

כימיה בישראל CHEMISTRY IN ISRAEL



בטאון החברה הישראלית לכימיה Bulletin of the Israel Chemical Society

גליון מספר 14, כסלו התשס"ד Issue No.14 December 2003

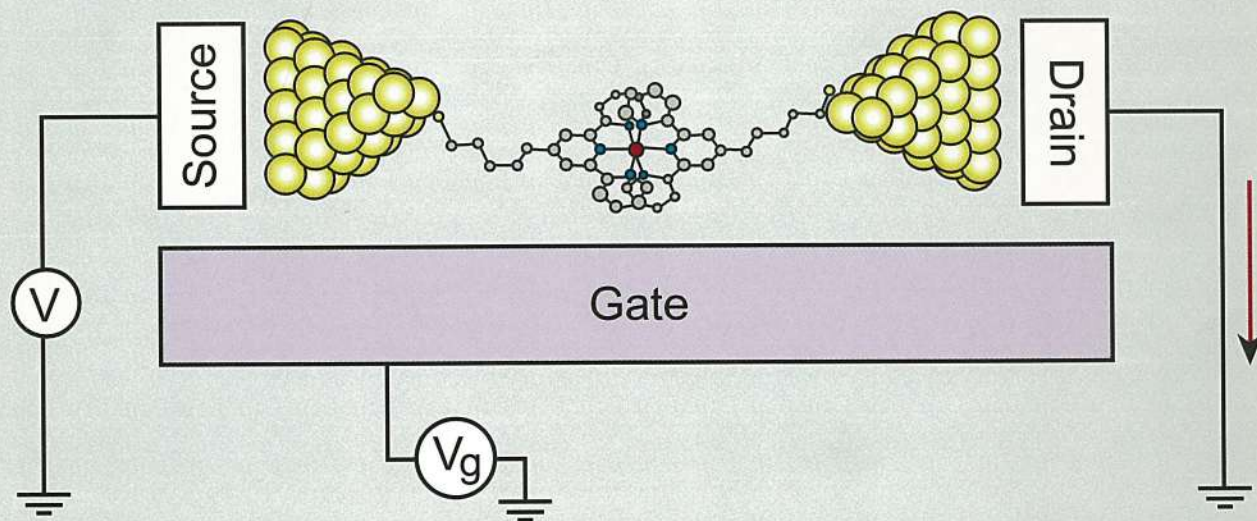


Diagram of a system for measuring electronic properties of a single molecule.

(Reprinted with permission from J. Park, et al., Nature 417, 722 (2002)

copyright 2001, AAAS; see article by Ratner and Nitzan p. 3)

כימיה בישראל - בטאון החברה הישראלית לכימיה

גליון מספר 14, כסלו התשס"ד, דצמבר 2003

web site: <http://www.weizmann.ac.il/ICS>

תוכן העניינים

פרסים

פרופ' אליעזר גלעד, מאוניברסיטת תל אביב, זכה בפרס
Olin-Palladium כאלקטרוכימיה 25

פרופ' דוד כאהן, ממכון ויצמן זכה בפרס Edwards
מטעם החברה הישראלית לוואקום 25

זיוה פתיר, מנכ"ל מכון התקנים
נבחרה לסגנית נשיא הארגון הבינלאומי לתקנים 25

מן הארכיון

לודוויג מונד - כימאי ותעשיין, אלפרד מונד - (לורד מלצ'יט)
מנהיג ציוני
בוב וינטראוב, מנהל הספריות, המכללה האקדמית להנדסה,
כאר-שבע ואשדוד 26

לזכר

פרופ' דוד לביא, מכון ויצמן למדע 32

תקצירים כאנונית 34

דבר המערכת 2

מאמרים מוזמנים

נווטכנולוגיה בראי בכימיה: אלקטרוניקה מולקולרית
מרק רטנר, אוניברסיטת נורת'וסטרן, ארצות הברית
אברהם ניצן, אוניברסיטת תל אביב (פרס החברה
הישראלית לכימיה 2002) 3

מולקולות ביולוגיות בפאזה גזית
חנה ליפשיץ, האוניברסיטה העברית ירושלים
(פרס החברה הישראלית לכימיה 2003) 14

Some observations on conducting
research in the digital era
אליעזר גלעד, אוניברסיטת תל אביב
(פרס אולין פלדיום 2003) 18

