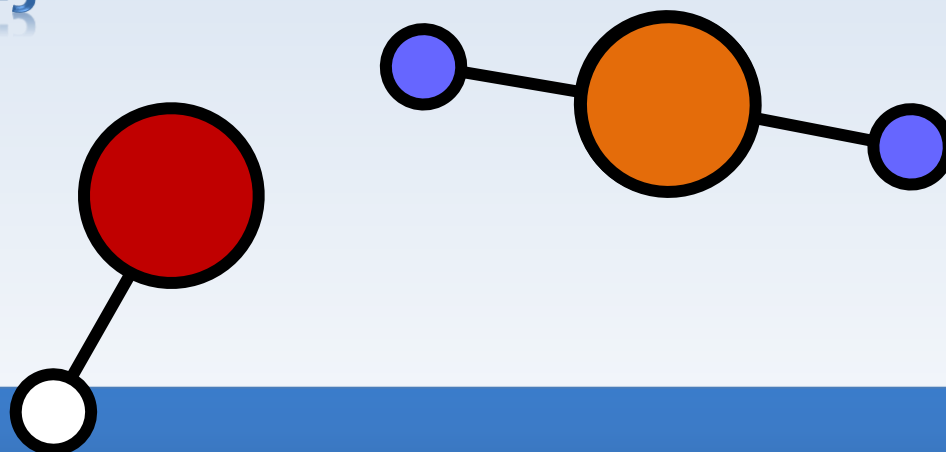
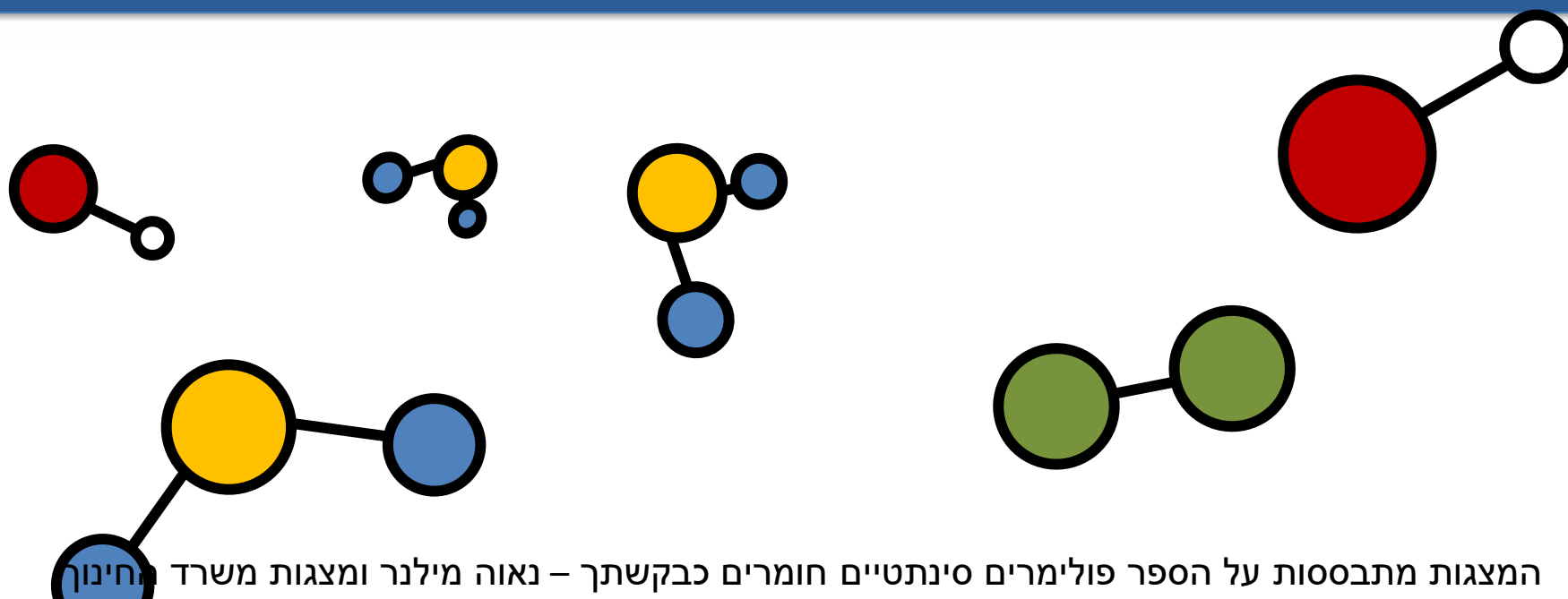




פולימרים 4 - אחוזי גבישיות



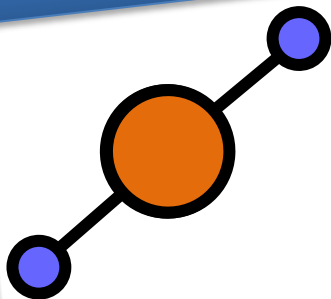
המצגות מתבססות על הספר פולימרים סינתטיים חומרים כבקשתך – נאווה מילנר ומצגות משרד החינוך

מבנה אמורפי ומבנה גבישי 

טמפרטורה זגוגית וטמפרטורת היתוך 

סדירות מרחבית של שרשרת 

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?



