

מרכז לחינוך מדעי - חמד"ע

ב ח י נ ה      ב כ י מ י ה  
ב מ ת כ ו נ ת      ב ג ר ו ת

## השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד

תשע"ב-2012

### הוראות לנבחן

משך הבחינה: שעה וחצי

מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	50 נקודות
-----------	-----------

פרק שני	50 נקודות
---------	-----------

---

סה"כ	100 נקודות
------	------------

כתבו בדפי הבחינה בלבד. כתבו כל מה שברצונכם לכתוב בטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה)

על עמודים נפרדים. כתבו "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה.

הקפידו על ניסוחים מאוזנים ועל רישום נכון של היחידות.

ב ח צ ל ח ה

## פרק ראשון - פרק חובה (50 נקודות)

ענו על אחת מן השאלות 1 – 2.

### אנרגטיקה ודינמיקה

#### שאלה מספר 1

כחלק מהקטנת התלות של תעשיית הרכב בדלקים מחצביים (נפט) פותחו סוגים שונים של רכבים המונעים באמצעות תא דלק המבוסס על מימן. תא דלק כזה הוא תא אלקטרוכימי המנצל את שינוי האנרגיה הכימית בתגובת שריפה של מימן להפקת חשמל.



במטרה לבחון את התגובה, הכניסו לכלי מתכתי סגור 0.4 גרם מימן,  $\text{H}_{2(g)}$ , וכמות מספקת של חמצן,  $\text{O}_{2(g)}$ . החוקרים טבלו את הכלי בתוך מכל מבודד המכיל 2,000 גרם גליצרול נוזלי בטמפרטורה של  $150^\circ\text{C}$ .

(נתון: קיבול אנרגיה הסגולי של גליצרול הוא  $2.4 \text{ J/gr}^\circ\text{C}$ )

א. i. מהי מערכת ומהי הסביבה בניסוי זה? הסבר

ii. מהו סוג המערכת (פתוחה / סגורה / מבודדת)? הסבר.

*המערכת: תגובת שריפה של מימן:  $\text{H}_{2(g)}$ ,  $\text{O}_{2(g)}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ . המערכת היא סגורה: יש מעבר את אנרגיה*

*אין מעבר של חומר.*

*סביבה: הכלי המתכתי, הכלי עם הגליצרול.*

בתחילת הניסוי העבירו ניצוץ בתערובת הגזים ומדדו את הטמפרטורה של סביבה.

ב. i. מהו תפקידו של הניצוץ החשמלי? הסבר תוך שימוש במושגי אנרגיה.

*ניצוץ מספק למגיבים את אנרגיית השפעול. כדי שתגובה תתחיל להתרחש לחלק מהמגיבים צריכה להיות אנרגיה הגדולה מאנרגיית שפעול.*

ii. האם האנרגיה הפנימית של הסביבה עלתה / ירדה / לא השתנתה לאחר העברת הניצוץ. נמק.

*התגובה שמתרחשת במערכת היא תגובה אקסותרמית ( $\Delta H < 0$ ) משמעות הדבר שבמהלך התרחשות התגובה אנרגיה נפלטת מהערכת לסביבה. הסביבה קולטת אנרגיה ולכן אנרגיה פנימית של הסביבה עולה.*

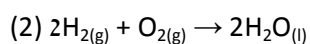
iii. חשב את שינוי הטמפרטורה של הסביבה. פרט חישובים.

