

**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית

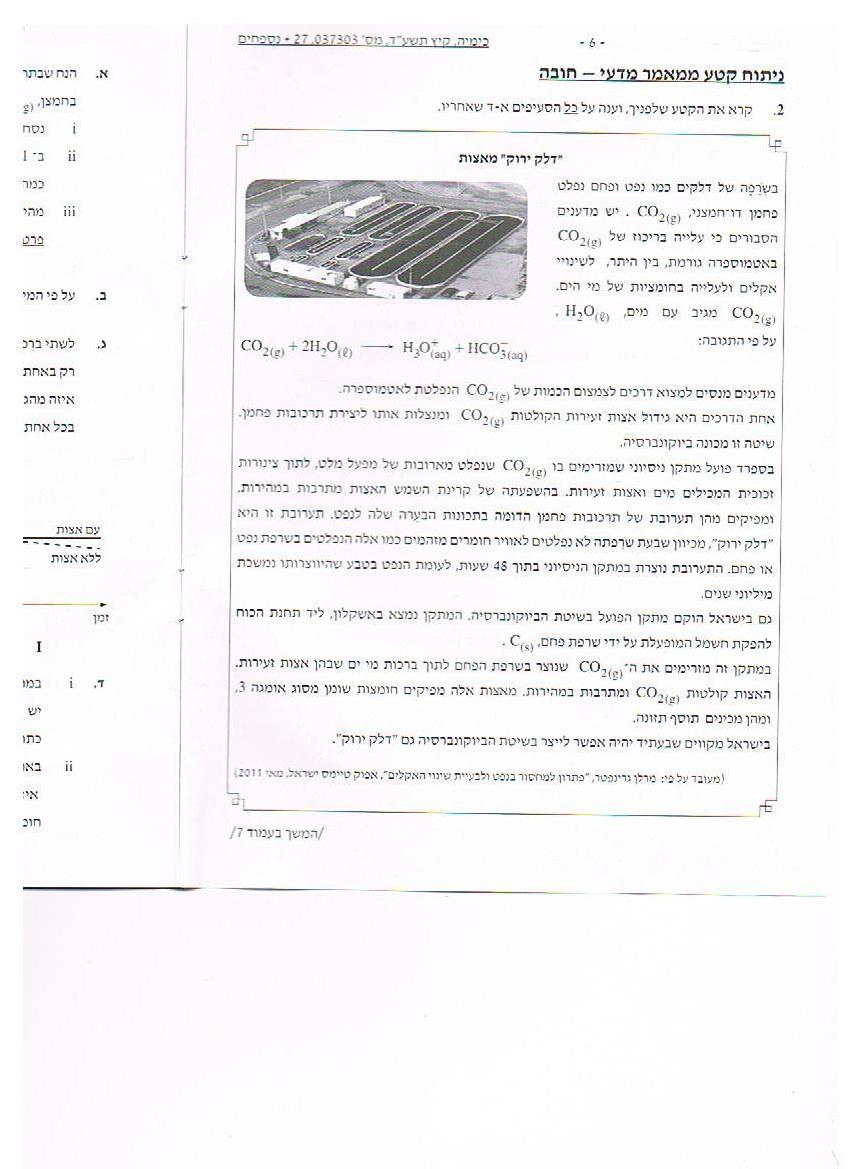
###### אגף מדעים

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

שאלון 37303 תשע"ד 2014

שאלה 2

ניתוח קטע ממאמר מדעי - חובה



קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים א-ד שאחריו.

#### דלק "ירוק" מאצות

בשרפה של דלקים כמו נפט ופחם נפלט פחמן דו-חמצני, CO2(g) . יש מדענים הסבורים כי עלייה בריכוז של CO2(g) באטמוספרה גורמת, בין היתר, לשינויי אקלים ולעלייה בחומציות של מי הים. CO2(g) מגיב עם מים, H2O(l) , על פי התגובה:

CO2(g) + 2H2O(l) → H3O+(aq) + HCO3−(aq)

מדענים מנסים למצוא דרכים לצמצום הכמות של CO2(g) הנפלטת לאטמוספרה.

אחת הדרכים היא גידול אצות זעירות הקולטות CO2(g) ומנצלות אותו ליצירת תרכובות פחמן.

שיטה זו מכונה ביוקונברסיה.

בספרד פועל מתקן ניסיוני שמזרימים בו CO2(g) שנפלט מארובות של מפעל מלט, לתוך צינורות זכוכית המכילים מים ואצות זעירות. בהשפעתה של קרינת השמש האצות מתרבות במהירות, ומפיקים מהם תערובת של תרכובות פחמן הדומה בתכונות הבערה שלה לנפט. תערובת זו היא "דלק ירוק", מכיוון שבעת שרפתה לא נפלטים לאוויר חומרים מזהמים כמו אלה הנפלטים בשרפת נפט או פחם. התערובת נוצרת במתקן ניסיוני בתוך 48 שעות, לעומת הנפט בטבע שהיווצרותו נמשכת מיליוני שנים.

גם בישראל הוקם מתקן הפועל בשיטת הביוקונברסיה. המתקן נמצא באשקלון, ליד תחנת הכוח להפקת חשמל המופעלת על ידי שרפת פחם, C(s) .