קשר קוולנטי 

מהי מקרומולקולה 

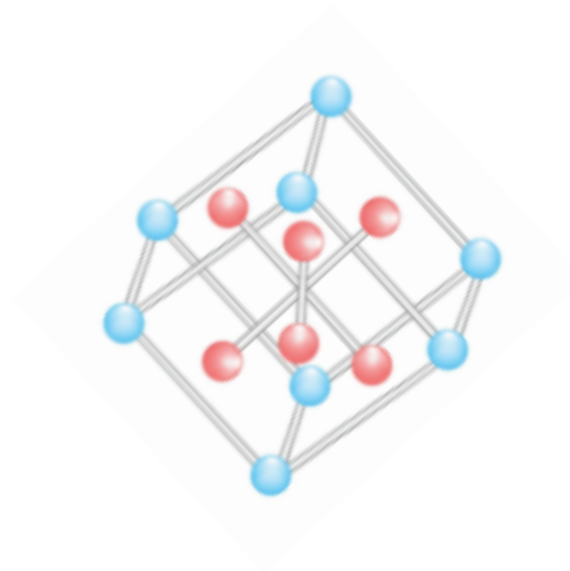
מהו פולימור 

מהו מונומר 

במצב מוצק רוב החומרים יוצרים מבנה גבישי.

ישנו סדר אחיד וסימטרי הכולל חזרה קבועה על

יחידות מבנה.



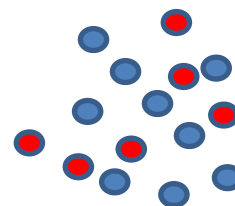
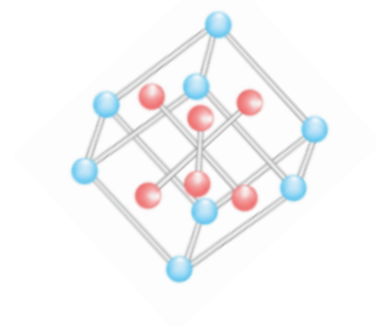
במצב מוצק רוב החומרים יוצרים מבנה גבישי.

ישנו סדר אחיד וסימטרי הכולל חזרה קבועה על

יחידות מבנה.

בחימום של מוצק גבישי נוצר נוזל חסר סדר.

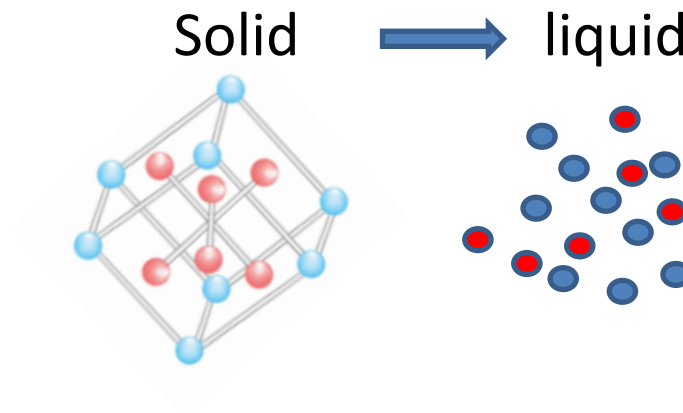
Solid → liquid



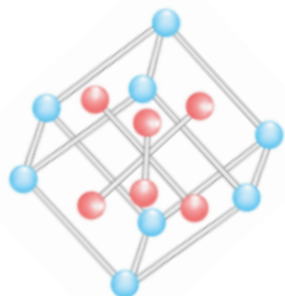
לכל מוצק גבישי ישנה טמפרטורת היתוך (וגיבוש)

קבועה.

נסמן את טמפרטורת ההיתוך - T_m



לכל מוצק גבישי ישנה טמפרטורת היתוך (וגיבוש)



קבועה.

