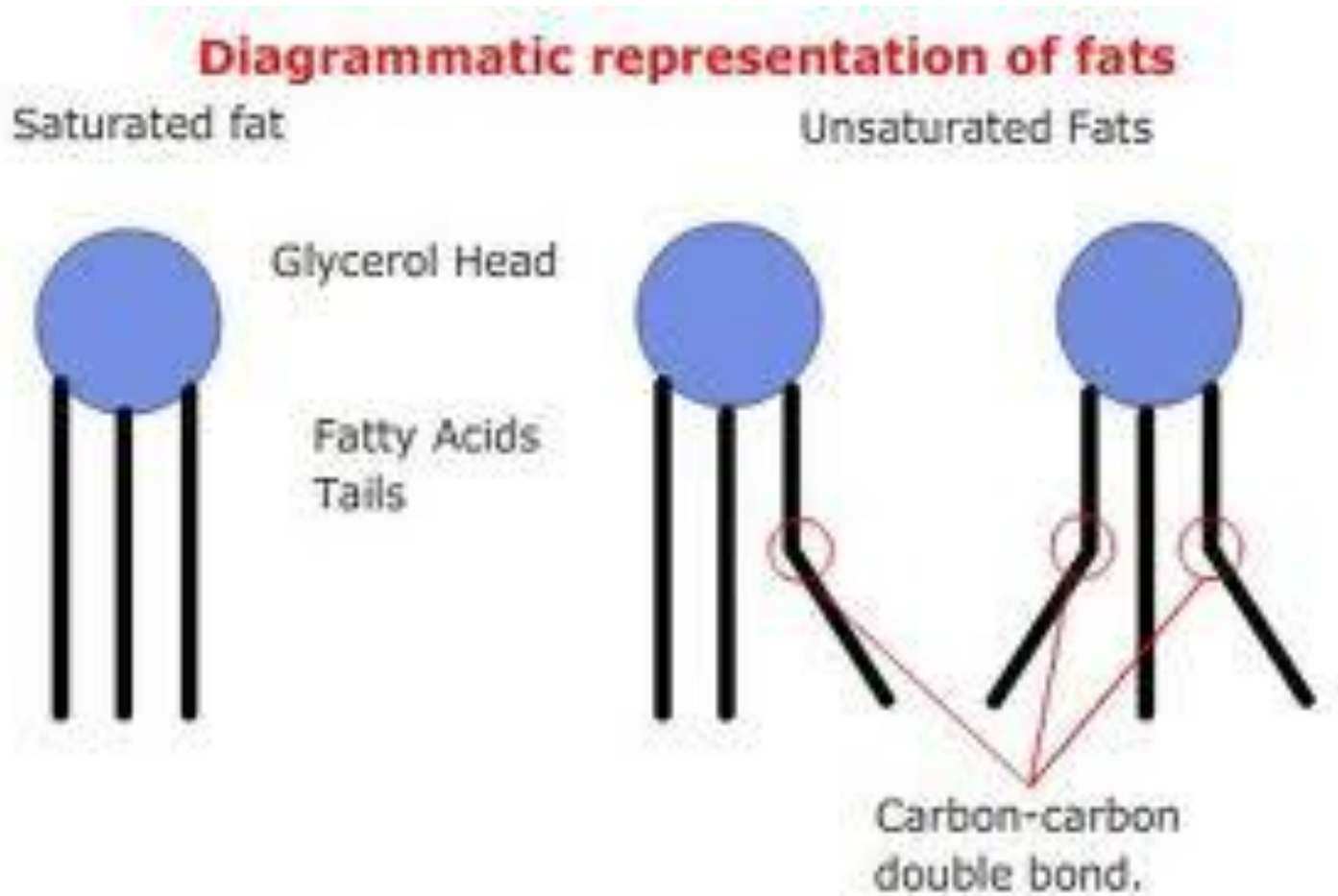
# Phospholipids

## (A) Phosphatidylcholine



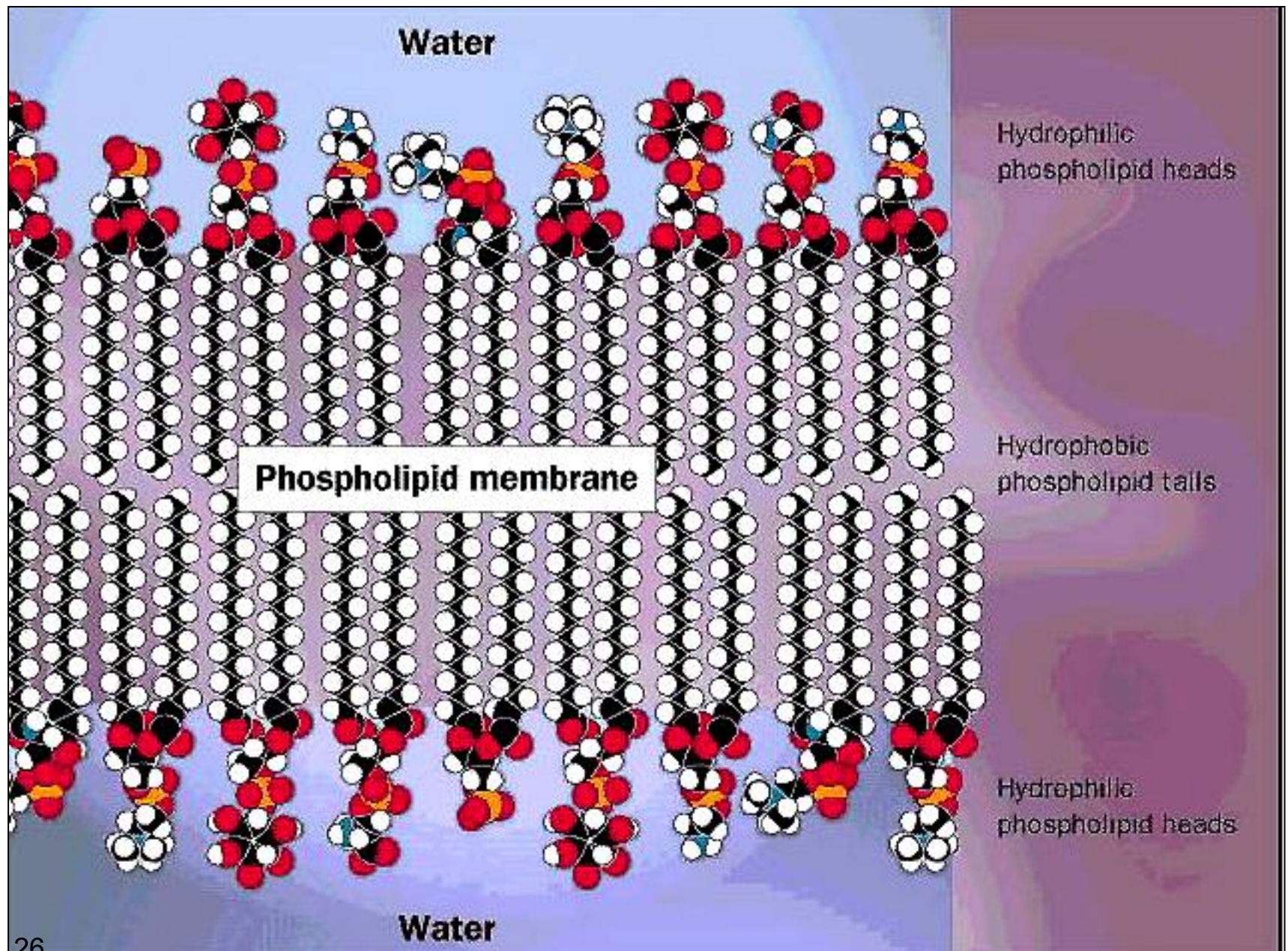


# Triglycerides



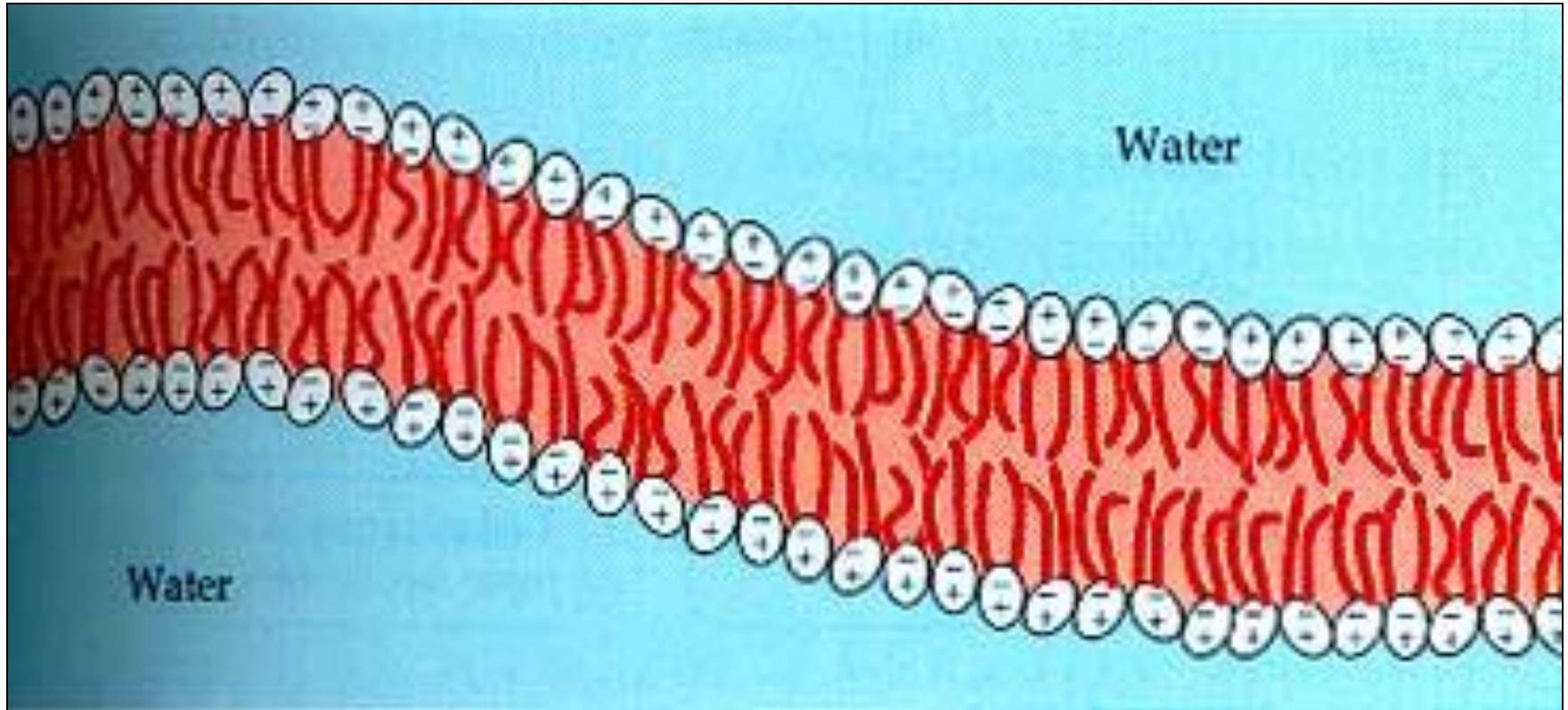
שומן רווי

שומן בלתי רווי



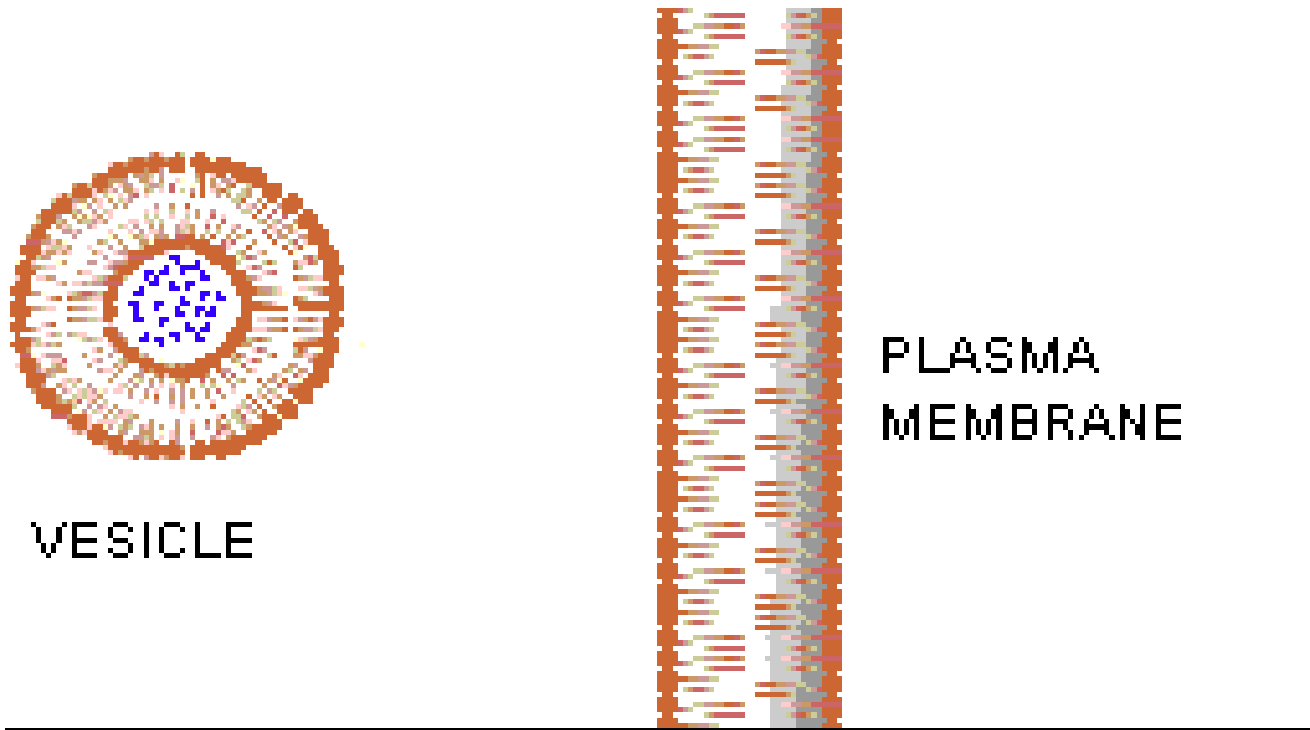