כינסים

הכינס ה-69 של החברה הישראלית לכימיה,
3-2 בפברואר 2004 22

הכינס ה-32 של האגודה הישראלית
לפולימרים ופלסטיקה, 12 בינואר 2004 24

חברי הוועד המנהל של החברה:

שמאי שפייר - נשיא, זאב איינשטין, חיים טוביאס, חיים כהן, רמי לידור, רוני נוימן,
דליה עובדיה, בלהה פיישר, מרים פרייברג, משה קול

חברי ועדת ביקורת:

זאב גולדשמידט, משה לוי, דני קוסט

עיצוב גרפי:

טלי ויזל, מחלקת גרפיקה, מכון ויצמן למדע, רחובות
www.weizmann.ac.il/graphics

חברי המערכת:

משה לוי יו"ר, מכון ויצמן למדע, טל: 08-9342120 moshe.levy@weizmann.ac.il
מוריס אייזן, הטכניון, טל: 04-8292680 chmoris@technion.ac.il
יוסי דנקונה, משרד התעשייה והמסחר, טל: 02-6220220 dancona@moit.gov.il
מירי קסנר, מכון ויצמן למדע, טל: 08-9378315 ntkesner@wis.weizmann.ac.il
אירון שני, אוניברסיטת בן-גוריון, טל: 08-6461196 ashani@bgumail.bgu.ac.il

כתובת המערכת:

פרופ' משה לוי, מחלקה לחומרים ופני שטח, מכון ויצמן למדע, רחובות 76100
טלפון 08-9342120 פקס 08-9344137 moshe.levy@weizmann.ac.il

להבין מה קורה". גלעדי מתאר במאמרו כמה ממחקריו בשנים האחרונות בתחום מעבר אלקטרוני ובדפוזיציה והמסה של מתכות.

השמות תל מונד ולורד מלציט מוכרים לכולנו אך הקשר להיסטוריה של הכימיה לא כל כך ידוע. במדור מן הארכיון מובא מאמרו של בוב וינטרוב בנושא זה. מסתבר שלדוויג מונד, שנולד בגרמניה ולמד כימיה במשך שלש שנים ללא קבלת תואר, היגר לאנגליה בשנת 1862, בגלל האנטישמיות הגואה בגרמניה. הוא עבד במשך הרבה שנים בפיתוח תהליך סודה-אמוניה, שהפך להצלחה מסחרית מדהימה. הוא פיתח תהליכים תעשייתיים אחרים, והחברה שבה עבד, הפכה ברכות הימים, לאחר מיזוגים שונים, למה שידוע היום כ- ICI. בנו, אלפרד מונד, היה למנהלה הראשון של החברה. אלפרד מונד הפך ללורד מלציט בשנת 1929 והיה לנשיא הראשון של ההסתדרות הציונית הבריטית, היה ממקימי הטכניון ונכח בטקס הפתיחה שלו בשנת 1925. הוא קנה שטחי קרקע גדולים בארץ ישראל ועל חלקם הוקם היישוב תל מונד. צילום של האנדרטה שהוקמה לזכרו ביישוב מובא במאמר.

פרופ' דוד לביא התחיל את עבודת הדוקטור שלו במכון למחקר על שם דניאל זיף בשנת 1939, והמשיך מאז לעבוד בריציפות באותו בנין, שהפך לחלק מהקמפוס הגדול של מכון ויצמן של היום. הוא היה פעיל במשך שנים רבות לאחר יציאתו לגימלאות והמשיך במחקריו שעיקרם היה בידוד חומרי טבע כחומרי מרפא. פרופ' דוד לביא היה נשיא החברה הישראלית לכימיה בשנים 1974-1977. הוא הלך לעולמו השנה, בגיל 87.

לבסוף נזכיר את הכינוס השנתי ה-69 של החברה הישראלית לכימיה שיוצא לדרך, ויתקיים במלון דוד אינטרקונטיננטל בתל אביב ב-2-3 לפברואר 2004. פרופ' יורם כהן, מאוניברסיטת תל-אביב, הוא יו"ר הוועדה המארגנת וציבור הכימאים והסטודנטים לכימיה נקרא בזאת להשתתף בכינוס המהווה הזדמנות לפגישה מדעית ומקצועית מעניינת.