במתקן זה מזרימים את ה- CO2(g) שנוצר בשרפת הפחם לתוך ברכות מי ים שבהן אצות זעירות. האצות קולטות CO2(g) ומתרבות במהירות. מאצות אלה מפיקים חומצות שומן מסוג אומגה 3 , ומהן מכינים תוסף תזונה.

בישראל מקווים שבעתיד יהיה אפשר לייצר בשיטת הביוקונברסיה גם "דלק ירוק".

(מעובד על פי: מרלן גרינפטר, "פתרון למחסור בנפט ולבעיית שינוי האקלים", אפוק טיימס ישראל, מאי 2011)

**סעיף א'**

הנח שבתחנות הכוח בישראל המופעלות על ידי פחם נשרפים בכל שעה 1620 טון פחם, C(s) ,

בחמצן, O2(g) , שבאוויר.

**תת-סעיף i**

נסח את תגובת השרפה של פחם.

**התשובה:**

C(s) + O2(g) → CO2(g)

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.**

הציון גבוה. התלמידים ניסחו את תגובת השרפה של פחם המתוארת בשאלה - הצליחו לתרגם מידע המוצג באופן מילולי לניסוח התגובה. תלמידים מעטים התקשו בכך וטעו ברישום הניסוח:

הוסיפו מים בתוצרים:

• ***C(s) + 2O2(g) → CO2(g) + 2H2O(g)***

רשמו חמצן על החץ:

• ***C(s) → CO2(g)***

ברוב השאלות, שתלמידים פותרים במהלך הלימודים, נתונים ניסוחי תגובות. על פי תוכנית

הלימודים, תלמידים לא צריכים לזכור ניסוחי תגובות (חוץ ממספר תגובות של חומצות ובסיסים).

אך כדי למנוע טעויות שהופיעו בתת-סעיף זה, מומלץ לתת לתלמידים גם תרגילים שבהם מתוארות מילולית תגובות שונות שיש לנסח. בדרך זו אפשר להמחיש את חוק שימור החומר ברמה מיקרוסקופית - בתוצרים לא יכולים להופיע אטומים, שלא היו במגיבים.

כמו כן מומלץ להדגים את התגובות תוך זיהוי חומרים שנוצרו ולהשוות את הרכבם עם הרכב המגיבים.

שניים מהניסויים שאפשר לבצע למטרה זו:

**ניסוי 1: סינתזה ופירוק של מים**

חומרים וציוד:

- תמיסת KNO3(aq) 10%

- מתקן להפקת מימן עם פקק וצינור

- 2 מבחנות יבשות

- מתקן לאלקטרוליזה עם שתי מבחנות

על האלקטרודות

- 2 שיפודים

- נייר קובלט

- 5-7 גרגרי אבץ

- תמיסת HCl(aq) 35%

מהלך הניסוי:

**סינתזה**

1. למתקן להפקת מימן מכניסים גרגרי אבץ, מוסיפים תמיסת HCl(aq) וסוגרים במהירות בפקק. מכניסים צינור למבחנה שנייה.

2. לאחר דקה - שתיים מוצאים את הצינור, מרחיקים את המתקן, מדליקים שיפוד ומפוצצים את המימן.

3. על דופן המבחנה ניתן לראות טיפות נוזל. בעזרת נייר קובלט מגלים שהטיפות האלה הן טיפות מים.

**פירוק**

1. מוסיפים תמיסת KNO3(aq) למתקן לאלקטרוליזה ומפעילים את המתקן.

2. כאשר המבחנה עם מימן כמעט מלאה, מנתקים את הזרם, מרימים מתחת לפני התמיסה את המבחנה עם מימן, כדי להוציא תמיסה, שנשארה במבחנה וסוגרים במהירות את המבחנות (אפשר לסגור עם אצבע). מגלים מימן בעזרת שיפוד בוער.

3. מבצעים אותה פעולה עם מבחנה עם חמצן. מזהים חמצן בעזרת שיפוד עומם.

**המסקנה**: מגיבים ותוצרים מורכבים מאותם אטומים.

H2(g) + O2(g) → H2O(l)

H2O(l) → H2(g) + O2(g)

**ניסוי 2: תוצרים של שרפת נר**

חומרים וציוד:

- נר

- זכוכית נושאת

- מלקחיים

- מבחנה יבשה

- מי סיד

- נייר קובלט

- אטב מבחנות

מהלך הניסוי:

1. מדליקים את הנר ובעזרת מלקחיים מכניסים לאזור כהה של הלהבה זכוכית נושאת.

2 מחזיקים מבחנה הפוכה מעל הלהבה. לאחר שצופים בטיפות הנוזל על דפנות המבחנה, מכבים את הנר ומעברים קצת מהטיפות על נייר קובלט.

3. מוסיפים למבחנה 1-2 מ"ל מי סיד ומנערים.

רקע:

שעווה, שממנה עשוי נר, היא תערובת של אלקאנים עם מסה מולרית גבוהה: C35H74 - C18H38 .

בחלק הכהה של הלהבה לא מתרחשת שרפה מלאה ולכן נוצר פחם, למשל:

2С18Н38(s) + 19O2(g) → 36C(s) + 38H2O(l)

בשרפה מלאה נוצרים פחמן דו-חמצני ומים, למשל:

2С18Н38(s) + 56O2(g) → 36CO2(s) + 38H2O(l)

**המסקנה**: מגיבים ותוצרים מורכבים מאותם אטומים.

**תת-סעיף ii**

ב- 1 טון יש 1,000,000 גרם (1×106 גרם).