## מהן תכונות קרום התא?



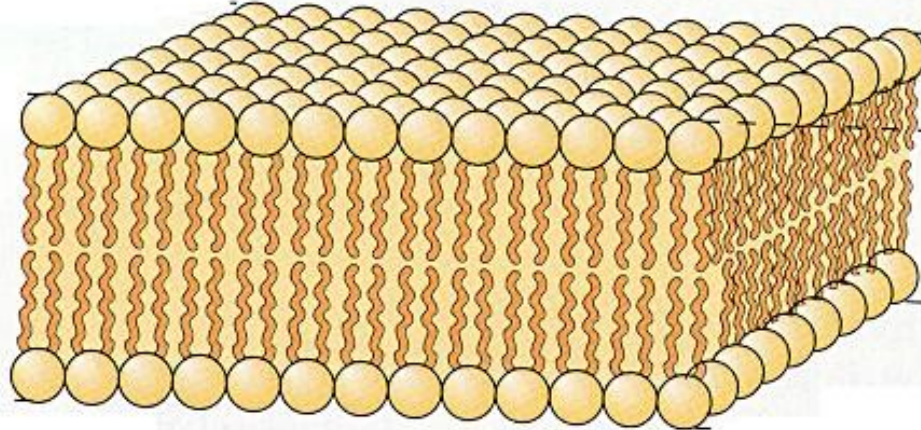
1. גמיש, בד"כ במצב צבירה נוזלי
2. מוליכות נמוכה ליונים ולמולקולות פולריות
3. מולקולות הידרופוביות קטנות יכולות לחדור בדיפוזיה
4. מולקולות גדולות אינן חדירות

