

# כימיה והחיים

מדריך למורה



ATGCTAGCCAGCT  
AAGCTAAGCTAGCA  
CAAGTCATGATAC  
TGCATAGCCAGCT  
COTGCTAGCCAGC  
ACTCATTACCCAT  
ACTGATCAGTCA  
CACTAGCOTACG  
ACTGATCOTAC  
CATGCTAGCTAT  
CATATCATGTC  
CATGATGATG  
CACTATCATGCT  
ACGTCATGATAC  
CATGCAATGAT  
ACTGATGCTAGC  
CAATCATGATAC  
TAGCTAGCTACT

מיכל צלטנר  
נעמי ארנסט  
שלי לבנה



ע"מ

מכון  
ויצמן

572.0712  
ZEL



משרד החינוך  
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים

ע"ש עמוס דה-שליט

כימיה והחיים

מדריך למורה





WEIZMANN  
INSTITUTE  
OF SCIENCE



87444-30

# כימיה והחיים מדריך למורה

מיכל צלטנר  
נעמי ארנסט



ספרית הוראת המדעים

המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע



יוצא לאור במסגרת

המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים



**ריכוז הצוות:** ד"ר מיכל צלטנר

**צוות פיתוח וכתובה:**

נעמי ארנסט

ד"ר מיכל צלטנר

**לומדת מחשב מלווה:** ד"ר שלי לבנה

**ייעוץ מדעי:**

פרופ' ליאה אדדי

פרופ' מנחם רובינשטיין

**ייעוץ פדגוגי:**

פרופ' אבי הופשטיין

ד"ר רות בן-צבי

**עיצוב עטיפה:** אסף מסעוד

**צילום:** שלום נידם

**הפקה:**

אגי בוקשפן

שלומית זהרונני

איור השער: מעובד מהרישום "גבר בתוך מעגלי" של ליאונרדו דה-וינצ'י (1452-1519) הנמצא באקדמיה, ונציה, איטליה.

התמונה בעמוד 112 באדיבות: The Ava Helen and Linus Pauling Papers, Special Collections, Oregon State University.

התוכנית פותחה בקבוצת הכימיה בראשותו של פרופ' אבי הופשטיין במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

## תוכן הענינים

עמוד

5	<b>מבוא למדריך</b>
8	מבנה המדריך
8	הצעה לפתיחת הנושא
<b>10</b>	<b>פרק ראשון – ארגון והשתנות</b>
10	מטרות הפרק
10	הצעות דידקטיות
11	משימות עבודה לתלמיד
	תכולת מים, חלבונים, פחמימות ושומנים באורגניזמים שונים
	מעברים בין מצבי צבירה
	מפת מושגים – אחידות מההיבט הכימי
14	חומר רקע בנושאים ביולוגיים –
	הגדרת מושגים
15	תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד
<b>16</b>	<b>פרק שני – הייחוד של הפחמן</b>
16	מטרות הפרק
16	הצעות דידקטיות
17	משימות עבודה לתלמיד
	תשבץ
	תרגול נוסף
19	תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד
<b>20</b>	<b>פרק שלישי – תרכובות הפחמן בגוף החי</b>
20	מטרות הפרק
20	הצעות דידקטיות
23	משימות עבודה לתלמיד
	תשבץ
	מפת מושגים לתרכובות פחמן
	תרגול נוסף
26	חומר רקע בנושאים ביולוגיים -
	הגדרת מושגים
	עמילן, גליקוגן ותאית
	טבלת השוואה בין רב-סוכרים
	נשימה אנאירובית

	העדפה של צורה כיראלית מסוימת בטבע
	טבלת השוואה בין חלבונים
31	תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד
<b>33</b>	<b>פרק רביעי – מעברי אנרגיה בתגובות כימיות</b>
33	מטרות הפרק
33	הצעות דידקטיות
48	משימות עבודה לתלמיד
	תשבץ
	הצעה לבוחן או דף עבודה
	עבודה על מפת מושגים בנושא אנרגיה
54	חומר רקע בנושאים ביולוגיים - מזון, פעילות ואנרגיה
	יצירת קשר פפטידי בצימוד לפירוק ATP
	הגדרת מושגים
57	תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד
<b>59</b>	<b>פרק חמישי – הבסיס הכימי לארגון והשתנות</b>
59	מטרות הפרק
59	הצעות דידקטיות
60	משימות עבודה לתלמיד
	טבלת השוואה בין פולימרים בגוף החי
	מפת מושגים של DNA
	תשבץ
	פעילויות עם המושגים שנלמדו במבנית כולה
67	חומר רקע בנושאים ביולוגיים - הגדרת מושגים
	מוטציות
	איפה מתרחשת סינתזה של חלבונים
71	תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד
<b>72</b>	<b>מסד שקפים</b>

המבנית "כימיה והחיים" מבוססת על תוכנית הלימודים לחטיבה העליונה (רמת הבסיס) אשר פורסמה על ידי משרד החינוך, התרבות והספורט, המינהל הפדגוגי, האגף לתכניות לימודים בשנת תש"ס.

במבוא לתכנית הלימודים מפורטות הנחות היסוד. נביא את הראשונה ככתבה וכלשונה:

"א. מבוא - הנחות יסוד

א. המטרה העיקרית בהוראת מדע בבית הספר העל-יסודי היא להקנות לבוגרים אוריינות מדעית. לכן, על לימודי הכימיה בבית הספר העל-יסודי להתרכז בהיבטים המיוחדים של האוריינות המדעית, המאפיינים את תחום הכימיה."

סעיף ב של התכנית, שכותרתו "אוריינות כימית מהי?" מגדיר את המצופה ממי שהוא בר-אורייין:

א. שיכיר את מהות הכימיה כאחד מן המדעים הניסויים.

ב. שידע כי הכימיה היא מרכיב במערכת המדעים השונים, כי יש תחום מיוחד המאפיין אותה, וכי קיימים אזורי חפיפה רבים ושונים לה ולתחומי המדע האחרים.

ג. שיבין את מקומה של הכימיה ואת התרומה היחודית שלה בהסבר תופעות בחיי היום-יום שלנו.

ד. שיבין מהי הכימיה ובמה עיקרי עיסוקה."

בהמשך מפורטים המרכיבים של "אוריינות כימית" - השאלה שאיתה מתמודדת הכימיה היא איך אפשר להסביר את העולם שמסביבנו ('עולם הדומם') ואותנו ('עולם החי'), וכיצד ניתן לנצל את הידע הנרכש אגב כך כדי לשפר את חיינו. ההיבטים השונים של שאלה זו, ברמת ההסבר, הם בשלושה משוורים - מבנה, אנרגיה ודינמיקה - והאינטראקציה ביניהם.

בסעיף ג של התכנית, שכותרתו: "אוריינות כימית בתכנית הבסיס" מפורטים המאפיינים היחודיים למבנים ולתהליכים בחי ובצומח:

א. ברמת המבנה

- הסיבוך הרב של תרכובות מן החי והצומח, למרות שעקרונית הן מתבססות על הכימיה של יסוד אחד - הפחמן ועל מספר מצומצם של יסודות כגון: מימן, חמצן וחנקן.

- הספציפיות של תרכובות בחי ובצומח.



### ב. ברמת האנרגיה

- בצומח מתרחשת אינטראקציה בין חומר וקרינה אשר בצימוד איתה מתרחשות תגובות אשר בלעדיה לא היו מתרחשות באופן משמעותי.

### ג. ברמת הדינמיות

- בגוף החי או הצומח, מתרחשות תגובות בתנאים עדינים בהרבה מאשר במערכות דוממות.



המבנית "כימיה והחיים" נכתבה על פי קווי היסוד שהוצגו למעלה, עם ההדגשים המיוחדים להם. לכל אורכה מוצגים מבני-על, שהם הביטוי לרמות הארגון של החומרים, ותהליכים – שבהם עוברים החומרים השונים שינויים. מובן מאליו שמבני-העל העיקריים הם מתחום הביולוגיה, אך לצידם יש גם קישור למדעים אחרים, כמו פיזיקה ומחשבים, רפואה וביו-טכנולוגיה.

שלושה המישורים שהודגשו בתכנית הלימודים באים לידי ביטוי, לא רק בפרק מסוים, בו הם נלמדים, אלא באופן ספיראלי, לאורך המבנית כולה, כך שבפרקים שונים יש חזרה, הרחבה והתקדמות בכל אחד מהם. כידוע, הוראה ספיראלית עוזרת לתלמיד להפנים את אותם עקרונות בהם הוא נפגש מחדש, וכך מקטינה את ה"חלוקה למגירות" בתפיסה של התלמיד.

נביא דוגמא להוראה ספיראלית של המושג קשרי מימן.

לראשונה : בהקשר למים, שבלעדיהם אין חיים. (פרק א')

ואחר כך : מסיסות של כוהלים במים (פרק ב')

קבוצות הידרופיליות בתרכובות שונות (פרק ג')

הצורך באנרגיה לניתוק קשרים (פרק ד')

קשרים בין בסיסים חנקניים ב-DNA והיתרון בכך (פרק ה')

דוגמא נוספת : רמת הארגון הגבוהה של מבני העל בגוף החי (פרק א')

מעברים ממולקולות קטנות למולקולות ענק – ובכיוון ההפוך (פרק ב')

הצורך באנרגיה לשם ארגון (פרק ד')

מולקולות DNA – בסיס נתונים לארגון בגוף החי (פרק ה')

- לאורך כל ספר הלימוד מופיעות שאלות תחת הכותרת **עכשיו אתם**. שאלות אלו באות למקד את תשומת לבו של התלמיד בקריאת קטע בבית, או בכתה, בדומה לקריאה מונחית. בדרך כלל ניתנות התשובות לשאלות בקטעי הטקסט הקרובים בהמשך. רצוי לתת לתלמיד עבודת הכנה בבית לקראת השיעור – קריאת מספר עמודים, תשובות לשאלות 'עכשיו אתם', ולעתים גם דפי עבודה לקריאה מונחית. עבודת הכנה כזו תקצר את הזמן הנדרש בכתה לדיון במספר רב של נושאים, תאפשר עיבוד טוב יותר של החומר הנלמד ותתרום לבנה מעמיקה יותר של התלמיד.
- הקטעים המופיעים בספר תחת הכותרת **זה קשור באים להדגיש נושאים שונים** – מתחום הביולוגיה או מתחומים אחרים, שלהם גם תוכן כימי, ומטרתם לתת לתלמיד דוגמאות המשלבות את הנושא הנלמד במסגרות רחבות יותר.
- בסוף כל פרק מובאים **תרגילים שונים** – אותם ניתן לשלב בהוראה או כשעורי בית.
- בכל פרק מוצעים **אתרי אינטרנט שונים** שבהם יכול התלמיד למצוא מידע, או אפשרויות של לימוד אינטראקטיבי בעזרת המחשב.

ד"ר שלי ליבנה מקבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע פיתחה אתר שבו ניתן למצוא הרבה מאד פעילויות. הכתובת היא :

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/chemlife>

בספר התלמיד יש בכל פרק הפניות לפעילויות מתאימות באתר זה ובאתרים אחרים.  
למותר לציין שכדאי לבקש מהתלמידים המגיעים לאתרים מתאימים אחרים להביא אותם  
לידיעת כל הכתה.

### מבנה המדריך למורה:

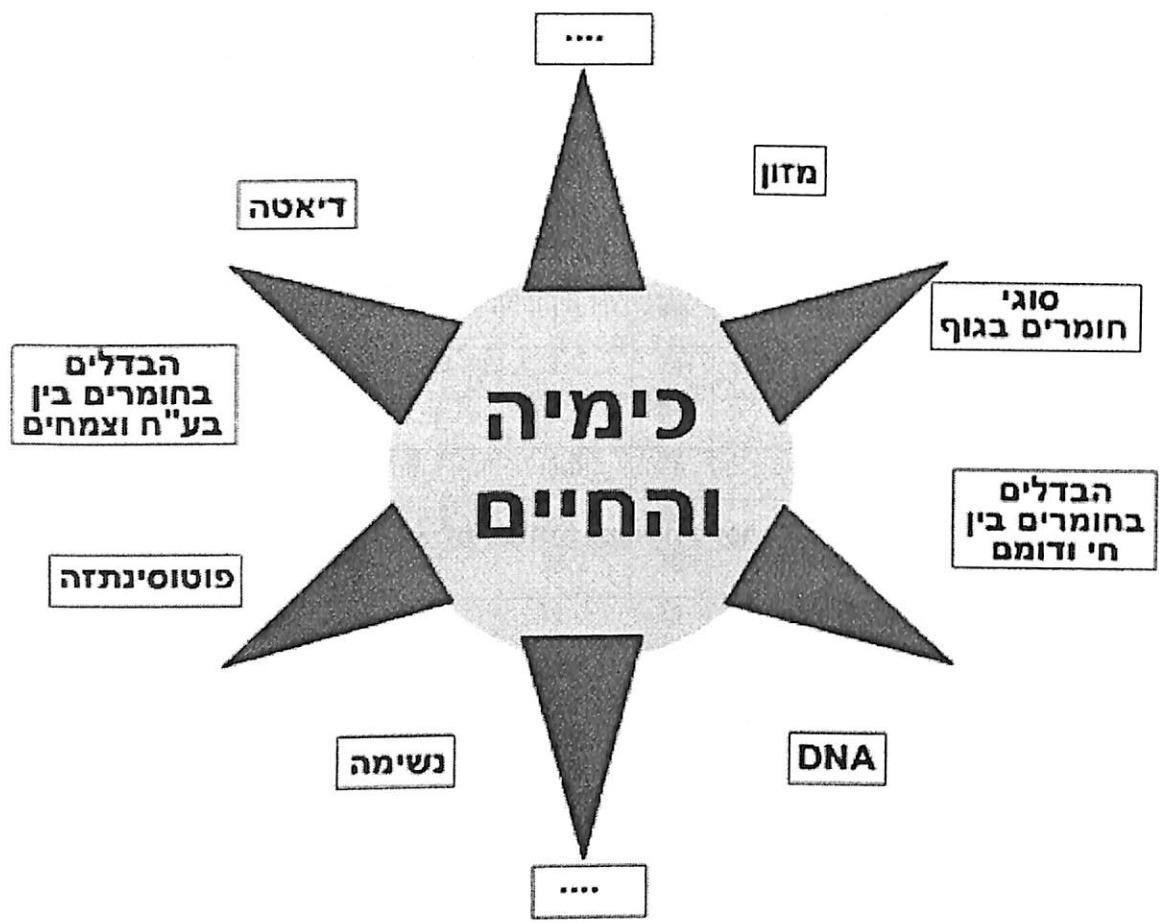
המדריך בנוי על פי סדר הפרקים בספר הלימוד. בכל פרק יש דיון בנושאים הבאים:

- מטרת הפרק
  - הצעות דידקטיות:
1. עבודה במחשב. עבודה זו יכולה להתבצע על פי המצוי אצל התלמידים – אם בבית או במעבדת המחשבים בבית הספר. הדרכה לעבודה במחשב ושאלות מכוונות נמצאות בספר התלמיד.
  2. ניסויים נוספים. כל ניסוי מופיע בעמוד נפרד, כדי להקל על המורה לצלם את ההוראות.
  3. כדאי למורה לחפש כתבות בנושאים רלבנטיים בעיתונות היומית. תלמידים יכולים להשתתף גם הם בחיפוש אחר מקורות. רצוי להכין שאלות מנחות לקריאה. דוגמה תובא בהמשך.
- משימות שונות לתלמידים:
    - השלמת טבלאות, מפות מושגים, תשבצים וכו'.
    - לנוחיות המורים, כל משימה מופיעה בעמוד נפרד.
  - חומר רקע בנושאים ביולוגיים שהוזכרו בפרק.
  - מסד לשקפים.

### הצעה להצגת הנושא בכיתה:

מוצע לפתוח את השיעור הראשון בשאלה לתלמידים: שם המבנית הוא "כימיה והחיים".  
אילו נושאים קשורים, לדעתך, ל"כימיה והחיים"?  
אפשר ללקט את תשובות התלמידים בעזרת סכימה (על הלוח או על שקף). בעמוד הבא  
הבאנו דוגמה לסכימה כזו.

תלמידים עשויים להעלות נושאים אלו במילים אחרות, או להעלות נושאים נוספים. המושגים  
שהם ציר ראשי לאורך המבנית כולה הם **אירגון והשתנות** וכן **אנרגיה**. חשוב שהמורה יכוון את  
התלמידים לנושאים אלה כבר בפתיחה.  
לנוחיות המורים מובאת "שמש" ריקה במסד השקפים שבסוף המדריך.



## פרק ראשון – ארגון והשתנות

### מטרות הפרק

- ◀ התלמיד יבין שלצד הרב-גוניות הרבה קיימת אחידות בעולם החי - אחידות מהבחינה הביולוגית ומהבחינה הכימית.
- ◀ התלמיד יכיר את חשיבותם של המים בעולם החי ואת תכונותיהם.
- ◀ התלמיד יבין שרמת הארגון הגבוהה הקיימת בעולם החי אינה מתרחשת מעצמה, אלא נעשית תוך השקעת אנרגיה רבה.
- ◀ התלמיד יבין שיצור חי יכול להיות רק מערכת פתוחה.

### הצעות זידקטיות (פרוט כל הצעה בהמשך)

#### 1. עבודה במחשב:

- א. חזקות של 10
- ב. מים.

הדרכה לעבודה במחשב ושאלות מכוונות נמצאות בספר התלמיד.

#### 2. דיונים בכיתה:

א. דיון במושג אנטרופיה מובא כבר בפרק הראשון (וחוזר בפרקים הבאים) רק בצורה איכותית. לדעתנו זהו מושג חשוב מאד בהקשר של רמת הארגון העליונה ביצורים חיים. רצוי להמחיש מושג זה על ידי דוגמאות שונות, כמו:

- 1. פסוק מהתנ"ך – לעומת תפוזרת של האותיות המרכיבות אותו,
- 2. הידע של התלמיד בערב לפני מבחן לעומת הידע יומיים לפני כן,
- 3. מגדל בבל טרם קריסתו ולאחריה,

4. רישום תוצאות ניסוי בזמן המעבדה לעומת הדי"וח המוגש למורה.

אפשר לבקש מהתלמידים להביא דוגמאות נוספות למערכות בעלות אנטרופיה שונה במצבים שונים.

ב. דיון בכיתה על השינויים בחומרים שמסביבנו ב- 200 השנים האחרונות – מחומרים טבעיים לחומרים סינתטיים חדשים רבים, לעומת החומרים מהם בנוי הגוף – בהם לא חלו שינויים. לדוגמה: כניסת חומרים פולימרים לשימוש באריזות, רהיטים, צבעים וכיוב'. (יתכן, כמובן, שהתרחשו בתקופה זו מוטציות ששינו חלק מהחומרים בגוף זה או אחר, אך אין שינויים אלו דומים בהקיפם לשינויים בחומרים הסינתטיים).



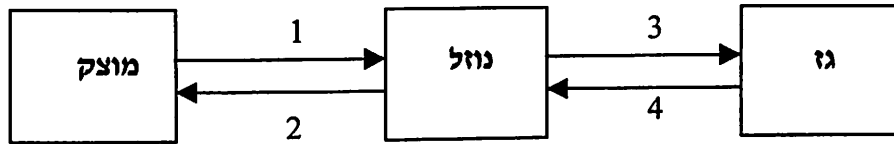
א. תכולת המים, חלבונים, פחמימות ושומנים באורגניזמים שונים.

כתוספת לטבלת החומרים בתא של חיידק E. coli (פרק ראשון, סעיף ב) מובאת הטבלה הבאה, המדגישה את חשיבות המים בעולם החי, ואת האחידות בסוגי התרכובות הקיימת בו: (המספרים הם באחוזים מהמשקל הכולל).  
לנוחיות המורים מובאת טבלה מוגדלת במסד השקפים.

האורגניזם (רקמה)	מים	חלבונים	פחמימות	שומנים
מלפפון	96	0.7	2.8	0.1
בצל ירוק	90	1.5	8.1	0.2
שורש גזר	90	1.1	8.3	0.2
פקעת תפוח אדמה	76	2.0	21.2	0.1
בננה	75	1.2	23	0.2
אבוקדו	75	1.5	5.6	17.5
אורז (זרעים)	12	7.7	79.5	1.5
דג קרפיון	78	18.2	0.7	3.0
עוף (שריר)	75	21.0	0.6	3.5
בקר (כבד)	71	19.0	0.8	4.0
בקר (שריר)	62	18.8	0.8	18.2

- מה ניתן ללמוד מהנתונים שבטבלה על סוגי החומרים באורגניזמים השונים? האם סוגי החומרים שונים בצמחים ובבעלי חיים?
- איזה סוג של מולקולות ענק, הקיים בכל האורגניזמים, אינו מופיע בטבלה?
- באיזה מהאורגניזמים או הרקמות תכולת המים היא הנמוכה ביותר? ובאיזה הגבוהה ביותר?
- באיזה מהאורגניזמים או הרקמות תכולת החלבונים היא הנמוכה ביותר? ובאיזה הגבוהה ביותר?
- באיזה מהאורגניזמים או הרקמות תכולת הפחמימות היא הנמוכה ביותר? ובאיזה הגבוהה ביותר?

**ב. מעברים בין מצבי הצבירה**



1. איזה מארבעה החיצים (1 עד 4) מתאר:

היתוך?

עיבוי?

רתיחה?

קיפאון?

2. איזה/אילו מהחיצים מתאר/ים:

עליה בחופש התנועה של החלקיקים?

תהליכים שבהם יש צורך לחמם?

עליה באנטרופיה?

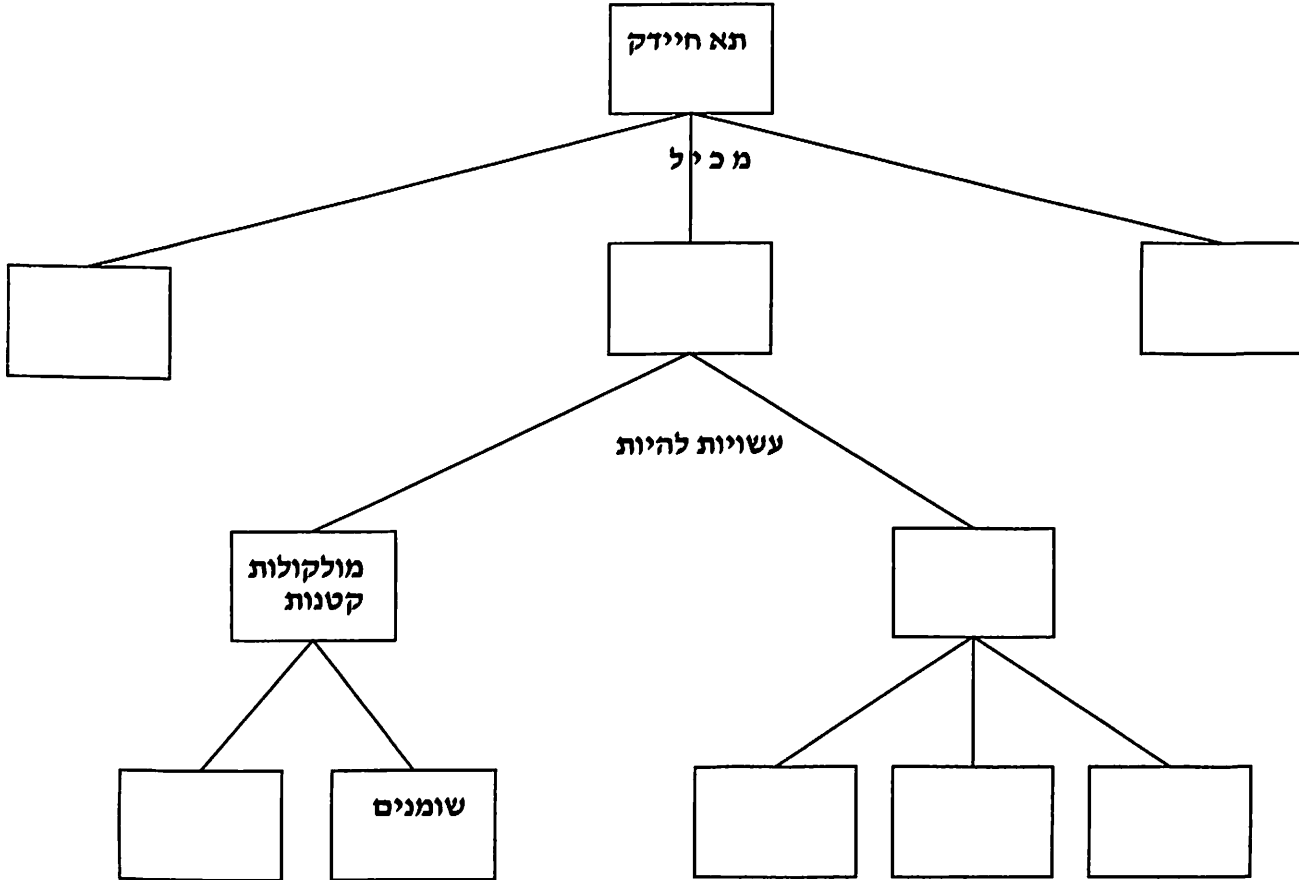
עליה ברמת הארגון של החלקיקים?

**ג. מפת מושגים – אחדות מההיבט הכימי**

מפת מושגים זו מתאימה לעבודה לאחר סעיף ב' בפרק הראשון. בהמשך מופיעה מפה זו בשתי צורות – בצורה האילמת, שבה התלמיד צריך להשלים אותה בעזרת מאגר מושגים, ומלאה לגמרי, לנוחיות המורים, במסד השקפים שבסוף המדריך למורה.

**מפת מושגים: אחידות מההיבט הכימי**

השלם את המפה בעזרת המושגים שבמאגר.



**מאגר מושגים:** חומרים יוניים, תרכובות פחמן אחרות, חומצות גרעין, מים, תרכובות פחמן, חלבונים, רב סוכרים, מולקולות ענק.

## חומר רקע בנושאים ביולוגיים:

### הגדרות של מושגים ביולוגיים שונים

**אבר** – חלק מאורגניזם: מורכב מרקמות אחדות ומבצע תפקידים מסויימים. לדוגמה: שורש, עלה, כליה, שלפוחית שתן.

**אברון** – חלק מתא. מבנה בעל תפקידים מוגדרים בתא. לדוגמא: ממברנה, כלורופלסט, גרעין.

**אורגניזם** – יצור חי. המאפיינים הבסיסיים של אורגניזם: היותו בנוי מתאים ויכולתו להתרבות.

**כלורופלסט** – אברון המצוי באצות ובתאי אברים ירוקים של צמחים. את הכלורופלסט ניתן לראות במיקרוסקופ אור. בכלורופלסטים מתרחשת הפוטוסינתזה.

**מיטוכונדריה** – (ביחיד: מיטוכונדריון) אברונים זעירים שניתן לראות רק במיקרוסקופ אלקטרוני. הם מצויים בתאי כל היצורים האירובים, למעט חיידקים. במיטוכונדריון מתרחשים רוב השלבים של חמצון תרכובות הפחמן בתהליך הנשימה התאית ויצירת מולקולות ATP בצימוד להם. מספר המיטוכונדריה בתא נמצא ביחס ישר לפעילות המטבולית של התא.

*אוריט האטונוניום בהרחבה על כלורופלסט ואיטוכונדריה יכולים להעביר הספרי כימיה בתהליכי החיים. זאת איכא צלטה ונעמי ארנסט. בהוצאת המחלקה להוראת המדעים. מכון ויצמן למדע. חלק שני: פרק ב': עמ' 166 ו-179.*

**ממברנה** – קרום דו-שכבתי (Bi-layer) הבנוי פוספו-ליפידים וחלבונים. מצויה על שטח הפנים של תאים, של אברונים בתוך התאים, וכן במבנים שבתוך האברונים.

**רקמה** – קבוצת תאים בעלי מבנה ותפקוד משותפים. לדוגמא: שריר, ריקמת שומן.

**תא** – יחידת החיים הקטנה ביותר. כל תא חי עטוף ממברנה המפרידה בין הסביבה הפנימית שבתא לבין הסביבה החיצונית השונה ממנה. גודל תא נע בין 2 מיקרון (חיידקים) לבין מספר סנטימטרים (ביצת עוף).

## תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד:

תרגילים בסוף הפרק הראשון:

– מס' 1: לא נכון – א, ג, ה, ו.

מס' 2: א. מולקולת חלבון >אברון>תא>רקמה>איבר>יצור חי



## פרק שני – הייחוד של הפחמן

### מטרות הפרק

- < התלמיד יכיר את היסוד פחמן כיסוד שעליו מבוססת כל הכימיה של היצור החי.
- < התלמיד יכיר איזומריה כתופעה התורמת לעושר הגדול של תרכובות פחמן.
- < התלמיד יכיר קבוצות פונקציונליות שונות, וביניהן כאלו התורמות למסיסות במים.

### הצעות דידקטיות

#### 1. עבודה במחשב:

א. פחמן ופחמימנים,

ב. כוהלים.

הדרכה לעבודה במחשב ושאלות מכוונות נמצאות בספר התלמיד.