נסמן את טמפרטורת ההיתוך - T_m

Solid $\longrightarrow$ liquid

כאשר התנאים לא מתאימים, יכול להתקבל מוצק חסר

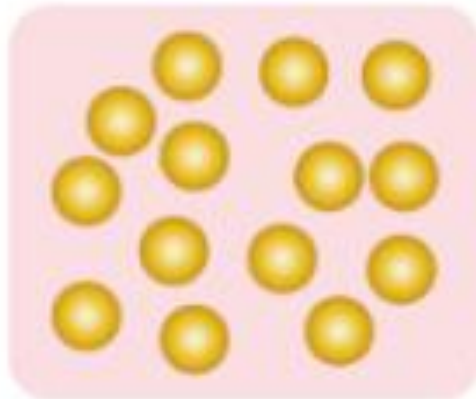
סדר מוגדר, הנקרא מוצק אמורפי

מוצק אמורפי הוא חסר סדר. מאפיין אותו חוסר הסדר

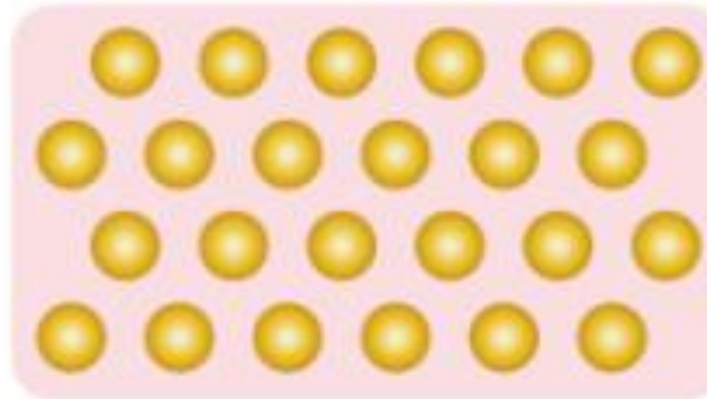
הנמצא במצב נוזל, רק שהחלקיקים צמודים זה לזה

ויכולת התנועה שלהם מוגבלת. מצב זה נקרא מצב

זגוגי.

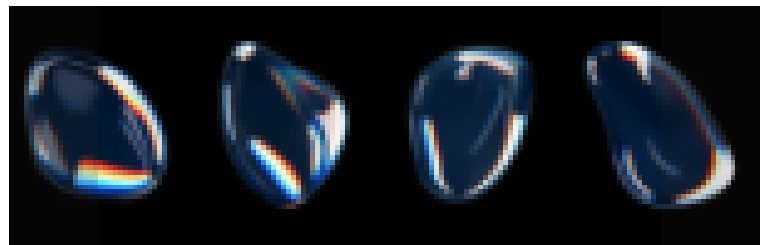


מבנה אמורפי



מבנה גבישי

בחימום, תנועת החלקיקים עולה ובטמפרטורה מסוימת החומר הופך להיות פלסטי- החומר רך וגמיש ומשנה את צורתו בהתאם ללחץ הפועל עליו.



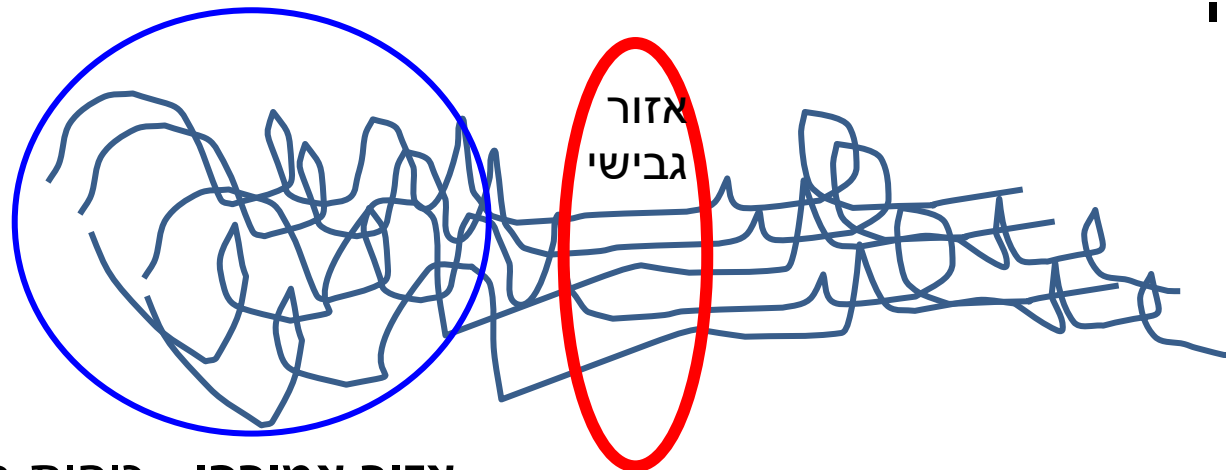
זכוכית מנופחת

למוצק אמורפי אין טמפרטורת היתוך מוגדרת מכיוון

שאין סדר וארגון בתוך החומר.