קרומים נוטים להתאחות כאשר השכבות  
ההידרופוביות קרובות מאוד אחת לשני

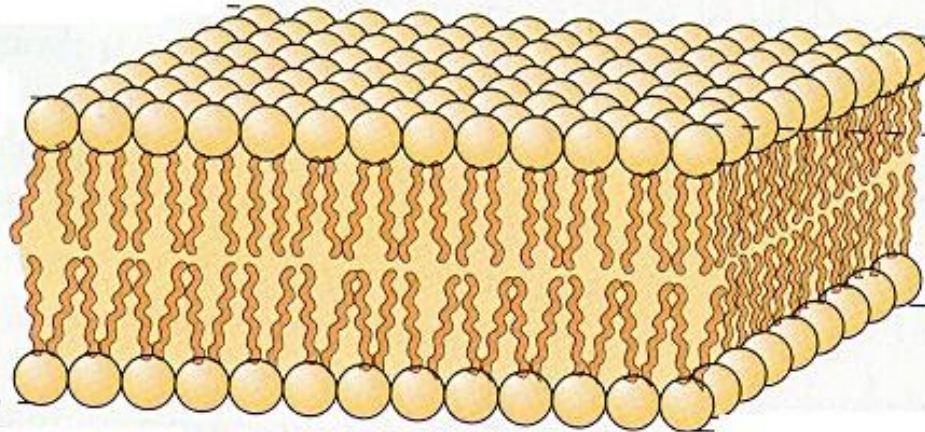


**gel phase--low temperatures**

**hydrocarbons are tightly packed**

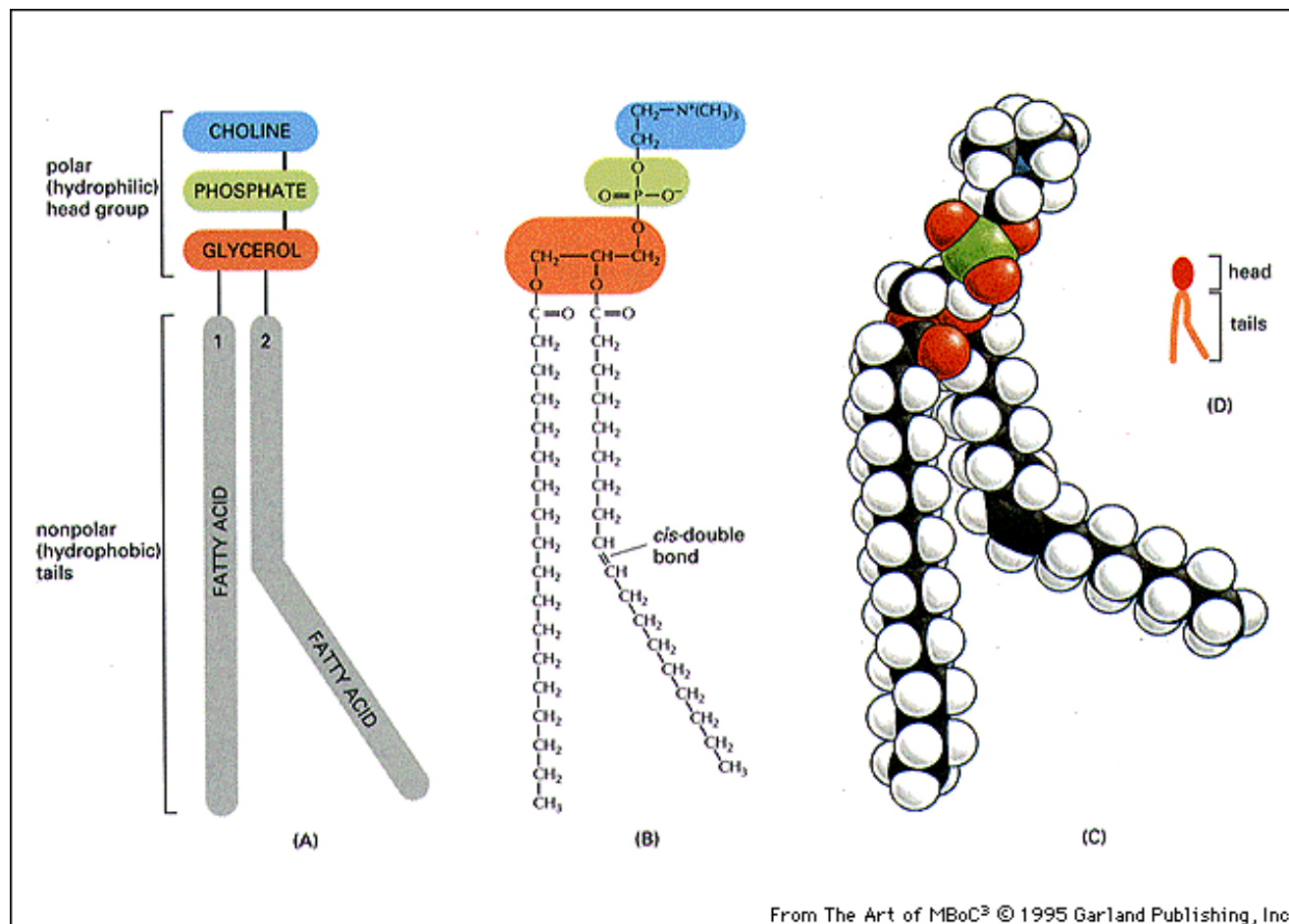


**at higher temperatures--moves to fluid phase**



**bilayer "melts", movement