כמה מול פחם נשרף בכל שעה בתחנות הכוח אלה? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

= 1.35·108 mol

1.62·109 gr

12

gr

mol

12

gr

mol

המסה המולרית של C(s) :

מסת הפחם: 1620 ton = 1.62·109 gr

מספר המולים של פחם:

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.**

הציון גבוה. רוב התלמידים מבצעים נכון חישובים סטויכיומטריים בסיסיים.

הטעויות המעטות שאותרו הן:

⬩ התעלמות מהנתון שבכל שעה נשרפים 1620 טון פחם וביצוע חישובים על פי 1 טון.

⬩ אי-התאמת יחידות - חילוק 1620 טון ב- 12 גרם למול.

**תת-סעיף iii**

מהי המסה של CO2(g) שנפלטת לאטמוספרה בכל שעה מתחנות הכוח האלה? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

מסה נתונה/נדרשת

בניסוי ספציפי (גרם)

מסה מולרית (גרם למול)

מספר מולים נתון/נדרש

בניסוי ספציפי

יחס המולים בניסוח תגובה

C(s) + O2(g) → CO2(g)

1 1 1

12 44

1.35·108 1.35·108

1.62·109 5.94·109

gr

mol

44 × 1.35·108 mol = 5.94·109 gr (= 5940 ton)

44

gr

mol

המסה המולרית של CO2(g):

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 1 מול CO2(g) מתקבל מ- 1 מול C(s) ,

לכן מספר המולים של CO2(g) שנפלט בכל שעה: 1.35·108 mol

המסה של CO2(g) שנפלט בכל שעה:

או: טבלה מסכמת לתת-סעיפים א' iii-ii:

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

תת-סעיף זה הוא המשך החישובים מתת-סעיף א' ii . רוב התלמידים הצליחו לבצע חישובים סטויכיומטריים אלה.

הטעויות שאותרו הן:

⬩ התייחסות ליחס המסות של החומרים במקום ליחס המולים:

• "על פי היחס בניסוח התגובה, המסה של ***CO2(g)*** שווה למסה של ***C(s)***."

⬩ אי-רישום יחידות.

**סעיף ב'**

על פי המידע שבקטע, ציין שני יתרונות לשימוש בשיטת הביוקונברסיה.

**התשובה:**

שני יתרונות מבין:

- צמצום פליטת CO2(g) לאטמוספרה.

- "הדלק הירוק" אינו פולט חומרים מזהמים לאטמוספרה בעת שרפתו (או: צמצום זיהום הסביבה; או: נמנעת עלייה בחומציות מי הים).

- "הדלק הירוק" נוצר בפרק זמן קצר (48 שעות).

- ניתן להפיק חומצות שומן מסוג אומגה 3 (או: ניצול CO2(g) המתקבל בשרפת נפט או פחם).

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

הציון גבוה מאוד. התלמידים ניתחו מידע חדש שבקטע המדעי והסיקו מסקנות לגבי השימוש בשיטה המתוארת.

תלמידים מעטים לא הצליחו לפרש את המידע שבמאמר וכתבו:

• "ממצים ביוקונברסיה מאצות."

• "אצות קולטות פחמן במהירות."

**סעיף ג'**

**III II I**

7.6

זמן

pH

7.0

ללא אצות

עם אצות

7.6

זמן

pH

7.0

ללא אצות

עם אצות

7.6

זמן

pH

7.0

ללא אצות

עם אצות

לשתי ברכות, שהכילו אותו נפח של מי ים, הזרימו CO2(g) באותו קצב.

רק באחת מהברכות היו אצות. שאר התנאים היו זהים.

איזה מהגרפים I-III שלפניך מתאר את שינוי ה- pH של מי הים עם הזמן, בכל אחת מהברכות? נמק.

**התשובה:**

גרף I .

בברכה שבה גדלות אצות, ה- CO2(g)נקלט על ידי האצות ואינו מגיב עם המים (או: אינו מתמוסס במים), ולכן אין שינוי ב- pH של מי הברכה.

בברכה שבה אין אצות (הקולטות CO2(g)) ה- CO2(g) מגיב עם המים.

נוצרים יוני H3O+(aq) הגורמים לעלייה בחומציות (או: לירידה ב- pH) של מי הברכה).

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.**

חלק מהתלמידים התקשו לנתח טקסט מדעי ולקשר בין מידע מילולי למידע בצורת גרף וליישם את הידע בנושא "חומצות ובסיסים" כדי לקשר בין תגובת פחמן דו-חמצני עם המים למידת הפליטה CO2(g) לאטמוספרה. הופיעו טעויות בקביעה עם ניסיון להסבירה:

⬩ קשיים בהבנת הקשר בין חומציות המים ל- pH המים:

• "גרף ***III*** , כיוון שמזרימים ***CO2(g)***ואז ריכוז ה- ***CO2(g)***עולה - דבר שגורם לחומציות מי ים. כאשר מוסיפים אצות הן מגיבות עם ***CO2(g -*** דבר הגורם להורדת החומציות מי ים."