#### 2. עבודה במודלים

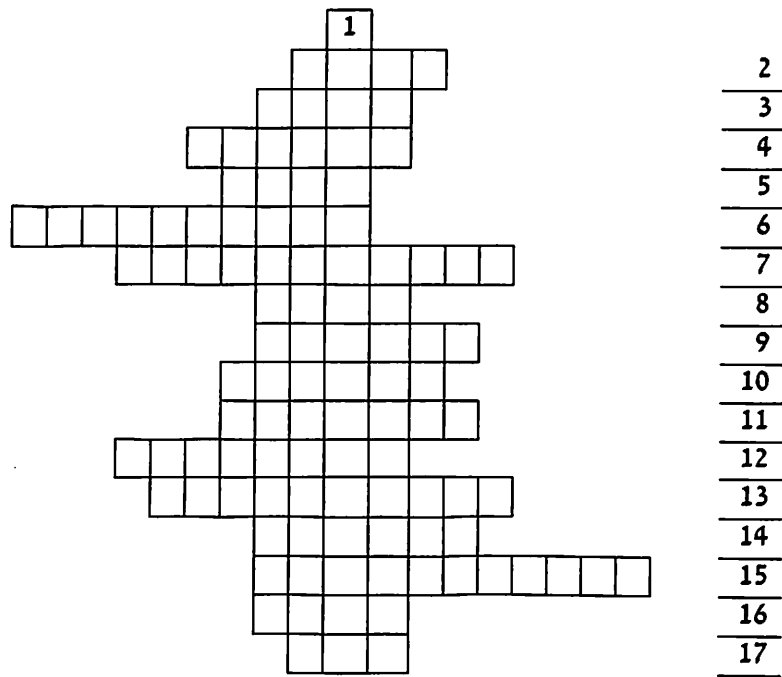
רצוי מאד לעבוד גם במודלים ממלאי מרחב וגם במודלים של כדור ומקל בכתה. רצוי לבנות בעזרתם מודלים למולקולות שהוזכרו בפרק, כמו אתאנול, אתר, או איזומרים של פרופאנול. מודלים של מולקולות מופיעים, כאמור, בתוכנת המחשב, ויש אפשרות לעבור מצורה אחת של תצוגה (ממלא מרחב, למשל) לצורה אחרת. זו גם הזדמנות לדון עם התלמידים ביתרונות ובחסרונות של כל אחת מדרכי התצוגה.

**שימו לב!** המורה המנוסה רגיל ללמד את הנושא כימיה של תרכובות הפחמן בצורה רחבה הרבה יותר מזו הנדרשת במסגרת מבנית זו. לכן אנו מבקשות להדגיש את ההערה הבאה: אחת המטרות העיקריות היא להדגיש את האפשרויות הרבות לאיזומריה, ולא להכביד ולהעמיס על התלמיד. עבודה עם מודלים או בעזרת מחשב מדגימה בצורה ברורה מאד את השוני בין איזומרים. מתוך המודלים ניתן ללמד את התלמיד לכתוב נוסחה מולקולרית לכל אחת מהתרכובות המוצגות. אין ערך מוסף גדול בלימוד צורות שונות של כתיבת נוסחאות. לכן איננו ממליצות ללמד את התלמידים בשלב זה לכתוב נוסחאות מקובצות כמו  $\text{CH}_3\text{CH}_3$  וכו'. בודאי שאין מקום ללמד את התלמיד את חוקי הנומנקלטורה!

#### 3. משימות עבודה לתלמיד – תשבץ לפרק השני.

לנוחיות המורים נמצא תשבץ מלא במסד השקפים.

## תשבץ לפרק שני



### הגדרות:

1. קבוצת אטומים קובעת תכונות (שתי מילים)
2. מהוה 78% מנפח האוויר
3. נוסחה המציגה את האטומים במולקולה ואת הקשרים ביניהם
4. תרכובות פחמן המכילות את הקבוצות בהגדרה מס. 15
5. יסוד שהרבה אטומים שלו יכולים להיות קשורים זה לזה בקשרים קוולנטיים
6. קבוצה "יראה" ממים
7. מקובל לסמן באות R (שתי מילים)
8. אחד ממצבי הצבירה
9. כבר עדיף לשתות אתאנול
10. פחמימן המכיל 8 אטומי פחמן
11. כהל המכיל 3 קבוצות בהגדרה מס. 15, ממרכיבי השומנים
12. התופעה של קיום איזומרים
13. קבוצה "חובבת" מים
14. גם אותו לא כדאי לשתות
15. קבוצה OH -
16. קשרים כאלה נוצרים כשכוהל נמס במים
17. השתמשו בו להרדמה מאמצע המאה ה-19 עד אמצע המאה ה-20

בתחתית העמוד מופיעות 10 נוסחות מבנה שונות. התייחס אליהן בתשובותיך. שים לב: לעתים יש יותר מתשובה אחת!

א. ציין את מספריהן הסידוריים של כל הנוסחות המייצגות:

1. כוהלים

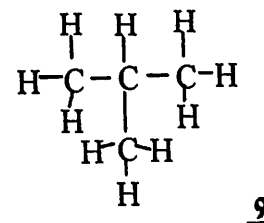
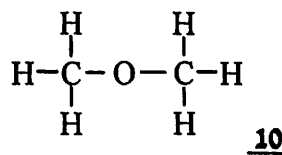
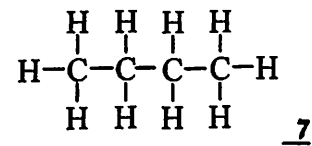
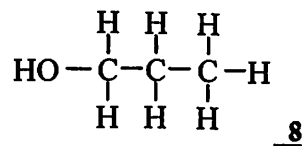
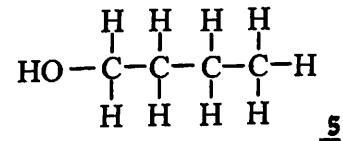
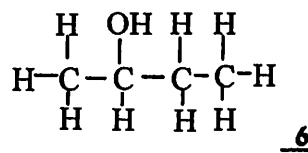
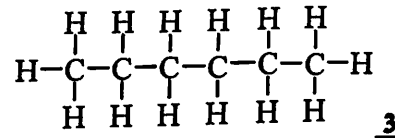
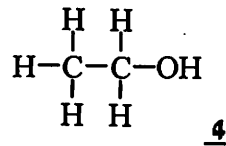
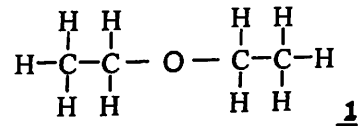
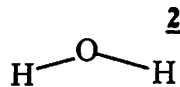
2. תומרים הידרופוביים

ב. ציין את מספריהן הסידוריים של כל הנוסחות המייצגות:

1. איזומרים של 4

2. איזומרים של 5

3. איזומרים של 7



## תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד:

תרגילים בסוף הפרק השני:

1 - מוצק, גז ונוזל

2 - מוצק

3 - גז

4 - גז

5 - מוצק, נוזל

6 - מוצק

7 - מוצק

8 - גז

9 - גז

## פרק שלישי – תרכובות פחמן בגוף החי

### מטרות הפרק

- ◀ התלמיד יכיר פחמימות וחלבונים, שנים מאבות המזון.
- ◀ התלמיד יכיר מולקולות ענק ואת אבני הבנין שלהן.
- ◀ התלמיד יבין שכל תגובה המתרחשת בגוף היא תגובה כימית.
- ◀ התלמיד יכיר את הגורמים המשפיעים על המהירות של תגובה כימית.
- ◀ התלמיד יכיר את המושג כיראליות ואת משמעותה בעולם החי.

### הצעות דידקטיות (פרוט כל הצעה נמצא בהמשך)

#### **עבודה במחשב :**

א. חומצות אמיניות

ב. כיראליות.

הדרכה לעבודה במחשב ושאלות מכוונות נמצאות בספר התלמיד.

הצעה לניסוי נוסף – עיכול עמילן בעזרת רוק.

משחק "האחשדרפנים" - עבודה בקבוצות.

דיון במושג "מהירות של" - דוגמאות מחיי יום-יום.



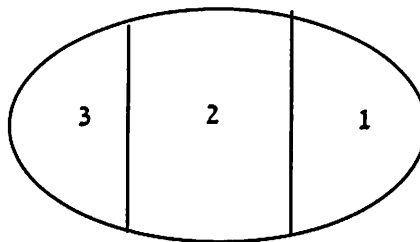
## הצעה לניסוי נוסף: עיכול עמילן בעזרת רוק

(רצוי לבדוק עם מורה הביולוגיה של הכתה אם נעשה הניסוי בעבר)

מטרת הניסוי: לבדוק פעילות של אנזים.

ציוד וחומרים: צלחת פטרי ובתוכה אגאר עם 1% עמילן, מכסה לצלחת, קיסס עץ, מים מזוקקים בבקבוק טפי, תמיסת יוד באשלגן יודי  $I_2/KI_{(aq)}$  בבקבוק טפי, תרמוסטט מכוון ל-  $37^{\circ}C$ .

מהלך הניסוי: חלק את שטחה של הצלחת ל-3 אזורים עיי סימון בצידה התחתון.



על אזור מס. 1 - בצד האחד של הצלחת - שים כמות גדולה ככל האפשר של רוק. בעזרת הקיסס צייר צורה כלשהי באזור זה, כדי להבחין (בהמשך) בין איזור זה לבין האזורים האחרים.

אזור מס. 2 מכיל רק את האגאר-עמילן 1%.

על אזור מס. 3 - בצד השני של הצלחת - טפטף כמה טיפות מים (בנפח דומה לנפח הרוק שטיפטפת באזור מס. 1).

הכנס את הצלחת המכוסה לתרמוסטט למשך כ- 30 דקות. לאחר זמן זה, שטוף את הרוק מן האגאר מתחת לזרם מים בכיור. טפטף את תמיסת היוד על הצלחת. יוד הוא גלאי לעמילן - בנוכחות עמילן צבעו כחול-סגול, ובהיעדר עמילן צבעו חום. הטה אותה כך שתמיסת היוד תכסה את כל שטח הצלחת. התבונן בצבע האגאר בכל האזורים. האם אתה מבחין בציור שלך?

טבלת תצפיות:

אזור מס.	החומרים באזור	הצבע לפני הוספת יוד	הצבע אחרי הוספת יוד
1	אגאר-עמילן, רוק		
2	אגאר-עמילן		
3	אגאר-עמילן, מים		

שאלות בעקבות הניסוי:

1. באיזה אזור/ים של האגאר התקבל צבע כחול-סגול ובאיזה אזור/ים צבע חום?
2. באיזה אזורים יש עמילן ובאיזה אזורים אין עמילן?
3. מה תפקידו של אזור מס. 2?
4. לשם מה הוכנסה הצלחת לתרמוסטט ב-  $37^{\circ}\text{C}$  ?
5. האם הטמפרטורה עשויה לגרום להבדלים בין האזורים השונים?
6. האם פירוק העמילן מתרחש:
  - א. ללא רוק?
  - ב. רק עם מים?
  - ג. על אילו תצפיות אתה מבסס תשובתך?
7. לאיזה יחידות, לדעתך, התפרק העמילן בעזרת הרוק? כיצד ניתן לבדוק זאת?
8. מה יש ברוק הגורם לעמילן להתפרק?

פטיאלין נמצא ברוק. זהו סוג של עמילאז - אנזים המזרז את פירוק העמילן.

את הכתה מחלקים לקבוצות המכילות כל אחת 5 תלמידים. כל תלמיד מתבקש לרשום את 10 האותיות השונות המופיעות במילה "האחשדרפנים" – המייצגות כל אחת חומצה אמינית מסויימת, ב- 15 רצפים שונים מהמילה המקורית, כל אחד כולל את כל 10 האותיות. אפשר להקצות 5 דקות למשחק ואחר כך לספור את כל הרצפים השונים שהרכיבו התלמידים בכל קבוצה. הקבוצה שאספה מספר רצפים שונים הגדול ביותר היא המנצחת. (פרס אפשרי – חבילת מסטיק).  
(אפשר, כמובן, להשתמש בכל מילה ארוכה אחרת שיש בה אותיות שונות, כמו אנציקלופדיה, אנטגוניזם וכיוב'.)

### מהירות של תגובה כימית

אפשר להמחיש את המושג "מהירות של" על ידי דוגמאות מחיי יום-יום, לדוגמה:

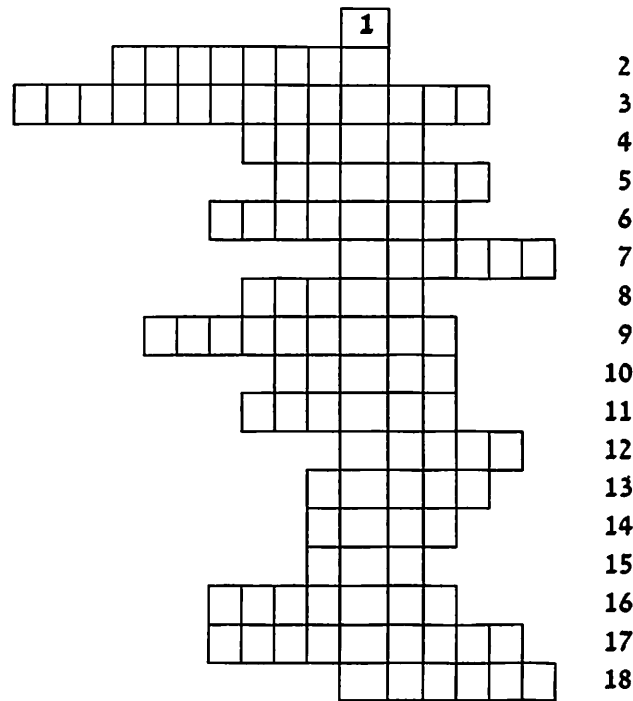
1. באילו יחידות אפשר למדוד מהירות של חימום מים?
2. בעזרת איזה מכשיר ניתן להגיע למהירות גבוהה יותר - כירים או קומקום חשמלי? (התשובה טמונה, כמובן, בהספק של כל מכשיר!)
3. באילו תנאים יבשיל אבוקדו מהר יותר – במקרר או בטמפרטורת החדר?
4. האם אשפה נרקבת מהר יותר בקיץ או בחורף? (שביתת עובדי התברואה!)

אם לתלמידי הכתה יש כיוון מדעי אפשר להעלות את שאלת הזרם החשמלי ולמה אי אפשר להשתמש בחבור לרשת ללא שנאי כדי להפעיל מחשבון, ווקמן וטלפון סלולרי.

### משימות לתלמיד:

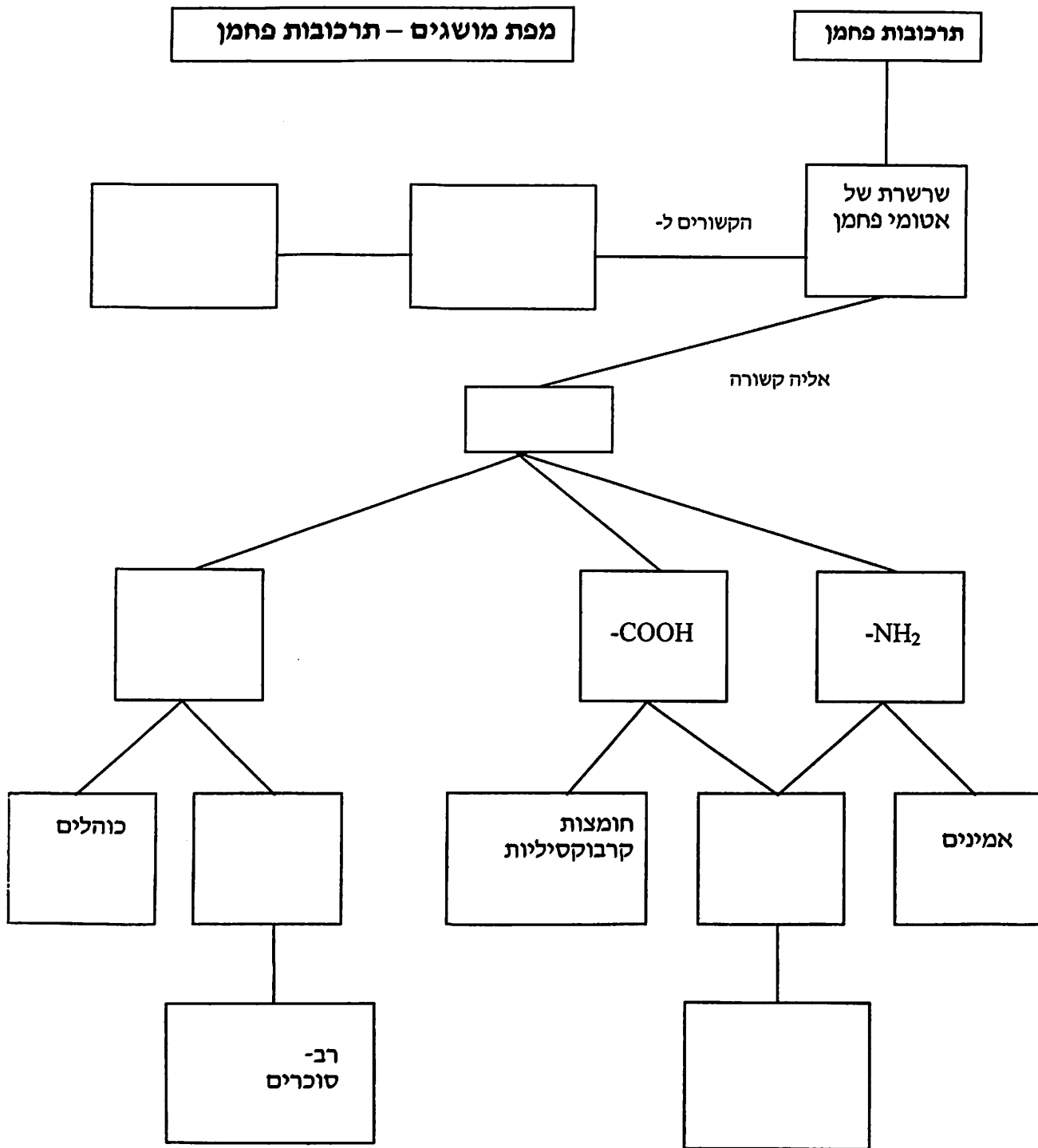
1. תשבץ (לנוחיות המורים, תשבץ מלא מופיע במסד השקפים).
2. מפת מושגים לתרכובות פתמן (לנוחיות המורים, מפת מושגים מלאה מופיעה במסד השקפים).
3. תרגול נוסף

## תשבץ לפרק שלישי



### הגדרות:

1. חומצות אמיניות, חומצת חלב וחומצת לימון הן כאלה (2 מילים)
2. המונומרים של רב-סוכרים (2 מילים)
3. כיראליות (2 מילים)
4. רב-סוכר שהמולקולות שלו מסועפות
5. חומצה אמינית
6. ללא אספקה של חומצות אמיניות כאלה במזון נפגמת בריאותו של האדם.
7. צורת תאי הדם האדומים באנמיה שכזו
8. דו-סוכר המצוי בחלב
9. הקשר הכימי בין חומצות אמיניות (2 מילים)
10. פולימר של חומצות אמיניות
11. חד-סוכר
12. כדי להפוך את החומר המתאים להגדרה 4 לחומר המתאים להגדרה 11 יש צורך בתגובה כזו.
13. כדי לקבל את החומר המתאים להגדרה 10 ממרכיביו, יש צורך בתגובה כזו.
14. רב-סוכר ממנו בנויים דפנות תאים צמחיים
15. החומצה הזו נוצרת בשרירים בזמן מאמץ
16. רב-סוכר המצוי רק בבעלי חיים
17. תגובה אנזימטית כזו מתרחשת במערכת העיכול
18. קבוצה פונקציונלית המאפיינת חומצות אמיניות



השלם את המפה בעזרת מאגר המושגים:  
 פחמימנים, סוכרים, אטומי מימן, חלבונים, קבוצה פונקציונלית, חומצות אמיניות, -OH



## תרגול נוסף:

- א. השלם: בחלבון הבנוי מ-1000 יחידות, שמתוכן 999 הן של חומצה אמינית מסוימת אחת ו-1 של חומצה אמינית מסוימת אחרת, מספר הוריאציות האפשריות הוא \_\_\_\_\_.
- ב. מ-3 חומצות אמיניות שונות A, B ו-C יכול להיווצר קטע של חלבון, שאורכו 3 יחידות של חומצות אמיניות. מה הן כל הוריאציות האפשריות? צייר אותן.

## חומר רקע בנושאים ביולוגיים:

1. הגדרות של מושגים ביולוגיים שונים
2. עמילן, גליקוגן ותאית
3. השוואה בין רב-סוכרים
4. נשימה אנאירובית
5. העדפה של צורה כיראלית מסוימת בטבע
6. חלבונים שונים ומספר החומצות האמיניות מהן הם מורכבים

## 1. הגדרות של מושגים ביולוגיים שונים

**אנזים** - זרז ביולוגי. כל התהליכים בגוף, כמו תהליכי פירוק, הרכבה, חמצון-חיזור וכיו"ב, מזורזים על ידי אנזימים. יש אנזימים שהם ספציפיים למצע מסוים, ויש אנזימים הפועלים על מצעים שונים. כל האנזימים הם חלבונים. לעיתים מכילים האנזימים גם מרכיבים נוספים כמו מתכות וויטמינים.

**הורמון** - זרז ביולוגי המופרש מבלוטה, מועבר בבעלי חוליות עיי הדם ופועל על אברי מטרה מסויימים. לדוגמא: אינסולין, אסטרוגן.

**כבד** - הבלוטה הגדולה בגוף האדם, מצויה בחלל הבטן מצד ימין למעלה. בין תפקידי הכבד:  
- הפיכת גלוקוז לגליקוגן ואחסונו,  
- יצירת מיץ מרה

- טרנסאמינציה – יצירת חומצות אמיניות מסוימות מחומצות אמיניות אחרות במזון  
כבד מתרחש גם מעגל קורי (Cori) שבו חומצת חלב, הנוצרת בשרירים בזמן מאמץ, הופכת חזרה לאחר המאמץ לגלוקוז.

**מצע** - (סובסטרט) הוא החומר שעליו פועל האנזים, לאחר שהתקשר עמו. המצע מתקשר באופן ייחודי לאתר הפעיל של האנזים.

קו-אנזים - מולקולה של תרכובת פחמן הקשורה בקשר קוולנטי או בקשרים בין-מולקולריים לאנזים, ומסייעת לאנזים בזירוז תגובה. קואנזימים רבים מכילים ויטמינים. לדוגמא: ויטמין B<sub>2</sub> מצוי בקואנזים הקשור לתהליכי הנשימה התאית.

## 2. עמילן, גליקוגן ותאית

עמילן, גליקוגן ותאית הם שלושה רב-סוכרים שהמונומר שלהם הוא גלוקוז. עמילן וגליקוגן משמשים כחומרי תשמורת: עמילן הוא חומר תשמורת בצמחים ואילו גליקוגן מצוי רק בבעלי חיים. יצורים חיים זקוקים לחומרי תשמורת כי תהליכי החיים הצורכים אנרגיה מתרחשים כל זמן שהיצור חי, ואילו אספקת מזון מעוכל בבעלי חיים ותוצרי פוטוסינתזה בצמחים שמהם ניתן להפיק אנרגיה אינם מתרחשים ברצף כל הזמן. היתרון ברב-סוכרים כחומר תשמורת הוא בעובדת היותם בלתי מסיסים. בכל התמיסות השונות בגוף האדם, הלחץ האוסמוטי נשמר בגבולות קבועים. הלחץ האוסמוטי נקבע, כידוע, על פי ריכוז החלקיקים המומסים ביחידת נפח. חומרים מסיסים, כמו חד-ודו-סוכרים, מעלים את הערך האוסמוטי של התאים בהם הם מצויים וגורמים לחדירת מים עודפים לתאים. יתרון נוסף של רב-סוכרים הוא אי-יכולתם לעבור דרך הקרומים הבררניים של התאים וכך אינם יכולים "לברוח" מהמקום.

עמילן מצוי בצמחים בעלים, בפקעות (כמו תפוח אדמה, למשל), בשורשים (כמו בטטה), בזרעים ובפירות (דגניים, קטניות). בעלים ובשאר החלקים הירוקים העמילן נאגר מיד בתום תהליך יצירת הגלוקוז בפוטוסינתזה, ואחר כך מתפרק ועובר לחלקים הלא ירוקים שאינם מבצעים פוטוסינתזה. בשאר אברי הצמח שהוזכרו העמילן שנאגר משמש לצורכי הדור הבא - לצורכי הנבטים עד שיריקו ויסנתזו גלוקוז בעצמם.

גליקוגן מצוי בבעלי חיים בעיקר בכבד ובשרירים, שם הוא נוצר בעיקר מגלוקוז המגיע עם זרם הדם ממערכת העיכול. הגליקוגן הוא מקור לגלוקוז לצרכי הפקת אנרגיה בזמן שאין אספקה ממערכת העיכול. רמת הגלוקוז בדם של בני אדם נשמרת ברמה קבועה (בין 80 ל-120 מיליגרם לכל 100 מיליליטר דם).

הומוסטאזיס הוא מצב שבו - למרות השינויים באספקה ובתצרוכת - נשמר ערך כלשהו ברמה קבועה. ההומוסטאזיס של הגלוקוז בדם - כלומר: רמה קבועה למרות שינויים באספקת המזון ובצריכת האנרגיה לפעילויות שונות, מווסת על-ידי שני הורמונים עיקריים: אינסולין וגלוקגון. האינסולין, המופרש מהבלב (פנקראס), מזרז הפיכת גלוקוז לגליקוגן בכבד וכן את חדירת הגלוקוז לתאים, וכך מונע מרמת הגלוקוז בדם לעלות מעבר לערכים שצויינו. אם הפרשת האינסולין מועטת רמת הגלוקוז בדם עולה - אחד מהסימנים של מחלת הסוכרת. הגלוקגון, מאידך, שגם הוא מופרש מהבלב, מזרז הפיכת גליקוגן לגלוקוז, וכך מונע מרמת הגלוקוז בדם לרדת.

בכל האברים בהם נאגרים עמילן וגליקוגן וכן במערכת העיכול של בעלי חיים מצויים אנזימים המזרזים את פירוקם לגלוקוז. רב-סוכרים אינם יכולים לעבור דרך הקרומים הבררניים של התאים. על מנת שניתן יהיה לשנע סוכרים ממקום למקום בגוף, בעזרת מערכת הדם באדם ובעזרת צינורות ההובלה בצמחים, יש צורך בתגובת הפירוק. באברי האגירה מצויים גם אנזימים המזרזים את תגובת הדחיסה של גלוקוז לרב-סוכרים.

**תאית**, בניגוד לשניים הקודמים, אינה משמשת כחומר תשמורת. התאית מהווה את המרכיב העיקרי בדופן התא של צמחים. הדופן הוא אברון שאינו מצוי בתאי בעלי חיים. הוא תורם, יחד עם מנגנונים אחרים, ליציבותו של הצמח.

בניגוד לעמילן וגליקוגן המתעכלים היטב במערכת העיכול של האדם, התאית אינה ניתנת לעיכול על ידינו. בעלי חיים חסרים את האנזים המעכל תאית. חלק גדול מהצואה המופשרת בתום תהליך העיכול מורכב מתאית. במערכת העיכול של בעלי חיים צמחוניים, כמו בקר, סוסים, ארנבים ועוד, חיה אוכלוסיה גדולה של מיקרואורגניזמים, המפרישים את האנזים המעכל את התאית. הסימביוזה (חיי שיתוף שמהם מפיקים שני הצדדים תועלת) עם המיקרואורגניזמים היא המאפשרת לבעלי החיים הללו לנצל בצורה יעילה יותר את המזון הצמחי.

### 3. השוואה בין רב-סוכרים

בטבלה מובאים נתונים על מספר המונומרים והמסה המולרית ברב-סוכרים אחדים:

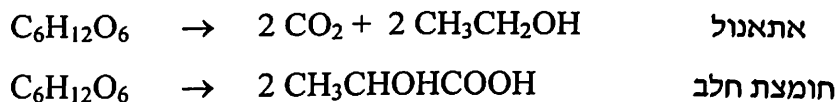
מסה מולרית (גרם למול)	מספר מונומרים	
1.5 – 2.5 מיליון	10.000 – 15.000	תאית
עד 500.000	עד כ- 3000	עמילוז
עד 1.000.000	עד כ- 6000	עמילופקטין
מספר מיליונים	עשרות אלפים	גליקוגן

הערה: עמילוז ועמילופקטין הם המרכיבים העיקריים של עמילן.

תהליך הנשימה שהוזכר בספר התלמיד, הנשימה האירובית, היא תהליך קבלת האנרגיה הזמינה ברב היצורים החיים כיום: בעלי חיים, צמחים וחלק מהחיידקים. אולם קיימים גם יצורים אחרים, בעיקר חיידקים ופטריות, שבהם תהליך הפקת האנרגיה הוא אנאירובי. נשימה אנאירובית פרושה שחמצון הגלוקוז בתהליך אינו מתרחש בנוכחות חמצן.

בזמן שנוצרו היצורים החיים הראשונים על-פני כדור הארץ, לא הכילה האטמוספירה חמצן. היצורים הראשונים היו אם כן אנאירוביים. חמצן הופיע לראשונה באטמוספירה עם הופעתם של היצורים הפוטוסינתטיים. אחד מתוצרי הפוטוסינתזה הוא חמצן גזי, הנוצר מחמצון המים בתהליך. הופעת חמצן גזי באטמוספירה אפשרה את התפתחות היצורים האירוביים, אלה המפיקים אנרגיה מחמצון תרכובות פחמן בנוכחות חמצן.

שני תהליכי הנשימה האנאירובית המוכרים ביותר הם: זה שבו אחד התוצרים הוא אתאנול, תהליך הנקרא תסיסה כהלית, וזה שבו אחד התוצרים הוא חומצת חלב.



בצימוד לחימצון מולקולה אחת של גלוקוז בנשימה אירובית מתקבלות 36 מולקולות ATP, ואילו בצימוד לחימצון אנאירובי רק 2 מולקולות ATP. היות ש ATP הוא התוצר המבוקש בתהליך הנשימה, ברור שלנשימה אירובית יש יתרון מבחינת הניצולת. מהו, אם כן, היתרון שאפשר ליצורים אנאירוביים לשרוד במהלך האבולוציה? היתרון הוא ביכולתם להתקיים בבתי גידול דלים בחמצן כמו מערות, מחילות, מקווי מים בטמפרטורה גבוהה ועוד, שבהם יצורים אירוביים אינם יכולים לשרוד.

מחיי יומיום מוכרים לנו התהליך שבו נוצרת חומצת חומץ המתרחש בחיידקים הגורמים להחמצת ירקות, כמו מלפפונים, כרוב ועוד. התהליך שבו נוצרת חומצת חלב המתרחש בחיידקים הגורמים לחלב להחמיץ והמשמשים ביצור מוצרי החלב השונים, כמו גבינות, יוגורט, שמנת ועוד ותסיסה כהלית המשמשת לייצור יין, בירה ומאפי שמרים.