ייתכן מצב בו צבר פולימר מכיל גם אזור גבישי וגם אזור

אמורפי



אזור אמורפי - כוחות בין
מולקולריים חלשים יותר ולכן ניתן
לפרק אותם מהר יותר מאשר את
האזור הגבישי

הטמפרטורה בה חומר אמורפי הופך להיות חומר פלסטי 

נקראת טמפרטורה זגוגית T_g .

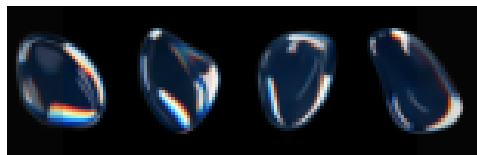
כאשר יורדים מתחת ל T_g החומר הופך להיות קשיח ושביר 

דוגמה:

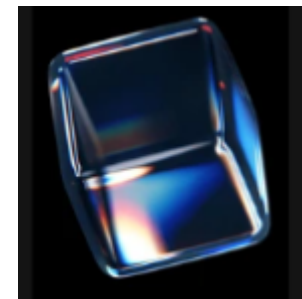
כאשר מקררים זכוכית
לטמפרטורה מתחת
ל T_g היא במצב הזגוגי
והופכת לשבירה



בחימום מעל T_g היא
הופכת להיות במצב
פלסטי וניתן לעצב אותה
(קשרים בין מולקולריים
חלשים יותר)