המאמר הראשון שכותרתו "טכנולוגיה בראי הכימיה: אלקטרוניקה מולקולרית" נכתב ע"י פרופ' אברהם ניצן, מאוניברסיטת תל אביב, שזכה בפרס החברה הישראלית לכימיה לשנת 2002, ועמיתו פרופ' מרק רטנר, מאוניברסיטת נורת'וסטרן בארצות הברית. המחקרים מתארים מספר התפתחויות בהכנת מבנים מולקולריים, בניה מכוונת, מעבר אלקטרוני דרך מולקולה בודדת ומחקרים באופטו-אלקטרוניקה. הם צופים התפתחויות מסחריות מרחיקות לכת, כגון מכוונות מולקולריות, טרנזיסטורים מולקולריים, תאים פוטו-וולטאיים יעילים ביותר, ודור חדש של מחשבים אופטיים.

המאמר השני נכתב ע"י פרופ' חוה ליפשיץ, מהאוניברסיטה העברית, וזכת פרס החברה הישראלית לכימיה לשנת 2003. כותרתו "מולקולות ביולוגיות בפאזה גזית". השיטות החדשות בספקטרוסקופיה מסות מאפשרות הרחבת תחום המדידות במס-ספקטרומטריה למאקרו-מולקולות ולהגיע לתחום של מולקולות ביולוגיות כגון חלבונים ודניא ואפילו ריבוזומים. למחקרים אלה יהיו השלכות מרחיקות לכת בתחום הפרוטאומיקס שהולך וצובר תנופה. המאמר מתרכז במחקרים שנעשו בירושלים בפפטידים שונים והשלכות לגבי יציבותם וקבוע הפירוק שלהם.

מאמרו של פרופ' אליעזר גלעדי, מאוניברסיטת תל אביב, כותרתו "הערת על ניחול מחקר בתקופה הדיגיטלית". המאמר מבוסס על הרצאתו של פרופ' גלעדי בכנס החברה האלקטרוכימית באורלנדו, פלורידה, בטקס קבלת פרס Olin-Palladium. זהו הפרס היוקרתי ביותר של החברה האלקטרוכימית, והוא ניתן אחת לשנתיים מאז 1951. גלעדי מביע את דעתו השלילית על הנטייה המוגזמת לשים דגש על דיוק מקסימלי במדידות, במקום מחשבה מעמיקה על התופעות עצמן. לחיזוק דעותיו הוא מביא ציטוט ממרצה שנשאל על רגישות המדידה שלו והאם ניתן לבצעה בריכוזים נמוכים יותר. תשובתו הייתה "לא היה בכוחי להיכנס לספר השיאים של גינס - רציתי רק

ננוטכנולוגיה בראי הכימיה: אלקטרוניקה מולקולרית

מרק רטנר, המחלקה לכימיה, אוניברסיטת נורת'וסטרן, ארה"ב

אברהם ניצן, ביה"ס לכימיה, אוניברסיטת תל-אביב

תקציר

מאמר זה מהווה סקירה של המצב הנוכחי במחקר בתחום הננו, תוך שימת דגש על תחום האלקטרוניקה המולקולרית. אנו מציינים את התכונות המולקולריות העומדות ביסודו של הפוטנציאל הטמון בשימוש במולקולות כאלמנטים חשמליים, וסוקרים את המבנים המולקולריים שמצאו ומוצאים שימוש בהתקני ננו. תופעות מעבר אלקטרוניים דרך מבנים מולקולריים כאלה נסקרות הן באספקט התיאורטי והן במסגרת התוצאות הניסיוניות שהתקבלו עד כה. בפרט אנו מדגישים את התרומות המתחרות של תהליכי מינהור, הולכת פס ואקטיבציה מלווה בזרם קפיצות. אנו מתעכבים על כמה התפתחויות חדשות בתחום זה, כולל שימושים אפשריים בתופעות מגנטיות ואופטיות במערכות מולקולריות, ולבסוף בוחנים את האפשרויות העתידיות בתחום זה.