חשוב לציין כי אותו תהליך ממש של ייצור חומצת חלב מתרחש לא רק ביצורים אלה אלא גם בשרירים בגוף האדם בשעת מאמץ.

בשעת מאמץ, כאשר נדרשת אנרגיה רבה לביצוע פעולות הגוף, אין ביכולתן של מערכת הנשימה ומערכת הדם לספק את כל החמצן הדרוש. במצב כזה עוברים השרירים להפקת אנרגיה בדרך אנאירובית. השלב שבו אדם מגיע לנשימה אנאירובית במאמץ תלוי, כמובן, בכושר הגופני שלו.

ככל שהריאות והלב בעלי כושר גבוה יותר יתחיל התהליך האנאירובי מאוחר יותר במאמץ. חומצת החלב הנוצרת מורידה את ה- pH בתאי השריר, מונעת מהאנזימים לפעול בצורה אופטימלית וגורמת לכאב. בתום המאמץ, הופכת מחדש חומצת החלב שנוצרה לגלוקוז בכבד בתהליך שנקרא מעגל קורבי.

*אופיס האטונייניס בהפחה הנשא נשימה אנאירובית יכולים להעביר בספרי כימיה בתרבותי החיים. מאת מיכל צלפני ונעמי אפנס. הוצאת המחלקה להוראת המדעים. מכון ויצמן למדע. חלק שני! פרק ה': עמ' 159-166.*

## 5. העדפה של צורה כיראלית מסוימת בטבע

הרוב הגדול של הסוכרים נמצאים בטבע בצורה D.

רוב האורגניזמים אינם יכולים להשתמש ב-L-גלוקוז לשום צורך. הכמות של L-גלוקוז הנספג בדפנות של המעיין היא רק 1% מהכמות של D-גלוקוז הנספגת בהם.

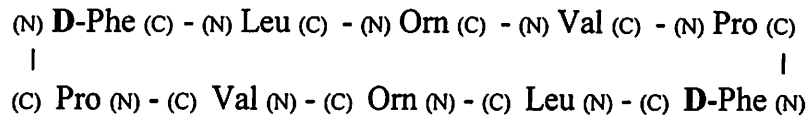
הרוב הגדול של החלבונים מכילים חומצות אמיניות בצורה L. השרשרות של החומצות האמיניות יכולות להתארגן במבנים מסודרים, כמו סליל או משטח קפלים, רק כאשר יש אחדות בכיוון המרחבי – כלומר, כאשר לכל החומצות האמיניות אותה צורה מרחבית – הצורה L המועדפת בטבע.

כימאים יכולים לסנתז במעבדה תערובת של שני האיזומרים – L ו-D, ולהפריד ביניהם אחר כך בשיטות שונות. (יש גם סינתזות מסוימות שהן סטריאו-ספציפיות, והתוצר הוא רק איזומר אחד מסוים). העובדה שבגוף נוצר רק האיזומר מהצורה L מעידה על הספציפיות הגבוהה של האנזימים, ספציפיות הנגזרת מהמבנה המיוחד של כל אחד, המותאם לתפקידו. המבנה המרחבי של האתר הפעיל באנזים מותאם לצורה L – ואינו מותאם לצורה האחרת.

התגלה רק מספר קטן של חומצות אמיניות מהצורה D. לדוגמה: בקרומים של חיידקים מסוימים נמצאים חלבונים המכילים את החומצות האמיניות D-אלנין ו-D-חומצה גלוטאמית.

גרמיצידין (Gramicidin) - חומר אנטיביוטי, המיוצר על-ידי בקטריות מסוימות – הוא פפטיד ציקלי המכיל את החומצה האמינית פניל אלנין בצורה D.

שים לב: מכיוון שזהו פפטיד ציקלי, מסומנים הקצוות (N) ו-(C) של כל אחת מהחומצות והקשרים הפפטידיים ביניהן.



**6. חלבונים שונים ומספר החומצות האמיניות מהן הם מורכבים:**

מספר חומצות אמיניות	החלבון
51	אינסולין
124	ריבונוקליאז
153	מיוגלובין
574	המוגלובין
2250 (בקירוב)	קטלאז

בהמשך יש דפי הכנה לשקפים המתארים את השינויים במבנה המרחבי של אנזים (חלבון) בהתאם למבנה המצע.

**תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד:**

אחרי סעיף ה' בפרק שלישי : עכשיו אתם :

א.

אנזים	בני אדם	צמחים
לפירוק עמילן	יש	יש
ליצירת גליקוגן	יש	אין
לפירוק גליקוגן	יש	אין
ליצירת תאית	אין	יש
לפירוק תאית	אין	יש

- ב. לא. האנזים ספציפי למבנה המצע שעליו הוא פועל. לכל רב-סוכר יש אנזים ספציפי המזרז את יצירתו או פירוקו.
- ג. האנזימים נוצרים בגוף.

תרגילים בסוף פרק שלישי: מס' 3:

- א. אורך השרשרת
- ב. מספר קבוצות פונקציונליות
- ג. קישור לאטומים נוספים
- ד. שרשרות ישרות ומסועפות
- ה. מולקולות ענק המכילות קבוצות פונקציונליות שונות
  - ו. מולקולות ענק – שרשרות מסועפות וישרות
  - ז. מולקולות ענק – הרצף ומספר אבני הבנין שונים
  - ח. מחלבון מתקבל אלאנין –L, חומר כיראלי, בעוד שבסינתזה במעבדה מתקבלת תערובת של שני האיזומרים המרחביים של אלאנין.
  - ט. אורך שונה של השרשרת של אטומי הפחמן וקבוצות פונקציונליות שונות.

תרגילים בסוף הפרק השלישי: מס' 4:

נכון: א, ב, ד, ה, ו, ט, יא.

## פרק רביעי – מעברי אנרגיה בתגובות כימיות

### מטרות הפרק

- ◀ התלמיד יכיר את ההבדלים בין תגובות ספונטניות לתגובות שאינן ספונטניות.
- ◀ התלמיד יבין שתגובות לא ספונטניות יכולות לצאת לפועל רק בדרך של צימוד עם תגובות ספונטניות.
- ◀ התלמיד יכיר את הנשימה התאית כתהליך המספק אנרגיה לתהליכי החיים.
- ◀ התלמיד יכיר את ה-ATP כספק המידי של אנרגיה לתהליכי החיים.
- ◀ התלמיד יכיר את המושג אנרגית שפעול ופעולתם של אנזימים להקטנת אנרגית השפעול בתהליכים כימיים בגוף החי.
- ◀ התלמיד יכיר את יחידות האנרגיה, קלוריה וג'ול ויבין את העקרונות של דיאטה.

### הצעות דידקטיות (פרוט כל הצעה בהמשך)

1. מודל השתוות הטמפרטורה. המושג אנטרופיה הובא בספר התלמיד כבר בפרק הראשון, בצורה כללית מאוד. כל התהליכים הספונטניים המוצגים בראשית הפרק הם, כמובן, תהליכים שבהם יש עליה באנטרופיה. אנו ממליצות להציג בפני התלמידים את מודל השתוות הטמפרטורה. מודל זה מציג לתלמיד בצורה ברורה תופעה המוכרת לו מחיי יום-יום, ונותן הסבר, שאינו מסובך, למושגים שהם בדרך כלל קשים לתפיסה. ניתן לתת לתלמיד לעבוד בבית על פי דפי עבודה (המלווים במקביל בשאלות) ולדון בכתה במסקנות הכלליות מהמודל. מתוך המסקנות הכלליות אפשר גם להגיע בצורה פשוטה ביותר, לחוק הראשון של התרמודינמיקה – חוק שימור האנרגיה, המוכר לתלמידים מלמודים קודמים, לחוק האפס ולחוק השני של התרמודינמיקה. תלמידים שלמדו את מבנית הגרעין "כימיה במנהרת הזמן" מכירים את המושג 'הסתברות' דרך המודל הקוונטי למבנה האטום, ויוכלו להבין טוב יותר את המושגים המוצגים במודל השתוות הטמפרטורה – סיכוי אפסי (הסתברות נמוכה מאד) למצב שבו כל האנרגיה תתרכז מעצמה בחלק מסוים של המערכת, לעומת סיכוי גדול מאד (הסתברות גבוהה מאד) שהאנרגיה תהיה מפוזרת במערכת.
2. הצעות לניסויים נוספים:

- א. הדגמה לתנועה אקראית של חלקיקים
- ב. שריפת גלוקוז (או אגוז) כמקור לאנרגיה לחימום מים
- ג. זיהוי תוצרי שריפה של מספר תרכובות פחמן
- ד. הפעלת מנוע בצימוד לתגובה ספונטנית



## 1. מודל השתוות הטמפרטורות

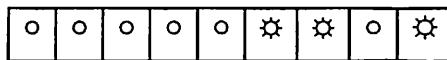
מואלוב 9 על פי הספר הכימיה - אתגר פרק יא - שינויי אנרגיה בתגובות כימיות ואת  
רות בן צבי ויהודית זילברשטיין. הוצאת מכון ויצמן לאדס

המודל שנציג הוא פשטני ביותר, ולכן מרבית ההנחות שביסודו אינן תקפות במציאות. למרות  
זאת, הוא יעזור לנו להבין את הקשר בין מעברי אנרגיה ושינויים בטמפרטורה.  
במודל מוצג הגוף על ידי שורה או ריבוע של משבצות. כל משבצת מייצגת חלקיק (אטום,  
מולקולה או יון).



אנו מניחים מספר הנחות לגבי מודל זה:

**הנחה מס. 1:** כל אחד מהחלקיקים עשוי להכיל מנה אחת של אנרגיה או עשוי להיות חסר  
אנרגיה. משבצת ובתוכה כוכבית (☼) מסמלת חלקיק המכיל מנת אנרגיה, ונקרא 'דלוקי'. משבצת  
ובתוכה עיגול (○) מסמלת חלקיק שהוא חסר אנרגיה, הנקרא 'כבוי'. במודל שלנו 9 חלקיקים ו -  
3 מנות אנרגיה, כלומר - יש במודל שלנו 3 חלקיקים 'דלוקים' ו - 6 חלקיקים 'כבויים'.



**הנחה מס. 2:** הגוף המיוצג עיי המודל מבודד מן הסביבה, כלומר אנרגיה אינה יכולה לצאת  
ממנו או להתווסף אליו. (המסגרת הרחבה מייצגת את שכבת הבידוד).



**הנחה מס. 3:** כל אחד מן החלקיקים עשוי להתנגש עם חלקיקים שכנים. אם ההתנגשות היא בין  
חלקיק 'דלוקי' לחלקיק 'כבוי', עשויה מנת האנרגיה לעבור מהחלקיק האחד לשני. ההתנגשויות  
בין החלקיקים וכן מעברי האנרגיה הם אקראיים לחלוטין. התנגשויות בין שני חלקיקים  
'כבויים' או בין שני חלקיקים 'דלוקים', לא יגרמו לשינויים במערכת.

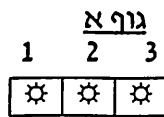
**הנחה מס. 4:** אנו מניחים כי היחס בין מספר החלקיקים ה'דלוקים' למספר החלקיקים  
ה'כבויים' מרמז על הטמפרטורה של הגוף. ככל שהיחס (בגוף נתון) גדול יותר, אנו אומרים כי  
הטמפרטורה של הגוף גבוהה יותר. אם יהיו שני גופים אשר בהם היחס הזה זהה, נאמר כי  
הטמפרטורה של שניהם זהה.

לצורך הדיון שלנו נשתמש בשני צופים:

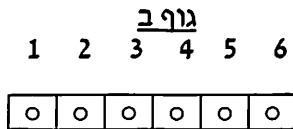
1. **צופה חיצוני** העוקב אחרי שינויים מקרוסקופיים. צופה זה יכול אך ורק למדוד את  
"הטמפרטורה" של הגוף (בעזרת מד טמפרטורה).

2. צופה מולקולרי העוקב אחרי שינויים מולקולריים, מיקרוסקופיים. צופה זה מסוגל להבחין בין חלקיק ידלוקי לחלקיק יכבוי.

מה קורה כאשר גוף בטמפרטורה נתונה בא במגע עם גוף בטמפרטורה שונה? למען הפשטות נתייחס למודל המורכב משני גופים:



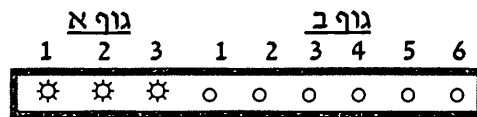
גוף א ובו 3 חלקיקים ידלוקים



וגוף ב ובו 6 חלקיקים יכבויים.

ברור שהטמפרטורה של גוף א גבוהה מזו של גוף ב.

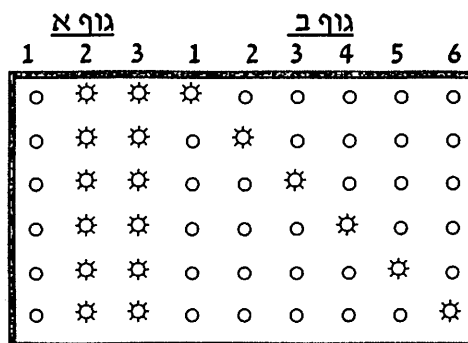
נביא את גוף א במגע עם גוף ב ונבודד את המערכת החדשה, הבנויה משני הגופים גם יחד, מהסביבה. (שוב - המסגרת הרחבה מייצגת את שכבת הבידוד).



במערכת החדשה יש סיה 3 מנות אנרגיה - לא נוספו ולא נגרעו מנות מהאנרגיה ההתחלתית. המגע בין הגופים א ו-ב מאפשר התנגשויות אקראיות בין כל אחד מהחלקיקים תוך מעברים אקראיים של מנות אנרגיה (על פי הנחה מס. 3). זהו המצב ההתחלתי של המערכת החדשה. על מנת להקל על המעקב אחר המתרחש, נתייחס בכל פעם לאירוע אחד של התנגשות בין חלקיק ידלוקי לחלקיק יכבוי. המספור של החלקיקים במערכת מקל אף הוא את המעקב.

### שלב ראשון

נצייר את כל המצבים השונים האפשריים במעבר של מנת האנרגיה שהיתה במצב ההתחלתי בחלקיק מס. 1 בגוף א, עברה לחלקיק מס. 1 בגוף ב וממשיכה לעבור הלאה (על ידי התנגשויות אקראיות בין החלקיקים).



כל אחד מהמצבים השונים מופיע בשורה באיור. בכל שורה מתואר המיקום של מנות האנרגיה. כפי שבולט באיור, יש עתה שש דרכים שונות לתיאור מיקומה של מנת האנרגיה שהיתה קודם לכן בחלקיק מס. 1 בגוף א. לתיאור המיקום של מנות האנרגיה נקרא מעתה בשם פיזור האנרגיה.

לפני שנמשיך בפיתוח המודל, נדגים את הסבירות השונה של המצבים על ידי דוגמה מוכרת לך מחיי יום-יום. ניקח קוביות של המשחק "שבץ נא" המכילות את כל אותיות הא"ב העברי. יש רק דרך אחת לתאר את המצב בו אותיות אלו מסודרות לפי סדר הא"ב. לעומת זאת, יש מספר גדול מאד של מצבים אפשריים כאשר האותיות אינן ערוכות כסדרן, כלומר - מספר גדול מאד של דרכים לתאר "אי-סדר". אם נזרוק את כל הקוביות בו-זמנית, הסיכוי שנקבל מצב מסודר (לפי סדר הא"ב) הוא קטן מאד.

גם חלקיק מס. 2 בגוף א עשוי להתנגש עם חלקיקים בגוף ב. באיור שלפניך מוצגות הדרכים השונות האפשריות לתיאור המעברים של מנת האנרגיה שהיתה בחלקיק מס. 2 בגוף א אל גוף ב.

גוף א			גוף ב					
1	2	3	1	2	3	4	5	6
☼	○	☼	☼	○	○	○	○	○
☼	○	☼	○	☼	○	○	○	○
☼	○	☼	○	○	☼	○	○	○
☼	○	☼	○	○	○	☼	○	○
☼	○	☼	○	○	○	○	☼	○
☼	○	☼	○	○	○	○	○	☼

שים לב: הסידור הגיאומטרי בשיטת התיאור הזו בא רק לנוחיותנו – כדי לבדוק שלא התעלמנו מאף דרך אפשרית. אין עדיפות לאף אחת מהדרכים על זולתה, וכולן עשויות להתקיים באותה מידה של סבירות (על פי הנחה מס. 3).

- צייר את כל הדרכים השונות האפשריות לתיאור המעברים של מנת האנרגיה (שהיתה בחלקיק מס. 3 בגוף א) לחלקיקים שונים בגוף ב.
- בכמה דרכים שונות ניתן לתאר פיזור של מנת אנרגיה (שהיתה בחלקיק מס. 3 בגוף א) בגוף ב?
- בכמה דרכים שונות ניתן לתאר חזרתה של מנת האנרגיה לגוף א?

בסיכום השלב הראשון ניתן לראות כי את המצב שבו יש בגוף א רק שתי מנות אנרגיה ואילו בגוף ב יש מנת אנרגיה אחת, אפשר לתאר ב - 18 דרכים שונות - כלומר, את פיזור האנרגיה בשלב זה ניתן לתיאור ב - 18 דרכים שונות.

במה מבחינים שני הצופים שלנו בשלב זה?

הצופה המולקולרי מסוגל להבחין בין חלקיקים 'דלוקים' לחלקיקים 'כבויים'. בשמונה עשרה מתוך תשע עשרה התמונות השונות שיראה, תהיה מנת אנרגיה אחת בגוף ב. רק בתמונה אחת מתוך תשע עשרה הוא יראה את מנת האנרגיה שוב בגוף א. המצב המוצג ברוב התמונות הוא המצב שסביר יותר שיתקיים. הסבירות לחזרתה של מנת האנרגיה לגוף א היא  $1/19$ , ואילו הסבירות למציאותה של מנת האנרגיה בגוף ב היא  $18/19$  - מכאן שהסיכוי שמנת אנרגיה תישאר בגוף ב, ותעבור מחלקיק אחד בגוף זה לחלקיק אחר בו, הוא גדול יחסית לסיכוי שמנת אנרגיה זו תחזור לחלקיק בגוף א.

הצופה החיצוני מסוגל אך ורק למדוד את הטמפרטורה של הגוף. על פי הנחה מס. 4 היחס בין מספר החלקיקים ה'דלוקים' לבין מספר החלקיקים ה'כבויים' הוא מדד לטמפרטורה של גוף. אם יהיה בידו של הצופה החיצוני שעון, יוכל לראות שבמשך  $18/19$  מהזמן המדידות שלו מצביעות על מצב שבו הטמפרטורה של גוף ב עלתה, ואילו הטמפרטורה של גוף א ירדה – לעומת המצב ההתחלתי.

אך בזאת לא תם הסיפור. עוד מנה של אנרגיה עשויה לעבור מגוף א לגוף ב.

## שלב שני

נדגים את אפשרויות המעבר של שתי מנות אנרגיה מגוף א לגוף ב על ידי הצגת שלוש דרכים שונות לתיאור המצב בו נשארה מנת אנרגיה אחת בגוף א, כך שרק אחד משלושה החלקיקים בגוף זה הוא 'דלוק', ושתי מנות אנרגיה נמצאות בגוף ב.

<u>גוף א</u>			<u>גוף ב</u>					
1	2	3	1	2	3	4	5	6
☼	○	○	☼	○	○	○	☼	○
○	○	☼	○	○	☼	○	○	☼
○	○	☼	☼	○	○	○	☼	○

האם שלוש הדרכים המתוארות לפיזור האנרגיה זהות זו לזו? כמובן שלא. אלו דרכים שונות זו מזו, ויש עוד דרכים אחרות, שונות מאלה, לתאר את פיזור האנרגיה במצב זה.

באיור הבא מוצגות כל הדרכים השונות לתאר את פיזור האנרגיה במצב בו מנת האנרגיה בגוף א נמצאת רק בחלקיק מס. 1 ושתי מנות אנרגיה עברו לגוף ב.

גוף א
גוף ב  
 1 2 3 1 2 3 4 5 6

☀	○	○	☀	☀	○	○	○	○
☀	○	○	☀	○	☀	○	○	○
☀	○	○	☀	○	○	☀	○	○
☀	○	○	☀	○	○	○	☀	○
☀	○	○	☀	○	○	○	○	☀
☀	○	○	○	☀	☀	○	○	○
☀	○	○	○	☀	○	☀	○	○
☀	○	○	○	☀	○	○	☀	○
☀	○	○	○	☀	○	○	○	☀
☀	○	○	○	○	☀	☀	○	○
☀	○	○	○	○	☀	○	☀	○
☀	○	○	○	○	○	☀	☀	○
☀	○	○	○	○	○	☀	○	☀
☀	○	○	○	○	○	○	☀	☀

- א. מהו מספר הדרכים השונות לתאר את פיזור האנרגיה במצב בו מנת האנרגיה בגוף א נמצאת רק בחלקיק מס. 2 ושתי מנות אנרגיה עברו לגוף ב?
- ב. מהו מספר הדרכים השונות לתאר את פיזור האנרגיה במצב בו מנת האנרגיה בגוף א נמצאת רק בחלקיק מס. 3 ושתי מנות אנרגיה עברו לגוף ב?
- ג. בכמה דרכים שונות ניתן לתאר את פיזור האנרגיה במצב בו שתי מנות אנרגיה נמצאות בגוף ב ומנת אנרגיה אחת בגוף א?
- ד. מהי המנה 'דלוקים' / 'יכבויים' בגוף א ובגוף ב במצבים אלו?
- ה. מה יהיו התצפיות של הצופה החיצוני במצבים אלו?
- בסיכום השלב השני ניתן לראות כי יש 45 דרכים שונות לתאר את פיזור האנרגיה במצב בו יש בגוף א מנת אנרגיה אחת ובגוף ב שתי מנות אנרגיה.

### שלב שלישי:

המצב האחרון אותו נתאר הוא זה בו הועברו כל 3 מנות האנרגיה מגוף א לגוף ב. הצופה החיצוני ימדוד, כמובן, טמפרטורה גבוהה יותר בגוף ב מאשר בגוף א. באיור בהמשך מוצגות כל הדרכים השונות (20 במספר) לתאר את פיזור האנרגיה במצב זה - פרי התצפיות של הצופה המולקולרי.

גוף א			גוף ב					
1	2	3	1	2	3	4	5	6
○	○	○	☼	☼	☼	○	○	○
○	○	○	☼	☼	○	☼	○	○
○	○	○	☼	☼	○	○	☼	○
○	○	○	☼	☼	○	○	○	☼
○	○	○	☼	○	☼	☼	○	○
○	○	○	☼	○	☼	○	☼	○
○	○	○	☼	○	☼	○	○	☼
○	○	○	☼	○	○	☼	☼	○
○	○	○	☼	○	○	☼	○	☼
○	○	○	☼	○	○	○	☼	☼
○	○	○	○	☼	☼	☼	○	○
○	○	○	○	☼	☼	○	☼	○
○	○	○	○	☼	☼	○	○	☼
○	○	○	○	☼	○	☼	☼	○
○	○	○	○	☼	○	○	☼	☼
○	○	○	○	○	☼	☼	☼	○
○	○	○	○	○	☼	☼	○	☼
○	○	○	○	○	☼	○	☼	☼
○	○	○	○	○	○	☼	☼	☼

לסיכום שלושה השלבים, נביא בטבלה את סיכום כל הדרכים השונות האפשריות לתיאור פיזור האנרגיה בגופים א ו-ב.

שלב	גוף א 'דלוקים'	גוף א 'כבויים'	גוף ב 'דלוקים'	גוף ב 'כבויים'	מס' דרכים לתיאור פיזור האנרגיה	טמפרטורה
התחלה	3	0	0	6	1	
ראשון	2	1	1	5	18	
שני	1	2	2	4	45	$T_2 = T_1$
שלישי	0	3	3	3	20	

סה"כ מספר הדרכים לתיאור פיזור האנרגיה הוא 84

על פי הנתונים בטבלה אפשר לסכם את מודל הטמפרטורה "בעיניהם" של שני הצופים שהיכרנו - הצופה המולקולרי והצופה החיצוני.

צופה חיצוני

אבחין כשינוי טמפרטורה

צופה מולקולרי

אבחין בין חלקיקים 'דלוקים' ו'כבויים'

**1. מה מתרחש בגוף מבודד מן הסביבה?**

אינו מבחין בשום שינוי.

הגוף מכיל מספר קבוע של מנות אנרגיה.

טמפרטורת הגוף נשארת קבועה

מנות אנרגיה עוברות בצורה אקראית מחלקיק 'דלוק' לחלקיק 'כבוי' ומתפזרות בין כל החלקיקים. היחס בין מספר החלקיקים 'דלוקים' ליכבויים נשאר קבוע.

**2. מה מתרחש כאשר גוף א "חם" בא במגע עם גוף ב "קר"?**

הטמפרטורה של גוף א יורדת  
הטמפרטורה של גוף ב עולה

קיים מספר גדול של אפשרויות בהן גם בגוף ב. יהיו חלקיקים 'דלוקים' וחלקיקים 'כבויים'.

מכאן -

מנות אנרגיה עוברות באקראי מגוף א לגוף ב. קיים סיכוי גדול יותר שמנת אנרגיה תישאר בגוף ב מאשר תחזור לגוף א.

**ע ד מ ת י ?**

עד השתוות הטמפרטורות שלהם.

מספר הדרכים לתיאור פיזור האנרגיה הוא הגדול ביותר במצב בו בשני הגופים יש יחס זהה בין מספר החלקיקים 'דלוקים' ליכבויים'.

לפני שניגש להסקת מסקנות מן התיאור שלמעלה, מן הראוי לחזור ולהדגיש את ההנחה מס. 3 שבבסיס המודל שלנו:

החלקיקים מתנגשים זה בזה, ובמהלך כל התנגשות כזו עשויה מנת אנרגיה לעבור מחלקיק אחד לחלקיק אחר. ההתנגשויות הן אקראיות לחלוטין, וכך גם מעבר האנרגיה מחלקיק לחלקיק. לכן - לכל אחת מ - 84 הדרכים האפשריות השונות ( $20 + 45 + 18 = 84$ ) לפיזור האנרגיה בשני הגופים יש אותו סיכוי להתרחש.

נניח כי בידינו תוכנית ממוחשבת, בעזרתה ניתן לראות על הצג את הדרכים השונות לפיזור האנרגיה. התמונה הראשונה תהיה, כמובן, זו המתארת את המצב ההתחלתי - שבו כל מנות האנרגיה מוחזקות בגוף א. סדר הופעת התמונות הבאות הוא אקראי לחלוטין, בהתאם להנחיות המודל, והסיכוי לראות כל אחת מהאפשרויות השונות על הצג הוא זהה. מספר הדרכים לתאר

את המצב בשלב הראשון (18) גדול ממספר הדרכים לתאר את המצב בשלב ההתחלתי (1), מספר הדרכים לתאר את המצב בשלב השלישי גדול יותר (20), ומספר הדרכים לתאר את המצב בשלב השני (45) גדול עוד יותר. אם נתבונן בצג במשך זמן מספיק, נבחין כי מרבית התמונות הן אלו המתאימות למצב בשלב השני. במלים אחרות - מצב זה הוא הסביר ביותר. במצב זה היחס בין מספר החלקיקים ה'דלוקים' לכבויים הוא זהה בשני הגופים א (2/1) ו-ב (4/2), כלומר - הטמפרטורה שווה בשני הגופים. מכל האמור עד כאן ניתן להסיק מספר מסקנות:

**מסקנה א:** אם שני גופים שהטמפרטורה שלהם שונה מובאים במגע - הטמפרטורה שלהם תשתווה. (מצב זה נקרא גם שיווי משקל תרמי).

**מסקנה ב:** הטמפרטורה של גוף אינה תלויה בגודלו. כמות האנרגיה המצויה בו (באותה טמפרטורה) -תלויה בגודל הגוף.

למרות שבשלב השני היחס בין מספר החלקיקים ה'דלוקים' לחלקיקים הכבויים זהה בשני הגופים, הרי שמספר מנות האנרגיה בכל אחד מהם שונה. בגוף א יש חלקיק 'דלוק' אחד ושני חלקיקים 'כבויים' ואילו בגוף ב יש שני חלקיקים 'דלוקים' וארבעה חלקיקים 'כבויים'. מכיון שבגוף ב מספר החלקיקים גדול יותר מאשר בגוף א, הרי על מנת שיהיו באותה טמפרטורה יש בגוף ב יותר מנות אנרגיה מאשר בגוף א.

**מסקנה ג:** כאשר מביאים במגע שני גופים המצויים באותה טמפרטורה הסיכוי שבאחד מהם תעלה הטמפרטורה ובשני תרד, הוא סיכוי אפסי.

במודל שהצגנו יש בשלב השני מצב שבו הטמפרטורה של גוף א שווה לזו של גוף ב. אם יתבונן צופה מולקולרי בשני גופים אלה הנמצאים במגע זה עם זה, רוב הזמן הוא יבחין באפשרויות השונות המתארות מצב זה (45 דרכים שונות). הסיכוי לצפות במצב ההתחלתי, שבו כל האנרגיה מרוכזת מחדש בגוף א, הוא קטן ביותר (דרך אחת בלבד מתוך 84 דרכים שונות אפשריות). במלים אחרות - הסיכוי שהמערכת תחזור מעצמה למצב ההתחלתי שבו אנרגיה אגורה רק בחלק ממנה הוא סיכוי מזערי.

מסקנה זו, כפי שכבר נאמר, היא הסבר של תופעה המוכרת מחיי יום יום. גופים הנמצאים בטמפרטורות שונות, המובאים במגע זה עם זה, יגיעו מעצמם למצב של שיוון טמפרטורה. אפשר להעלות טמפרטורה של גוף נתון - למשל קומקום מים, אם נביא אותו במגע עם גוף בטמפרטורה גבוהה יותר - למשל כירה חשמלית. בתהליך זה הושקעה אנרגיה בדרך של 'חימום'. בדומה לכך גרם ה'חימום' של הגוף א לכך שכל החלקיקים שבו 'נדלקו'.