is allowed**

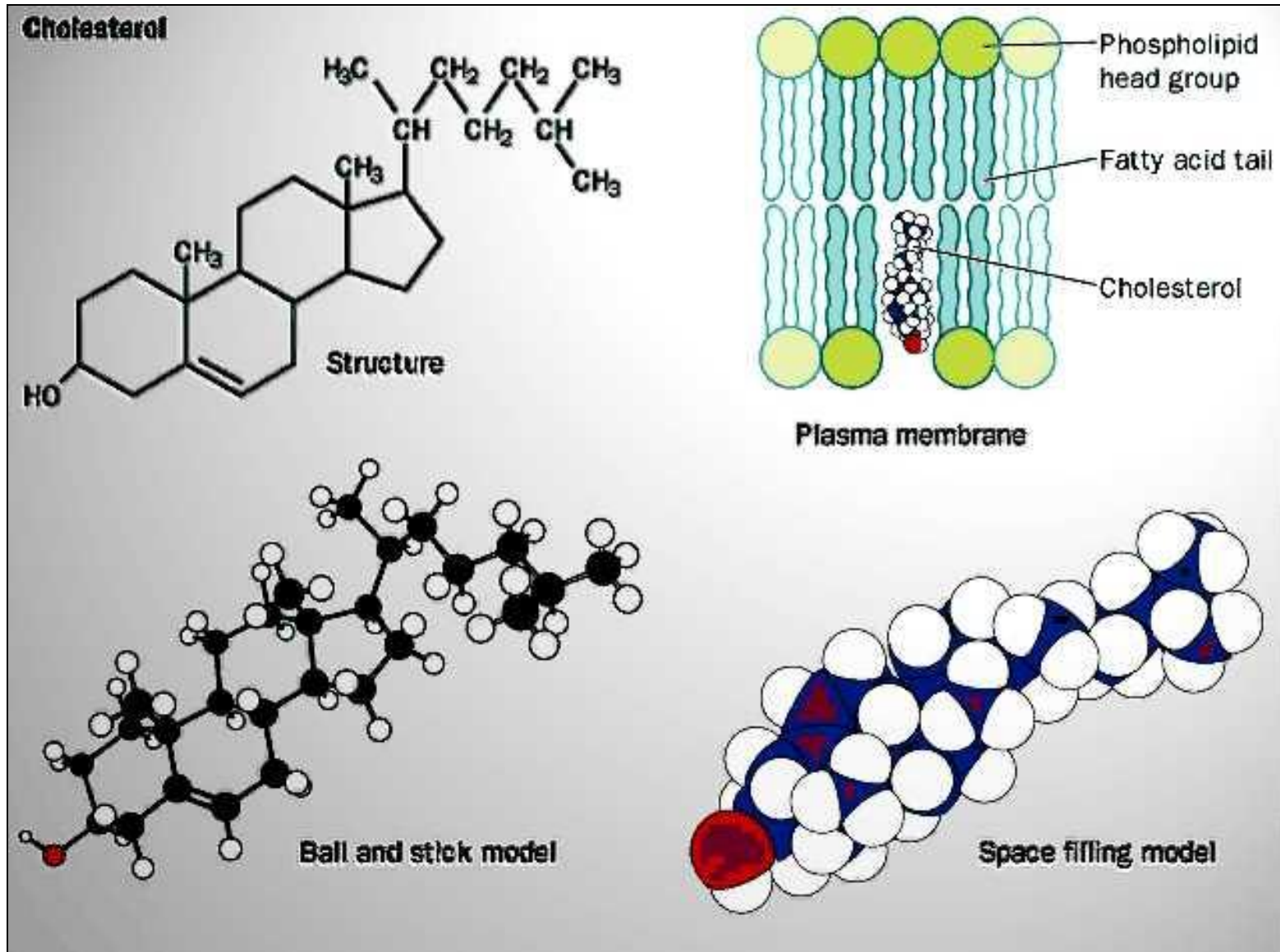
מה קובע את מידת האלסטיות/הנוזליות של קרום התא?



היחס הכמותי בין חומצות השומן הרוויות לבלתי רוויות  
 ככל שיש יותר חומצות שומן לא רוויות << קרום יותר נוזלי

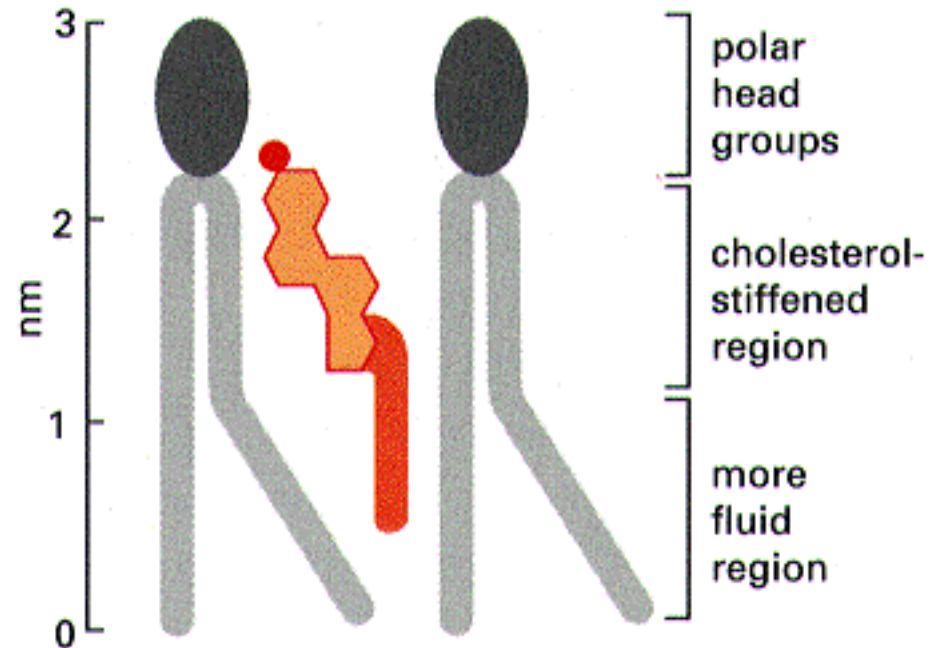
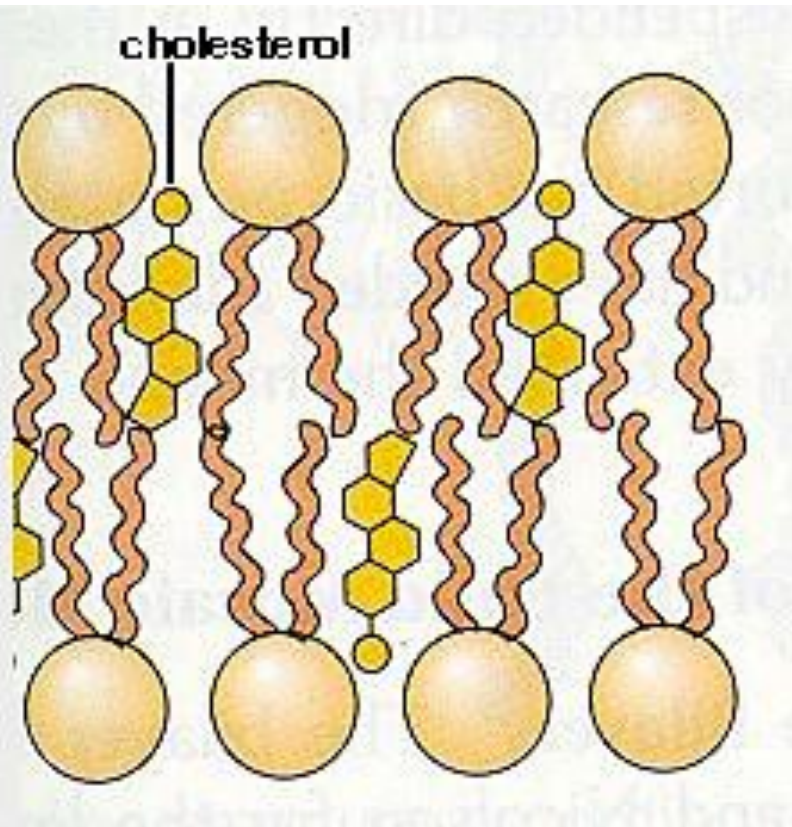