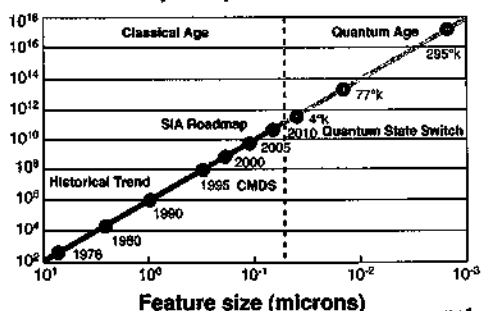
א. הקדמה

רבים העוסקים במחקר הכימיה מוצאים את עצמם לפתע במרכזה של פעילות במחקר הננו, ואין הדבר מפתיע שהרי "ננו" הוא סדר הגודל של מולקולה וכימיה היא הרי מדע המולקולות. מבחינה זו כולנו חוקרים ומלמדים "ננו". ואולם המושג "מדע ננו" כפי שהשתרש בשנים האחרונות מצומצם יותר, ועיקרו אינו מסתכם רק בגודל המערכת הנחקרת אלא בחבור בינה ובין העולם המקורסקופי. השאיפה לשליטה בתהליכים בהם חומר, אנרגיה ואינפורמציה עוברים בין רמת הננו והרמה בה אנו מתפקדים היא לבו של תחום המחקר המוכר היום כמדע הננו. האלקטרוניקה המולקולרית היא אחד המרכיבים החשובים של מדע זה¹. המחקר בתחום זה עוסק בהתנהגות האלקטרונית, ובהתקנים ושימושים הנגזרים ממנה, התלויים בתכונות החומר ברמה המולקולרית. יסודה של ההבטחה הגלומה בתחום זה הוא בעובדה שמולקולות הן מרכיבי המבנה של הטבע, ותכונות התקנים ברמה מולקולרית הולכת למעשה בעקבות דרך התפתחותן של מערכות חיות. יכולתם של עלים לקלוט אנרגיה, יכולת ההתכווצות של שרירים, יכולת אגירת האנרגיה של שומנים ויכולת החשיבה של המוח - הם כולם דוגמאות לפעילות הטבע ברמה המולקולרית ומקור השראה למאמציו בתחום האלקטרוניקה המולקולרית.

המחקר הטכנולוגי בתחום האלקטרוניקה המולקולרית מתרכז כיום בגלאים (sensors), שילוב גלאים עם קוצבים רפואיים, מסכי תצוגות (displays), חומרים "חכמים" המגיבים בצורה התלויה בגירוי שהם מקבלים, מנועים מולקולריים, התקנים לוגיים והתקני זיכרון, טרנזיסטורים מולקולריים ומערכות מולקולריות לתמסורת אנרגיה. האלקטרוניקה המולקולרית מבקשת לבנות התקנים כאלה במערכות המבוססות על מולקולה אחת או על מערכים מולקולריים (molecular arrays), כהתקנים בודדים או כחלק מרשת.

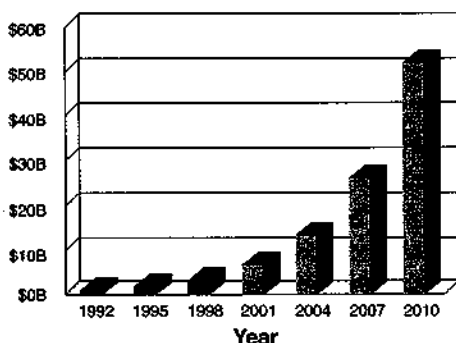
בנוסף ליתרון המתבקש מעבודה בסקלת הגדלים של הטבע, האלקטרוניקה המולקולרית זוכה לעניין רב בגלל ההתקדמות הרבה באמצעי ובדרישות המחשוב. תופעה שנצפתה לראשונה ע"י מור (ומכונה כיום "חוק מור") היא שמספר הטרנזיסטורים שניתן לצופף על שטח נתון של שבב סיליקון הוכפל בשלושים השנים האחרונות כל 18 חודשים (ציור 1א). "חוק מור" השני מצא שמחיר הבניה של מפעל להרכבת שבבי מחשב גדל גם