כדי להסביר את השתוות הטמפרטורות אפשר להסתפק בחלק שהובא עד כאן. רק לתלמידים המגלים ענין מיוחד, כדאי לתת גם את ההמשך.



**מה קורה בגופים גדולים יותר?**

במודל שהצגנו היו בשני הגופים 9 חלקיקים בלבד. ככל שגדל מספר החלקיקים ומספר מנות האנרגיה, כך גדל לאין ערוך מספר הדרכים האפשריות לתיאור פיזור האנרגיה. דבר זה יומחש בטבלה הבאה, המתארת גוף ובו 6 חלקיקים ו- 6 מנות אנרגיה, המובא במגע עם גוף שני, חסר אנרגיה, אשר בו 30 חלקיקים.

מס' הדרכים לתיאור פיזור האנרגיה	חלקיקים בגוף ב "כבויים"		חלקיקים בגוף א "כבויים"		שלב
	ב	א	א	ב	
1	30	0	0	6	א
180	29	1	1	5	ב
6525	28	2	2	4	ג
81,200	27	3	3	3	ד
411,075	26	4	4	2	ה
855,036	25	5	5	1	ו
$T_2 = \kappa T_1$					
593,775	24	6	6	0	ז

**1,947,792**

**סה"כ מספר הדרכים לתיאור פיזור האנרגיה הוא**

סה"כ יש כ- 2 מיליון דרכים לתאר את פיזור האנרגיה בגוף המשולב המכיל 36 חלקיקים. כפי שניתן לראות, יש יותר מ- 800,000 (!) אפשרויות שונות לתאר את מצב ו', המצב המתאים לשיוויון טמפרטורה בין שני הגופים. לעומת זאת, רק דרך אחת (!) מתוך כ- 2 מיליון הדרכים מתארת את המצב (א') בו כל האנרגיה מרוכזת בגוף א.

מעניינת ההשוואה בין מצב א' (בו כל האנרגיה מרוכזת בגוף א) לבין מצב ז' (בו כל האנרגיה מרוכזת בגוף ב). לכאורה נראים מצבים אלה דומים, אולם הסיכוי לקיום מצב א' קטן בהרבה מזה לקיום מצב ז'. הסיבה נעוצה בגודלם של הגופים ובעובדה שאת מצב ז' ניתן לתאר במספר גדול יחסית של דרכים. שוב אנו רואים, במצב נתון, ככל שיש יותר דרכים לפיזור האנרגיה, הסיכוי לקבלת מצב זה גדול יותר. כאשר מתקבל מצב כזה, הסיכוי לחזור, ללא פעולה חיצונית, למצב בו מרוכזת האנרגיה, (מצב א') הוא אפסי.

הגענו למסקנה כללית מתוך עיון בשני מודלים, שבכל אחד מהם מספר קטן מאוד של חלקיקים - 9 או אפילו 36. בכל הגופים המוכרים לנו, מספר החלקיקים גדול בהרבה. ב- 18 גרם מים, לדוגמה, יש  $6.10^{23} = 60.000.000.000.000.000.000.000$  מולקולות, ומספר הדרכים לתיאור

פיזור האנרגיה במערכת כזו הוא עצום. הסיכוי שאנרגיה מפוזרת תחזור מעצמה ותהיה אגורה בחלק קטן של המערכת הוא לכן סיכוי אפסי.

### חוקי התרמודינמיקה

המדע הנקרא תרמודינמיקה (ביוונית תרמו = חום, דינמיס = תנועה) עוסק בגלגולים אפשריים של אנרגיה. נראה כיצד מדגים המודל בו עסקנו כמה מחוקי התרמודינמיקה.

חוק האפס של התרמודינמיקה: כאשר גופים הנמצאים בטמפרטורות שונות מובאים במגע זה עם זה, הטמפרטורות שלהם ישתנו עד שיגיעו לשוויון (שיווי משקל תרמי).  
חוק זה הוסבר על ידי מודל השתוות הטמפרטורה והובא כמסקנה ג' בסיכום.

החוק הראשון של התרמודינמיקה: אנרגיה אינה נעלמת ואינה נוצרת יש מאין.  
במודל השתוות הטמפרטורה - למרות השינוי שחל בטמפרטורה של כל אחד מחלקי המערכת, לא היה שינוי במספר מנות האנרגיה במערכת כולה. המערכת, כזכור, מבודדת מהסביבה, לפיכך אין גם שינוי במספר מנות האנרגיה בסביבה.

החוק השני של התרמודינמיקה: בכל תהליך ספונטני יש עליה באנטרופיה של היקום. (זוהי רק אחת מהצורות הרבות של ניסוח החוק השני).  
במודל שלנו – תהליך השתוות הטמפרטורה בין שני חלקי המערכת הוא ספונטני – הוא יוצא לפועל מעצמו, ללא התערבות מבחוץ. בתהליך השתוות הטמפרטורה יש עליה באנטרופיה של המערכת – עליה ב"אי-הסדר" – עליה בפיזור האנרגיה. המערכת היא מבודדת, לכן אין כל שינוי בסביבה.

## 2. הצעות לניסויים נוספים:

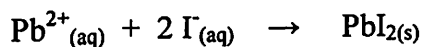
### א. הדגמה של תנועה אקראית של חלקיקים

מטרת הניסוי: להדגים תנועה אקראית של חלקיקים.

חומרים וציוד: מטול עילי, 2 פינצטות, צלחת פטרי בקוטר כ- 10 ס"מ, מים מזוקקים, גביש של אשלגן יודי  $KI_{(s)}$ . גביש של עופרת חנקתית  $Pb(NO_3)_{2(s)}$ . (בחר גבישים גדולים).

מהלך הניסוי: שים צלחת פטרי על מטול עילי. הכנס לתוכה מים מזוקקים עד מחצית גובה הדפנות. בעזרת פינצטה שים בזהירות גביש של אשלגן יודי ליד הדופן של הצלחת. הקפד שלא לטלטל אותה. בעזרת פינצטה אחרת שים גביש של עופרת יודית ליד הדופן הנגדית של הצלחת, שוב הקפד שלא לטלטל את הצלחת.

כעבור מספר דקות רואים פס בצבע זהב שנוצר בין שני הגבישים – היונים על שטח הפנים של המוצק התמוססו במים, נעו בתמיסה בתנועה אקראית, ופס הזהב הוא למעשה המוצק עופרת יודית, חומר קשה תמס במים, שנוצר בתגובה בין שני סוגי היונים.



### ב. שריפת גלוקוז כמקור לאנרגיה לחימום מים

מטרת הניסוי: לבנות מערכת מצומדת שבה תגובה לא-ספונטנית מצומדת לתגובה ספונטנית.

חומרים וציוד: כורית חרסינה, שתי מבחנות, אטב להחזקת מבחנות, מד טמפרטורה, כפית כימית, מי ברז, גלוקוז, גפרורים, קיסמים.

מהלך הניסוי:

חלק ראשון:

מלא מבחנה אחת עד מחצית הגובה במים. הכנס לתוכה את מד הטמפרטורה והשאר אותו בתוכה עד תום הניסוי. רשום את הטמפרטורה. החזק את המבחנה בעזרת האטב. הדלק גפרור והחזק אותו מתחת למבחנה. **זהירות מכוויות!** כבה את הגפרור. מדוד את הטמפרטורה של המים ורשום אותה.

חלק שני:

מלא מבחנה אחת עד מחצית הגובה במים. הכנס לתוכה את מד הטמפרטורה והשאר אותו בתוכה עד תום הניסוי. רשום את הטמפרטורה. החזק את המבחנה בעזרת האטב. הכנס בעזרת הכפית הכימית גלוקוז לתוך כורית החרסינה ושים את הכורית מתחת למבחנה.

בעזרת גפרור הדלק קיסם. קרב את הקיסם הדולק לגלוקוז והבער אותה. שכשכל הגלוקוז נשרף, מדוד את הטמפרטורה של המים ורשום אותה.  
אפשר לחזור על החלק השני של הניסוי כאשר במקום גלוקוז ניתן לשרוף אגוז מלך או אגוז אילסר.

טבלת תוצאות:

הפרש הטמפרטורות (°C)	טמפרטורת המים אחרי החימום (°C)	טמפרטורת המים לפני החימום (°C)	
			בבעירת גפרור
			בבעירת גלוקוז

שאלות בעקבות הניסוי:

- איזה תהליך בניסוי הוא ספונטני?
- איזה תהליך בניסוי אינו ספונטני?
- הצג את המערכת המצומדת בעזרת ציור של חיצים משולבים.
- מה תפקידו של הגפרור בניסוי?
- צייר דיאגרמת אנרגיה למערכת.
- האם הנשימה התאית בגוף מתרחשת בטמפרטורה גבוהה או נמוכה מזו בניסוי?
- האם אנרגית השפעול בתהליכים השונים בנשימה תאית גבוהה או נמוכה מזו בניסוי?
- מה גורם לשינוי באנרגית השפעול בנשימה תאית לעומת הניסוי?

ג. זיהוי תוצרי שריפה של מספר תרכובות פחמן.

מטרת הניסוי: להראות שבשריפת תרכובות פחמן מתקבל פחמן דו חמצני.

ציוד וחומרים: 3 מבחנות גדולות עם זרוע צידית. לזרוע של כל מבחנה מחובר צינור גומי באורך כ-10 ס"מ שאל קצהו מחובר צנור זכוכית קצר. פקקי גומי תואמים לראשי המבחנות. 5 מבחנות קטנות עומדות בכך למבחנות. אטב להחזקת המבחנות הגדולות. כפית, קיסמי עץ, גפרורים, קשית שתיה. משקפי מגן. גלוקוז, אתאנול, שמן פרפין, "מי סיד צלולים" - תמיסה רוויה צלולה של סידן הידרוקסידי במים  $\text{Ca(OH)}_{2(aq)}$ .

מהלך הניסוי: רשום על המבחנות הקטנות את המספרים 1 – 5. הכנס לכל אחת מ-5 המבחנות הקטנות כ-5 מ"ל "מי סיד צלולים", והנח אותן לפי סדר בכך המבחנות.

הכנס למבחנה גדולה אחת כ-5 מ'ל שמן פרפין. החזק אותה בעזרת האטב. את קצה הצינור הצדדי הכנס לתוך התמיסה במבחנה הקטנה מס. 1. בזהירות: הדלק גפרור ובעזרתו הצת קיסם. את הקיסם הבוער הכנס לתוך המבחנה הגדולה עד שיצית את שמן הפרפין. בזריזות סגור את פתח המבחנה הגדולה בעזרת הפקק. שים לב לאדים היוצאים דרך הצינור הצדדי לתוך התמיסה שבמבחנה הקטנה. המשך לצפות במתרחש כל עוד נמשכת השריפה.

במבחנה הגדולה השניה שים כ-5 מ'ל אתאנול. את קצה הצינור הצדדי הכנס לתוך מבחנה קטנה מס. 2. חזור על מהלך הניסוי – בזהירות!

במבחנה הגדולה השלישית שים בעזרת הכפית הכימית כ-5 גרם גלוקוז. את קצה הצינור הצדדי הכנס לתוך מבחנה קטנה מס. 3. חזור על מהלך הניסוי – בזהירות! בעזרת קשית השתיה נשוף במשך כ-2 דקות לתוך המבחנה הקטנה מס. 4. הקפד שהתמיסה לא תישפך מהמבחנה. רשום את תצפיותיך.

טבלת תוצאות:

מבחנה קטנה מס'	תצפיות לפני הניסוי	תצפיות לאחר הניסוי
1	תמיסה צלולה	
2		
3		
4		
5		

שאלות בעקבות הניסוי:

1. באילו מהמבחנות הקטנות התרחש שינוי?
2. מה תפקידה של מבחנה מס. 5?
3. אילו גזים נמצאים באויר שנשפת לתוך מבחנה מס. 4?
4. איזה מהגזים שנשפת הוא בריכוז גבוה יותר באויר היוצא מהריאות מאשר באויר החופשי?
5. באילו מהמבחנות בדקת את התוצרים של שתי תגובות זהות?
6. מהו התוצר המשותף בכל התגובות שביצעת?

הסיבה לעכירות התמיסה בחלק מהמבחנות היא בהיווצרות של התרכובת המוצקה סידן פחמתי,  $\text{CaCO}_3^{(6)}$ , שאינה מסיסה במים. תרכובת זו היא תוצר בתגובה בין פחמן דו חמצני (שנוצר בתהליכי השריפה) ובין התמיסה של סידן הידרוקסידי.

מטרת הניסוי: להדגים ביצוע תהליך לא-ספונטני על ידי צימוד עם תהליך ספונטני.

ציוד וחומרים:

1. לכל זוג תלמידים: כן למבחנות, 4 מבחנות, ספטולה, פס אלומיניום, פס מגנזיום, פס נחושת, מים מזוקקים, גבישים של נחושת כלורית  $\text{CuCl}_2(s)$ .
2. להדגמה על ידי המורה: מנוע קטן המחובר לשבשבת, או למודל הגזים, חוטים מוליכים עם תנינים, כוס בנפח 100 מ"ל, פס נחושת באורך 10 ס"מ, פס מגנזיום מגולגל, 100 מ"ל תמיסת  $\text{CuSO}_4$  1M.

מהלך הניסוי:

חלק ראשון (ניסוי תלמידים):

- מלא ארבע מבחנות עד מחצית הגובה במים מזוקקים. מספר אותן ושים אותן בכך המבחנות. למבחנה מס. 1 – הכנס את פס האלומיניום. למבחנה מס. 2 – הכנס את פס המגנזיום. למבחנה מס. 3 – הכנס את פס הנחושת. למבחנה מס. 4 – הכנס כמה גבישים של נחושת כלורית. רשום את תצפיותיך לגבי המתרחש (או לא מתרחש) בכל אחת מהמבחנות. בהמשך הניסוי הכנס לכל אחת מהמבחנות מס. 1, מס. 2 ומס. 3 כמה גבישים של נחושת כלורית. רשום את תצפיותיך.

שאלות בעקבות ניסוי התלמידים:

1. באילו מהמבחנות התרחשו תגובות ספונטניות?
2. אילו חומרים הגיבו בכל אחת מהתגובות הספונטניות?
3. האם נפלטה אנרגיה במהלך התגובות הספונטניות?
4. האם כדאי להשתמש בתגובות ספונטניות אלו כדי לבצע תגובות לא-ספונטניות?

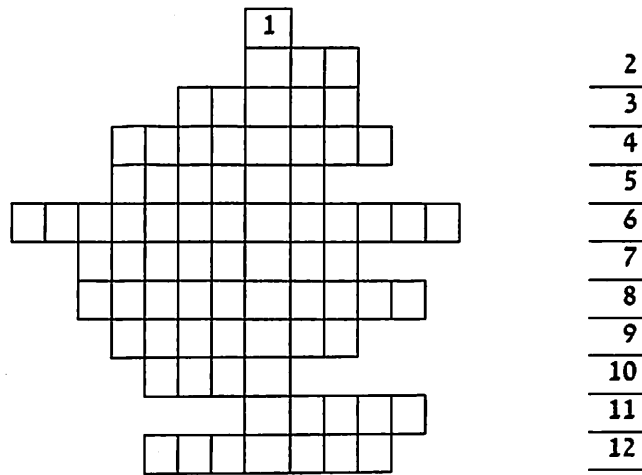
חלק שני (ניסוי הדגמה)

המורה ידגים את פעולת המנוע על ידי סיבוב ידני של השבשבת או הנעה ידנית של הארכובה. להפעלת המנוע על ידי צימודו לתגובה ספונטנית: להכניס תמיסת נחושת גופרתית לכוס. לטבול בתמיסה את פס הנחושת. את פס הנחושת יש לחבר למנוע בעזרת חוט מוליך שבקצהו תנין. את פס המגנזיום המגולגל יש לחבר בעזרת חוט מוליך ותנין להדק השני של המנוע. לטבול את פס המגנזיום בתוך התמיסה. המנוע פועל!

את תוצאות הניסוי יכולים התלמידים להציג בצורת מערכת של חיצים משולבים, שבה יש לציין:

- א. איזה חץ מתאר את התגובה הספונטנית ואיזה את התגובה הלא-ספונטנית.
- ב. איזה חץ גדול יותר.

תשבץ לפרק רביעי



**הגדרות:**

1. מערכת שבה 'נרתם' תהליך ספונטני לביצוע תהליך לא-ספונטני (2 מילים)
2. צורה "מפוזרת" של אנרגיה
3. האנרגיה ההתחלתית הדרושה כדי שתגובה ספונטנית תצא לפועל
4. היא עולה בעקבות כל תהליך ספונטני
5. עבודה היא מעבר אנרגיה בצורה כזו (כתיב מלא)
6. היא תמיד קטנה מ-100% (2 מילים, כתיב מלא)
7. נוצר על ידי תנועה מכוונת של אלקטרונים (2 מילים)
8. ל-ATP יש אנרגיה כזו גבוהה יותר מאשר ל-ADP
9. "בחור רגיש, בעל חוש הומור ו-....."
10. מקור האנרגיה הראשוני לבעלי חיים
11. המנגנון המקשר בהגדרה מס. 1
12. ב-ATP יש שלוש קבוצות כאלה

## הצעה לבוחן או לדף עבודה (על פי הצעה של גב' רינה ברנסבורג, עירוני י"ד, ת'א)

לפניך רשימת מושגים מימין, ורשימת תיאורים משמאל.

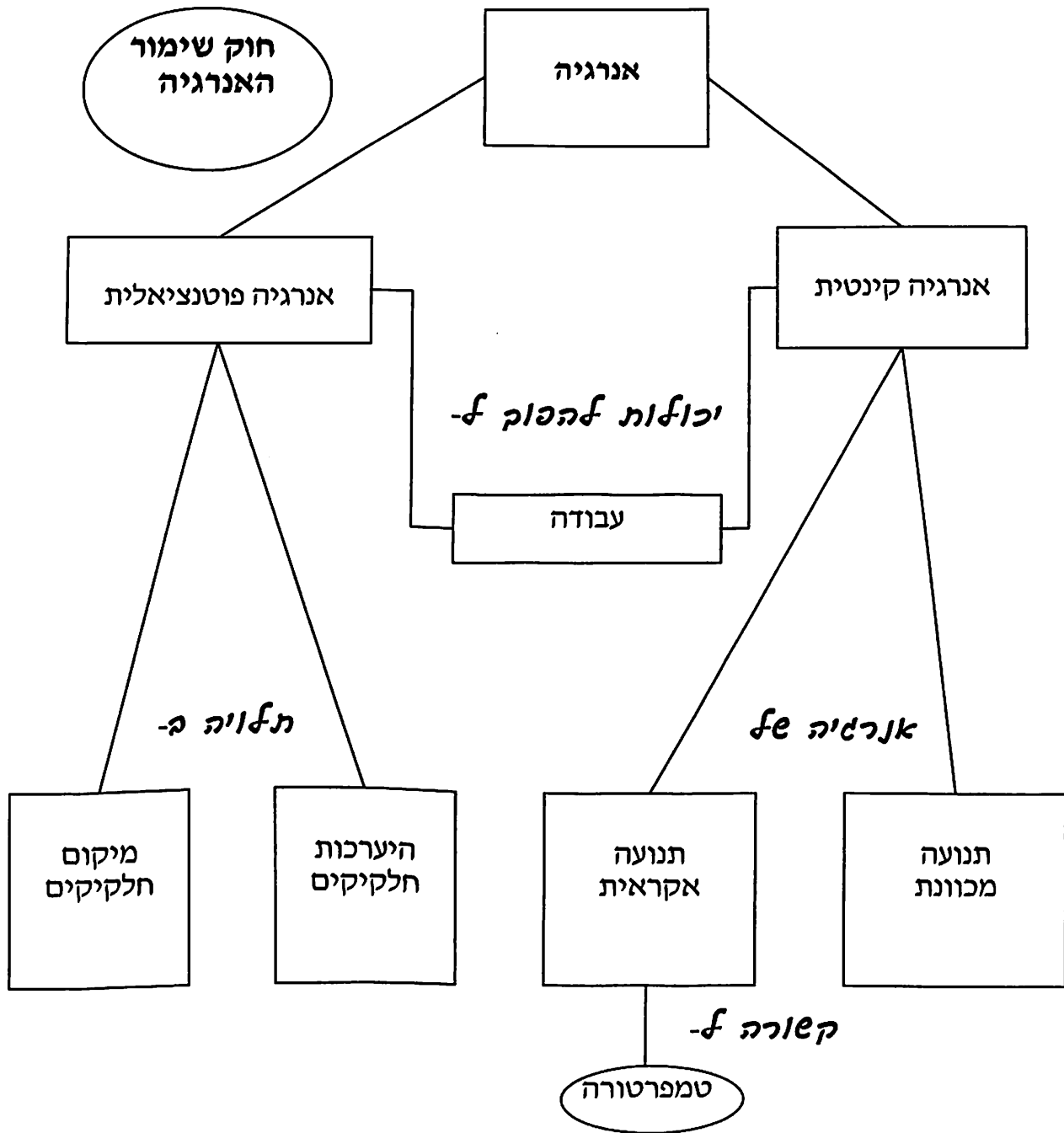
I התאם לכל אחד מהמושגים אי - ח' את התיאור המתאים לו ביותר.

- |                      |  |
|----------------------|--|
| א. תהליך ספונטני     | 1. מידה לאי סדר שבו אנרגיה מפוזרת או חלקיקים מפוזרים                             |
| ב. חוק שימור האנרגיה | 2. אנרגיה של תנועה   |
| ג. אנרגיה פוטנציאלית | 3. אנרגיה המתבטאת בתנועה אקראית של חלקיקים                                       |
| ד. אנרגיה קינטית     | 4. אנרגיה לא נעלמת ולא נוצרת יש מאין   |
| ה. אנרגיה של חום     | 5. תהליך המתרחש מעצמו ללא השקעת אנרגיה חיצונית                                   |
| ו. אנטרופיה          | 6. אנרגיה האגורה בגופים במצב מסוים וניתן להוציאה לפועל                           |
| ז. מערכת מצומדת      | 7. החלק (האחוז) מכל האנרגיה הנפלטת בתהליך ספונטני שמנוצל לביצוע תהליך לא-ספונטני |
| ח. ניצולת אנרגטית    | 8. התרחשות של תהליך ספונטני גורמת להתרחשות של תהליך לא-ספונטני                   |

II התאם עבור כל אחד מהמושגים אי-ח' דוגמה מתאימה, מרשימת הדוגמאות הבאות, והסבב איך הדוגמה מתארת את המושג.

1. בפעולת מנוע של מכונית, כ- 20% מהאנרגיה שמשתחררת בשריפה הופכת לתנועת גלגלים.
2. שריפת גז בישול מאפשרת בישול מזון
3. משקה חם מתקרר בחדר עד לטמפרטורת החדר
4. אנרגיה שאגורה בחומר דלק
5. גז בישול בוער
6. מכונית נעצרת לאחר שהידרדרה במדרון תלול
7. אנרגיה של מכונית בנסיעה
8. למים מאד חמים יש יותר ממנה מאשר למים קרים
9. פעולת סוללה מאפשרת תנועת מחוגים וצלצול בשעון





להמחשת המושגים שהוצגו במפה, מובאות כמה דוגמאות, בהן ניתן לדון בכיתה, או לתת לתלמידים כשעורי בית.

בכל דוגמה שני חלקים. יש לקבוע לאיזה משני החלקים בכל דוגמה יש אנרגיה גבוהה יותר. בתשובה יש להשתמש במושגים המופיעים במפה, או במושגים נוספים שנלמדו בפרק.

הצעה לתשובה ניתנת האותיות שונות.

1 גרם קרח; 1 גרם מים - שניהם בטמפרטורה של  $0^{\circ}\text{C}$ .

יש היערכות שונה של החלקיקים השני מציבי היציבה. למים אנרגיה פוטנציאלית גדולה יותר מאשר לקרח - נדרשה השקעה של אנרגיה כדי לנתק חלק מהקשרים הבין-מולקולריים.

הגזים חמצן וחנקן באויר; הגזים חמצן וחנקן נפרדים - כולם באותה טמפרטורה.

אין הבדל בין האנרגיה הקינטית והאנרגיה הפוטנציאלית של חנקן וחמצן נפרדים או בתערובת - באויר. אפשר להרחיב את התשובה - בתערובת אויר. האנרגיה גדולה יותר. כי מידת הפיזור גדולה יותר.

1 גרם חמצן בטמפרטורה  $25^{\circ}\text{C}$ ; 1 גרם חמצן בטמפרטורה  $35^{\circ}\text{C}$ .

הטמפרטורה היא מדד לאנרגיה הקינטית של תנועה אקראית לחמצן הטמפרטורה הגבוהה יותר יש אנרגיה קינטית גבוהה יותר מאשר לחמצן הטמפרטורה הנמוכה.

אבן שמשקלה 20 גרם בגובה 1000 מטר; אבן שמשקלה 20 גרם על חוף ים המלח.

האנרגיה הפוטנציאלית תלויה בהיערכות ובמיקום של החלקיקים. לאבן הנמצאת בגובה 1000 מטר מעל פני הים יש אנרגיה פוטנציאלית גבוהה מזו של אבן הנמצאת 400 מטר מתחת לפני הים.

תערובת של הגזים פרופאן וחמצן; תערובת של הגזים פחמן דו חמצני ואדי מים -שתי התערובות באותה טמפרטורה.

פירפאן וחמצן מגיבים בתגובת שריפה. נוצרים פחמן דו חמצני ואדי מים ונפלטת אנרגיה. זוהי הדוגמה השלישית לתגובות ספונטניות שהובאו בראשית הפרק. מכאן שהאנרגיה הפוטנציאלית של תערובת פירפאן וחמצן גבוהה מהאנרגיה הפוטנציאלית של תערובת פחמן דו חמצני ואדי מים.

1 קיג נסורת ברזל; 1 קיג נוצות - שניהם נופלים מראש מגדל גבוה.

לשני החומרים אנפטיה פוטנציאלית שווה - מסות שוות ומיקום הגובה זהה.  
(יש כאן רמז לניסוי של גליילאו גליליי במאה ה-15 העיר פיזה).

תערובת של גלוקוז וחמצן; תערובת של פחמן דו חמצני ומים - שתי התערובות באותה טמפרטורה.

התגובה של גלוקוז וחמצן ליצירת פחמן דו חמצני ואדי מיס היא ספונטנית - נשימה תאית. כמו בצואמה מס. 5 - האנפטיה הפוטנציאלית של תערובת גלוקוז וחמצן גבוהה מזו של התערובת פחמן דו חמצני ואדי מיס.

**דוגמאות נוספות לשאלות:**

התייחס למעבר האנרגיה הבא:

**אנרגיה פוטנציאלית הופכת ל- אנרגיה קינטית**

1. האם בתהליך האנרגיה הקינטית גדלה, קטנה או אינה משתנה?
2. האם האנרגיה הפוטנציאלית גדלה, קטנה או לא משתנה?
3. האם האנרגיה הכוללת גדלה, קטנה או אינה משתנה?

האנפטיה הקינטית גרלה על חשבון האנפטיה הפוטנציאלית הקטנה. אם האנפטיה מתרחש האנפטיה הכואלת אינה משתנה (מקביל לצואמה של אבן מיצפצפת - תהליך ספונטני).

התייחס לתהליך הבא:

**זרע שמשקלו 1 גרם הופק ל- צמח שמשקלו 100 גרם**

1. האם האנרגיה הכוללת גדלה, קטנה או לא השתנתה?
2. אם היה שינוי באנרגיה - מה מקורו?
3. האם התהליך מתרחש במערכת מבודדת, סגורה או פתוחה?

לצמח שמקלו 100 גרם יש אנפטיה פוטנציאלית גבוהה יותר מזו של זרע שמקלו 1 גרם. הזרע התפתח והפך לצמח בעזרת האנפטיה שהייתה מהשמש. ואשר בעזרתה התרחש התהליך הא-ספונטני של פוטוסינתזה. התהליך יכול להתרחש כאובן רק האנפטיה פתוחה. שבה מקבל הצמח אנפטיה מיס ופחמן דו חמצני מהסביבה.

התייחס לתהליך הבא :

צמח שמשקלו 100 גרם הופק ל- צמח נבול שמשקלו 100 גרם

1. האם האנרגיה הכוללת גדלה, קטנה או לא השתנתה?

2. האם האנטרופיה גדלה, קטנה או לא השתנתה?

3. האם התהליך ספונטני?

כמויות האנרגיה הצמח החי והצמח הנבול שוות תהליך הקמילה הוא ספונטני! אין כל צורך לטפח ולהשקות את הצמח על מנת שיהול. מידת הסדר והאפיון של הצמח החי גדולה מאד ביחס לצמח נבול. כלומר התהליך יש עליה האנטרופיה.

התייחס למעבר האנרגיה הבא :

אנרגיה קינטית של תנועה מכוונת הופכת ל- אנרגיה קינטית של תנועה אקראית

1. האם כמות האנרגיה משתנה, וכיצד?

2. האם פיזור האנרגיה משתנה, וכיצד?

3. האם האנטרופיה משתנה, וכיצד?

4. האם התגובה ספונטנית?

אם המעבר מתרחש באמצעות אבולוציה כמות האנרגיה אינה משתנה. אם המעבר אינה אבולוציה הקינטית של תנועה אקראית (קשר לטמפרטורה) מתפלגת למהימה. האנטרופיה עולה והתאורה היא ספונטנית. דוגמה אחי יום-יום: התנועה מכוונת של אולף נע. יש חיכוך עם המסלח עליו הוא נע. עז שהוא נעצר. כל האנרגיה הקינטית של תנועה מכוונת הפכה לאנרגיה קינטית של תנועה אקראית והתפלגה למהימה.

## חומר רקע בנושאים ביולוגיים

1. מזון, פעילות ואנרגיה
2. יצירת קשר פפטידי בצימוד לפירוק ATP
3. הגדרות של מושגים ביולוגיים שונים

### 1. מזון, פעילות ואנרגיה

כמות האנרגיה היומית הדרושה לאדם תלויה במין, בגיל ובפעילות. נער בגיל העשרה זקוק לכ- 48 kcal לק"ג משקל גוף ביממה, נערה בגיל העשרה זקוקה לכמות אנרגיה קטנה מזו, כ- 41 kcal לק"ג משקל גוף ביממה.