# הכולסטרול היא מולקולה אמפיפטית



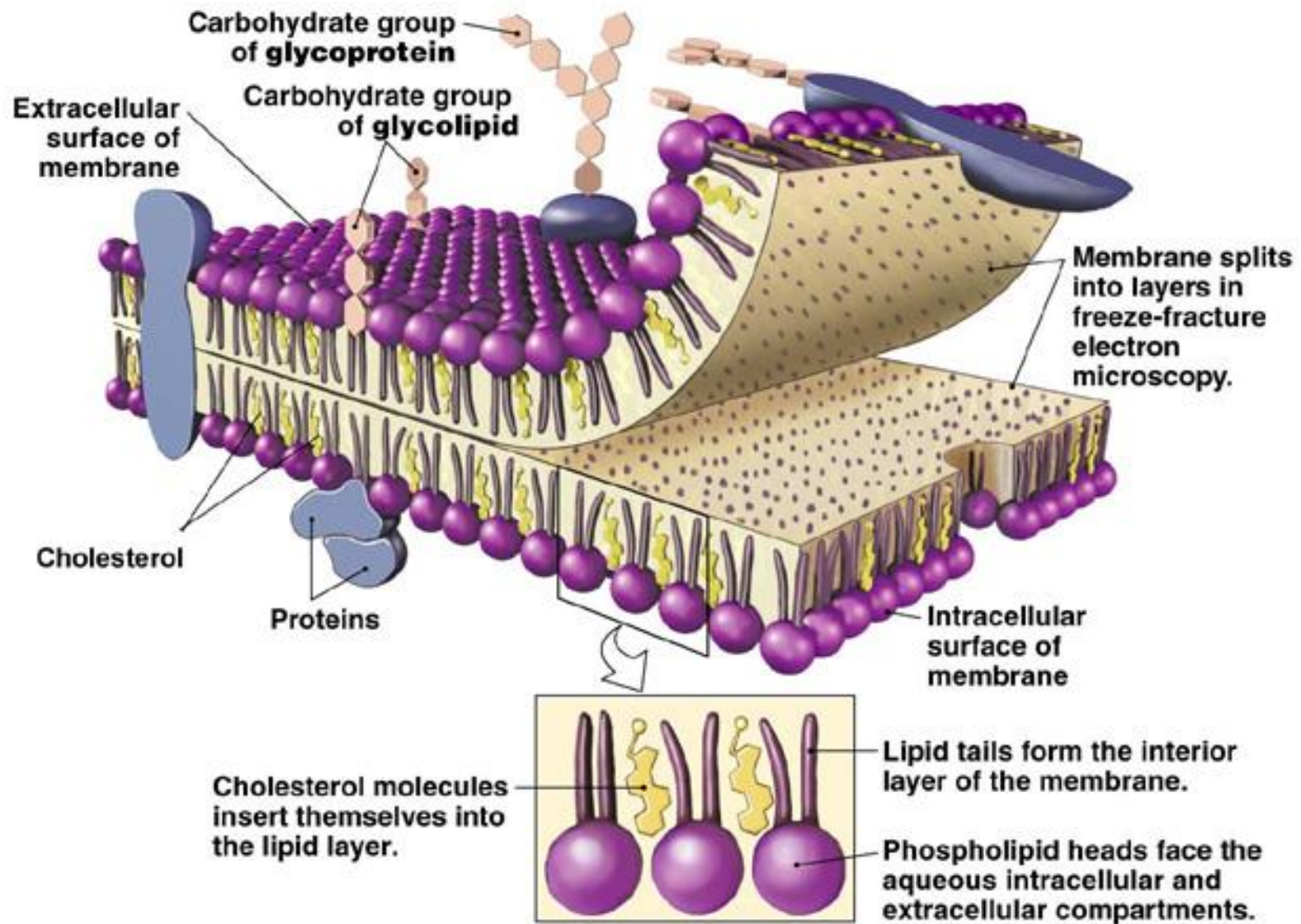
## האינטראקציה של כולסטרול עם פוספוליפידים:

מולקולות הכולסטרול משמשות כ "בופר" המגדיל את טווח הגמישות של הקרום





מה קובע את מידת האלסטיות/הנוזליות של קרום התא?



# קרום התא

- מורכבת מליפידים (פוספוליפידים, כולסטרול) וחלבונים
- עובי טיפוסי- כ-7 ננומטר
- חומצת השומן בעמדה 2 היא בד"כ בעלת קשר כפול (ציס) והדבר מגדיל את הנוזליות של הממברנה
- הכולסטרול בעל תפקיד דו-כיווני בשמירה על גמישות ממברנה:
- בטמפ' גבוהות – מקטין את הנוזליות של הממברנה ע"י עלייה באחוזים שלו. בטמפי נמוכות מעלה את הנוזליות של הממברנה בכך שמאפשר תזוזה של הפוספוליפידים.
- כולסטרול אינו מצוי בפרוקריוטים

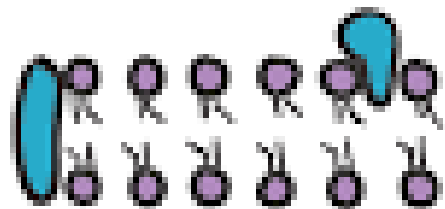
## Without cholesterol

cold



- rigid
- not as fluid/flexible
- may break

hot



- too fluid/flexible
- won't hold shape

# קרום התא משמש חיץ המבודד את התא מסביבתו

אילו כלים שיש לתא המאפשרים:

1. אינטראקציה עם הסביבה

2. בקרה על נפח התא

3. קיום הומאוסטאזיס

התשובה:

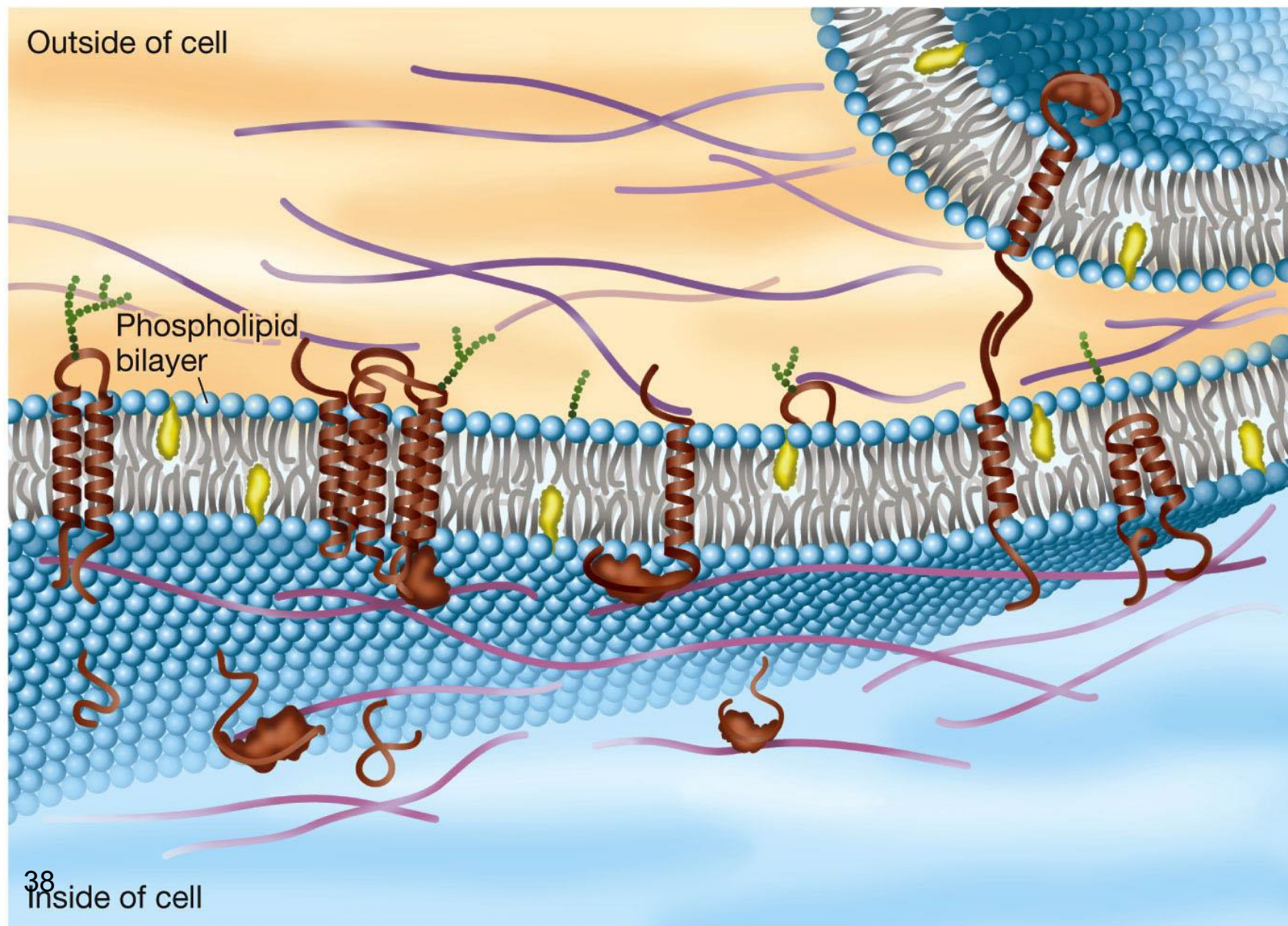
## חלבונים

# מטרות ההרצאה

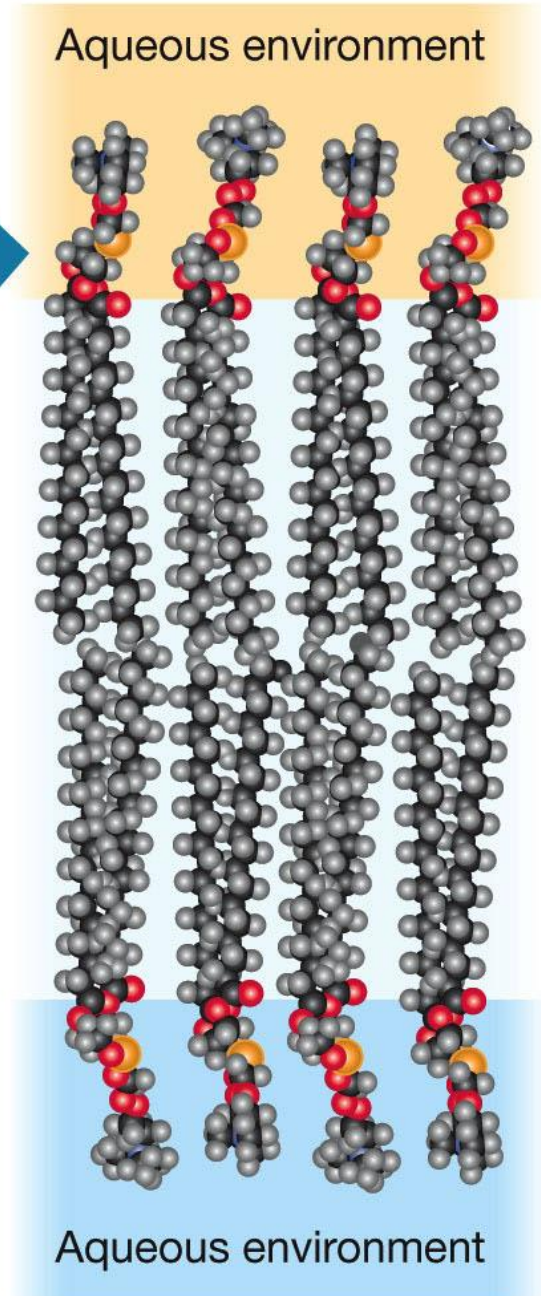
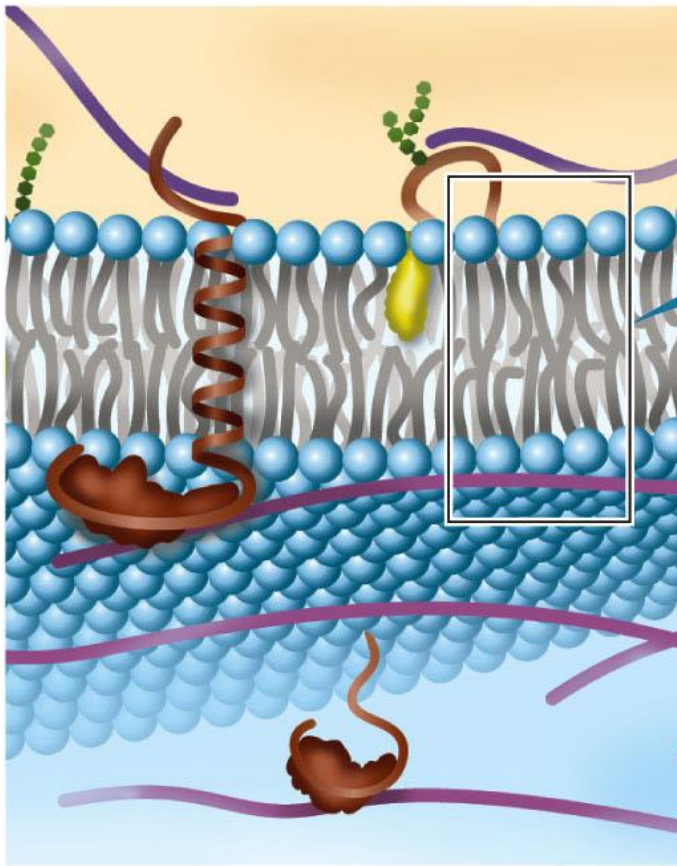
- I. להסביר את יתרונות המים כממס אוניברסלי**
- II. להסביר כיצד בנוי הקרום הביולוגי**
- III. טרנספורט של חומרים דרך הממברנות**