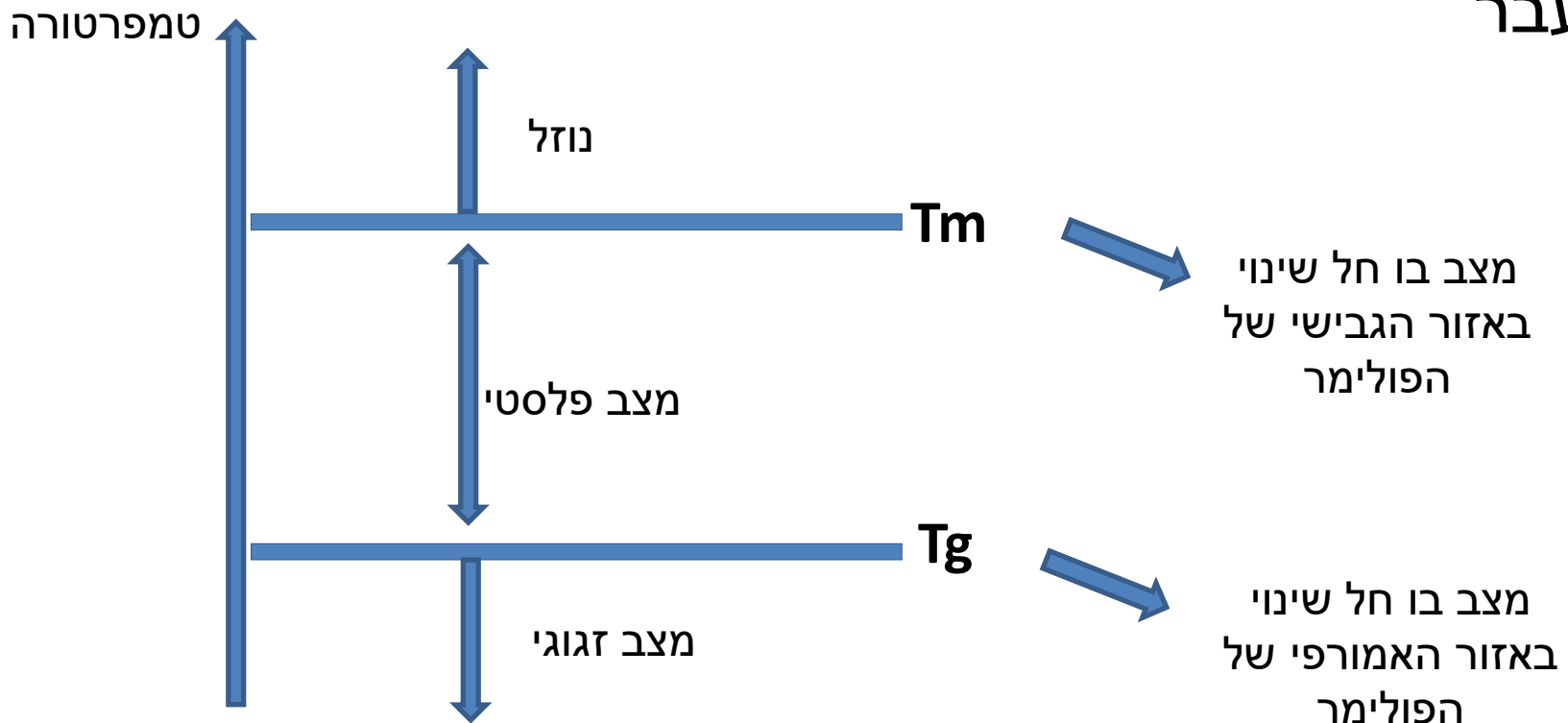
זכוכית היא
מוצק אמורפי



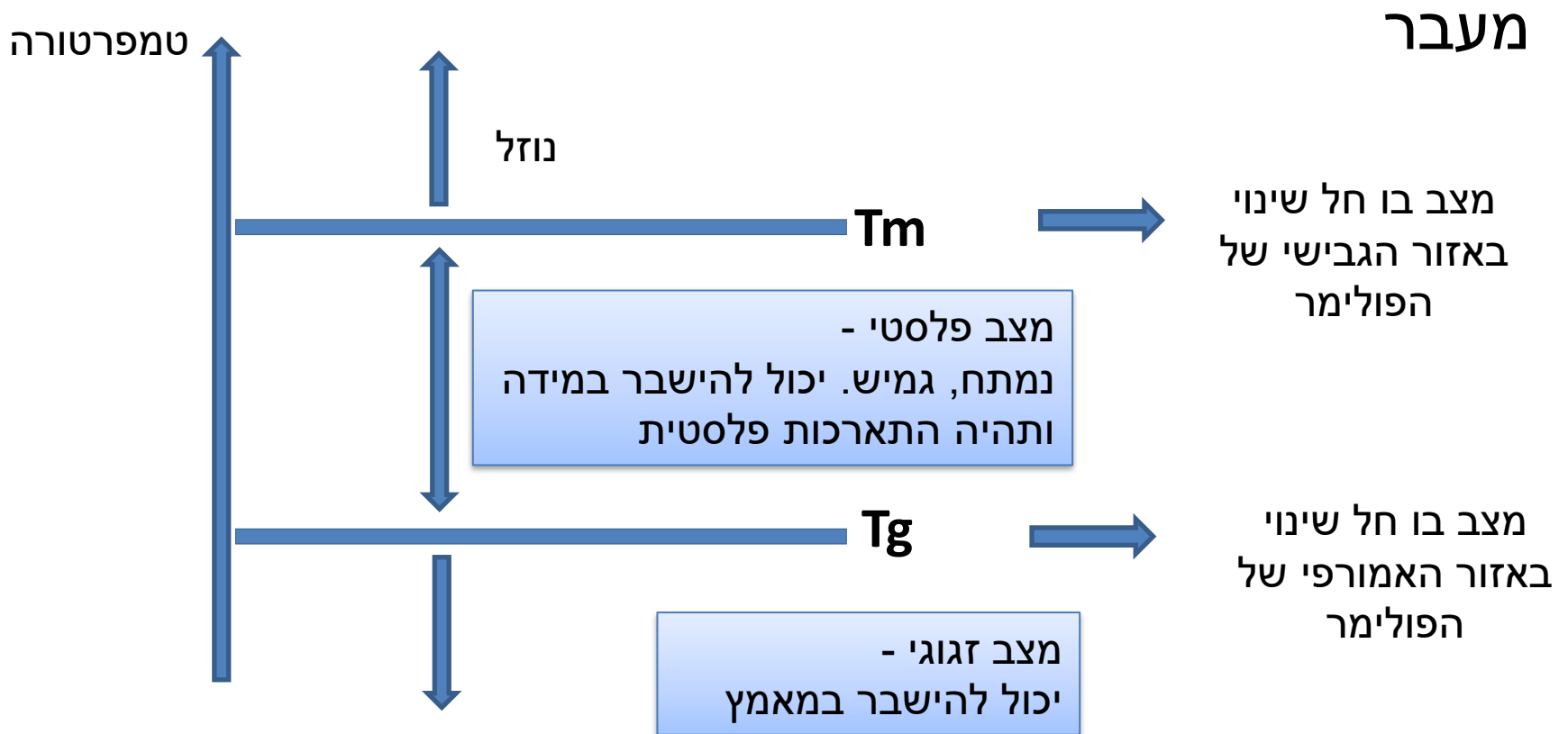
רוב הפולימרים מכילים מבנה שהוא בחלקו גבישי ובחלקו 