מתוך כ- 3000 kcal ליממה שצורך נער בגיל העשרה (שמשקלו 60 ק"ג) כ- 1300 kcal מתפזרים לסביבה בגלל הפרשי טמפרטורה בין האדם ( $37^{\circ}\text{C}$ ) לסביבה ( $25^{\circ}\text{C}$ ). ככל שהפרש הטמפרטורה גדול יותר – כלומר, ככל שהטמפרטורה של הסביבה נמוכה יותר, עוברת יותר אנרגיה מהאדם אל הסביבה. כאשר טמפרטורת הסביבה היא  $10^{\circ}\text{C}$ , כל האנרגיה (3000 kcal) מתפזרת לסביבה. ברור, לכן, מדוע בארצות קרות יש לאכול יותר מזון – או מזון בעל ערך קלורי גבוה יותר - כדי לספק לגוף כמות אנרגיה גבוהה יותר, מאשר בארצות החמות.

כאשר מבצעים פעילות ספורטיבית נמרצת, כמות גדולה יותר של גלוקוז עוברת חמצון בתאים, כתוצאה מכך מתקבלת אנרגיה רבה יותר הנדרשת לפעילות ועולה גם כמות האנרגיה ההופכת לחום בגוף. כתוצאה מכך - עולה הטמפרטורה של הגוף,

- הפרש הטמפרטורה בין הגוף לסביבה גדל,
- ועולה כמות האנרגיה העוברת לסביבה (בהזעה, הסמקה וקרינה).

כ- 1600 kcal ביממה דרושים לכל התהליכים הכימיים המתרחשים ללא הרף – שאיפת אוויר, פעילות לב, כליות, מערכת עצבים, חלוקת תאים, ייצור הורמונים ואנזימים. בשעת שינה או מנוחה פעולת השרירים הרצוניים יורדת מאוד, פעילות מערכת העצבים המרכזית נמוכה וכמוה גם פעילות מערכת העיכול, הלב והנשימה. במצב מנוחה נצרכים כ- 1000 kcal ביממה לייצור ATP. ביום של עבודה מאומצת יכול הגוף לייצר כ- 70 ק"ג ATP – זה דורש כ- 3000 kcal, המתקבלים מהמזון.

לאדם העוסק בפעילות מתונה דרושים כ- 2500 kcal ביממה, לעובד בנין כ- 5000 kcal, ולמרים משקולות – למעלה מ- 10000 kcal.

ניתן להשתמש בנתונים שבשתי הטבלאות המופיעות בעמוד הבא כדי לתכנן תפריט, על פי טעמו של כל תלמיד, ליום מנוחה או ליום שבו הוא עוסק בפעילות ספורטיבית מסוימת. (הטבלאות מופיעות גם במסד השקפים).

**טבלת כמות האנרגיה (kcal) האגורה במזונות שונים**

כמות האנרגיה בקרוב (kcal)	המזון
150	פחית קולה
675	100 גרי שוקולד
675	100 גרי חומוס/טחינה
375	כוס גלידה
400	שניצל הודו מטוגן
1250	המבורגר בלחמניה עם ציפס, סלט ורוטב

**צריכת האנרגיה בפעילויות שונות (kcal לק"ג משקל גוף בשעה אחת)**

הפעילות	kcal לק"ג משקל גוף בשעה אחת (בקירוב)
כדורסל תחרותי	9
כדורגל	8.5
טניס	9
הליכה במהירות של 7 קמ"ש	6
עליה במדרגות	16
ריצה במהירות 9 קמ"ש	10

## 2. יצירת קשר פפטידי – בצימוד לפירוק ATP

תהליך היצירה של קשר פפטידי דורש השקעת אנרגיה. תהליך היצירה של חלבונים מחומצות אמיניות, שביניהן יש קשרים פפטידיים רבים, הוא תהליך לא-ספונטני, והוא מתרחש בתאים - בצימוד לתהליך הפירוק הספונטני של ATP, הנמצא בכל אחד מהתאים בגוף. יצירה של כל קשר פפטידי מתרחשת בצימוד לפירוק שתי מולקולות של ATP.

אפשר להביא כאן נתון מרשים מאד: כ-80% מהאנרגיה היומית של חיידק מנוצלים לסינתזה של החלבונים שלו. אצל האדם לא מנוצל חלק גדול כל כך מהאנרגיה לצורך סינתזת חלבונים, אלא אנרגיה מנוצלת לצרכים רבים נוספים.

תהליך הפירוק של חלבונים לחומצות אמיניות, לעומת זאת, הוא תהליך ספונטני. החלבונים במזון עוברים עיכול בקיבה, בתריסריון ובמעיי הדק עד שהם הופכים לחומצות אמיניות. בחלל מערכת העיכול, שם מתרחש פירוק החלבונים, אין ADP או ATP, כך שפירוק החלבונים, הספונטני, אינו יכול להיות מצומד לתהליך הלא-ספונטני של ייצור ATP. הרגשת העייפות לאחר ארוחה דשנה אינה נובעת ממעברי אנרגיה, אלא מהעובדה שכשליש מנפח הדם נמצא במערכת העיכול לאחר הארוחה וסופג את תוצרי ההידרוליזה, ולכן אספקת החמצן לתאים אחרים קטנה.

גם הפירוק הספונטני של רב-סוכרים במערכת העיכול אינו מצומד ליצירה של ATP. יצירה (לא - ספונטנית) של ATP מצומדת לתהליך הספונטני של הנשימה התאית.

על סינתזה של חלבונים – ראה גם העשרה למורה בפרק החמישי.

## 3. הגדרות של מושגים ביולוגיים שונים

נשימה אירובית – תהליך רב-שלבי של תגובה בין גלוקוז וחמצן, שהתוצרים הסופיים שלו הם פחמן דו חמצני ומים. בצימוד לחימצון מול אחד של גלוקוז בנשימה אירובית מתקבלים 36 מול ATP, שהוא הספק המיידני של אנרגיה לכל תהליכי החיים. (בנשימה אנאירובית, לעומת זאת, מתקבלים רק 2 מול ATP). רוב היצורים החיים כיום הם יצורים אירוביים.

להפחמה. ראה ימייה בתהליכי החיים מאת מיכל צ'לנר ונעמי ארנסט. הוצאת האחלקה להוראת המדעים. מכון ויצמן למדע. עמ' 166-175.

**פוטוסינתזה** - תהליך ההזנה של צמחים. אנרגיית האור הכרחית לביצוע התהליך הלא-ספונטני של קבלת גלוקוז וחמצן מפחמן דו חמצני ומים. האנרגיה המושקעת בתהליך נאגרת כאנרגיה כימית בגלוקוז. הגלוקוז הנוצר בפוטוסינתזה משמש את הצמחים כמגיב בתהליכי הנשימה ובתהליכים מטבוליים שהתוצרים שלהם הם עמילן, שומנים, חלבונים, חומצות גרעין וכיו"ב. הפוטוסינתזה הוא התהליך המרכזי בטבע שהתוצר שלו הוא תרכובת פחמן. לכן מהווים הצמחים את הבסיס של כל מארג המזון.

*לרפחכה פאה יכוימה בתהליכי החיים מאת מיכל צ'לפני ונסמי אפנס. הרופאת האחלקה  
לרופאת המצעים. מכון ויצמן למדע. עמ' 177-188.*

### **תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד:**

פרק רביעי, סעיף אי' - עכשיו אתם - בעקבות הדוגמה של האבן המידרדרת:

א. כן

ב. כן

ג. כן – מהירות התנועה האקראית גבוהה יותר מאשר לפני הדרדור.

פרק רביעי, סעיף בי' - עכשיו אתם – בעקבות הדוגמה השלישית:

א. 1. זוג מס. 2

2. כן

4. זוג מס. 1 – לא אפשרי

5. זוג מס. 3 – לא ספונטני, לא אפשרי

ב. בשני המקרים – הניצולת אפס, אין מערכת צימוד ולכן לא מתקבלת כל עבודה

ג. הניצולת גבוהה מאפס ונמוכה מ- 100%

פרק רביעי, סעיף הי' - עכשיו אתם:

א. הטמפרטורה במבחנה מס' 2 גבוהה יותר – האנרגיה הקינטית הממוצעת של המולקולות בתוכה גבוהה יותר.

ב. במבחנה מס. 2 נפלט חמצן בקצב מהיר יותר מאשר במבחנה מס. 1.

ג. במבחנה מס. 3 התרחשה תגובה במהירות גבוהה יותר מזו שבמבחנה מס. 1

ד. אנרגיית השפעול לתגובה במבחנה מס. 3 נמוכה מזו לתגובה שבמבחנה מס. 1



פרק רביעי, סעיף ז' - עכשיו אתם :

- א. הניסוחים מתארים תהליכים הפוכים זה לזה.
- ב. נשימה תאית היא תגובה ספונטנית
- ג. אור השמש מספק את האנרגיה לפוטוסינתזה
- ד. האנרגיה הפוטנציאלית של התוצרים בפוטוסינתזה – התגובה הלא-ספונטנית -גבוהה מזו של המגיבים.
- האנרגיה הפוטנציאלית של התוצרים בתגובה הספונטנית – הנשימה התאית - נמוכה מזו של המגיבים.
- ה. נשימה תאית מתרחשת באופן רציף 24 שעות ביממה, ואילו פוטוסינתזה מתרחשת רק בשעות האור.

פרק רביעי, סעיף ז' - עכשיו אתם לאחר הסכימה המשולבת :

כמות הגלוקוז הנוצרת בפוטוסינתזה גדולה מזו הנצרכת בנשימה תאית של הצמח.

תרגילים בסוף הפרק הרביעי :

1. לאבן בראש הכרמל אנרגיה "אגורה" הכי גבוהה, לזו בחוף ים המלח – הכי נמוכה.
2. חשמל "זמין" יותר מפחם.
3. האנרגיה מפוזרת יותר בתנועה אקראית מאשר בתנועה מכוונת, וכך גם מפוזרת יותר בצורת חום מאשר בזרם חשמלי.
4. א. ברכבת נוסעת "אגורה" אנרגיה רבה יותר מאשר במכונית הנוסעת באותה מהירות.  
ב. במי הנחל הזורם "אגורה" אנרגיה רבה יותר מאשר בכמות זהה של מי הים.
5. א. תגובה א' מהירה יותר – כמות התוצרים המירבית מתקבלת תוך זמן קצר יותר.  
ב. לתגובה ב' יש אנרגיה שפעול גבוהה יותר – המהירות שלה נמוכה מזו של תגובה א' (באותם תנאי טמפרטורה).

# פרק חמישי-הבסיס הכימי לארגון והשתנות

## מטרות הפרק

- ◀ התלמיד יכיר את מבנה ה-DNA.
- ◀ התלמיד יבין את היתרונות שמקנה מבנה ה-DNA לאירגון והשתנות.
- ◀ התלמיד יבין כיצד ה-DNA מכוון את סינתזת החלבונים.
- ◀ התלמיד יבין את המשמעות של פענוח הגנום האנושי.

## הצעות דידקטיות

בפרק זה חשוב מאד להדגיש את "סגירת המעגל": פתחנו את המבנית בתגלית הגדולה של שנת 2000 – פענוח הגנום האנושי. הפרק המסיים את המבנית מציג את הגנום בשפה כימית – מולקולות ענק של DNA והמבנה המיוחד שלהן, וכך כל הידע והתובנה של התלמידים בכימיה של החיים מגיעים לתמונה מסכמת.

1. עבודה במחשב:

- א. מקרומולקולות.
  - ב. מולקולות בעלות חשיבות ביולוגית.
- הדרכה לעבודה במחשב ושאלות מכוונות נמצאות בספר התלמיד.
2. עריכת דיון ערכי בשימוש במידע שאפשר לקבל מהגנום האנושי.

## דיון ערכי בשימוש במידע שניתן לקבל מהגנום האנושי

אפשר לנהל את הדיון בכתה בכמה מישורים. לדוגמה:

- "הטוב והרע" בשימוש במידע המתקבל מהגנום האנושי
- מאגרי מידע של גנום אנושי – לטוב ולרע (השוואה למאגרי מידע אחרים, זכות השימוש לעומת פגיעה בפרטיות וכו').

ניתן לבצע את הפעילות בצורות שונות, בהתאם לבחירתו של המורה ולרמתה של הכיתה. לדוגמה:

- דיון כיתתי
- משפט כיתתי
- דיון בנוכחות ובהשתתפות ההורים
- דיון בשיתוף עם מורה לסוציולוגיה – דיון כזה ידגיש את הקשרים הקיימים בין המדעים השונים ואת השפעות הגומלין בין תגליות כימיות לבין החברה האנושית בימינו.

בכל צורה של דיון אפשר לחלק את הכתה לשתי קבוצות, האחת "בעד" והשניה "נגד" . לכל קבוצה ימונה רכז קבוצה, שתפקידו לרכז את טיעוני קבוצתו. כהכנה לדיון יקבלו התלמידים כתבות שונות מהעתונות היומית, או יחפשו חומר רלבנטי ממקורות אחרים. ההוראות לתלמיד לקראת קריאת כל כתבה תהיינה :

- סמן בכתבה משפטים המבטאים ומדגימים טיעונים ששיכים לקבוצתך
  - תמצת את הטיעונים שמופיעים בכתבה.
- רכז הקבוצה ירכז את הטיעונים ויחד עם קבוצתו יסדר את הטיעונים מהטיעון המשכנע "החזק" ומטה. כדאי, אם אפשר, לתבל את הצגת הטיעונים בסיפורי רקע מתאימים.

### משימות עבודה לתלמיד

1. טבלת השואה בין פולימרים בגוף החי
  2. תשבץ
  3. מפת מושגים של ה-DNA - משימה אישית או קבוצתית
- המטרה במשימה האישית היא השלמה של מפת מושגים לפרק בעזרת מאגר מושגים. מפה מלאה מצורפת לנוחיות המורה.
- המטרה במשימה הקבוצתית היא שאפתנית יותר : לבנות מפת מושגים לפרק. כדאי לתת לתלמידים את המושגים השונים על כרטיסיות. הכרטיסיות מאפשרות ל"נייד" כל מושג ממקום למקום בפשטות וללא מחיקות. כדאי גם לספק להם פסי נייר שעליהם ירשמו את מילות הקישור למושגים.
- במסד השקפים תמצא את הבסיס לכרטיסיות עם המונחים המופיעים בפרק, בפורמט גדול למדי. ניתן לצלם את הכרטיסיות על בריסטול ואולי אפילו ל"ניילן" כדי לשמור עליהן לאורך זמן.
4. פעילויות עם המושגים שנלמדו במבנית כולה

1. פולימרים בגוף החי – טבלת השוואה

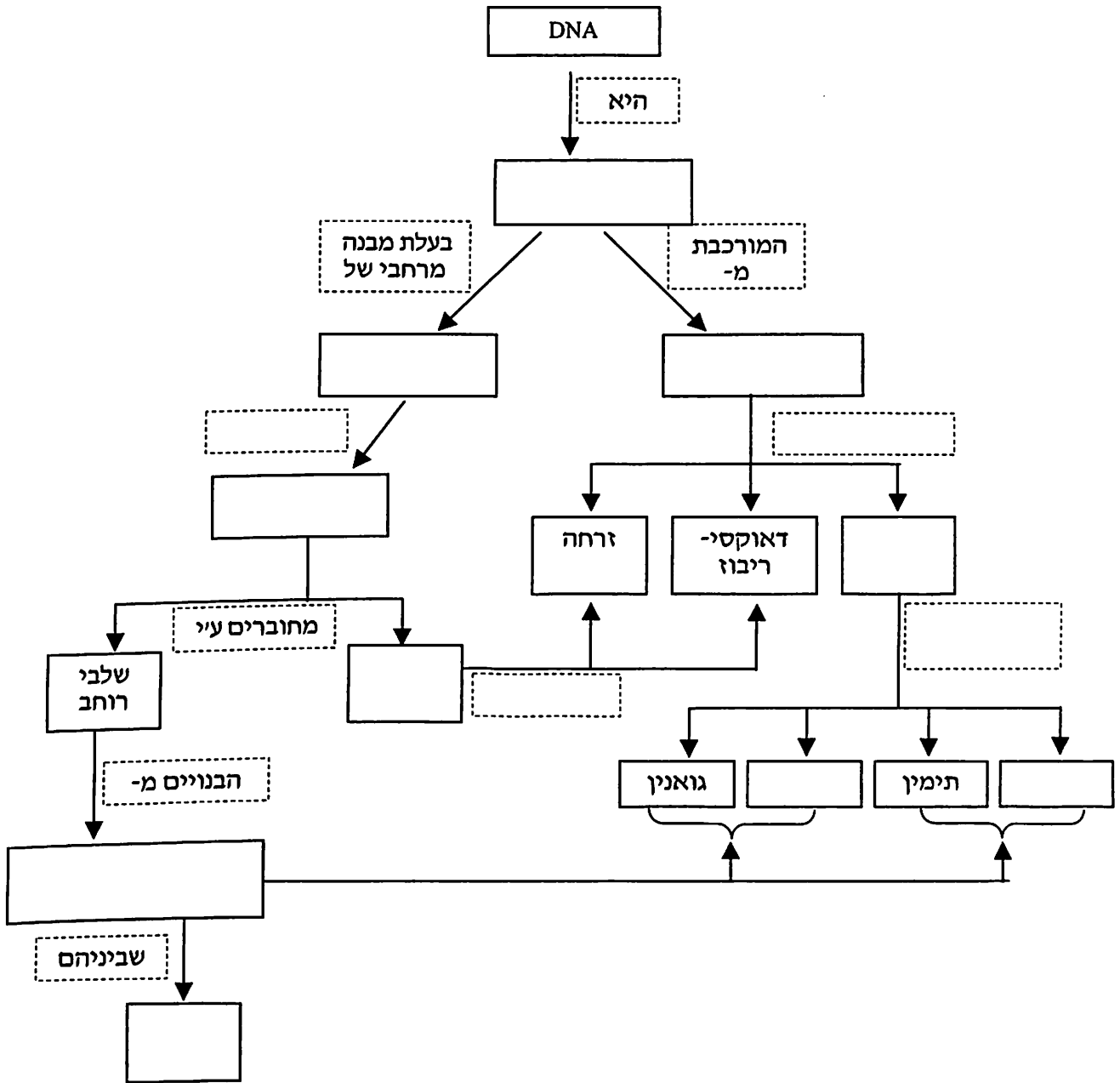
לפניך טבלת השוואה של פולימרים המצויים ביצורים חיים. השלם את הפרטים החסרים בטבלה.

השם	חד סוכרים	חלבונים	DNA
בנויים מהיסודות		C,H,O,N,S	
מספר סוגי המונומרים			
מספר אפשרויות של רצף מונומרים			
מבנה מרחבי	שרשרת בלתי מסועפת – תאית. שרשרת מסועפת – עמילן, גליקוגן	נקבע על-פי הרצף	

טבלה למורה

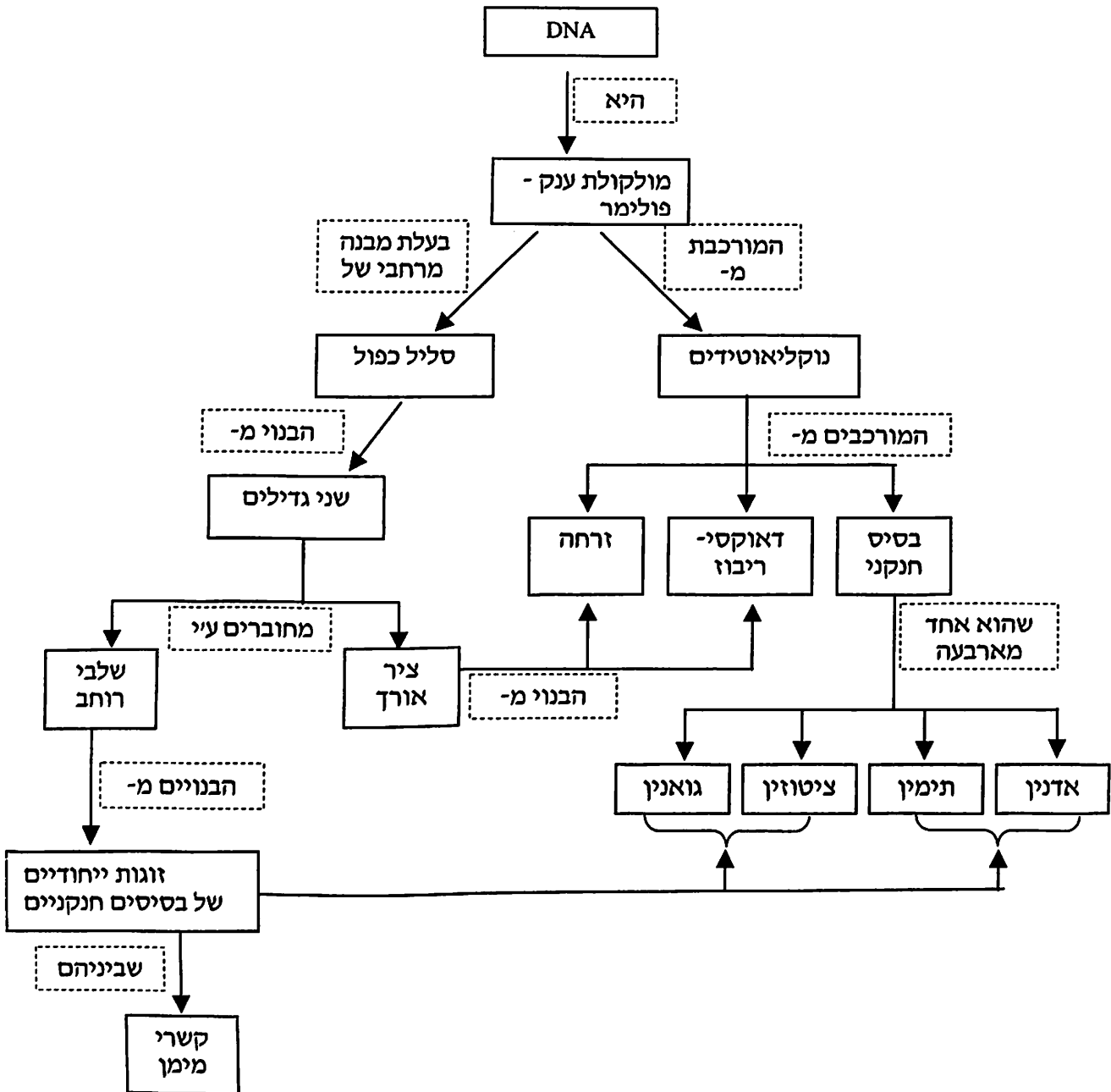
השם	רב סוכרים	חלבונים	DNA
מונומרים	חד סוכרים	חומצות אמיניות	נוקלאוטידים
בנויים מהיסודות	C,H,O	C,H,O,N,S	C,H,O,N,P
מספר סוגי המונומרים	אחד	עשרים	ארבעה
מספר אפשרויות של רצף מונומרים	אחד	אין סופי	אין סופי
מבנה מרחבי	שרשרת בלתי מסועפת – תאית. שרשרת מסועפת – עמילן, גליקוגן	נקבע על-פי הרצף	סליל כפול

השלם את המפה בעזרת מאגר המושגים.

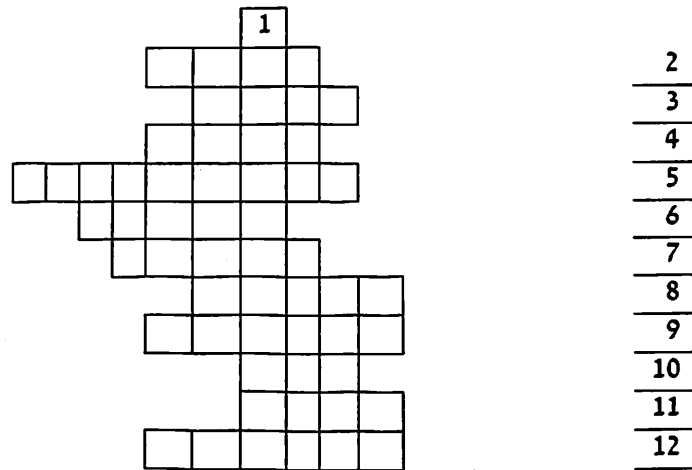


מאגר המושגים ומילות קישור: סליל כפול, מולקולת ענק – פולימר, ציטוזין, נוקלאוטידים, בסיס חנקני, אדנין, קשרי מימן, ציר אורך, שני גדילים, זוגות ייחודיים של בסיסים חנקניים. הבנוי מ-, הבנויים מ-, המורכבים מ-, שהם אחד מארבעה.

מפת מושגים DNA - למורה



תשבץ לפרק חמישי:



הגדרות:

1. חלבונים, רב-סוכרים ו-DNA הם כאלו (2 מילים)
2. ב-DNA ה... של אדנין שווה תמיד ל... של תימין
3. ה... האנושי פוענח בשנת 2000
4. ב-DNA הוא כפול
5. מונומר של ה-DNA
6. הבסיס החנקני המסומן באות G
7. יצירתו מכוונת על ידי DNA
8. בתהליך זה נוצרות שתי מולקולות זהות של DNA
9. קבוצה שהיא משותפת ל-DNA ול-ATP
10. רצף הבסיסים החנקניים ..... את רצף החומצות האמיניות
11. קשרים כאלה מקשרים בין הבסיסים החנקניים A ו-T, וכן בין G ל-C
12. הסוכר ב-DNA הוא .... ריבוז

כדי להקל על התלמידים, אפשר לתת את מסגרת התשבץ כאשר הערך המתאים להגדרה מס. 1 נמצא כבר במקומו. הרשת לתשבץ, וכן תשבץ מלא נמצאים במסד השקפים.

### פעילויות עם המושגים שנלמדו במבנית כולה.

הבאנו שתי הצעות לפעילויות לתלמידים.

את פעילות מס. 1 אפשר לתת לתלמידים כעבודת בית, או - לבצע אותה בכתה בצורת תחרות. התלמיד שימצא את המספר הגדול ביותר של הקשרים יקבל פרס קטן. מספר הקשרים לכל אחד מהמושגים איננו קבוע, והוא בדרך כלל גדול מאחד. פעילות מס. 2 מתאימה הן לעבודת בית והן לעבודה בכתה.

1. לפניך רשימת מושגים מודגשים. מתוך חמישה המושגים הנלווים לכל אחד מהם, מצא את אלה שיש להם קשר ישיר למושג המודגש.

מערכת – סגורה, פתוחה, מבודדת, אויר, פירמידה אקולוגית  
גלוקוז – רב-סוכר, חומצה אמינית, פחמימה, חד-סוכר, חלבון  
ATP – מעברי אנרגיה, צימוד, פחמימן, חומצה אמינית, קבוצה זרחתית  
חלבון – מולקולת ענק, נוצר בדחיסה, נוצר בהידרוליזה, אבני בנין זהות, קשרים פפטידיים  
DNA – גדיל, מעברי אנרגיה, הידרוליזה, אדנין, סביבה  
אנטרופיה – סדר, עמילן, פירמידה אקולוגית, אי סדר, גן  
קבוצה הידרופובית – שייר פחמימני, מאפיינת מים,  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$   
כוהל – מולקולה קטנה, מכיל שייר פחמימני,  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$   
אנזים – מולקולת ענק, זרז, חלבון, מוריד אנרגית שפעול, מעלה אנרגית שפעול  
קבוצה הידרוקסילית – מאפיינת חומצות אמיניות, מאפיינת כוהלים,  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$   
קבוצה הידרופילית – שייר פחמימני, מאפיינת מים,  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$   
קבוצה אמינית – שייר פחמימני, מאפיינת מים,  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$   
חומצה אמינית – בונה חלבון, בונה DNA, בונה רב-סוכר, מולקולת ענק, קבוצה פונקציונלית אחת  
גליקוגן – רב-סוכר, חומצה אמינית, פחמימה, חד-סוכר, חלבון  
כוחות בין מולקולריים – במים, בקרח, באדי מים, תוך מולקולריים, ניתקים ברתיחה  
קשרי מימן – במים, בקרח, ב-DNA, תוך מולקולריים, בין מולקולריים  
אנרגיה קינטית – הערכות חלקיקים, מיקום חלקיקים, תנועה אקראית, תנועה מכוונת, טמפרטורה  
אנרגיה פוטנציאלית – הערכות חלקיקים, מיקום חלקיקים, תנועה אקראית, תנועה מכוונת, טמפרטורה  
סליל כפול – DNA, חלבון, רב-סוכר, נוקלאוטיד, קשרי מימן



גדיל – DNA, חלבון, רב-סוכר, נוקלאוטיד, קשרי מימן  
נשימה תאית – ספונטני, לא ספונטני, נוצר גלוקוז, נוצר  $CO_2$ , מתרחש בכל תא  
פוטוסינתזה – ספונטני, לא ספונטני, נוצר גלוקוז, נוצר  $CO_2$ , מתרחש בכל תא  
צימוד – "רותם" תגובה ספונטנית, "רותם" תגובה לא-ספונטנית, מגדיל ניצולת אנרגטית, מקטין  
ניצולת אנרגטית, קיים בכל תא חי

2. לפניך שתי רשימות של מושגים. התאם את המושגים א-ו ברשימה שממין למושגים 1-13 ברשימה משמאל.

שים לב: כל מושג ברשימה אחת עשוי להתאים ליותר מאשר מושג אחד ברשימה השניה.