# מודל המוזאיקה של קרום התא



# Phospholipid Bilayer Separates Two Aqueous Regions

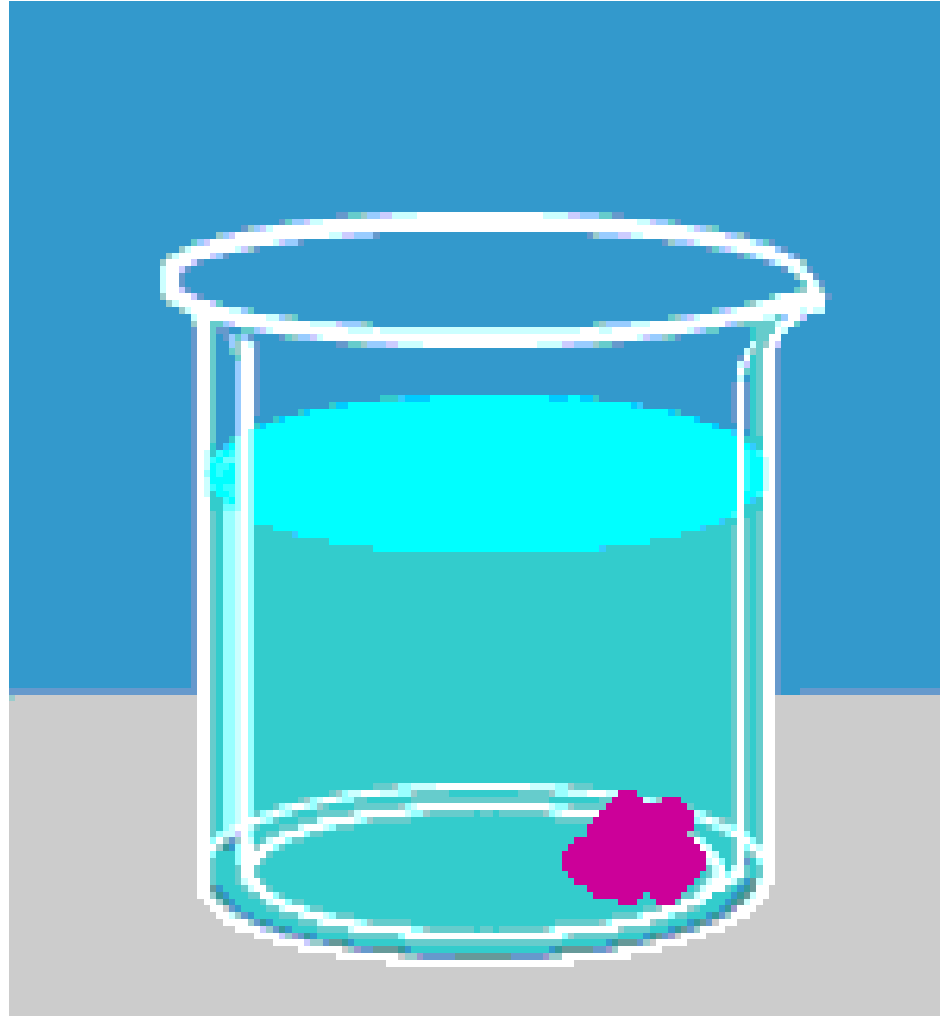


מעבר מומסים דרך קרום התא



## דיפוזיה

תנועת מומסים מרכז גבוהה לנמוך לשם השוואת ריכוז החומר בגוף הממס מהירות המומס תלויה בריכוז החומר באותה נקודה

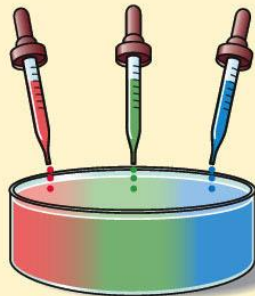


# דיפוזיה הוא תהליך בו מומס מתפזר באופן הומוגני כדי להשוות את ריכוזו בתמיסה

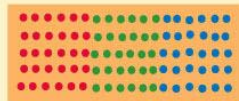
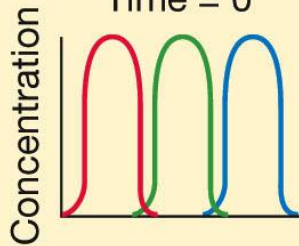
## EXPERIMENT

**HYPOTHESIS:** Diffusion leads to a uniform distribution of solutes.

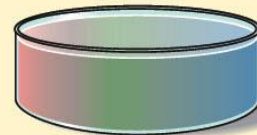
### METHOD



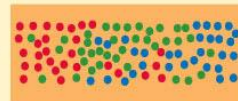
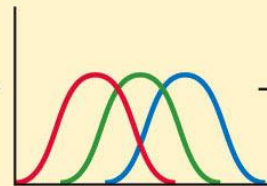
Time = 0



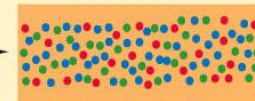
### RESULTS



5 minutes later

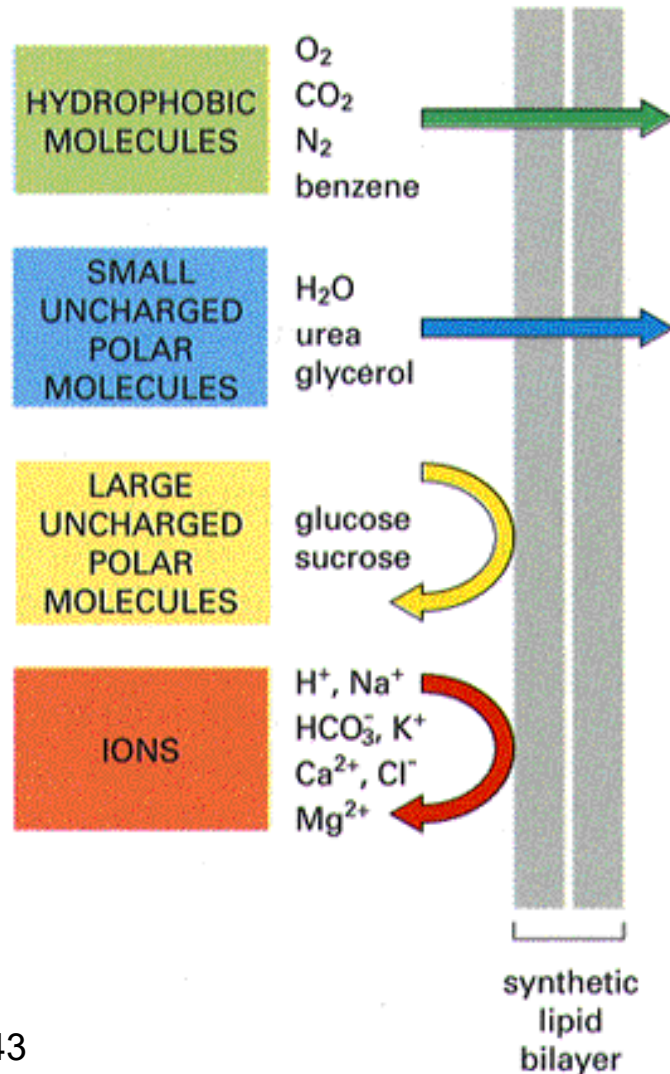


10 minutes later



**CONCLUSION:** Solutes distribute themselves by diffusion, uniformly and independently of each other.

# איזה מומסים חודרים לתא בדיפוזיה?



**דיפוזיה פשוטה:**

מולקולות קטנות עוברות  
דרך lipid bilayer

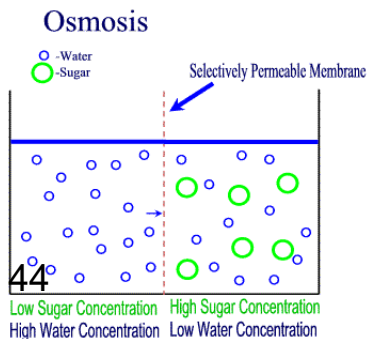
מולקולות שנמסות בשומן  
(הידרופוביות) עוברות  
דיפוזיה דרך הקרום

מולקולות טעונות חשמלית  
ובעלי קשרים פולריים  
(הידרופיליים) לא חוצים  
בקלות.