אמורפי ולכן ניתן לומר שלרוב הפולימרים שתי טמפרטורות

מעבר

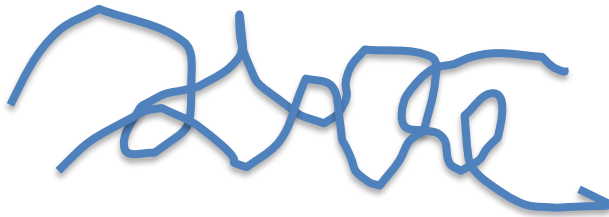


רוב הפולימרים מכילים מבנה שהוא החלקו גבישי ובחלקו אמורפי ולכן ניתן לומר שלרוב הפולימרים שתי טמפרטורות



גורמים המשפיעים על הטמפ' הזגוגית וטמפ' ההיתוך

כאשר יש הפרעה לפיתול האקראי, השרשת פרושה יותר, יהיו כוחות בין מולקולריים חזקים יותר, יהיה צורך בטמפרטורה גבוהה יותר על מנת להתגבר על כוחות אלו ולכן גם T_g וגם T_m יהיו גבוהות יותר.



שרשרת בעלת
פיתול אקראי



שרשרת פרושה

גורמים המשפיעים על מצבי הפולימר

גורמים המעלים את הטמפ' הזגוגית ואת
טמפ' ההיתוך

קבוצות צד בשרשרת הפולימר

אינטראקציות
בין השרשרות
(קשרי מימן
או I.D.I)

אזורים
קשיחים
בשלד
הפולימר

מפריע לסיבוב
C-C הקשר
ומקטין את
הגמישות של
השרשרת

מפריד בין
שרשרות- מעלה
את המרחק בין
שרשרות
הפולימר

קשרים בין
מולקולריים
חזקים

הגבלת הפיתול
האקראי

T_g עולה

עלול
להוריד את
 T_g , T_m

T_g עולה
 T_m עולה

T_g עולה
 T_m עולה

גורמים המשפיעים על מצבי הפולימר

גורמים המעלים את הטמפ' הזגוגית ואת
טמפ' ההיתוך

קבוצות צד בשרשרת הפולימר

אינטראקציות
בין השרשרות
(קשרי מימן
או I.D.I.)

אזורים
קשיחים
בשלד
הפולימר

מפריע לסיבוב
C-C הקשר
ומקטין את
הגמישות של
שרשרת

מפריד בין
שרשרות- מעלה
את המרחק בין
שרשרות
הפול

קשרים בין
מולקולריים
חזקים

הגבלת הפיתול
האקראי

לא ניתן לקבוע
איזה גורם
משמעותי
יותר

Tg עולה

על
להוריד את
Tg , Tm

Tg עולה
Tm עולה

Tg עולה
Tm עולה

באיזה מהחומרים הבאים נצפה לטמפרטורת היתוך גבוהה יותר?

1. פוליאתילן נמוך צפיפות $[-CH_2-CH_2-]$

2. פוליאתילן גבה צפיפות $[-CH_2-CH_2-]$

באיזה מהחומרים הבאים נצפה לטמפרטורת היתוך גבוהה יותר?

1. פוליאתילן נמוך צפיפות $[-CH_2-CH_2-]$

2. פוליאתילן גבה צפיפות $[-CH_2-CH_2-]$

פוליאתילן נמוך צפיפות מכיל אחוזים גבוהים של חלקים אמורפיים. אין בשרשרת הפרעות לפיתול האקראי. הקשרים הבין מולקולריים חלשים יחסית. כאשר יש חומר בעל צפיפות גבוהה, הקשרים הבין מולקולריים חזקים יותר ולכן נצפה לטמפרטורת היתוך גבוהה יותר, שכן דרושה יותר אנרגיה להפריד בין הפולימרים.

שרשרות הפולימר יכולות ליצור מבנה גבישי בחלק אחד ומבנה אמורפי בחלק אחר. לכן מקובל לבטא את רמת הארגון של צבר הפולימרים על ידי אחוז הגבישיות



ככל שיהיו יותר אזורים גבישיים, אחוז הגבישיות יעלה

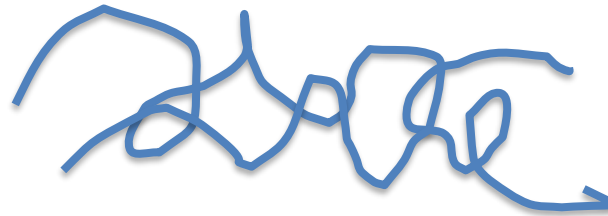
כאשר פולימר בעל מבנה אמורפי בלבד, (אחוז גבישיות אפס), בטמפ' נמוכה מ T_g יהיה שביר מאוד וטמפ' גבוהה מ T_g יהיה רך וניתן לעיצוב.