- |                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| א. צימוד         | 1. מעברי אנרגיה           |
| ב. קשרי מימן     | 2. חלבון                  |
| ג. אנזים         | 3. קבוצה זרחתית           |
| ד. ATP           | 4. מולקולות ענק           |
| ה. DNA           | 5. מוריד אנרגית שפעול     |
| ו. אנרגיה קינטית | 6. גדיל                   |
|                  | 7. מים                    |
|                  | 8. תנועה אקראית           |
|                  | 9. טמפרטורה               |
|                  | 10. קיים בכל תא           |
|                  | 11. תנועה מכוונת          |
|                  | 12. בין מולקולריים        |
|                  | 13. "רותם" תגובה ספונטנית |

## חומר רקע בנושאים ביולוגיים

1. הגדרות של מושגים ביולוגיים שונים
2. מוטציות
3. איפה מתרחשת סינתזה של חלבונים

### 1. הגדרות של מושגים ביולוגיים שונים

**בסיסים חנקניים** - פורינים (גואנין ואדנין) ופירימידינים (ציטוזין, תימין ואורציל) הבונים את חומצות הגרעין (RNA, DNA). מבנה הסליל הכפול של ה-DNA וכן תהליכי השכפול, התעתוק והתרגום מושתתים על הספציפיות בקשרי המימן בין זוגות בסיסים חנקניים. פורין מסוג גואנין קשור **תמיד** לפירימידין ציטוזין, והפורין מסוג אדנין קשור **תמיד** לפירימידין תימין (ב-RNA – לאורציל).

**DNA** - פולימר דו-גדילי המצוי בגרעין התא ומכיל את הצופן הגנטי (הקוד הגנטי). המונומר שלו הוא נוקלאוטיד הבנוי מדאוקסי-ריבוז, זרחה ואחד מהבסיסים החנקניים. סדר הנוקלאוטידים קובע את תכונות החלבון, אותו מקדד קטע מסוים של ה-DNA. שני גדילי ה-DNA מחוברים ביניהם בקשרי מימן ספציפיים בין הבסיסים החנקניים. אתר ב-DNA, המורכב מאזור תעתוק ובקרה נקרא **ן**. בשעת חלוקת התא נחלק ה-DNA לקטעים הנקראים כרומוזומים, ואשר מספרם קבוע וייחודי לכל מין.

**חומצות גרעין** - מונח כולל ל-DNA ו-RNA לסוגיו.

**נוקליאוטיד** - מונומר של חומצות הגרעין. מורכב מסוכר חמש פחמני, שייר זרחתי ובסיס חנקני.

**ריבוזום** - אברון זעיר הנמצא בתא. על פניו מתרחש תהליך התרגום של המידע המגיע במולקולות m-RNA לסינתזה של חלבונים. מספר הריבוזומים בתא הוא גדול מאד.

**RNA** - פולימר חד-גדילי שהנוקליאוטיד שלו בנוי מריבוז, זרחה ואחד הבסיסים החנקניים ציטוזין, גואנין, אדנין ואורציל.

**m-RNA** - RNA של יח. מולקולת RNA הנוצרת כמשלימה על אחד מגדילי ה-DNA, עוזבת את הגרעין ומגיעה לריבוזומים. כך מעביר ה-m-RNA את הצופן הגנטי אל אתר הסינתזה של חלבונים. שלושה נוקליאוטידים מהווים את הצופן לחומצה אמינית אחת.

t-RNA - RNA מעביר. מולקולת RNA קצרה, מקופלת בצורת עלה תלתן, הקשורה בקשר אסטרי לחומצה אמינית. כל t-RNA קשור לחומצה אמינית אחת מסוימת. (t-RNA שונים עשויים להיות קשורים לאותה חומצה אמינית).

שכפול - הכפלת כל אחד מגדילי הסליל הכפול של ה-DNA לאחר פתיחתו, לקבלת שני סלילים כפולים חדשים. מתרחש בתום תהליך חלוקת התא. כל אחד מהסלילים הכפולים החדשים המתקבלים זהה בכל לסליל הכפול שממנו נוצר.

תעתוק - בניית m-RNA על אחד מגדילי ה-DNA בגרעין התא.

תרגום - בניית חלבון מתוך חומצות אמיניות הקשורות ל-t-RNA. סוג החומצות האמיניות, הסדר שלהן ואורך השרשרת בחלבון נקבעים על ידי ה-m-RNA, שאליו מתחבר t-RNA.

## 2. מוטציות

\* אוטובז אל-פי טיטיקה יהודית עתידית. האפכר הישראלי להוראת הארטיסטים. האוניברסיטה הטכנית 1990.

שכפול ה-DNA נעשה תוך התאמת זוגות הבסיסים החנקניים זה לזה, מה שמבטיח שמולקולות DNA חדשות תהיינה זהות לאלו שמהן נוצרו, כלומר מבטיח שמירה על המידע התורשתי. שינוי ברצף הבסיסים החנקניים עשוי לגרום לשינוי במידע התורשתי. שינוי ברצף הבסיסים של ה-DNA נקרא **מוטציה**. מעריכים שבכל גן באדם מופיעה מוטציה באחד מכל 100,000 תאי זויג (תאי זרע או תאי ביצה). רוב המוטציות אינן באות כלל לידי ביטוי ביצורים חיים מפני ש:

- הן קטלניות וגורמות למותו של היצור הנושא אותן.
- מערכת תיקון הפגמים המצויה בגרעין מצליחה לתקן אותן.
- הן אינן גורמות לשינוי המשפיע על התרגום לחלבון (יותר משלשה אחת של בסיסים מקודדת לאותה חומצה אמינית).

מקובל להניח שרוב המוטציות הן מזיקות. יחד עם זה, יש מוטציות מועילות נדירות למדי שהן בעלות חשיבות עליונה בתהליך האבולוציה. על פי התיאוריות המקובלות, האבולוציה של היצורים החיים התרחשה על ידי ברירה טבעית בין פרטים בעלי יתרון הסתגלותי, שנוצר על ידי מוטציה כלשהי, לבין פרטים החסרים יתרון כזה.

ניתן לחלק את המוטציות ל: מוטציות **נקודתיות**, בהן התרחש שינוי בזוג אחד בלבד של בסיסים ולמוטציות **כרומוזומליות** בהן משתנה מיקומם של מספר זוגות בסיסים. המוטציה שגורמת להופעת אנמיה חרמשית היא מסוג המוטציות הנקודתיות.

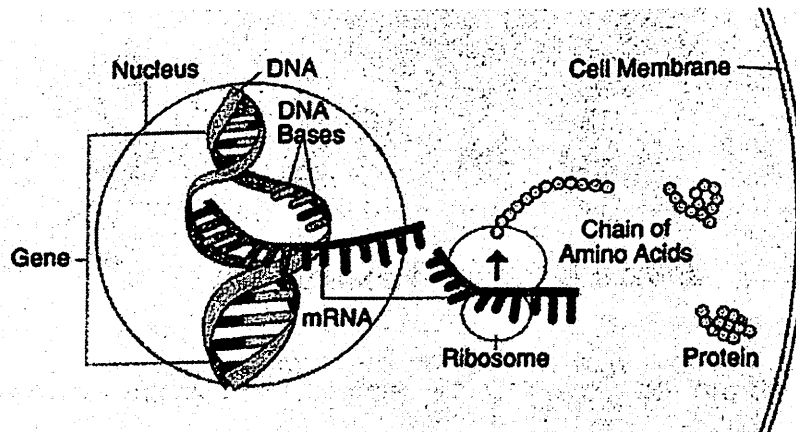
### 3. איפה מתרחשת הסינתזה של חלבונים?

כדי להבין כיצד יכול ה-DNA להשפיע על היווצרות סוג החלבון נזכיר את העובדה שה-DNA מצוי בגרעין התא, ואילו יצירת החלבונים מתרחשת בריבוזומים. ריבוזומים הם אברונים זעירים, המצויים בציטופלסמה, שאותם ניתן לראות רק במיקרוסקופ אלקטרוני.

ב-DNA מוצפנת התכנית של החלבון: כמה ח' אמיניות, איזה ח' אמיניות ובאיזה סדר הן תהיינה ערוכות בחלבון. היות שהרכבת החלבון נעשית בריבוזומים יש צורך ב"מתווך" שיעביר את התכנית מהגרעין אליהם. ה"מתווך" הוא חומר הקרוי RNA שליח (m-RNA).

א. כיצד "קורא" ה-RNA שליח את התכנית המוצפנת?

נכיר תחילה את ה-RNA עצמו. ה-RNA הוא מולקולה דומה מאד ל-DNA, אך שונה ממנו בשלושה פרטים: הסוכר הבונה את ציר האורך הוא ריבוז, ולא דאוקסיריבוז, במקום הבסיס החנקני T בשלבים יש בסיס חנקני U (אורציל) ובמקום שני חצאי סולם קשורים בקשרי מימן בבסיסים החנקניים יש חצי סולם בלבד.



### יצירת חלבונים על-פני הריבוזומים

כמו בשכפול של מולקולת ה-DNA שבו היחודיות של זוגות הבסיסים החנקניים מבטיחה זהות בין מולקולות ה-DNA החדשות הנוצרות, כך גם "קריאת" התוכנית המוצפנת לבניית החלבון המצויה ב-DNA על-ידי ה-RNA שליח מתבססת על היחודיות של הזוגות הללו.

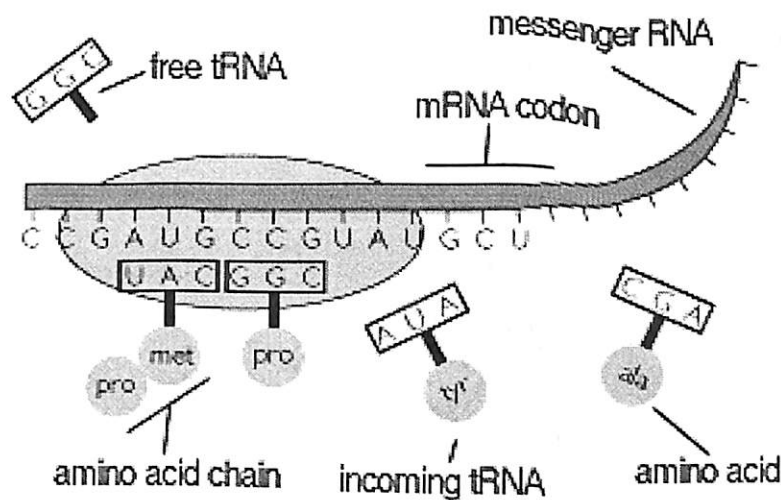
לאחר שה-RNA שליח נוצר על-פי התבנית של ה-DNA הוא יוצא מהגרעין ועובר לריבוזומים. כפי שניתן לראות באיור, ה-RNA מונח על הריבוזומים כשהבסיסים החנקניים פונים לחלל התא. התכנית הגיעה אם כך אל המקום שבו ייווצרו על-פיה החלבונים מחומצות אמיניות המצויות בתא.

ב. כיצד "יודעת" כל חומצה אמינית מהו מקומה בשרשרת לפי התכנית?

כאן עלינו להכיר משתתף נוסף בתהליך יצירת החלבון. אם ה-DNA הוא ה"מהנדס" הקובע את התכנית וה-RNA הוא "מנהל העבודה", הרי עלינו להכיר את ה"פועלים" המבצעים את עבודת ההרכבה של החלבון.

הפועלים הם מולקולות RNA קטנות המצויות בתא ונקראות RNA-מעביר (t-RNA). לכל מולקולה כזו קשורה באופן יחודי חומצה אמינית מסוימת (ראה באיור בהמשך)

היות שיש 20 ח' אמיניות בטבע, הרי שיש בתאים לפחות כמספר הזה מולקולות של RNA-מעביר. למולקולות RNA-מעביר יש שלושה חצאי שלבים כלומר- שלושה בסיסים חנקניים חופשיים. לכל סוג של RNA-מעביר יש שלושה בסיסים שונים. הייחודיות של התקשרות הבסיסים החנקניים פועלת גם כאן. כל שלישית בסיסים ב-RNA-מעביר מתאימה, כמובן, רק לשלישיה מסוימת ב-RNA-שליח המונח על הריבוזום.



לכל אורך ה-RNA-שליח מתחברים אליו מולקולות של RNA-מעביר לפי התאמת הבסיסים החנקניים אלו לאלו כתוצאה מכך מתקבלת סדרה של חומצות אמיניות מונחות זו ליד זו. החומצות האמיניות נקשרות זו לזו וכך נוצר החלבון.

### לסיכום:

ב-DNA יש סדר מסוים של בסיסים חנקניים. על-פי סדר זה נוצר ה-RNA שליח העובר לריבוזום, ועל פי הסדר הזה מתחברים אליו מולקולות RNA מעביר הקשורות לחומצות אמיניות שונות. מתקבל רצף של חומצות אמיניות המונחות זו ליד זו. התקשרות החומצות האמיניות בקשרים פפטידיים זו לזו היא היוצרת את החלבון. באופן זה קובע קטע של DNA את טיב החלבון שיווצר על-פיו. קטע DNA הקובע יצירה של חלבון מסוים נקרא גן. היות שחלבונים שונים מכילים מספר שונה של חומצות אמיניות, גם אורך קטע ה-DNA הקובע את יצירתם, כלומר גודל הגן, הוא שונה.

חשוב לחזור ולציין כי כל התהליכים שהוזכרו מזורזים על-ידי אנזימים.

## תשובות לשאלות ותרגילים נבחרים בספר התלמיד:

פרק חמישי, סעיף ד' - עכשיו אתם - אחרי צופן גנטי:

א. -ser-ser-ala-ile-gly-leu-leu-gly-ala-

ג. - ser-ser-ala-ile-gly-leu-leu-gly-gly-

הרצף שונה בחומצה האחרונה – גליצין במקום אלאנין

פרק חמישי, סעיף ד' - עכשיו אתם – לאחר הסיכום:

לקידוד הרצף של 574 חומצות אמיניות בהמוגלובין דרושים לפחות  $3 \times 574 = 1722$  בסיסים חנקניים.

תרגילים בסוף הפרק החמישי:

תרגיל מס. 2: 1 – גליקוגן

2 – חלבונים

3 – DNA

4 – DNA

5 – חלבונים, DNA

6 – DNA

7 – תאית ועמילן

8 – תאית, עמילן, גליקוגן

9 – תאית, עמילן, גליקוגן

10 – חלבונים

11 – חלבונים ו-DNA

תרגיל מס. 3

= 1 בצמד זה - הראשון שווה לשני

< 2 בצמד זה - הראשון גדול מהשני

> 3 בצמד זה – הראשון קטן מהשני, וכך הלאה

< 4

> 5

= 6

= 7

< 8

> 9

< 10

< 11

< 12

## מסד שקפים

מכיל את החומר מאורגן על פי סדר הפרקים ועל פי סדר הפעילויות המוצעות לכל פרק.

עמוד 73	למבוא –
עמודים 77-74	לפרק הראשון –
עמודים 80-78	לפרק השני –
עמודים 85-81	לפרק השלישי –
עמודים 96-86	לפרק הרביעי –
עמודים 107-97	לפרק החמישי -

אילו נושאים קשורים ל"כימיה והחיים"?

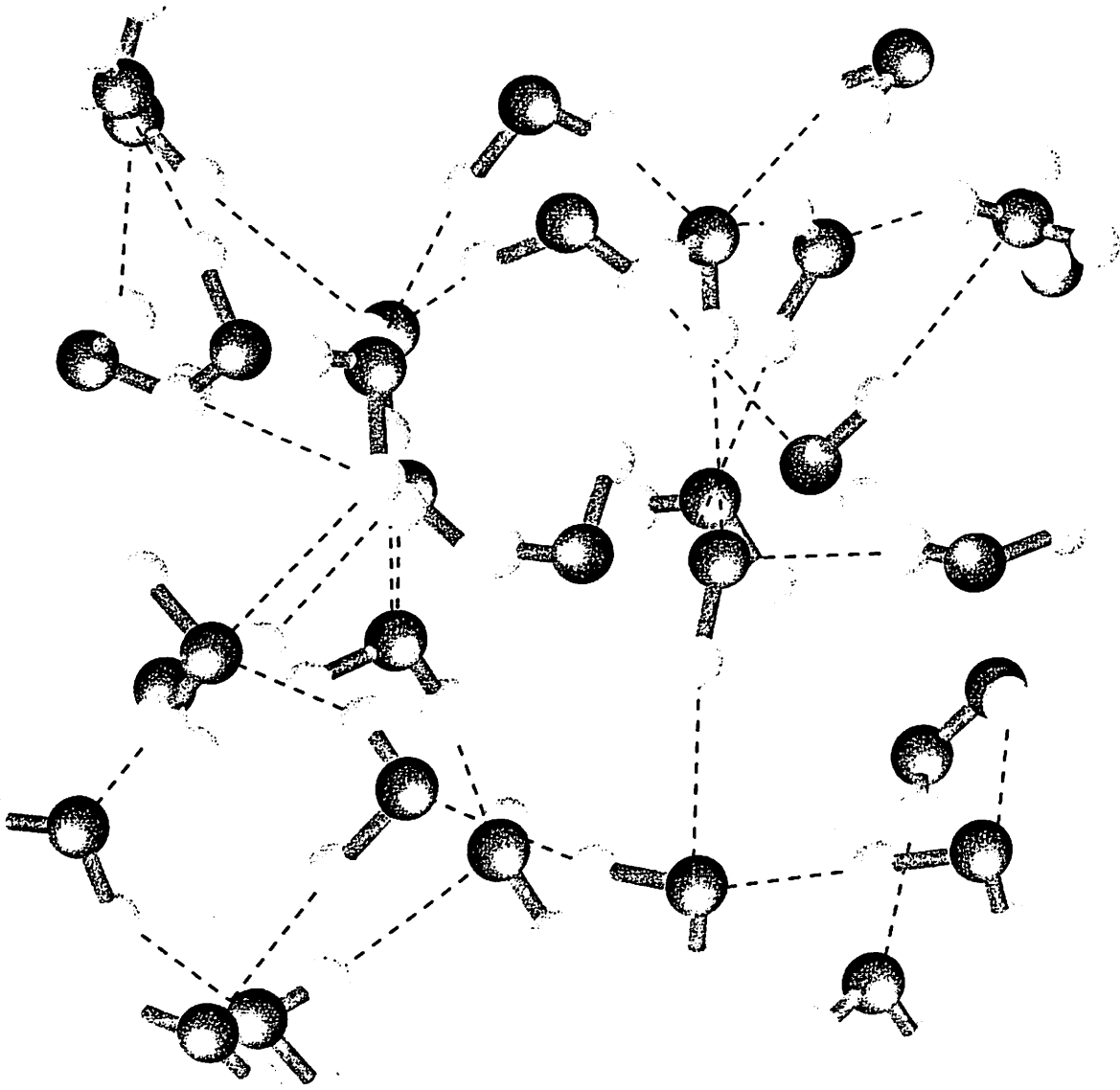


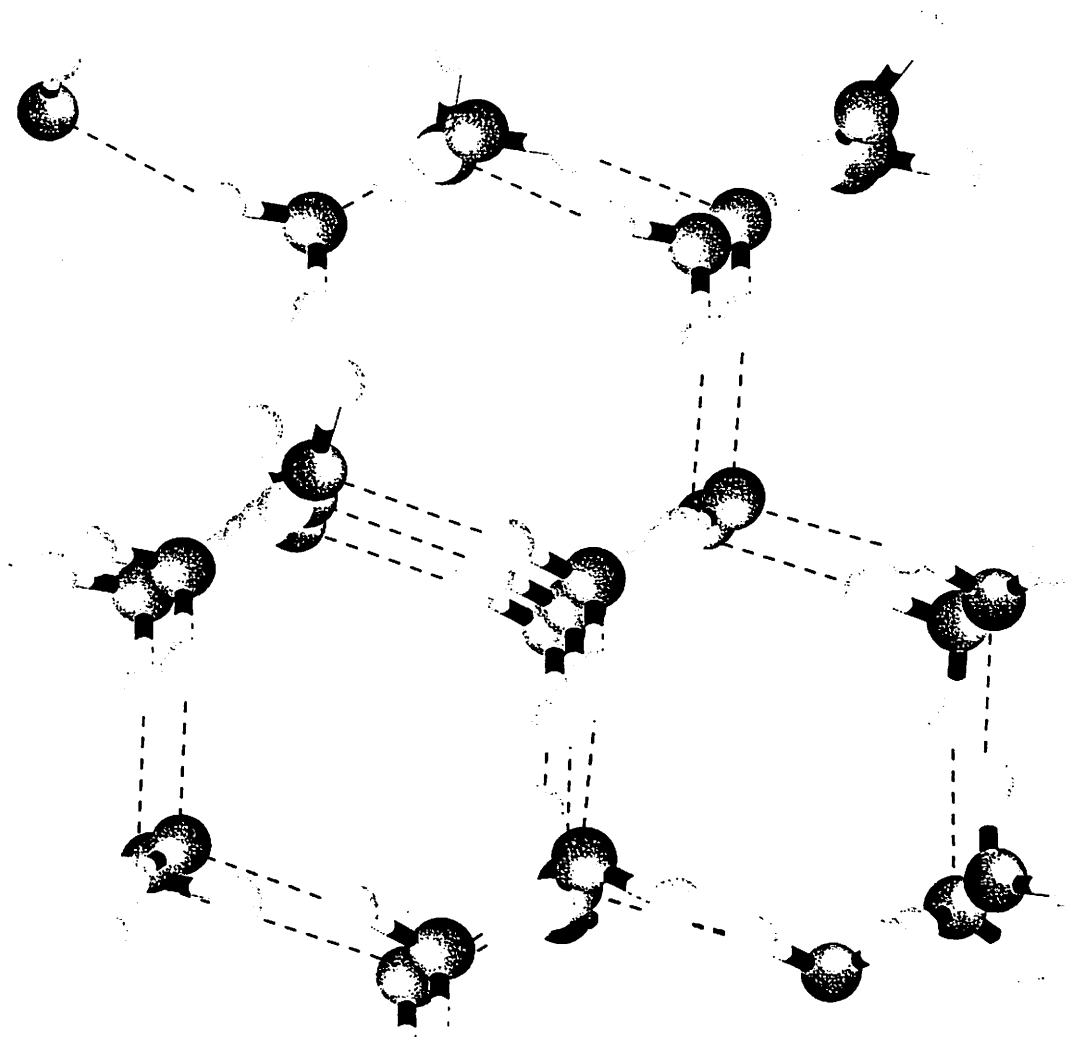


**תכולת המים, חלבונים, פחמימות ושומנים באורגניזמים שונים**

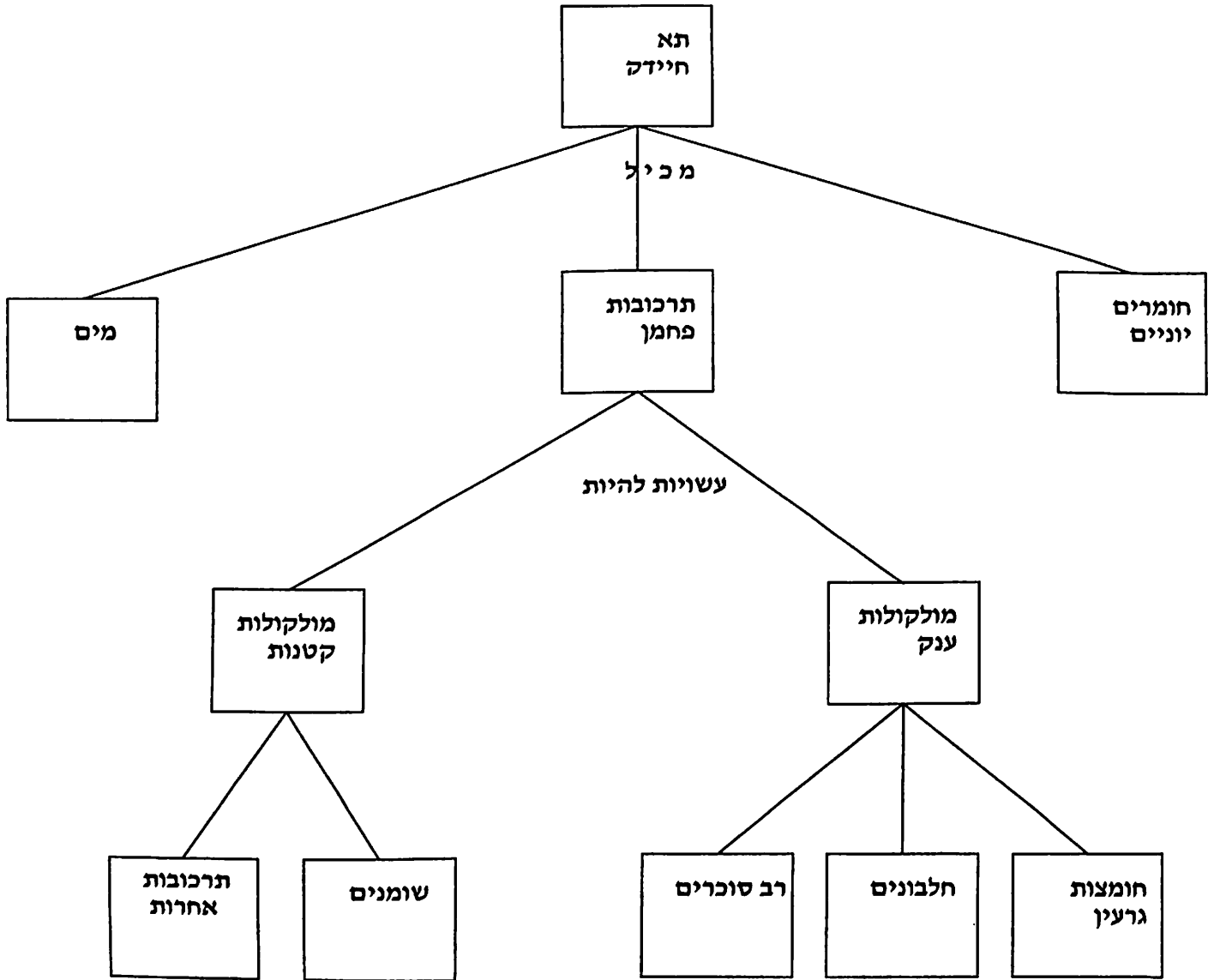
האורגניזם (רקמה)	מים	חלבונים	פחמימות	שומנים
מלפפון	96	0.7	2.8	0.1
בצל ירוק	90	1.5	8.1	0.2
שורש גזר	90	1.1	8.3	0.2
פקעת תפוח אדמה	76	2.0	21.2	0.1
בננה	75	1.2	23	0.2
אבוקדו	75	1.5	5.6	17.5
אורז (זרעים)	12	7.7	79.5	1.5
דג קרפיון	78	18.2	0.7	3.0
עוף (שריר)	75	21.0	0.6	3.5
בקר (כבד)	71	19.0	0.8	4.0
בקר (שריר)	62	18.8	0.8	18.2

# מודל - מיס במצב צבירה נוזלי



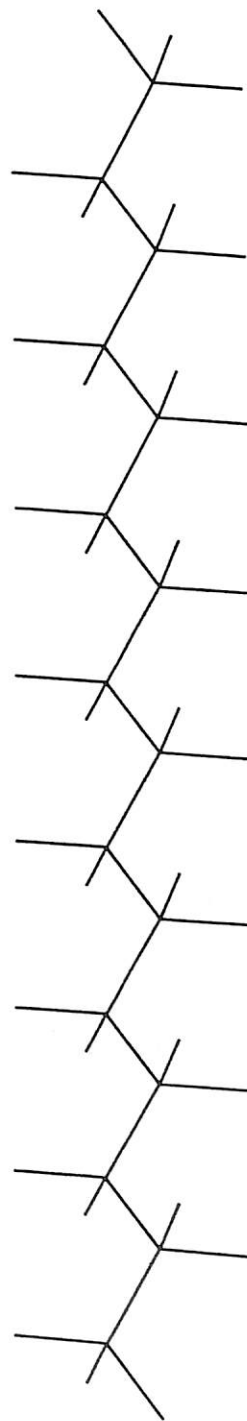
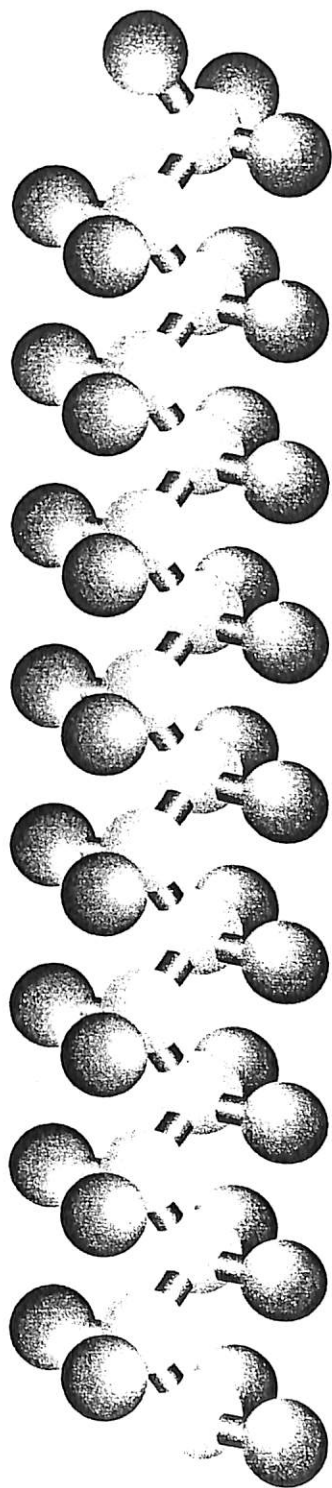


מפת מושגים: אחידות מההיבט הכימי – למורה

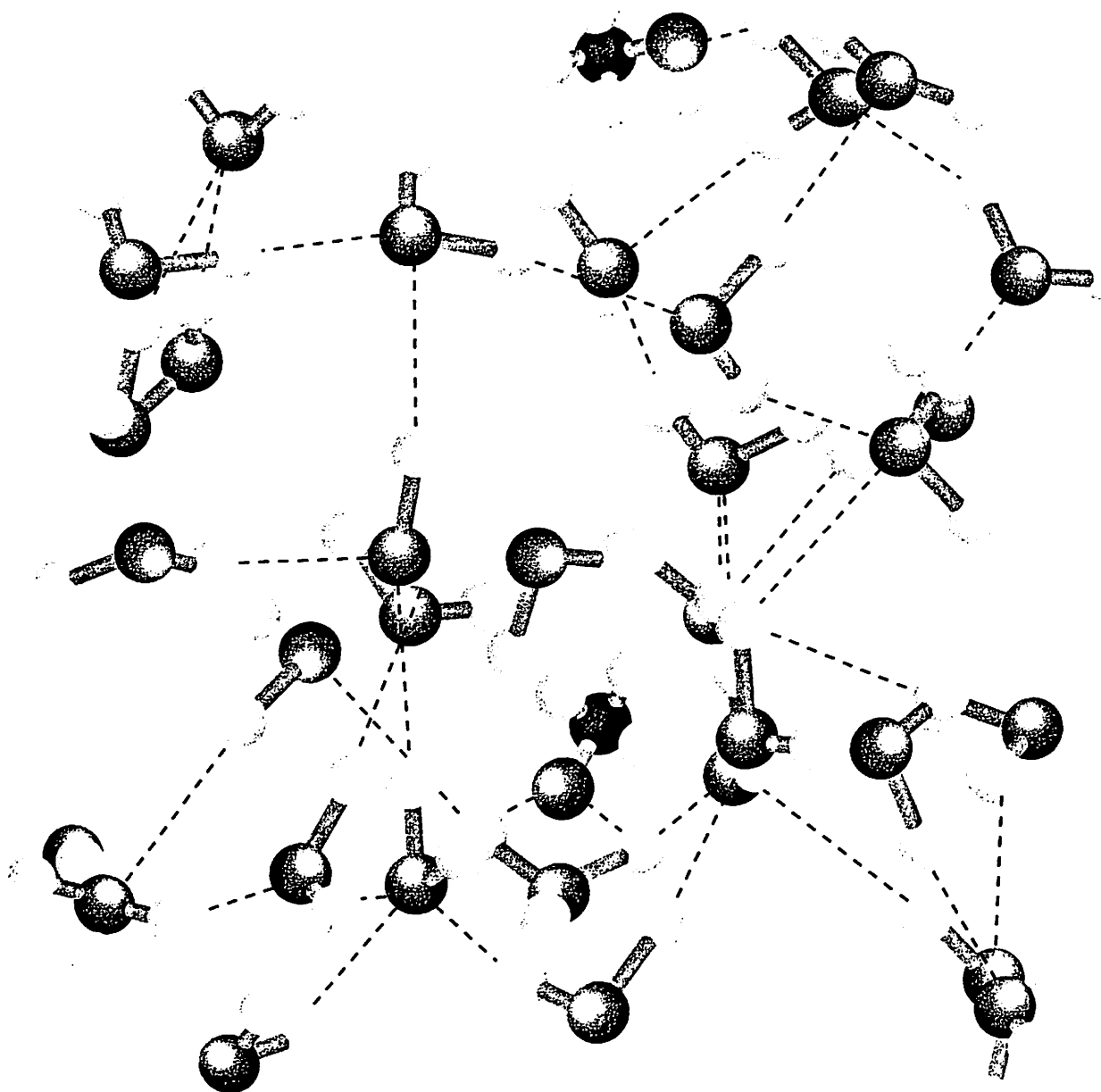


מס' מערכת. SYSTEM NO.