• " גרף ***II*** , מפני שבברכה ללא אצות לפי התגובה שבמאמר נוצרים יוני ***H3O+(aq)*** שהינם חומציים. בגרף ***II*** כאשר שופכים ***CO2(g)*** , דרגת ה- ***pH*** עולה."

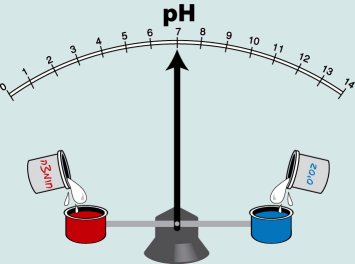
⬩ התייחסות להיווצרות חומצות שומן:

• "גרף ***III*** . במאמר כתוב שמאצות מפיקים חומצות שומן ולפיכך החומציות עולה ו- ***pH*** יורד."

• "הכנסת האצות תוריד ***pH*** כי מפיקים מהן חומצות שומן בעלות קבוצה קרבוקסילית."

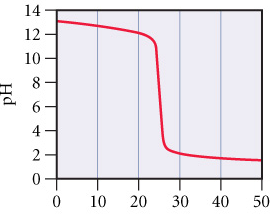
⬩ טעות נוספת היא קביעה שגויה והסבר המתייחס לקו אחד בלבד.

כדי להתגבר על הקשיים שנתגלו בסעיף זה מומלץ להרבות בתרגילים שבהם יש לקשר בין ריכוז יוני H3O+(aq) וריכוז יוני OH−(aq) בתמיסה מימית לבין pH התמיסה. מאחר ועל פי תוכנית הלימודים, הנושא לא נלמד לעומק, מומלץ להיעזר באיור בספר הלימוד "כימיה... זה בתוכנו" מאת ד"ר דבורה קצביץ, רונית ברד, נעמי ארנסט, דינה רפפורט, מכון ויצמן למדע:



אפשר להעמיק בנושא ולפתור עם התלמידים שאלות המכילות עקומות טיטרציה. לדוגמה:

התרחשה תגובת סתירה בין תמיסת HCl(aq) לבין תמיסת NaOH(aq). במהלך התגובה מדדו את pH התמיסה. תוצאות המדידה מוצגות בגרף:



14

12

10

8

6

4

2

0

0

10

20

30

40

50

pH

נפח התמיסה שהוספה (מ"ל)

(1)

(2)

(3)

א. כיצד ביצעו את הניסוי: הוסיפו תמיסת החומצה לתמיסת הבסיס או הוסיפו תמיסת הבסיס לתמיסת החומצה? נמק.

ב. עבור כל אחד מהתחומים המוצגים בגרף (1), (2), (3) קבע:

i הריכוז של אילו יונים גדול יותר: יוני H3O+(aq) או יוני OH−(aq) . נמק.

ii מהו האופי של התמיסה: תמיסה חומצית או תמיסה בסיסית. נמק.

iii מהו טווח הנפחים של התמיסה שהוספה.

ג. על סמך תשובתך לסעיף א צייר גרף המציג את שינוי ה- pH בתמיסה, שבה מבצעים אותה תגובה, אך בסדר הפוך.

**סעיף ד'**

**תת-סעיף i**

במולקולה של אחת מחומצות השומן מסוג אומגה 3 המופקות מאצות יש 20 אטומי פחמן

ו- 5 קשרים כפולים, כולם במבנה ציס. כתוב רישום מקוצר לחומצת שומן זו.

**התשובה:**

C20:5ω3, cis, cis, cis, cis, cis

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.**

הציון נמוך יחסית. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. טעויות ברישום מקוצר:

• ***C20:5ω3, cis***

• ***C20:5ω4, cis***

• ***C20:5ω9, cis***

• ***C20:5ω3, 6,9,12,15***

• ***C20:5ω3***

2. רישום נוסחה מולקולרית במקום רישום מקוצר:

מאחר וקיימות צורות ייצוג שונות של חומצות שומן, מומלץ לבנות יחד עם התלמידים טבלה, המציגה והמסכמת צורות ייצוג שונות ותפקידן.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **צורת ייצוג** | **ניתן לראות** | **לא ניתן לראות** | **דוגמה** |
| נוסחה מולקולרית | סוגי אטומים ומספרם במולקולה | סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים,  מבנה מרחבי  של מולקולה | C18H34O2 |
| רישום מקוצר | סוגי אטומים ומספרם במולקולה,  סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים | מבנה מרחבי  של מולקולה | C18:1ω9, cis |
| ייצוג מלא לנוסחת מבנה | סוגי אטומים ומספרם במולקולה,  סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים | מבנה מרחבי  של מולקולה | O  HO  O  OH  HO-C-C-C-C-C-C-C-C-C=C-C-C-C-C-C-C-C-C-H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H  H |
| ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה | סוגי אטומים ומספרם במולקולה,  סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים | מבנה מרחבי  של מולקולה,  לא רשומים אטומי C ואטומי H שקשורים אליהם | או: |
| מודלים מרחביים | סוגי אטומים ומספרם במולקולה,  סדר קשרים,  מבנה הקשרים הכפולים:  ציס או טראנס, איזומרים,  מבנה מרחבי  של מולקולה, | - |  |

ניתן להשתמש בטבלה זו כאשר חלק מהמידע לא כתוב ולבקש מתלמידים להשלים את החסר.