Number of chip components



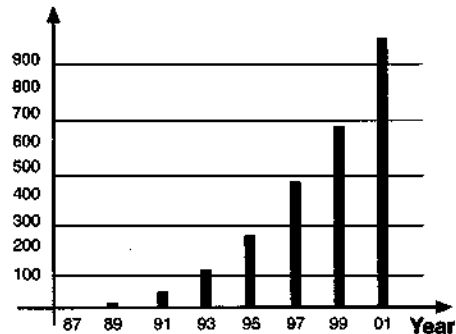
ציור 1א

Cost of Fab



ציור 1ב

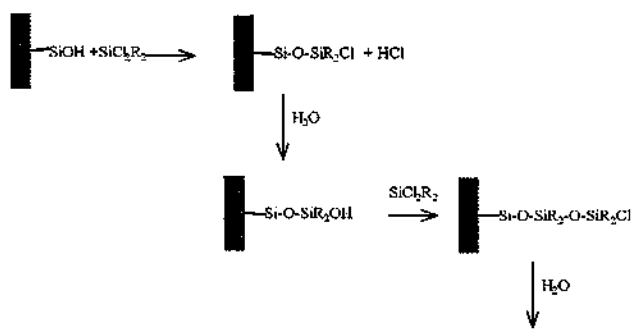
Citations to nanostructures



ציור 1ג

ציור 1: התפתחות מחקר הננו. א- השגיו בצפיפות הטרנזיסטורים על שבב סיליקון ("חוק מור" הראשון); ב- עליית מחירים של מפעלי בניית שבבים ("חוק מור" השני); ג- מספרי הציטוטים בתחום בשנים 1987-2001.

הומוגנית. דוגמה לכך היא היווצרות של שכבות חד-מולקולריות של אלקן-תיולים על זהב ועל מתכות אצילות אחרות. הכוח המניע את ההיבנות העצמית של שכבה מולקולרית זו על משטח המתכת הוא אינטראקציה מטיפוס חומצה/בסיס של לואיס בין הגפרית התיולית ובין משטח הזהב. השכבה הנוצרת משפיעה על תכונות הקישור של המשטחים האלה, משנה את ההידרופוביות שלהם, ויכולה ליצור שכבה מולקולרית שתגן על משטח המתכת ושתוכל לשמש גם כמרכיב במגע חשמלי.



לעיתים ההיבנות העצמית נשלטת ע"י קישור קוולנטי. דוגמה לכך היא ריאקציות דחיסה (קונדנסציה) ליצירת קשרי siloxane בתהליך

ריאקציות כאלה נחקרו במספר מעבדות, בעיקר ע"י מרקס (אוניברסיטת נורת'וסטרן)² וסגיב (מכון ויצמן)³. הפילם המולקולרי הנוצר בתהליך זה מיוצב ע"י קשרים קוולנטיים שהם חזקים יותר מהמבנים המיוצבים ע"י אינטראקציות לואיס הנוצרים במגע זהב-תיוול. עובדה זו מביאה ליצירת שכבות יציבות יותר, אם כי קלות פחות לשיפור מבנה ע"י annealing.

2. היברידים ושכבות מורכבות

הימצאותם של מרכיבים אחדים עם אינטראקציות בין-מולקולריות שונות יכול ליצור שכבות בעלות תכונות שונות מאלו של המרכיבים הטהורים. דוגמה להיבריד כזה הוא צדף-ים העשוי מננו-חלקיקים של חומרים אורגניים ומינרליים. דוגמאות להיברידים מולקולריים (בהם הערבוב בין המרכיבים נעשה ברמה המולקולרית) הם block copolymers וקומפלקסי תורם/מקבל (donor/acceptor) המשמשים בהתקנים אופטיים לא לינאריים. בחומרים אלה הקישור הוא קוולנטי. היברידים מעניינים במיוחד הם המבנים המתקבלים כאשר למולקולת DNA מקושרת קבוצה תיוולית המשמשת לקשירתם לננו-חלקיק מתכתי. המבנים המורכבים האלה מצאו תפקיד חשוב כחישה ביולוגיים (ביו-סנסורים) ל-DNA היברידים

הוא באופן אקספוננציאלי בתקופה זו (ציור 1b). ברור שבכל טכנולוגיה נתונה תופעה זו אינה יכולה להמשך מבלי להיתקל במגבלות שיעצרו אותה. מעגלים אלקטרוניים שבהם מולקולות בגודל 1 nm יחליפו טרנזיסטורים קונבנציונליים גדולים בהרבה יכולים להרחיק באופן ניכר את המועד בו ההתפתחות הטכנולוגית בכוח זה תאלץ להיעצר בגלל מגבלות פנימיות של המערכת. לאור זאת, אין זה מפתיע אולי שמספר הציטוטים המדעיים למונח "nanoscience" גדל גם הוא באופן אקספוננציאלי (ציור 1a).