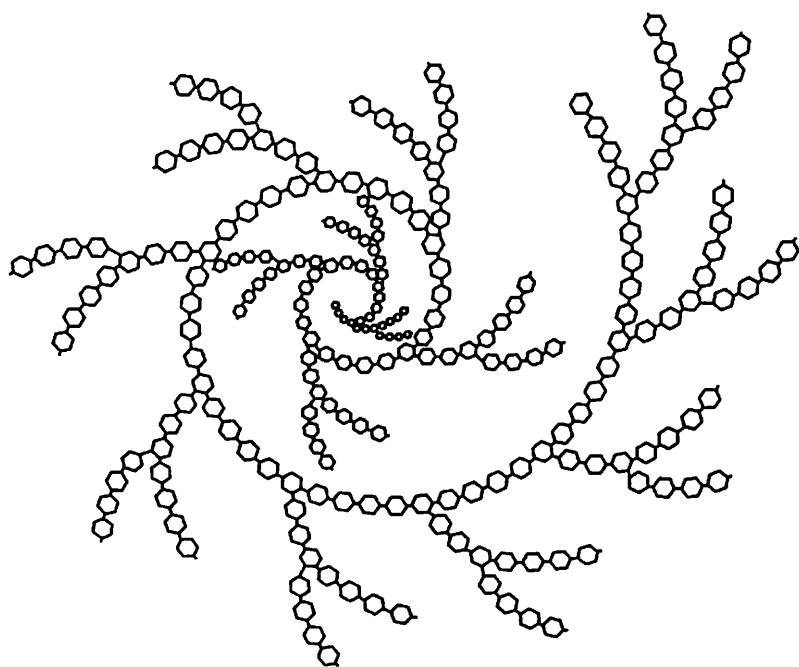
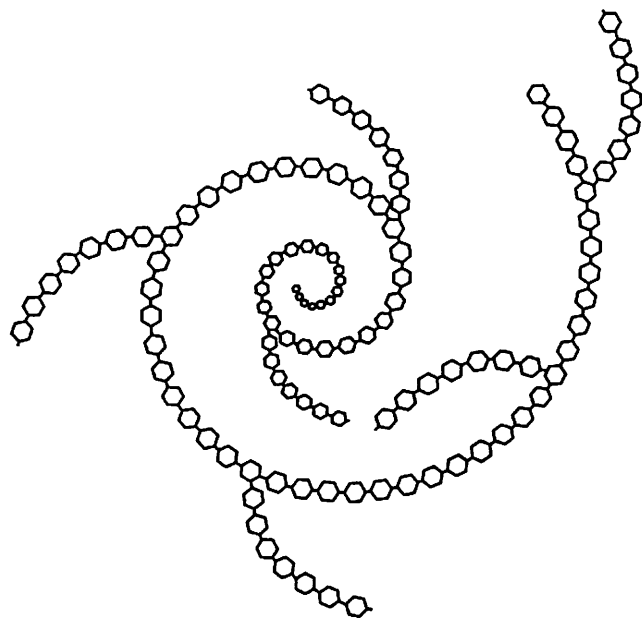
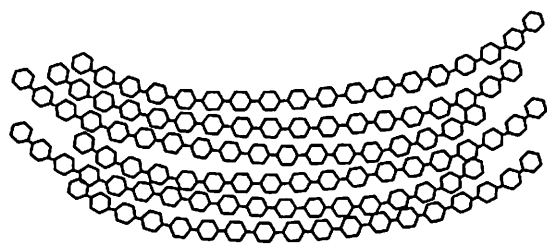
87444-2-2



# מודל – תמיסה של מתאנול במים

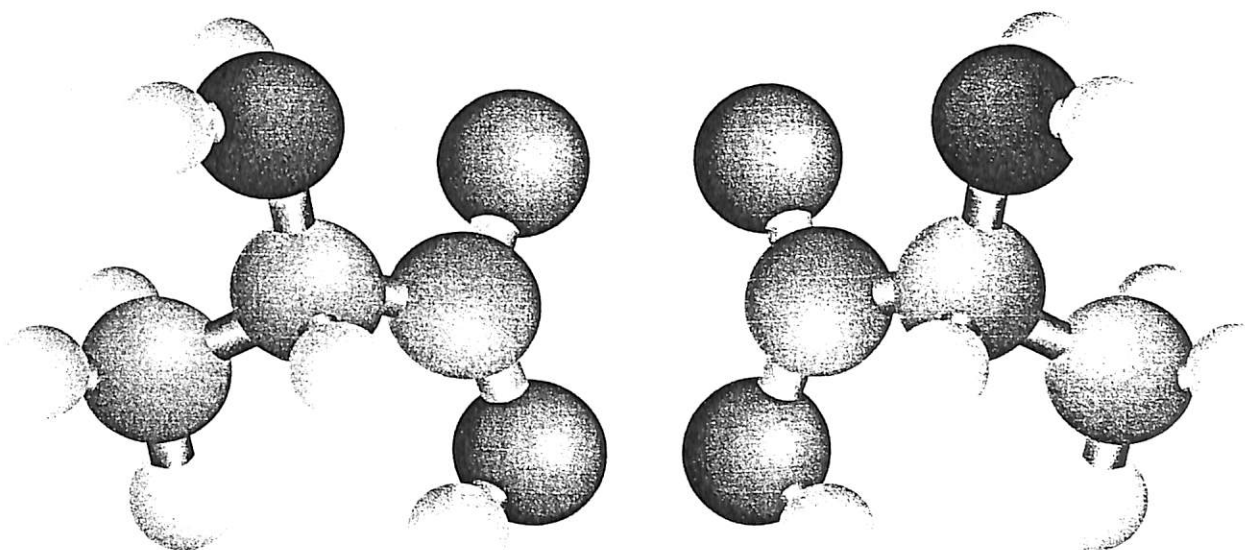


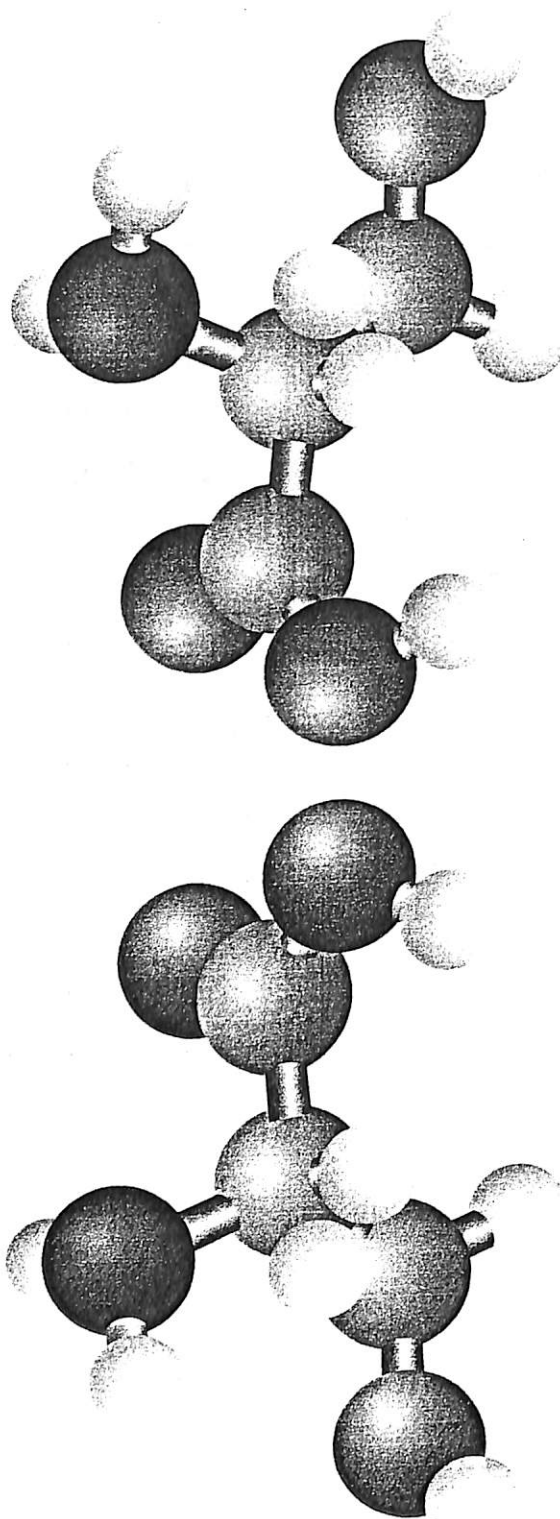






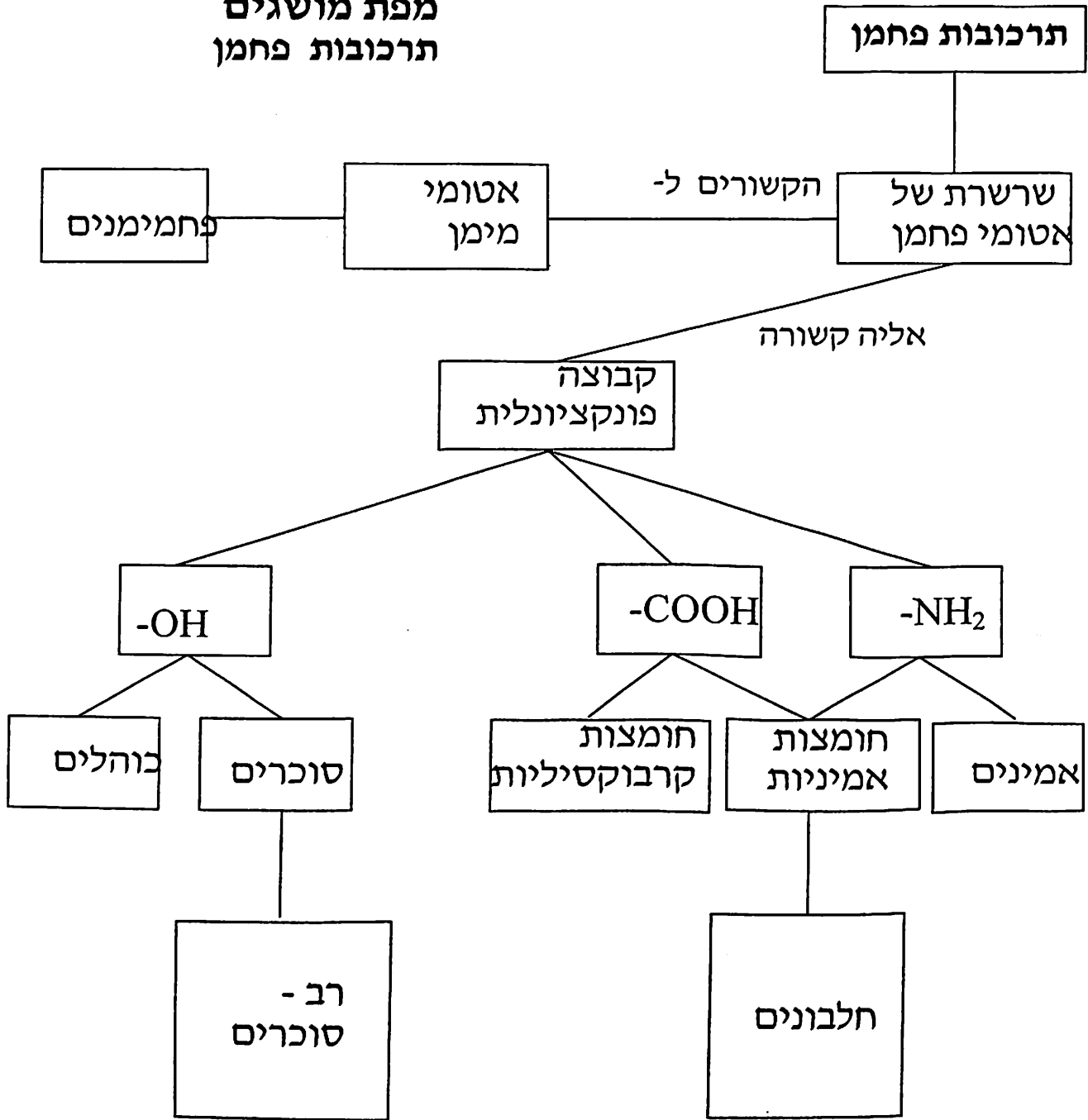
# מודל של אלאנין-D ו-אלאנין-L



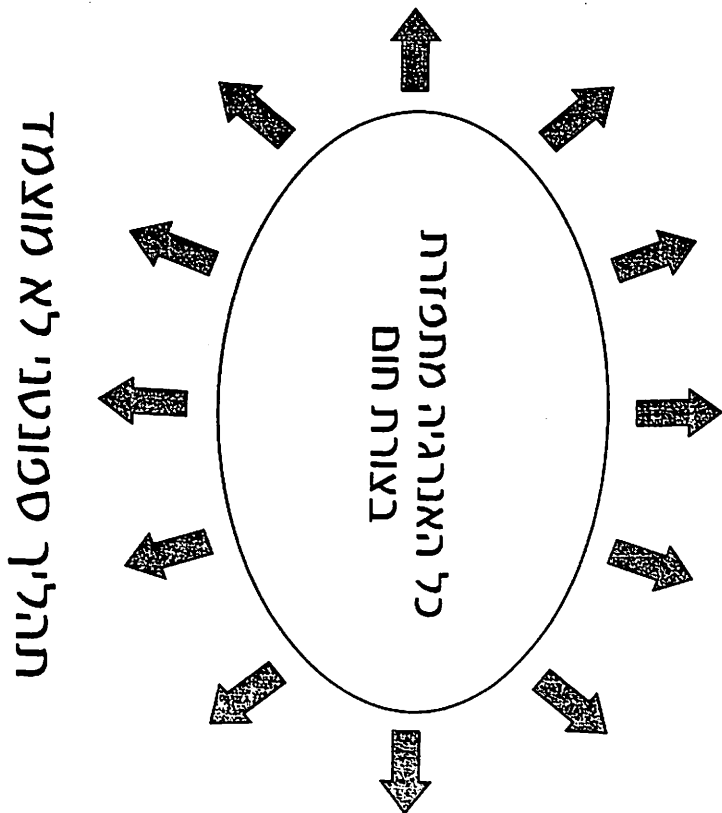
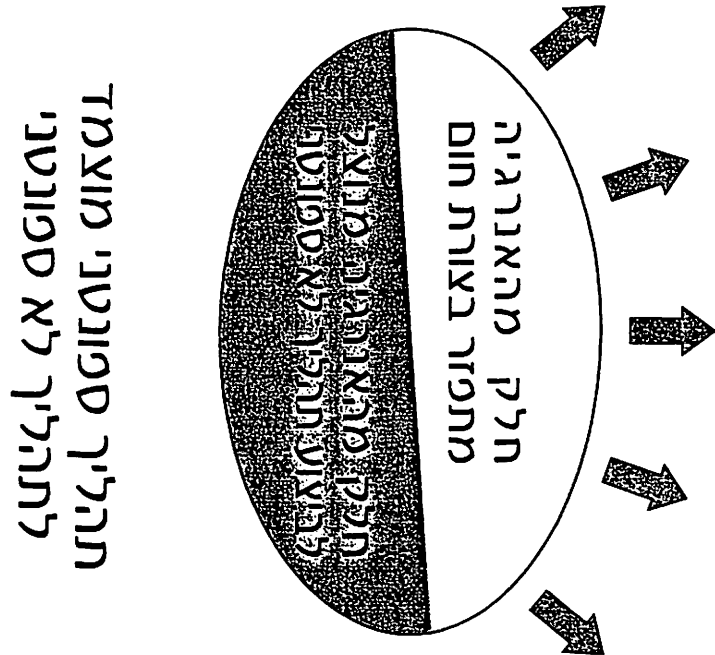


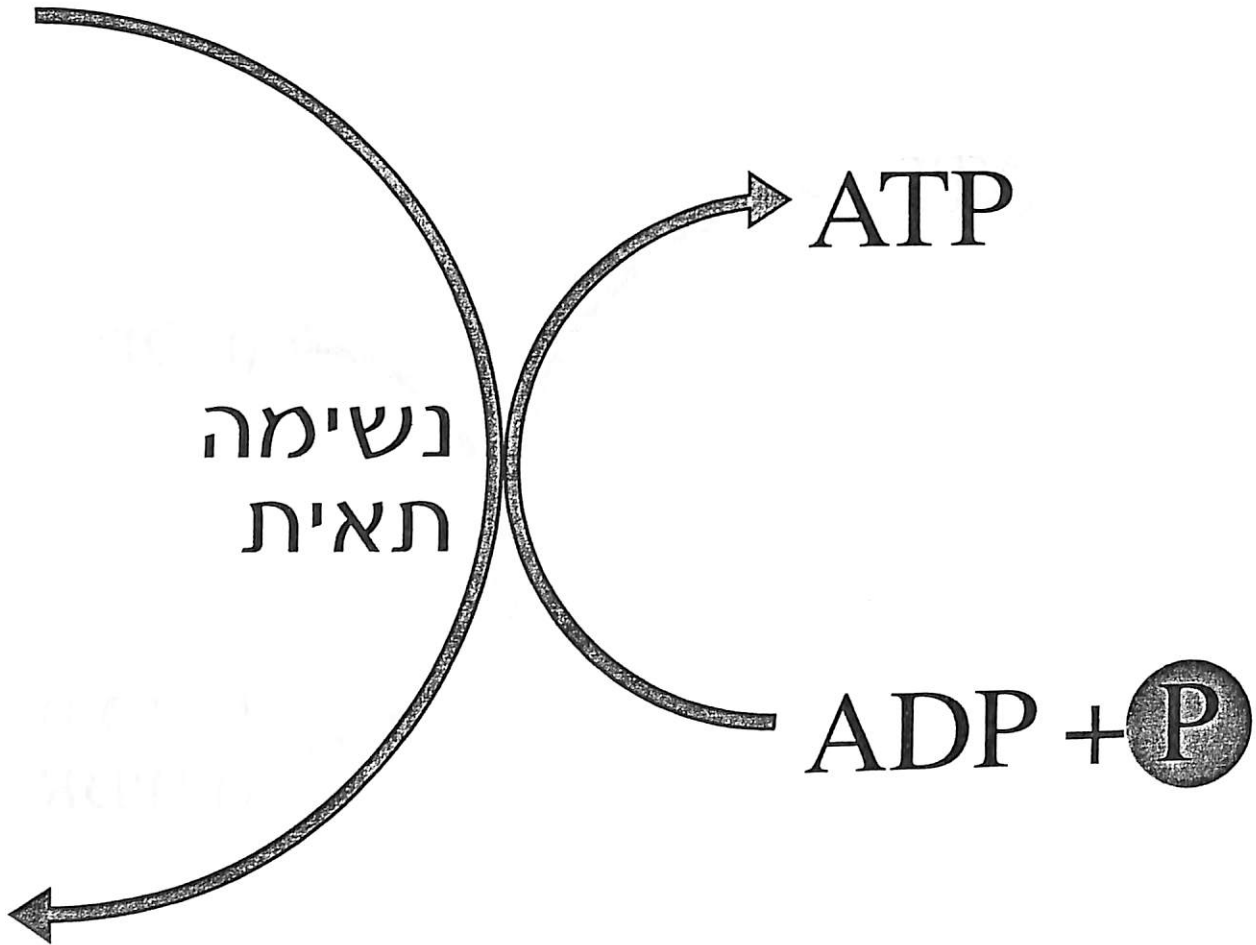


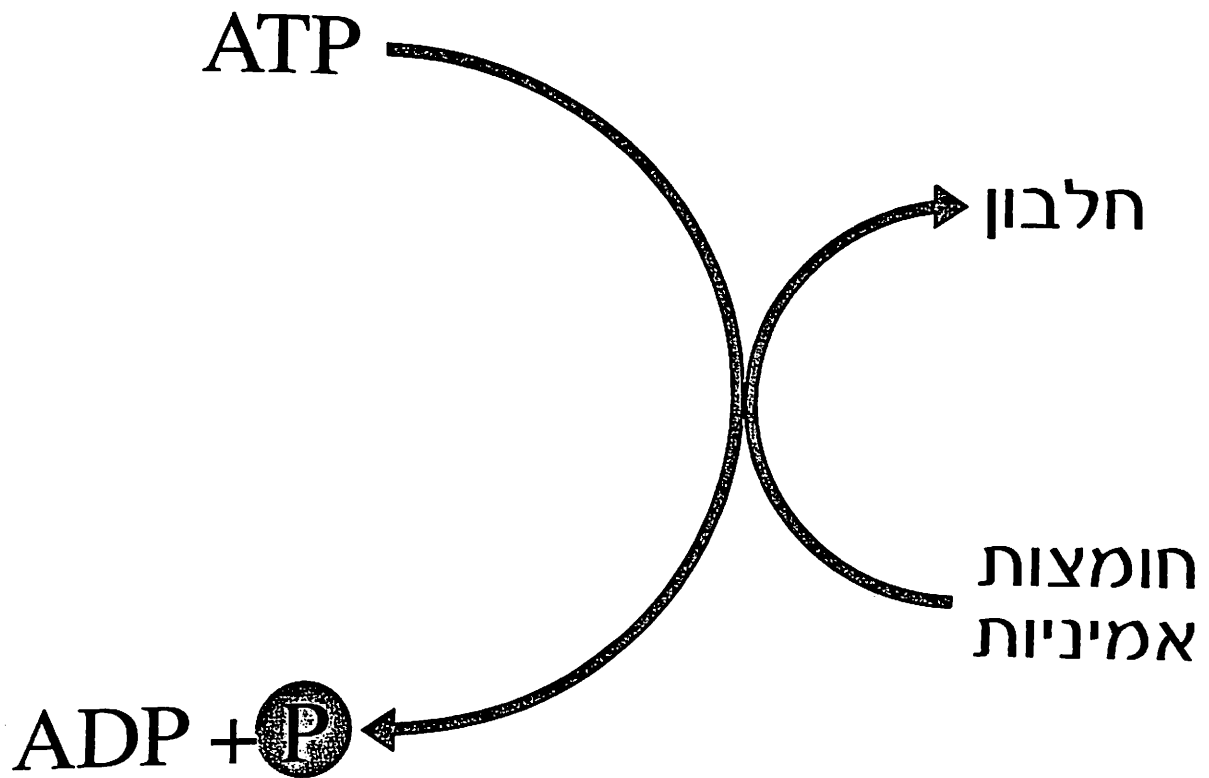
מפת מושגים  
תרכובות פחמן

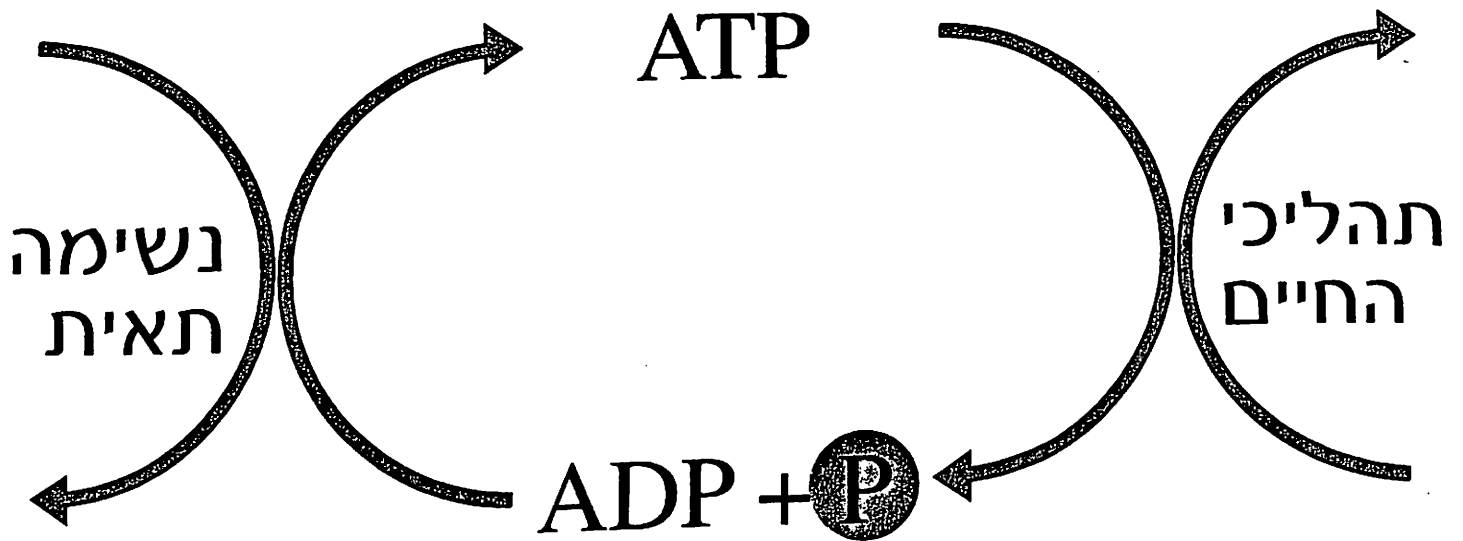


# תהליך ספונטני "פרוע" ותהליך ספונטני "רתום"



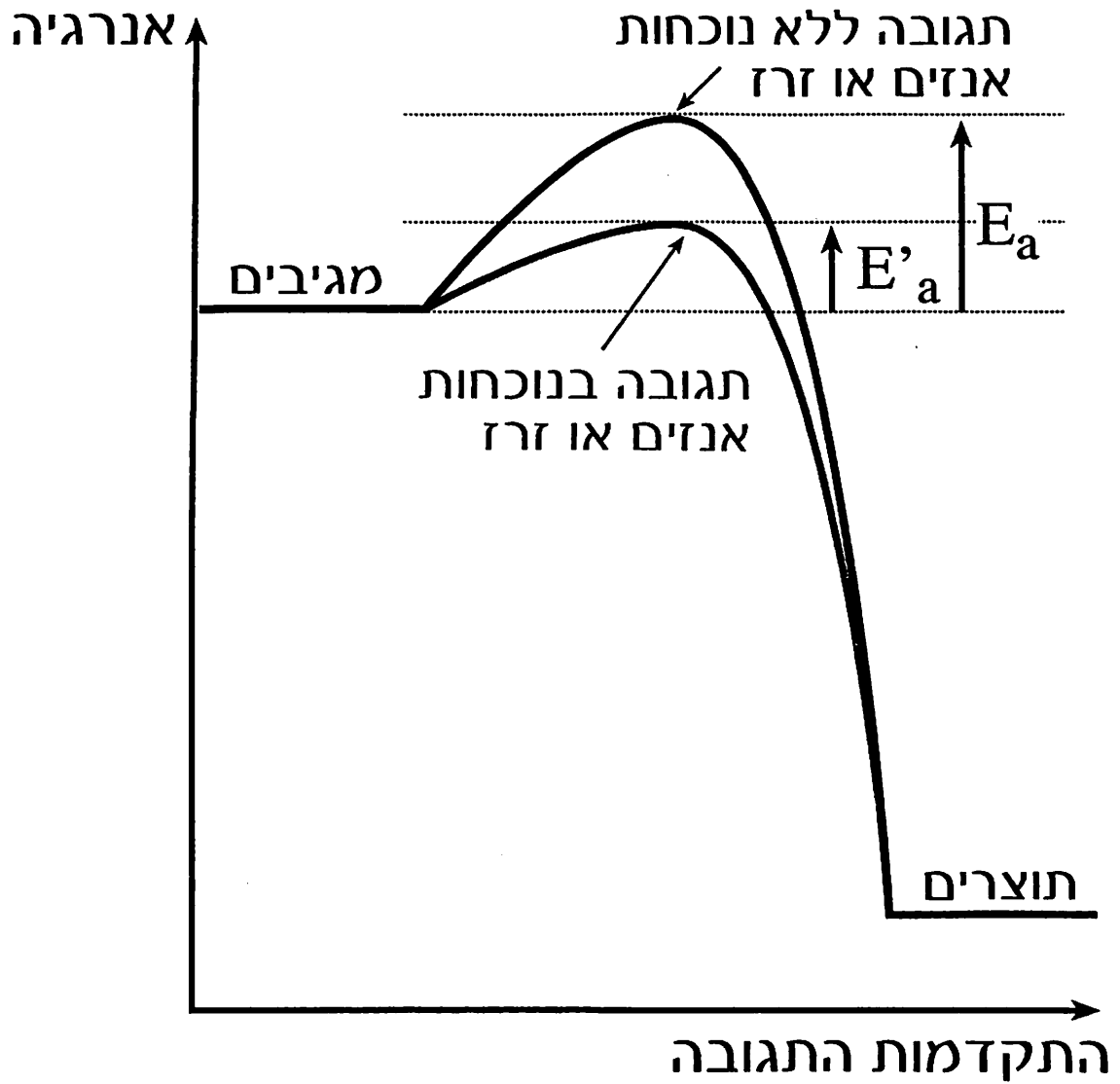








# תגובה בנוכחות זרז ובלעדיו



## טבלת כמות האנרגיה (kcal) האגורה במזונות שונים

כמות האנרגיה בקירוב (kcal)	המזון
150	פחית קולה
675	100 גרי שוקולד
675	100 גרי חומוס/טחינה
375	כוס גלידה
400	שניצל הודו מטוגן
1250	המבורגר בלחמניה עם צ'יפס, סלט ורוטב