**תת-סעיף ii**

באחד השלבים בתהליך הפקת חומצות השומן מן האצות משתמשים בממס. איזה מהממסים -

מים, H2O(l) , או הקסאן, C6H14(l) - מתאים להמסת חומצות השומן? הסבר.

**התשובה:**

הקסאן.

בכל מולקולה של חומצות השומן יש חלק הידרופובי גדול (או: שייר פחמימני גדול).

בין המולקולות של חומצות השומן לבין מולקולות הקסאן יכולות להיווצר אינטראקציות ון-דר-ולס, ולכן מסיסותן של חומצות השומן בהקסאן היא טובה.

לפי כך הקסאן הוא הממס המתאים להפרדת חומצות השומן מן האצות.

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

הציון נמוך יחסית. חלק מהתלמידים התקשו לקבוע איזה ממס מתאים להמסת חומצות שומן ולהסביר את קביעתם. ניתן למיין את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון להסבירה:

• "הממס הטוב ביותר הינו מים מפני שבחומצות השומן קיימות קבוצות קרבוקסיליות היוצרות קשרי מימן עם המים. לעומת זאת, הקסאן לא יכול ליצור קשרי מימן."

• "***H2O(l)*** - ממס מתאים יותר להמסת חומצות שומן, מפני שזאת מולקולה קטנה."

2. קביעה נכונה המלווה בהסבר שגוי או חלקי:

• "הממס המתאים הוא הקסאן, כי הוא יוצר קשרי מימן עם מולקולות של חומצות שומן."

• "הקסאן, כי המולקולות של מים קטנות מדי."

• "הקסאן, כי חומצות שומן הן הידרופוביות."

• "הקסאן, מפני שדומה מתמוסס בדומה."

• חוסר התייחסות לכוחות בין מולקולריים.

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את שלבי הקביעה של מסיסות חומצות שומן בממסים הנתונים:

טבלה 1: קביעת המסיסות של חומצות שומן במים

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  חומצות שומן | הממס:  מים |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | מעט קשרי מימן  אינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימן רבים  ואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה | אפשרות ליצירת קשרי מימן זניחה, כי במולקולות חומצות שומן  יש מעט מוקדים ליצירת קשרי מימן. | |
| המסקנה | המסיסות של חומצות שומן במים זניחה. | |