האנרגיה שנפלטת מהערכת:  $n \Delta H$ , שווה לאנרגיה שנקלטת הסביבה:  $m\Delta T$ ,

$$n(\text{H}_2) = 0.4 \text{ gr} / (2 \text{ gr/mol}) = 0.2 \text{ mol}, \quad n(\text{O}_2) = 0.1 \text{ mol}$$

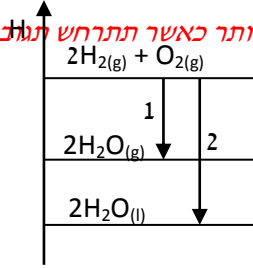
$$\Delta T = (0.1 \text{ mol} \times 483600 \text{ J}) / (2.4 \text{ J/gr}^\circ\text{C} \times 2000 \text{ gr}) = 10.1^\circ\text{C}$$

אפשר לבצע את התגובה בטמפרטורה נמוכה יותר שבה התוצר הוא מים במצב צבירה נוזל:



ג. האם שינוי בטמפרטורה של הסביבה לאחר ביצוע תגובה (2) יהיה קטן / גדול / שווה לזה שחישבת בסעיף ד'. הסבר ללא חישוב.

בתגובה (2) תפלט אנרגיה רבה יותר מאשר בתגובה (1) (אנרגיה פנימית של גז גבוהה יותר מאשר אנרגיה פנימית של נוזל) ולכן שינוי הטמפרטורה של הסביבה יהיה גדול יותר כאשר תתרחש תגובה (2). ראה תרשים:



ד. האם קצב תגובה התחלתי בתגובה (1) גדול / קטן / שווה לזה של תגובה (2). הסבר ברמה מיקרוסקופית.

תגובה 1 מתבצעת בטמפרטורה גבוהה יותר ולכן קצב תגובה התחלתי גדול יותר. טמפרטורה היא ביטוי לאנרגיה קינטית ממוצעת של מולקולות. ככל שטמפרטורה גבוהה יותר אנרגיה קינטית ממוצעת של המגיבים גבוהה יותר ולכן לחלק גדול יותר מההתנגשויות בין המגיבים יהיה אנרגיה גבוהה יותר מאנרגיית שפעול. זה אומר יותר התנגשויות פוריות ולכן קצב היווצרות תוצר גדול יותר.

בטבלה הבאה נתונים ערכי אנטרופיה תקנית של החומרים המשתתפים בתגובה:

$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	אנטרופיה, $S^0$ (J/Kmol)
188.7	205.1	130.6	

ה. חשב את שינוי האנטרופיה במהלך התגובה (1). פרט חישובים.

שינוי האנטרופיה בתגובה: אנטרופיה של התוצרים פחות האנטרופיה של המגיבים:

$$\Delta S = 2 \times 188.7 - (205.1 + 2 \times 130.6) = -88.9 \text{ J/Kmol}$$

ו. האם שינוי האנטרופיה בתגובה (1) גדול / קטן / שווה לזה של תגובה (2). הסבר בפירוט.

אנטרופיה היא מדד לפיזור האנרגיה במערכת המתבטא במספר מצבים מיקרוסקופיים לתיאור המערכת.

בתגובה (1): מ-3 מול גז במגיבים נוצרים 2 מול גז בתוצרים.

בתגובה (2): מ-3 מול גז במגיבים נוצרים 0 מול גז בתוצרים.

## שאלה 2

ביצעו שלושה ניסויים (1)-(3) במטרה לחקור מערכת המכילה גז מימן חסר צבע,  $H_{2(g)}$ , גז ברום בצבע אדום-חום,  $Br_{2(g)}$ , וגז מימן ברומי חסר צבע,  $HBr_{(g)}$ .

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על ניסוי (1).

זמן התגובה (שניות)	ריכוזים M		
	$H_{2(g)}$	$Br_{2(g)}$	$HBr_{(g)}$
0	0	0	1
6			0.4

א. בהתבסס על נתונים אלו:

i. נסח ואזן את התגובה שהתרחשה.



ii. רשום ביטוי עבור השינוי בריכוז המגיב ליחידת זמן.

$$\Delta[HBr]/\Delta t$$

iii. רשום ביטוי לקצב התגובה וחשב את קצב התגובה.

$$-1/2 \Delta[HBr]/\Delta t = -0.5 \times (0.4 - 1) / 6 = 0.05 \text{ M/sec}$$

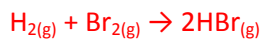
בכל אחד מן הניסויים הבאים הוכנסו לכלי 1 מול  $H_{2(g)}$  ו-1 מול  $Br_{2(g)}$ . המערכת הוחזקה בכלי סגור שנפחו ליטר אחד. בכל אחד מהניסויים התרחשה תגובה והמערכת הגיעה למצב שיווי-משקל.

בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שני ניסויים (2)-(3).

מספר ניסוי	טמפרטורה	ריכוז HBr במצב שיווי-משקל, (M)	זמן הדרוש להגעה למצב שיווי-משקל (דקות)
(2)	$T_I$	1.2	6
(3)	$T_{II}$	1.5	12

ב. i. תאר את מצב שיווי המשקל מבחינה מיקרוסקופית.

ii. נסח ואזן את התגובה שהתרחשה בניסויים (2) ו-(3).



iii. רשום ביטוי וחשב את ערכו של קבוע שיווי המשקל,  $K_c$ , עבור התגובה שהתרחשה בניסוי (2). פרט את חישוביך.

$$K = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

	$H_{2(g)}$	$Br_{2(g)}$	$HBr_{(g)}$
יחסי מולים	1	1	2
מס' מולים התחלתי	1	1	0
שינוי במס' מולים	-0.6	-0.6	+1.2
מס' מולים בש"מ	0.4	0.4	1.2
ריכוז בש"מ	0.4	0.4	1.2

$$K = 1.2^2 / 0.4 \times 0.4 = 9$$

ג. איזה מן הניסויים 3 או 2 התבצע בטמפרטורה גבוהה יותר? נמק.

ד. i. קבע האם התגובה הישירה, שהתרחשה בניסויים (2) ו-(3), היא אנדותרמית או אקסותרמית. נמק.

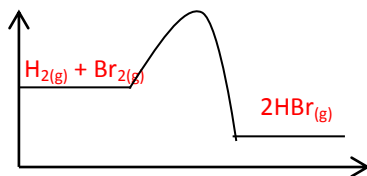
את התגובה ביצעו בשתי טמפרטורות שונות, אנו יכולים לקבוע כי טמפרטורה בניסוי 2 גבוהה יותר מזו שבניסוי 3 (זמן הגעה לשיווי משקל קצר יותר בניסוי 2).

בנוסף ניתן לראות שריכוז ה-HBr בשיווי משקל בניסוי 3 גדול יותר מאשר זה בניסוי 2, פירוש הדבר שקבוע שיווי משקל בניסוי 3 יהיה גדול יותר מקבוע ש"מ בכלי 2.

קבוע ש"מ גדל כאשר הורידו את הטמפרטורה ולכן התגובה הישירה היא אקסותרמית.

ii. האם אנרגיית השפעול של תגובה בניסוי (1) גבוהה/נמוכה/שווה לזו של התגובה הישירה בניסוי (2)? הסבר באמצעות גרף.

תגובה בניסוי אחד היא בעצם התגובה ההפוכה לזאת בניסוי 2, ולכן אם תגובה בניסוי 2 היא אקסותרמית בניסוי אחד היא אנדותרמית. אנרגיית שיפעול של התגובה האנדותרמית גבוהה מזו של התגובה האקסותרמית ההפוכה.



לאחר שהתגובה היגיעה לשיווי משקל, הוסיפו לכלי כמות נוספת של  $Br_{2(g)}$ .

ה. כיצד ישתנה ריכוז המימן בכלי לאחר ההוספה? נמק והסבר ברמה המיקרוסקופית.

לאחר הוספת  $Br_{2(g)}$  לכלי התגובה תגדל מהירות התגובה הישירה (כי ריכוז המגיב גבוה יותר, ולכן יהיו יותר התנגשויות בין מולקולות המגיבים, יהיו יותר התנגשויות פוריות ולכן קצב התגובה יהיה מהיר יותר) עד שהמערכת תגיע לש"מ חדש. ולכן ריכוז המימן, שהוא אחד המגיבים, יקטן.