כאשר פולימר בעל אחוז גבישיות גבוה מאוד (100 אחוז), יידרש כוח רב על מנת לשבור אותו או לשנות את צורתו.

בפועל, כמעט ואין פולימרים שהם רק גבישיים או רק אמורפיים, תמיד יהיו פגמים במבנה.

כאשר פולימר בעל אחוז גבישיות נמוך מ 20 – נכנה אותו

אמורפי.



כאשר פולימר בעל אחוז גבישיות גבוה מ 70 – נכנה אותו

גבישי.



סדירות מרחבית של השרשרות

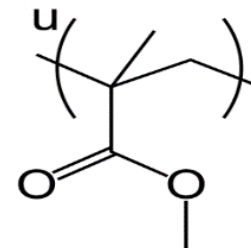
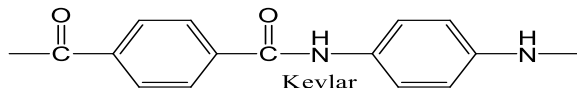
כאשר קיימת קשיחות למולקולה והמתמיר באותו הצד- ניתן להגיע

לאחוז גבישיות גבוה

כאשר קבוצות הצד אינן באותו הכיוון, ישנה הרחקה של שרשרות

אחרות

ככל שקבוצת הצד נפחית יותר או טעונה, יתקבל מבנה אמורפי



באיזה מהחומרים הבאים נצפה לאחוז גבישיות גבוה יותר?

1. פוליאתילן נמוך צפיפות $[-CH_2-CH_2-]$

2. טפלון $[-CF_2-CF_2-]$

באיזה מהחומרים הבאים נצפה לאחוז גבישיות גבוה יותר?

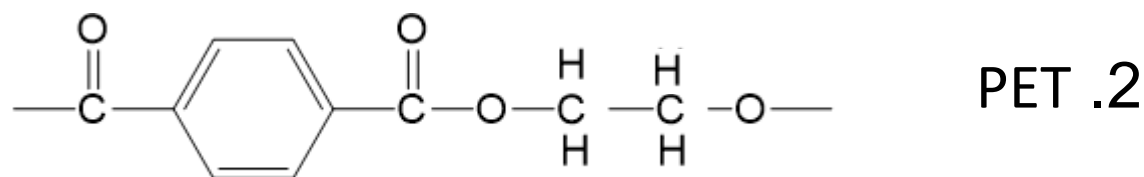
1. פוליאתילן גבוה צפיפות $[-CH_2-CH_2-]$

2. טפלון $[-CF_2-CF_2-]$

אטומי הפלואור הנמצאים על הפחמן יוצרים מגבלה משמעותית. אטומי הפלואור נושאים מטען חלקי שלילי המפעילים ביניהם כוחות דחייה הגורמים לשרשרת להיות פרושה.
ככל שהשרשרת יותר פרושה וצפופה - אחוזי הגבישיות גבוהים.

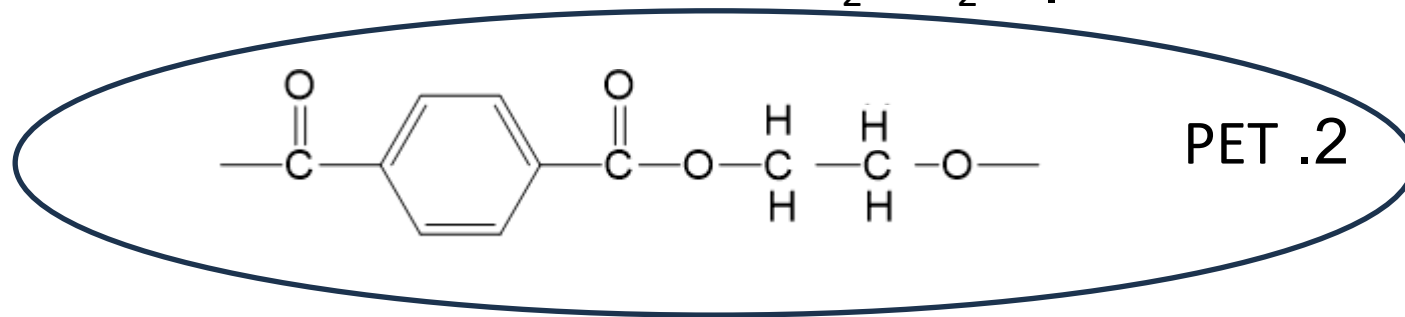
באיזה מהחומרים הבאים נצפה לטמפרטורה זגוגית יותר גבוהה?

1. פוליאתילן $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$



באיזה מהחומרים הבאים נצפה לטמפרטורה זגוגית יותר גבוהה?