טבלה 2: קביעת המסיסות של חומצות שומן בהקסאן

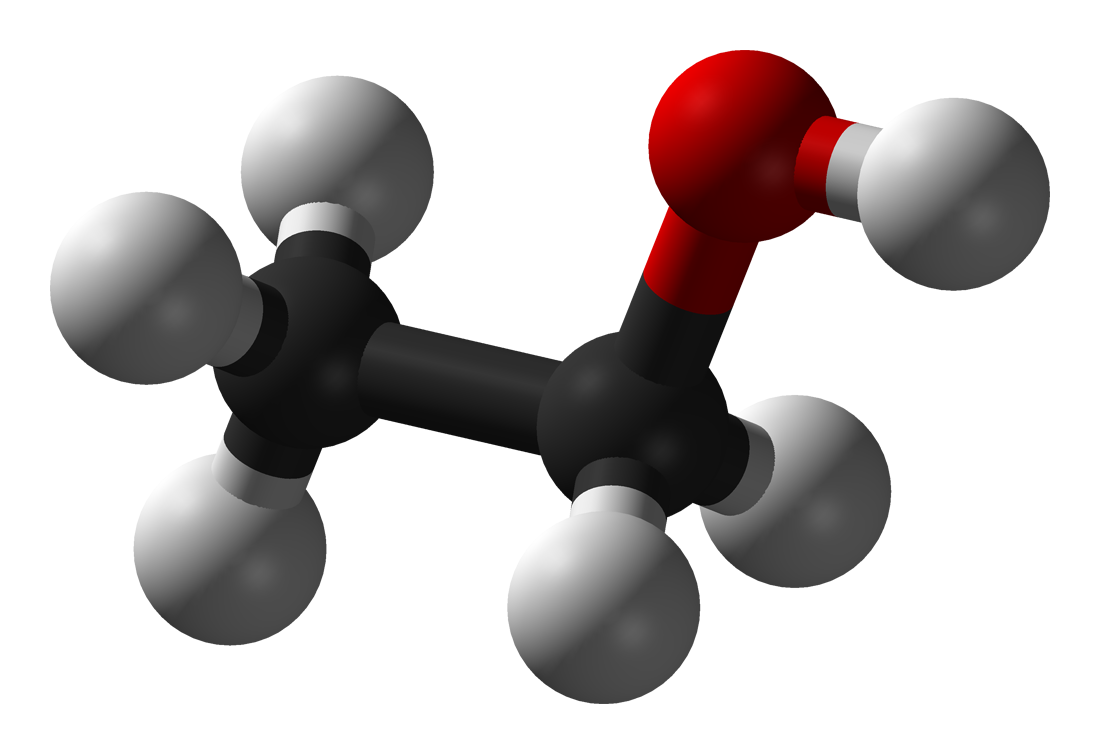
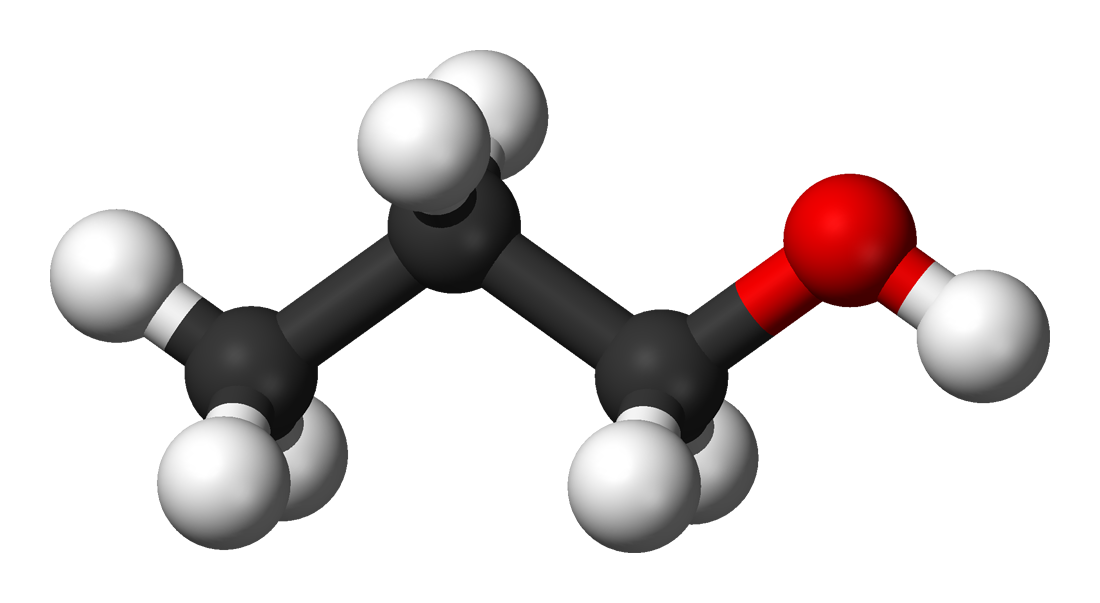
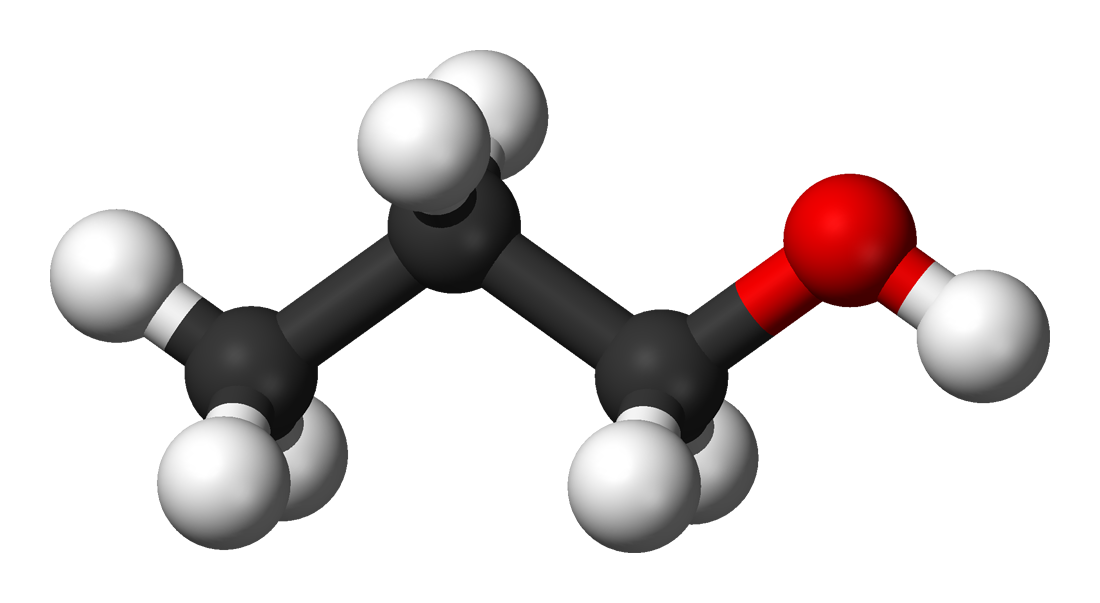
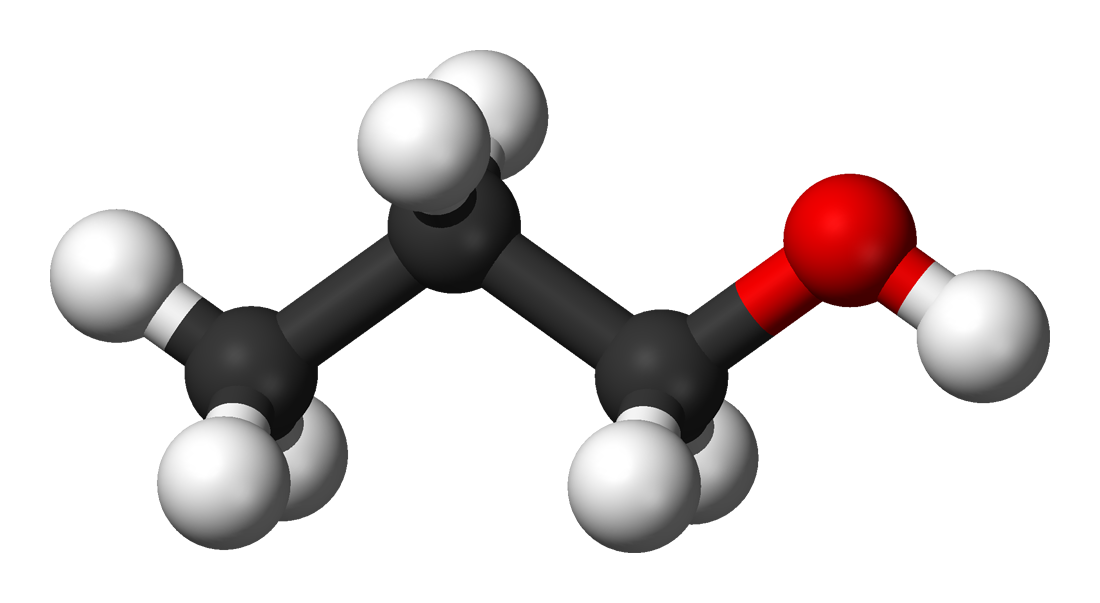
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:  חומצות שומן | הממס:  הקסאן, C6H14(l) |
| סוג החלקיקים שמהם  מורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | מעט קשרי מימן  ואינטראקציות ון-דר-ואלס | אינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקי ממס לחלקיקי מומס במהלך ההמסה | אינטראקציות ון-דר-ואלס | |
| המסקנה | המסיסות של חומצות שומן בהקסאן טובה. | |