כפי שכבר נאמר, לא פחות חשובה מגודל המולקולה היא יכולתן של מולקולות לקשור זו את זו ולהרכיב מבנים גדולים יותר המאופיינים ע"י דינמיקה סטריאוכימית תלת ממדית. האפשרות לבניה עצמית של מבנים מולקולריים תהיה חשובה במאמציו לפתח התקנים מולקולריים בעלי תכונות טכנולוגיות רצויות.

2. בניה (Fabrication)

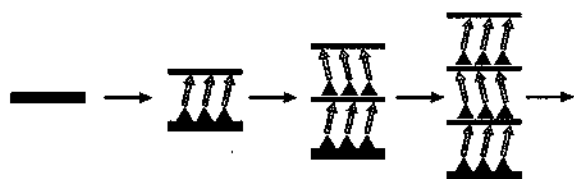
1. מולקולות ומבנים מולקולריים

הכימיה היא המדע העוסק בהכנת מבנים מולקולריים. כימיה סינתטית היא אחד העיסוקים העיקריים של הכימיה, וכמהלך הדורות הצליחה אכן ליצור כל דבר החל מצבע הארגמן ועד לגומי סינתטי, מגיילון ועד ויאגרה. הבעיות הקשות בהכנת מבנים המתבססים על תכונותיהן של מולקולות יחידות אינן בהכנת המולקולה אלא בשליטה במבנה כולו שבו המולקולה מקשרת בין חלקים אחרים של המערכת. אף על פי שכימיה סינתטית מסורתית בונה קשרים קוולנטיים, קשרים חלשים שאינם קוולנטיים עומדים במרכזם של מבנים רבים שאנו מוצאים במערכות מולקולריות טבעיות. למשל קשרי מימן ממלאים תפקיד עיקרי בקיום המבנה של כמה חלבונים, משיכה בין אורביטלות π של מישורים מולקולריים סמוכים (π -stacking interactions) חשובה בשמירת היציבות של DNA, אינטראקציות הידרופוביות מייצבות מבני ממברנות וכוחות דיספרסיה הם הגורמים העיקרים במעבר הפאזה של CO_2 לקרח יבש.

האלקטרוניקה המולקולרית משתמשת הן באינטראקציות קוולנטיות והן בכוחות חלשים יותר כדי ליצור מבנים מולקולריים ארוכי טווח. המונח "היבנות עצמית" (self assembly)⁴ מתאר תהליך בו מבנה מולקולרי נוצר באופן ספונטני בצורה המשקפת את הכוחות הבין מולקולריים ואת האינטראקציה עם הסביבה. היווצרות של גביש מנוזל מקורר ביתר היא דוגמה פשוטה לתהליך כזה, ואולם התהליכים המעניינים בהקשרים של אלקטרוניקה מולקולרית הם כאלה בהם המבנה הרצוי נוצר במשטח בין פאזי של מערכת לא

⁴מעניין לציין שהמונח "self assembled monolayer" נטבע לראשונה ע"י כתב של עיתון מדע פופולרי (New Scientist, 98, 20 (1983) כאשר סקר תוצאות של סגיב וקובצתו (L. Netzer and J. Sagiv, J. Am. Chem. Soc. 105 674 (1983)).

סימטרי אינם יכולים לפעול כמכילי תדירות. תכנון ההיבנות המכוונת כדי ליצר חומרים חסרי מרכז סימטריה יכול להשתמש בריאקציות כימיות מתאימות או להיעזר בשדה חשמלי או מגנטי חיצוני (צור 3). זה המקום להעיר כי יכולתנו להניע בניה מכוונת במעבדה נמוכה לאין שיעור מזו של הטבע. בספר המדע הבדיוני החדש של Michael Crichton "טרף" (Prey) מותקפים בני האדם ע"י רסיסי חומר שחור אשר יכולים לבנות את עצמם, כעין ננו-חלקיקים היכולים להוליד חלקיקים חדשים. במציאות אין בנמצא או בתכנון שום תהליך שיוכל ליצור ננו-חלקיקים כאלה.