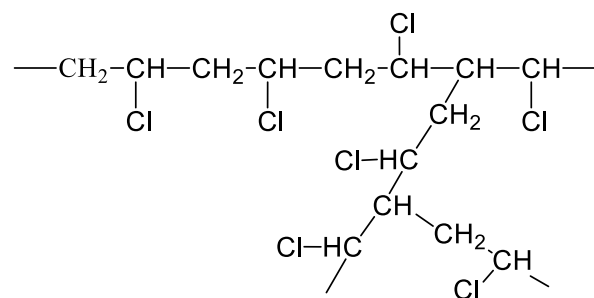
1. פוליאתילן $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$



הטמפרטורה הזגוגית של PET תהיה גבוהה יותר מכיוון שיש טבעת בנזנית אשר יוצרת מקטעים קשיחים במולקולה, בעוד לפוליאתילן אין הגבלות על הפיתול האקראי.

הטמפרטורה הזגוגית, T_g , של PVC מסוג I היא 80°C .

מבין המאפיינים (1) – (4) שלפניך, בחרו את המאפיינים המתאימים ל-PVC



מסוג I

1. יחידות המבנה חוזרות על עצמן בצורה סדירה.
2. הפולימר הוא אמורפי.
3. הקוטביות של הקשרים הקוולנטים מגבירה את חוזק הקשרים בין השרשרות
4. השרשרות נארזות בצפיפות.

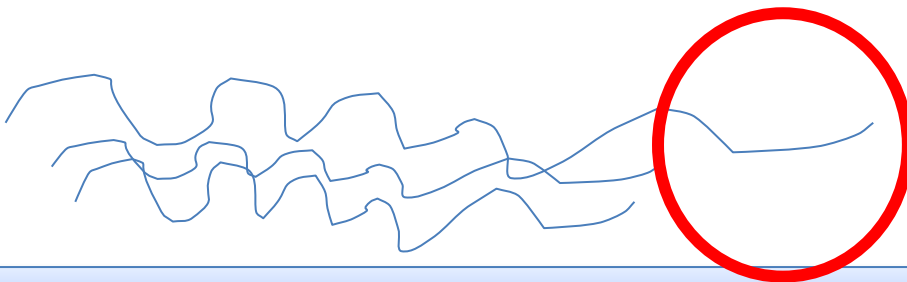
הטמפרטורה הזגוגית, T_g , של PVC מסוג I היא 80°C .
מבין המאפיינים (1) – (4) שלפניך, בחר את המאפיינים המתאימים ל-
PVC מסוג I

1. יחידות המבנה חוזרות על עצמן בצורה סדירה.
2. הפולימר הוא אמורפי. קיימות הסתעפויות וישנה חוסר סדירות של היחידות החוזרות.
השרשרות מפותלות ולכן אריזתן אינה צפופה
3. הקוטביות של הקשרים הקוולנטיים מגבירה את חוזק הקשרים בין
השרשרות הקשר הקוולנטי C-Cl הוא קשר קוטבי ולכן קשרי ו.ד.ו חזקים יותר מפולימר בעל
קוטביות רגעית
4. השרשרות נארזות בצפיפות.

סדירות מרחבית של השרשרות

לפולימרים בעלי מסה מולרית ממוצעת גבוהה יותר, דרגת הפילמור גבוהה יותר, לכן ניתן לקבוע שיש יותר אינטראקציות בין מולקולריות ואחוז הגבישיות עולה

כאשר קיימת התפלגות רחבה במסה המולרית הממוצעת – קיים הפרש גדול בין השרשרות הארוכות לקצרות מה שמוביל לקצוות חופשיים המגדילים את יכולת הפיתול של הפולימר



שיטות עיבוד הפולימר

א. קצב קירור:

בתהליך הפילמור נפלטת אנרגיה ולכן יש לקרר את החומר הנוצר.

קצב הקירור משפיע על אופן ארגון שרשרות הפולימר.

כאשר קצב הקירור מהיר, ההתארגנות של הפולימר כמוצק מהירה יותר

ויש פחות אפשרויות לסידורים מרחביים של השרשרות.

יוצרו יותר אזורים אמורפיים. (אחוז גבישיות נמוך)

שיטות עיבוד הפולימר

א. מתיחת הפולימר:

מתיחת הפולימר תיישר את האזורים הלא מאורגנים של השרשרת

וייווצרו יותר אזורים גבישיים. (אחוז גבישות יעלה)

ייווצרו יותר קשרים בין מולקולריים בין השרשרות והחומר יהפוך לחזק

יותר

מבנה גבישי ומבנה אמורפי 

מצבי פילמור, טמפרטורת היתוך וטמפרטורה זגוגית 

אחוזי גבישיות 

גורמים המשפיעים על אחוז הגבישיות 