אוסמוזה (Osmosis): דיפוזיה של **מים** דרך קרום המונע על ידי מפל הריכוזים של מומסים משני צידיו

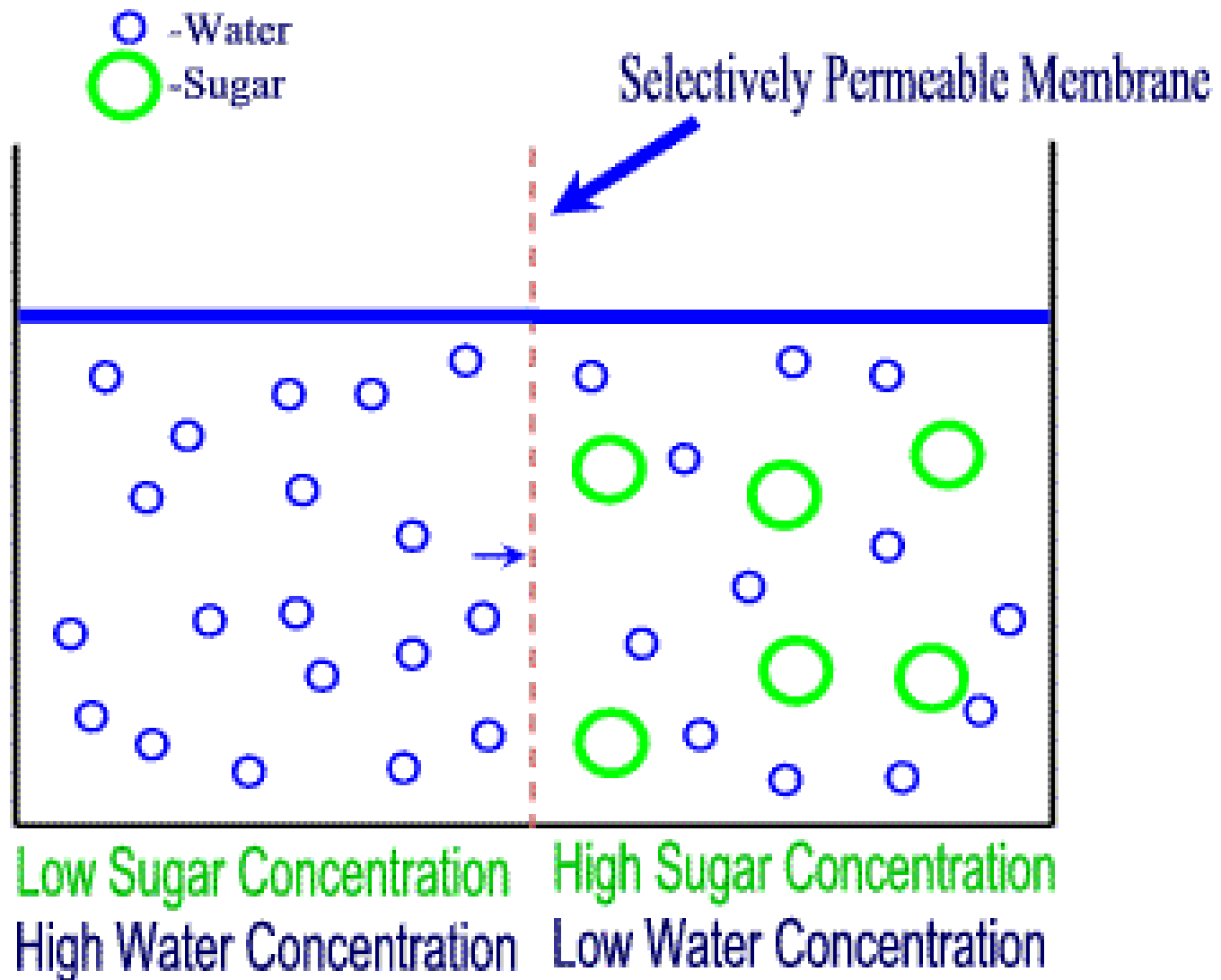
או

מעבר של ממס דרך קרום בעל חדירות בררנית (המאפשר מעבר של מולקולות הממס, אך לא של המומסים), במורד מפל ריכוזו, דהיינו, מתמיסה שבה ריכוז המומסים נמוך יותר, לתמיסה שבה ריכוז המומסים גבוה יותר, עד ליצירת איזון בין ריכוזי המומסים משני צידי הקרום.



# Osmosis

אוסמוזה





# Osmosis Can Modify the Shapes of Cells

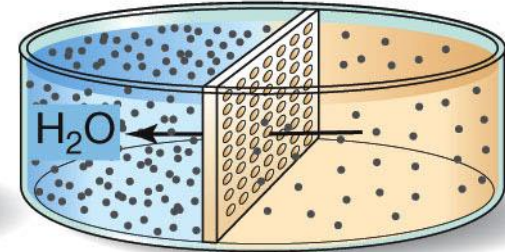
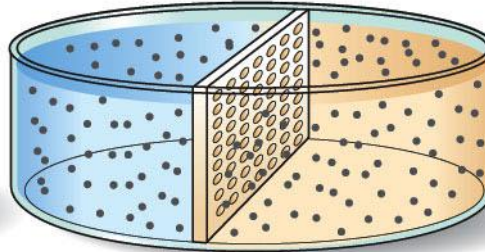
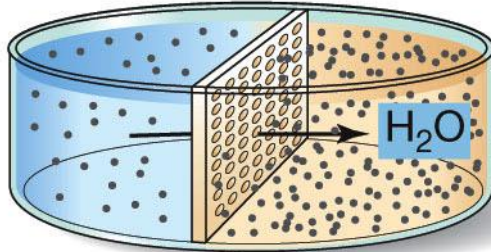
**Hypertonic**

**Isotonic**

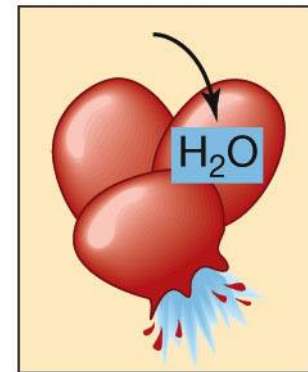
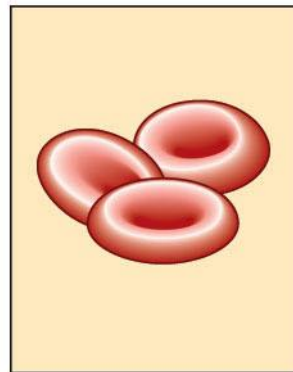
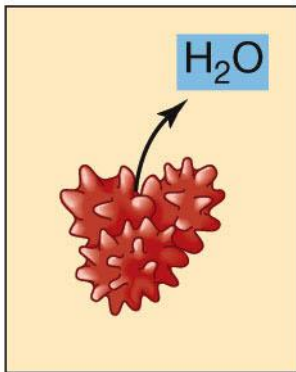
**Hypotonic**

Inside  
of cell

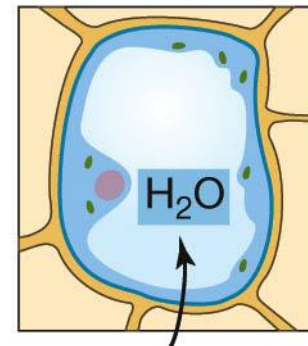
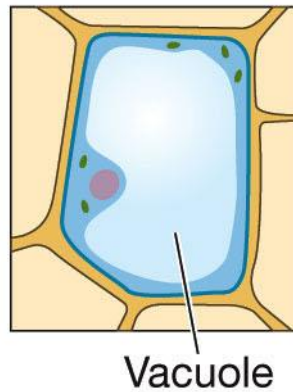
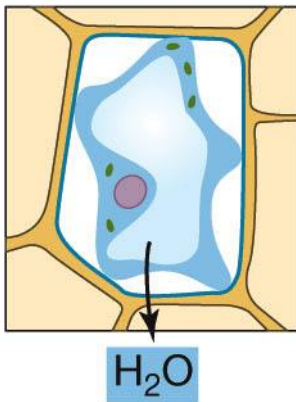
Outside  
of cell



**Animal  
cell**



**Plant  
cell**



# ריכוזי מלחים בנוזל הדם ובתאים ב mM

NaCl = 140      KCl = 5

דם

Ca = 2

NaCl = 10

KCl=130

תא

Ca = 0.001

# המלצת צפייה – The plasma membrane