צור 3. תיאור סכמטי של בניית שכבה מולקולרית עם אסימטריה פנימית על משטח.

1. טרנספורט

1. מגעי מינהור מולקולריים

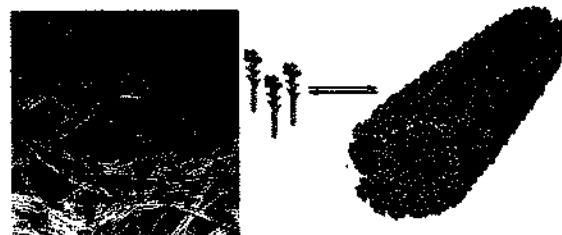
השאלה הפשוטה ביותר בתחום האלקטרוניקה המולקולרית היא בנושא ההולכה: האם מולקולה המקשרת בין שתי אלקטרודות יכולה להעביר זרם? המצאת מיקרוסקופ המנהור האלקטרוני (1983) ע"י Rohrer ו Binnig ממעבדות IBM בציריך היא ללא ספק האירוע היחיד החשוב ביותר עד כה בהתפתחות המדעית והטכנולוגית בתחום הננו. פעולתו של מיקרוסקופ זה מבוססת על מעבר זרם מנהור אלקטרוני בין קצהו של חוד מתכתי אטומי ובין משטח מוליך, והוא מסוגל להבחין באטומים או מולקולות על פני המשטח באמצעות העובדה שהזרם העובר תלוי במולקולה הספוחה שבין החוד למשטח. בנוסף, החוד האטומי יכול לשמש לדחיפה פיזית של אטומים או מולקולות על פני המשטח. כך, מיקרוסקופ המינהור האלקטרוני מאפשר לנו להבחין במבנה הטבע בסקלת האורך של אטום או מולקולה יחידים (כפי שמעידים אלפי תמונות הממלאות את דפי הספרות העולמית המתעדת תחום זה מאז המצאתו) - וגם ליצירת מבנים מולקולריים ע"י הזזת אטומים יחידים או מולקולות יחידות. דוגמה מרשימה ליכולת זו הוצגה לאחרונה². בנוסף, מנגנון הפעולה של מכשיר זה מהווה הוכחה לכך שמולקולה ספוחה יכולה לשמש כתווך להעברת אלקטרונים, כלומר כמוליך חשמלי.

טכנולוגית ההכנה של מגעי מוליכות מולקולריים כבר עברה את השלב הראשוני הזה של "הוכחת הקיום". המגעים המולקולריים הנחקרים כיום במספר מעבדות בעולם כבר נראים כמו גשרי מוליכות רגילים בהם מולקולה אחת או יותר מקשרות בין קתודה ואנודה מתכתיות (צור 4), ברוב

מעניינים אחרים שזכו לפרסום לאחרונה מתקבלים ע"י קישור בין צינוריות פחמן (carbon nanotubes) ופולימרים מתאימים³. צינוריות פחמן, אחד המבנים המולקולריים החשובים ביותר שהתגלו במאה שעברה, היא מולקולה קשיחה וארוכה העשויה מאטומי פחמן, הניתנת לתיאור כמבנה המתקבל כאשר משטח גרפיט מתגולל על עצמו כך שיתקבל גליל פחמן ארוך. צינוריות אלה הן מולקולות יציבות ביותר, בעלות חוזק מכני רב, מוליכות טובות של חשמל וחום אך אינן ניתנות בקלות לשינוי ושליטה כימיים. עבודה רבה מושקעת בניסיונות ליצור מולקולות מורכבות בהן שרשרת פולימרית עוטפת את צינורית הפחמן. המבנים המתקבלים מאחדים את החוזק המכני ותכונות ההולכה הטובות של צינורית הפחמן עם תכונות הקישור הכימי של מולקולת הפולימר העוטפת אותה.