## כימיה פיזיקלית – מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה

ענה על אחת מן השאלות 3 או 4

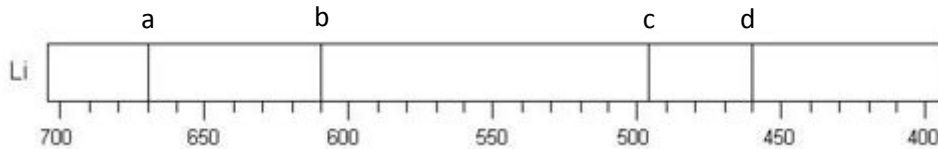
### שאלה מספר 3

טלסקופ החלל העתידי של סוכנות החלל האמריקנית, נאס"א, יישא עמו מראות ענקיות העשויות מן היסוד בריליום, שהוא יסוד מתכתי רעיל מאוד. כדי להקטין את משקל המראות הציע כימאי להכין את המראות מסגסוגת של בריליום וליתיום. כדי להכין את הסגסוגת מגבשים אותה מתערובת אדים של המתכות.

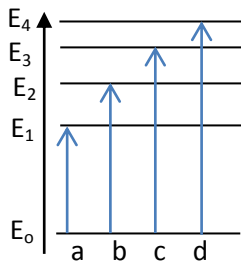
א. רשום את היערכות האלקטרונים של אטום בריליום ושל אטום ליתיום.



כדי לקבוע את אחוז הליתיום בתערובת האדים נמדד ספקטרום הבליעה של ליתיום באור הנראה. בספקטרום מקבלים ארבעה קווי בליעה, a-d (היחידות בגרף הן בננומטרים):



ב. i. צייר ציור סכמטי (ללא חישובים) של רמות האנרגיה המתאימות לספקטרום הזה, ציין את המעברים המתאימים לספקטרום, והתאם לכל מעבר את האות המתאימה.



ii. מהו הקו שבו יש לפוטונים האנרגיה הגבוהה ביותר? נמק.

לפוטונים המייצגים קו d אנרגיה הגבוהה ביותר. (אורך גל קצר ביותר).

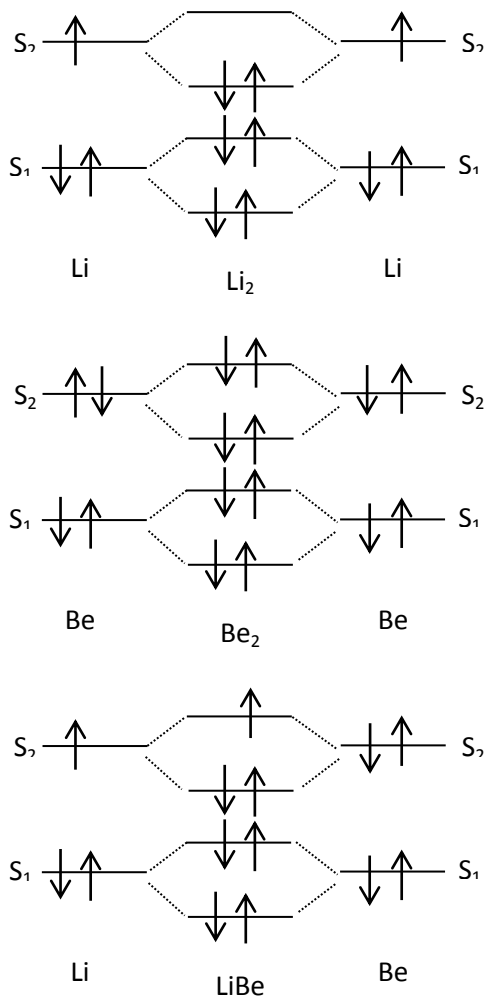
iii. חשב את אנרגיית הפוטון בקו שמצאת בסעיף ב' ii ביחידות של eV.

$$E = h\nu = hc / \lambda$$

$$E = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec} \times 3 \times 10^8 \text{ m/sec} / 460 \times 10^{-9} \text{ m} = 4.324 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.702 \text{ eV}$$

בתערובת האדים, בריליום-ליתיום ציפה הכימאי למצוא שלושה סוגים של מולקולות דו-אטומיות:  $\text{Be}_2$ ,  $\text{Li}_2$ ,  $\text{LiBe}$ . ואולם, בפועל התגלו באמצעות בדיקה ספקטרוסקופית רק שני סוגים.