אחד הקשיים בקביעת ממס מתאים לתרכובות פחמן - גם בתת-סעיף זה וגם באופן כללי, הוא הימנעות מהשוואה בין גודל החלק ההידרופילי במולקולות המומס, "האחראי" להיווצרות קשרי מימן עם מולקולות הממס, לבין גודל החלק ההידרופובי, "האחראי" להיווצרות אינטראקציות ון-דר-ואלס בין מולקולות המומס למולקולות הממס.

כדי להדגיש נקודה זו אפשר להשתמש בתרשים המציג מסיסות כהלים:

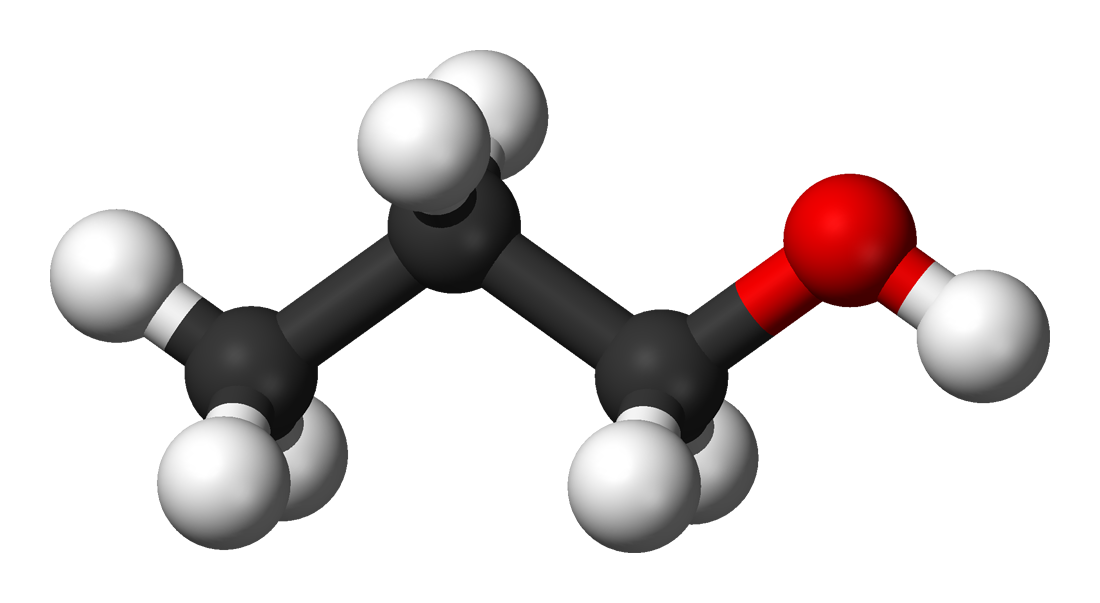
**מסיסות בממס אורגני**

**מסיסות במים**



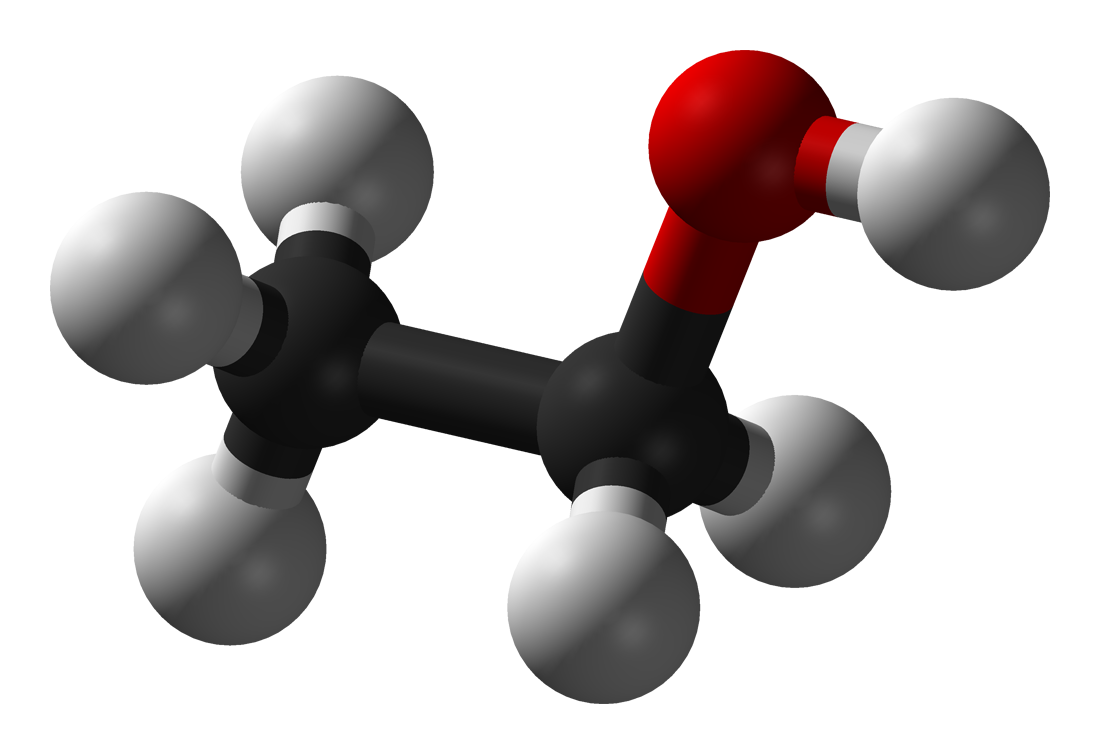
**בוטאנול**

**CH3 CH2CH2CH2OH**



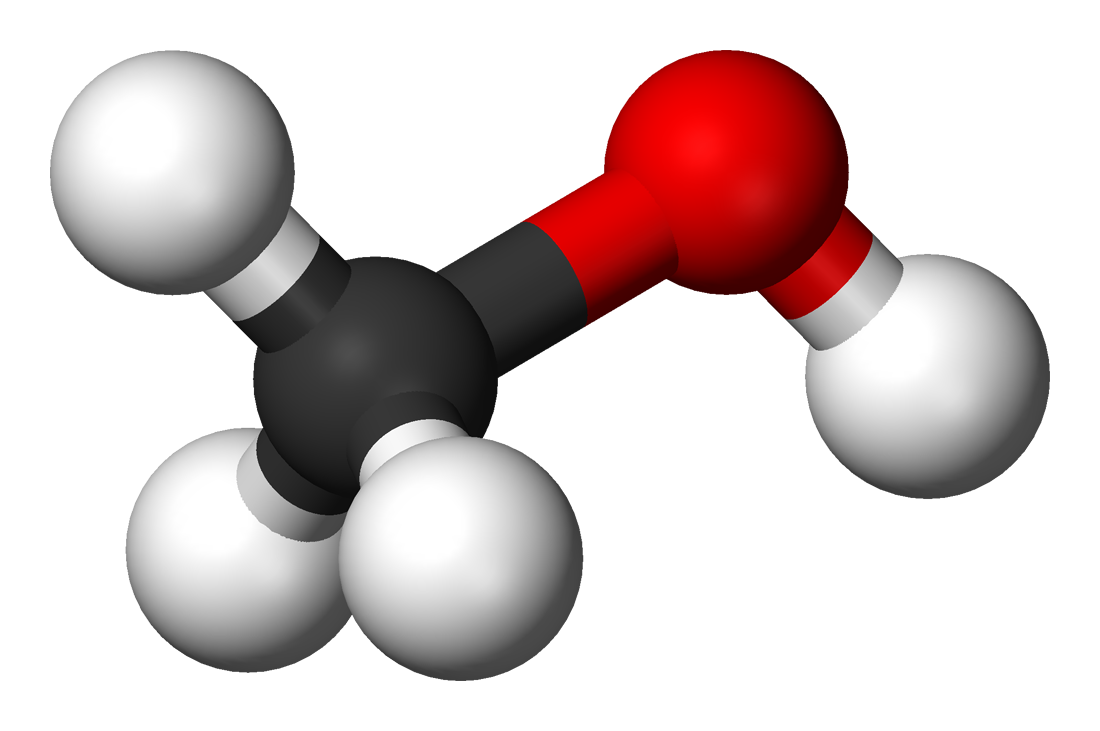
**פרופאנול**

**CH3CH2CH2OH**



**אתאנול**

**CH3CH2OH**



**מתאנול**

**CH3OH**

מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי "תהליכי המסה" הנמצא באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה, בעמוד של כנס חנוכה תשע"ה ← טבלה של הצגות שניתנו במושבים המקבילים ← הצגה 2 - מיכאל קויפמן ← קובץ "הנחיות לניסויים" ניסוי 3:

<http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1226>