## צריכת האנרגיה בפעילויות שונות

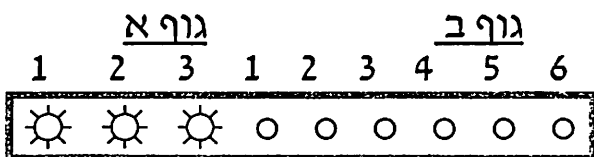
(kcal לק"ג משקל גוף בשעה אחת)

הפעילות	kcal לק"ג משקל גוף בשעה אחת (בקירוב)
כדורסל תחרותי	9
כדורגל	8.5
טניס	9
הליכה במהירות של 7 קמ"ש	6
עליה במדרגות	16
ריצה במהירות 9 קמ"ש	10

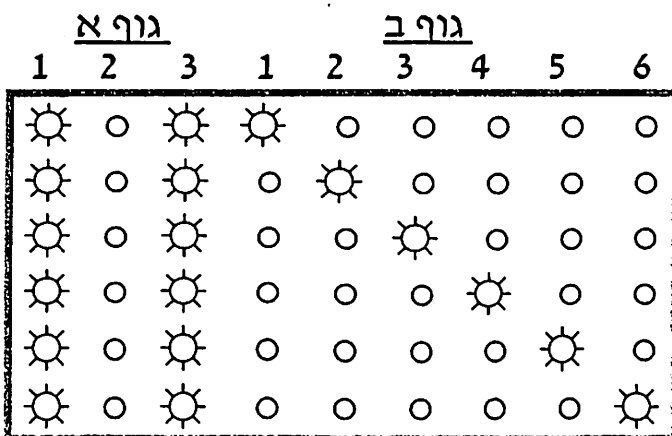
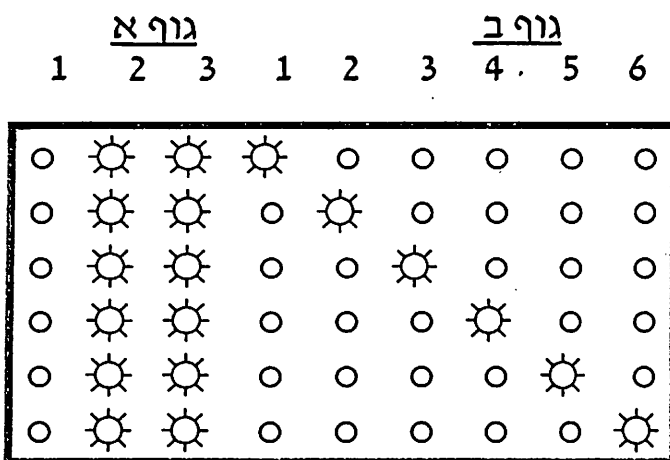


מודל השתוות הטמפרטורה

מצב התחלתי – אנרגיה לא מבוזרת



מצבים של פיזור אנרגיה



# מצבים של פיזור אנרגיה

<u>גוף א</u>			<u>גוף ב</u>					
1	2	3	1	2	3	4	5	6
☀	○	○	☀	☀	○	○	○	○
☀	○	○	☀	○	☀	○	○	○
☀	○	○	☀	○	○	☀	○	○
☀	○	○	☀	○	○	○	☀	○
☀	○	○	☀	○	○	○	○	☀
☀	○	○	○	☀	☀	○	○	○
☀	○	○	○	☀	○	☀	○	○
☀	○	○	○	☀	○	○	☀	○
☀	○	○	○	☀	○	○	○	☀
☀	○	○	○	○	☀	☀	○	○
☀	○	○	○	○	☀	○	☀	○
☀	○	○	○	○	☀	○	○	☀
☀	○	○	○	○	○	☀	☀	○
☀	○	○	○	○	○	☀	○	☀
☀	○	○	○	○	○	○	☀	☀

# מצבים של פיזור אנרגיה

<u>גוף א</u>			<u>גוף ב</u>					
1	2	3	1	2	3	4	5	6
○	○	○	☀	☀	☀	○	○	○
○	○	○	☀	☀	○	☀	○	○
○	○	○	☀	☀	○	○	☀	○
○	○	○	☀	☀	○	○	○	☀
○	○	○	☀	○	☀	☀	○	○
○	○	○	☀	○	☀	○	☀	○
○	○	○	☀	○	☀	○	○	☀
○	○	○	☀	○	○	☀	☀	○
○	○	○	☀	○	○	☀	○	☀
○	○	○	☀	○	○	☀	☀	☀
○	○	○	○	☀	☀	☀	○	○
○	○	○	○	☀	☀	○	☀	○
○	○	○	○	☀	☀	○	○	☀
○	○	○	○	☀	○	☀	☀	○
○	○	○	○	○	☀	☀	○	☀
○	○	○	○	○	☀	○	☀	☀
○	○	○	○	○	○	☀	☀	☀

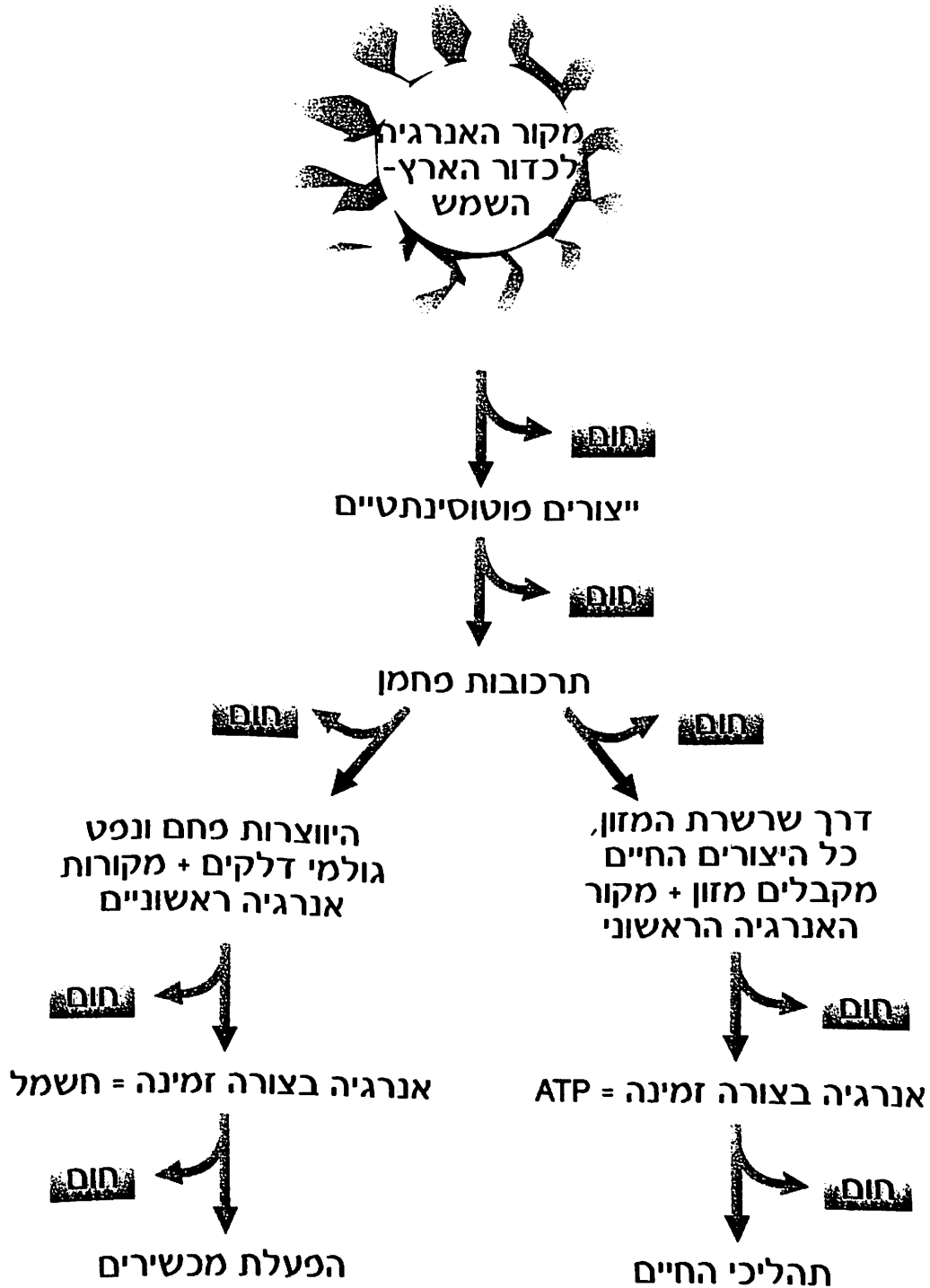
מספר הדרכים השונות לתיאור פיזור האנרגיה

סיכום המודל להשתוות הטמפרטורות

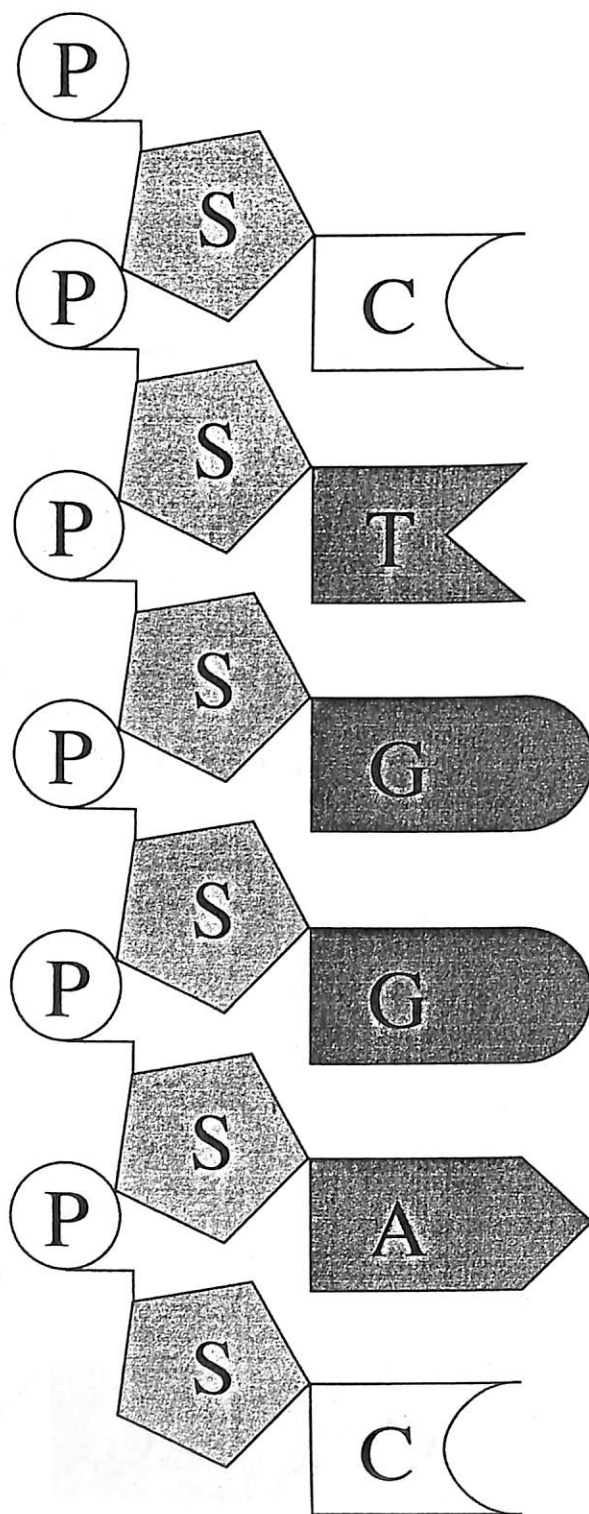
שלב	גוף א 'דלוקים'	גוף א 'כבויים'	גוף ב 'דלוקים'	גוף ב 'כבויים'	מס' דרכים לתיאור פיזור האנרגיה	טמפרטורה
התחלה	3	0	0	6	1	
ראשון	2	1	1	5	18	
שני	1	2	2	4	45	$T_1 = T_2$
שלישי	0	3	3	3	20	



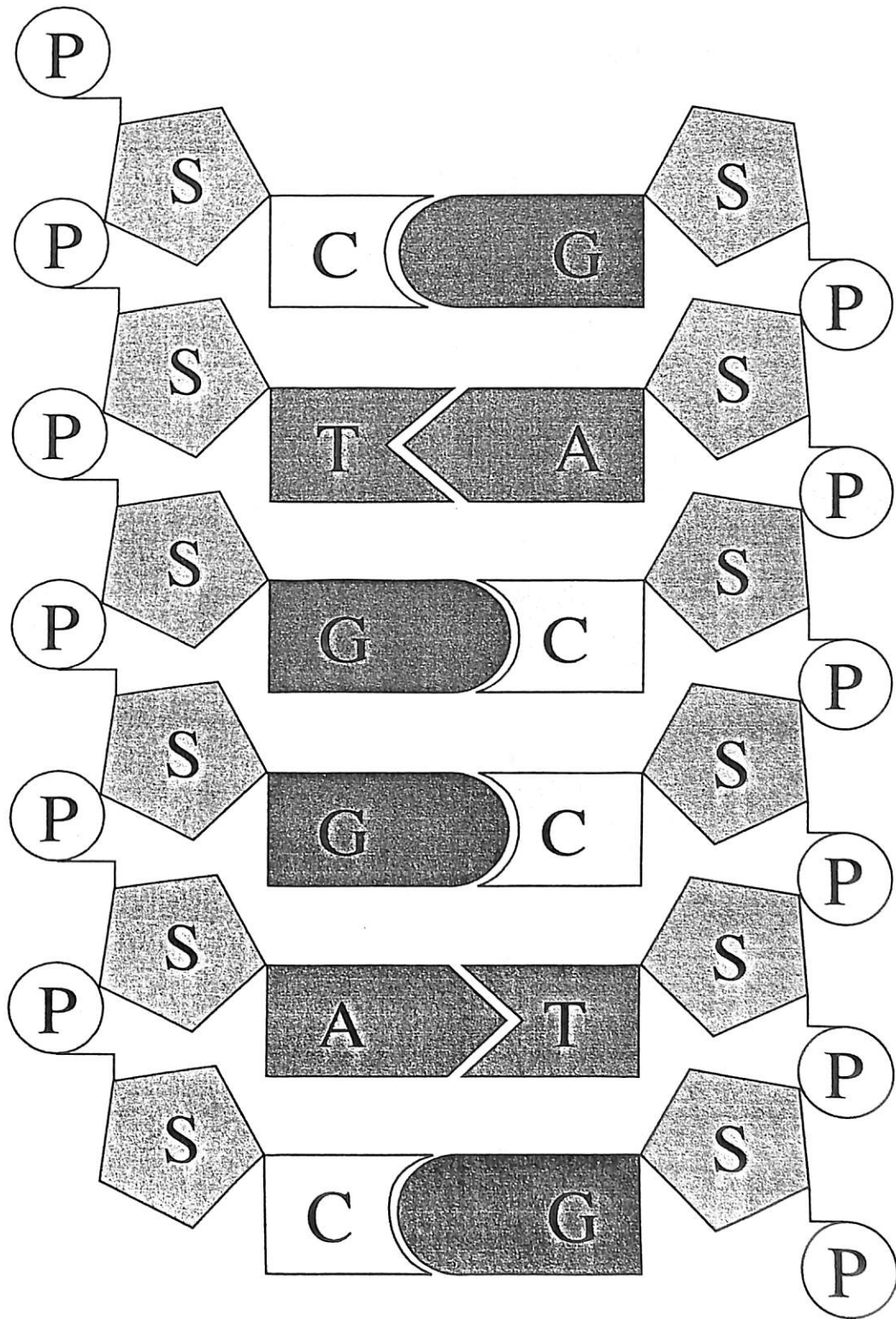
סיכום הפרק – מעברי אנרגיה בתגובות כימיות



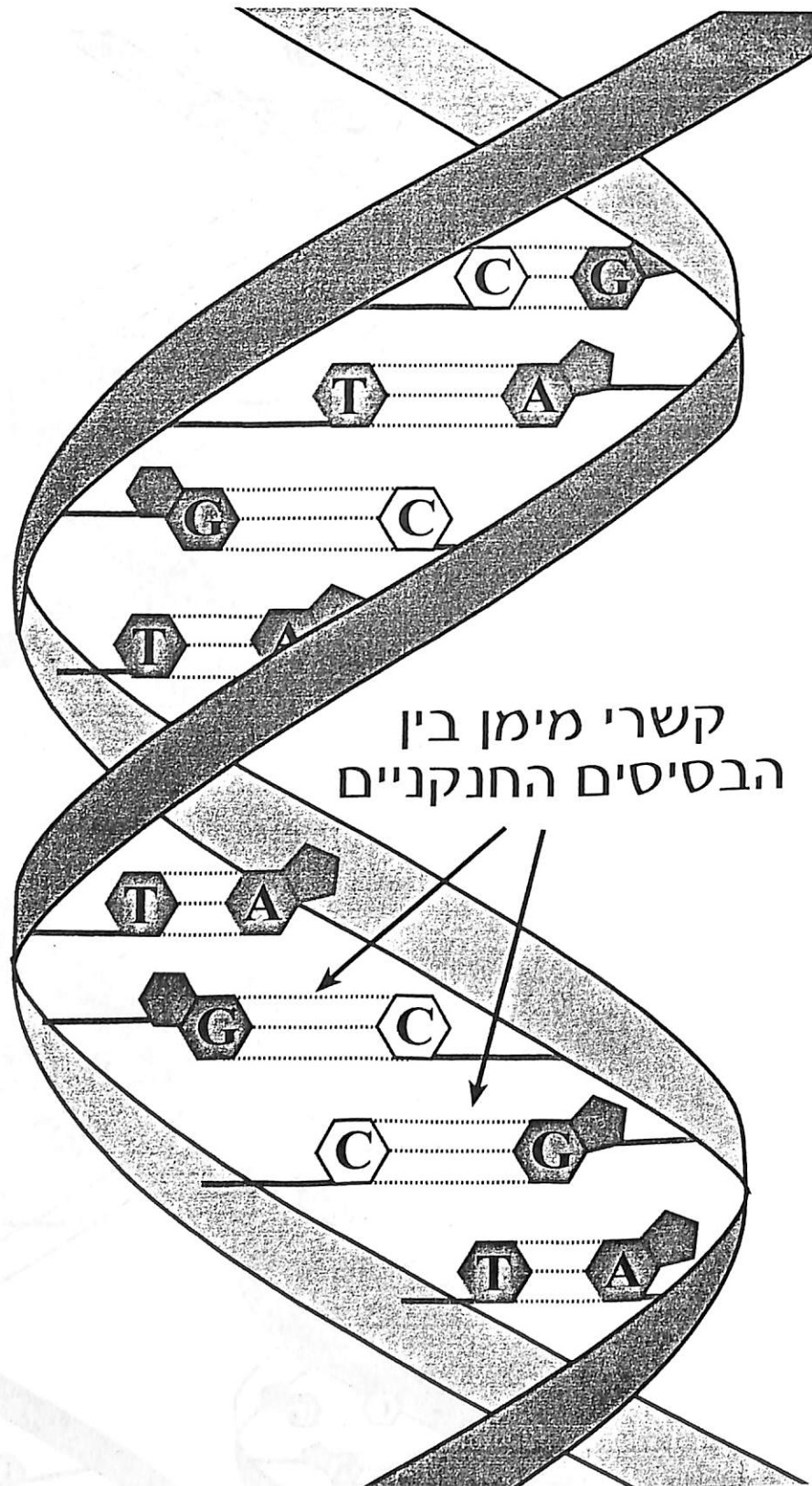
מודל - גדיל של DNA



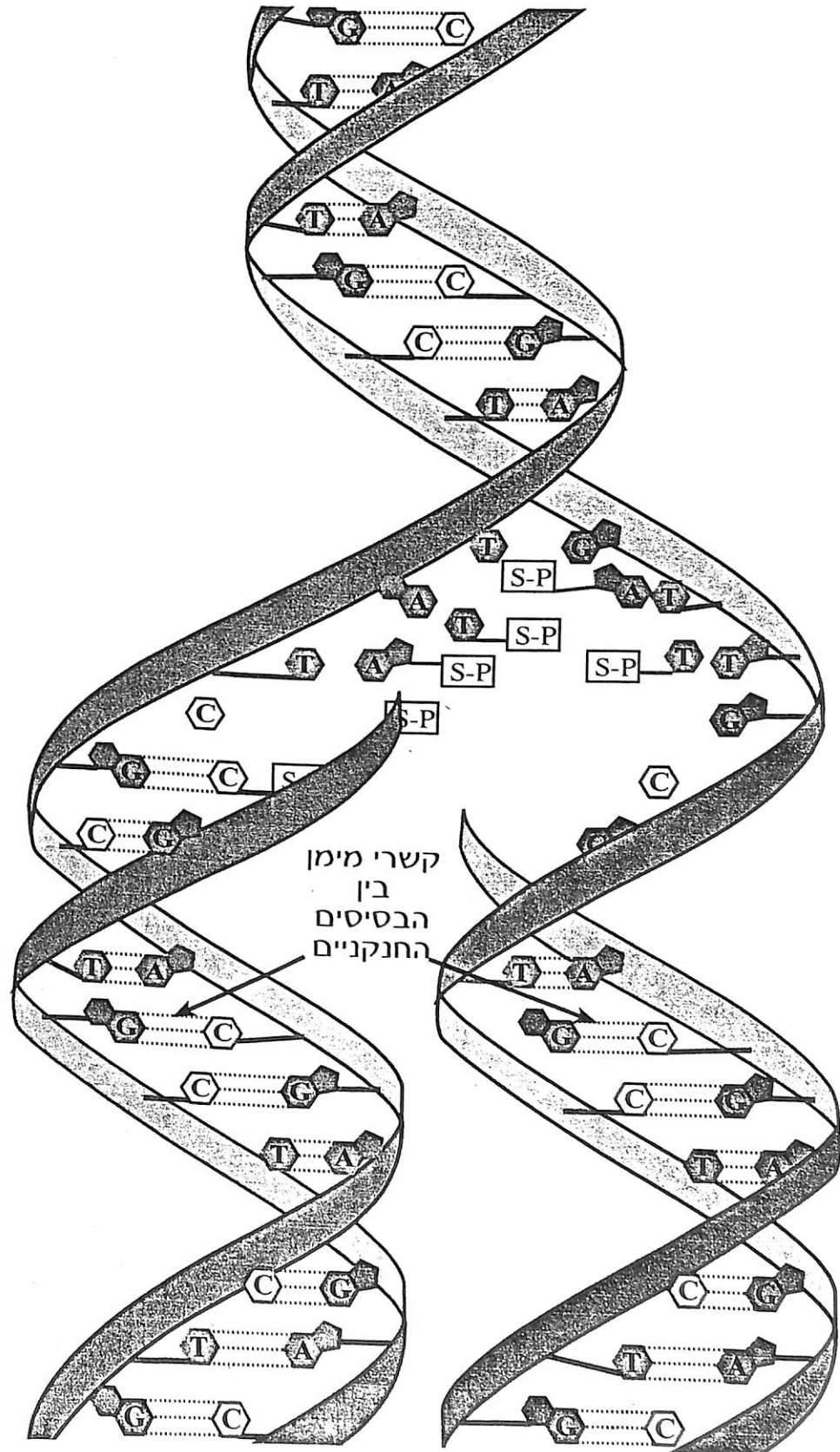
מודל של מולקולת DNA - הסליל הכפול



מודל – קשרי מימן בין הגדילים ב-DNA

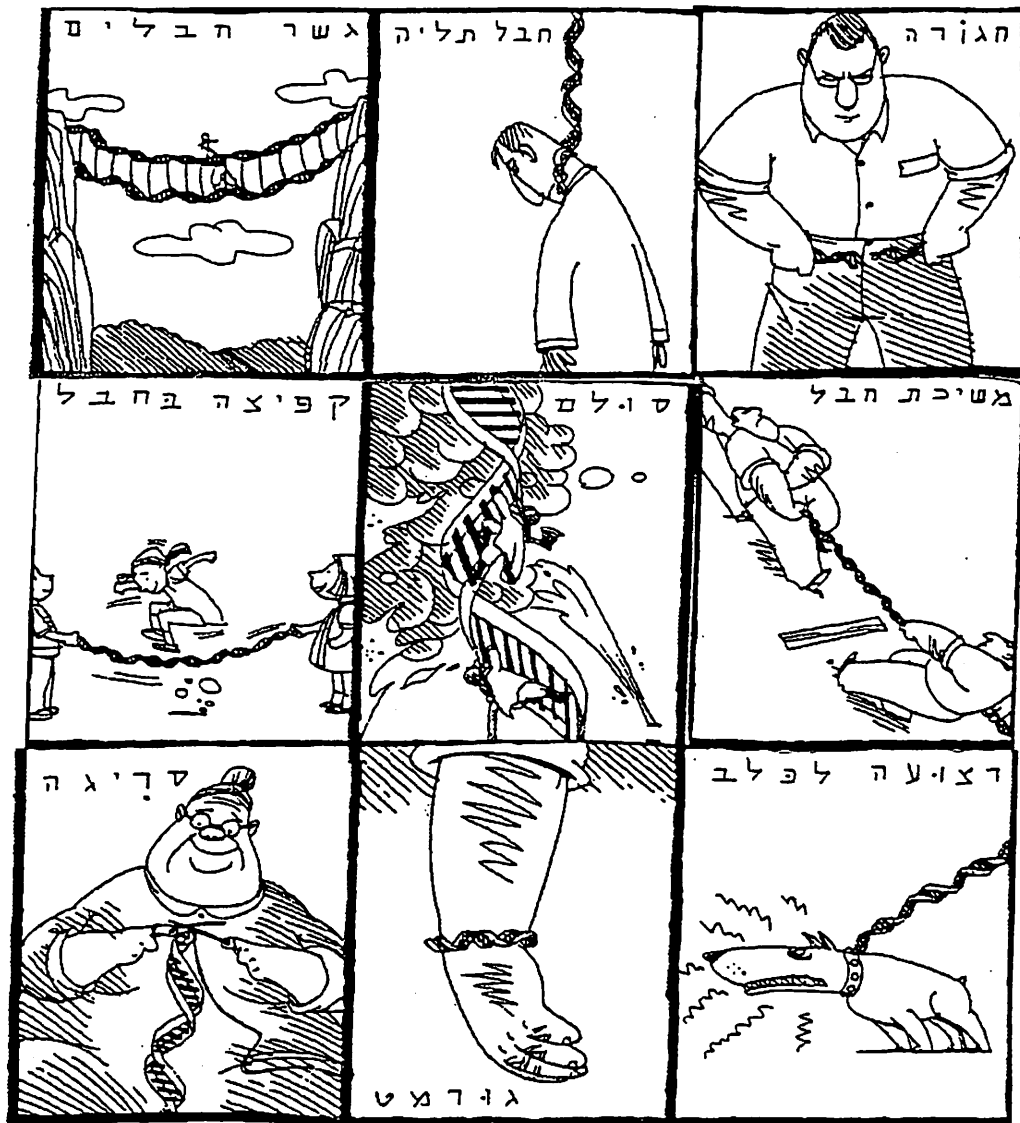


# מודל - שכפול של DNA





"אני וה-DNA שלי" -  
מאת יבשם עזגד ונעם נדב, ובאדיבותם הרבה



בסיס לבניית מפת מושגים של ה-DNA : מסד לכרטיסיות שאותן אפשר להכין מקרטון לעבודה כיתתית.

<p>DNA</p>	<p>מולקולת ענק פולימר</p>
<p>זוגות ייחודיים של בסיסים חנקניים</p>	<p>אדנין</p>



<p>זרחה</p>	<p>דאוקסי- -ריבז</p>
<p>תימין</p>	<p>שלבני רוחב</p>
<p>גואנין</p>	<p>ציטוזין</p>

נוקלאוטידיים בסיס חנקני

שני גדילים סליל כפול

קשרי מימן ציר אורך