ג. i. היעזר בתשובתך לסעיף 1 וצייר תרשים רמות האנרגיה המתאים לשלוש המולקולות הדו-אטומיות וצייר על גבי התרשים את אכלוס האלקטרונים ברמות.



ii. הסתמך על התרשים וקבע את סדר הקשר בכל אחת משלוש המולקולות.

$$\text{Li}_2 = (4-2)/2 = 1$$

$$\text{LiBe} = (4-3)/2 = 0.5$$

$$\text{Be}_2 = (4-4)/2 = 0$$

iii. הסבר מדוע נמצאו בפועל רק שני סוגים של מולקולות ולא שלוש

סדר הקשר של מולקולת Be<sub>2</sub> שווה לאפס. זה אומר שהמולקולה לא יציבה ולכן לא קיימת.

iv. מי מבין החלקיקים הבאים הוא היציב ביותר: LiBe<sup>-</sup>, LiBe, LiBe<sup>+</sup> ? נמק.

נחשב את סדר הקשר לכל אחד מהחלקיקים:

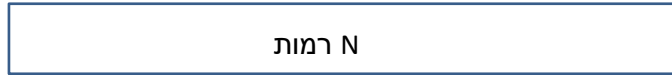
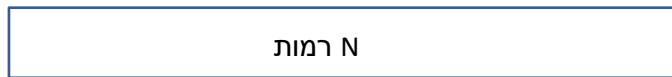
$$\text{LiBe}^- = (4-4)/2 = 0$$

$$\text{LiBe}^+ = (4-2)/2 = 1$$

$$\text{LiBe} = (4-3)/2 = 0.5$$

ולכן החלקיקי היציב ביותר הוא LiBe<sup>+</sup> שסדר הקשר שלו הוא הגדול ביותר.

לפניך מבנה פסים שבהם אפשר לאכלס את אלקטרוני הערכיות של  $N$  אטומים :



ד. קבע אם תרשים הפסים הזה מתאים לגביש של ליתיום המכיל  $N$  אטומים, או לגביש של בריליום המכיל  $N$  אטומים. נמק את קביעתך.

גביש של ליתיום המכיל  $N$  אטומים, מכיל  $N$  אלקטרוני ערכיות שיאכלסו  $N/2$  אורביטלים ולכן הפס הנמוך באנרגיה יהיה מלא בחציו ולא יהיה פער אנרגיה אסור בין פס ערכיות לפס הולכה. מבנה פסים זה מתאים לליתיום שהוא מתכת.

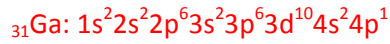
גביש של בריליום המכיל  $N$  אטומים, מכיל  $2N$  אלקטרוני ערכיות שיאכלסו  $N$  אורביטלים ולכן הפס הנמוך באנרגיה יהיה מלא שהוא יהיה פס ערכיות. וכך יהיה פער אנרגיה אסור בין פס ערכיות לפס הולכה. מבנה לא מתאים למתכת.



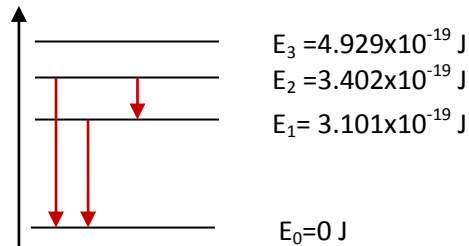
## שאלה מספר 4

גליום הוא יסוד כימי בעל מראה כסוף ונקודת היתוך של  $29.9^{\circ}\text{C}$ . לגליום שימוש נרחב בתעשיית המוליכים למחצה בנוסף לשימושים אחרים כמו לדוגמא במחקר לגילוי חלקיקי נייטרינו.

א. רשום הערכות אלקטרוניים לאטום גליום במצב היסוד.



נתונה דיאגרמת אנרגיה חלקית של אטום גליום:



לשפופרת המכילה גליום גזי מספקים אנרגיה באמצעות פוטונים באנרגיה של  $3.402 \times 10^{-19} \text{ J}$ . כתוצאה מכך השפופרת פולטת אור.

ב. העתק את התרשים למחברת הבחינה וסמן על גבי התרשים באמצעות חצים את מעברי האנרגיה שאחראיים לפליטת האור.

ג. חשב את אורך הגל בעל האנרגיה הגבוהה ביותר בין קווי הפליטה שציירת. פרט חישוביך.

*אורך הגל בעל אנרגיה הגבוהה ביותר יהיה של פוטון הנפלט במעבר האלקטרון מרמה  $E_2$  לרמה  $E_0$ .*

$$E = h\nu = hc / \lambda$$

$$\lambda = hc / E = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{sec} \times 3 \times 10^8 \text{ m/sec} / 3.402 \times 10^{-19} \text{ J} = 5.85 \times 10^{-7} \text{ m} = 585 \text{ nm}$$

ד. כמה קווי פליטה יהיו בספקטרום אם יספקו לשפופרת אנרגיה באמצעות פוטונים באנרגיה של  $2.5 \text{ eV}$ . נמק ללא חישוב.

*לא יהיו קוי פליטה בכלל. כדי שתתרחש בליעה של פוטון הוא צריך להיות באנרגיה השווה בדיוק להפרש האנרגיה בין הרמות.*

תרכובות שונות של גליום הן מוליכות למחצה (מלי"מ) ומשמשות לייצור דיודות פולטות אור (LED).

להלן טבלה עם נתוני פער אנרגיה אסור של כמה תרכובות כאלה:

פער אנרגיה אסור (eV)	סוג מוליך למחצה
2.0	GaP
1.4	GaAs
3.1	GaN

ה. באיזה מוליך למחצה GaN או GaAs היית משתמש לשלט המפעיל את הטלוויזיה כאשר החיישן שלה עובד באור אינפרא אדום. הסבר ופרט חישוביך.

מוליך למחצה אשר יכול לשמש לשלט טלויזיה הוא GaAs. ניתן לחשב את אורך הגל הנפלט:

$$1.4\text{eV} = 2.24 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$E = h\nu = hc / \lambda$$

$$\lambda = hc / E = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{sec} \times 3 \times 10^8\text{m/sec} / 2.24 \times 10^{-19}\text{J} = 888\text{ nm IR}$$

למוליך למחצה GaN פער אנרגיה אסור גדול יותר ולכן האורך הגל אשר יפלט יהיה קצר יותר (סגול).

במטרה לבנות דיודה פולטת אור ממוליך למחצה GaP ביצעו הסממה של החומר באמצעות אחד החומרים מגנזיום או גופרית.

ו. האם צד ה-p של הדיודה עבר הסממה באמצעות מגנזיום (Mg) או באמצעות גופרית (S)? נמק.

כדי ליצור חורים ולקבל מוליך מסוג P חייבים לסמם באמצעות יסוד שיש לו פחות אלקטרונים מן היסוד המרכיב את המוליך למחצה. כיוון שהיסוד במוליך למחצה הוא גליום Ga, מן הטור השלישי, אז חייבים יסוד מן הטור השני, כלומר Mg.

ז. אם במליימ GaP נחליף חלק מאטומי Ga באטומי Al האם צבע האור שייפלט יהיה בכיוון האדום

או בכיוון הסגול בהשוואה ל-LED הבנוי מ-GaP? נמק.

אלומיניום מצוי בטבלה המחזוריים מעל גליום, ולכן פער האנרגיה יגדל. ולכן הצבע שייפלט יהיה לכיוון סגול.