4. בניה מכוונת

המונח "בניה מכוונת" (directed assembly) מציין תהליך של בניה עצמית המכוון להשגת מבנה מסוים רצוי. לפעמים הכוון מורכב ע"י הטבע, למשל בתהליך קיפול חלבון, בתהליך קישור DNA, ובכל תהליכי ההכרה בביוכימיה ובביוכימיה (bio-recognition processes). פעמים אחרות החוקר הוא היוצר את התנאים להתכוונות התהליך. כדוגמה, צור 2 מראה מודלים ליצירת מבני עצמות מלאכותיים ממחקר הנעשה במעבדתו של Stupp⁴ באוניברסיטת Northwestern. הסיב הצינורי הנראה בתמונה מורכב מפולימרים מולקולריים הנקשרים זה לזה. הכנתן של מולקולות אלה נעשית כך שהזרפן החיצוני של הצינוריות המתקבלות בנויה מסוג מסוים של טרי-פפטידים הפועלים כמרכזי קישור ליצירת עצם ע"י המערכת האוסטאובלסטית (מערכת יצירת העצם) של הגוף. בתמונה נראית גם התחלת היווצרות של עצם מסביב למבנה המולקולרי הצינורי שהוכן במעבדה.



צור 2. מודל ליצירת מבני עצמות מלאכותיים (ראה גוף המאמר).

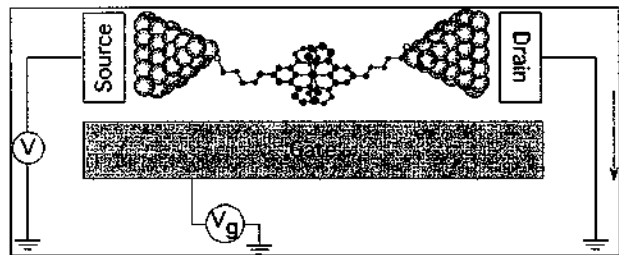
בשימושים שונים של אלקטרוניקה מולקולרית, למשל בשימושים אופטו-אלקטרוניים, חיוני לבנות לפעמים מבנים בעלי אסימטריה מתאימה. כדוגמה חומרים בעלי מבנה

הוא יכול לשהות בין הקפיצות. זהו מנגנון ההולכה הרגיל בתווכים מאקרוסקופיים, והוא מתרחש בהרבה חצאי מוליכים ובפולימרים מוליכים אלקטרוניים כאשר אורכם גדול מהמרחק שבין הפרעות לתנועה. באמצעותו המטען יכול לעבור דרך ארוכה לאורך הגשר המולקולרי.

המנגנון השלישי למעבר אלקטרון דרך מולקולה הוא מנגנון המנהור. במנגנון זה האלקטרון אינו מאכלס למעשה את הגשר המולקולרי אלא עובר דרך המולקולה בלי לשהות בה. מנגנון העברה כזה, המכונה לעיתים "חילוף-על" (super-exchange), יכול להיות חשוב במקרים בהם אנרגיית האלקטרון אינה מספיקה כדי לאכלס את הגשר המולקולרי בעוד שמרחק המעבר עצמו (אורך המוליך המולקולרי) אינו גדול.

שלושת המנגנונים האלה למעבר אלקטרוניים דרך מולקולות נבדלים זה מזה בתלותם באורך המולקולה. במעבר בליסטי המוליכות אינה תלויה באורך המוליך ואילו בתהליך הקפיצות היא יורדת בפרופורציה הפוכה לאורך זה. לעומת זאת היא יורדת באופן חריף, בתלות אקספוננציאלית, עם עליית אורך המוליך במנגנון חילוף-העל, ונעשית זניחה במנגנון זה באורכים גדולים מ-2-3 ננומטר. זוהי ההתנהגות הטיפוסית של הרבה מוליכים אורגניים במתחים נמוכים.

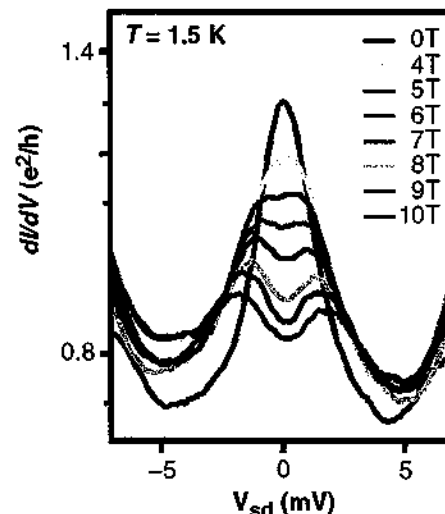
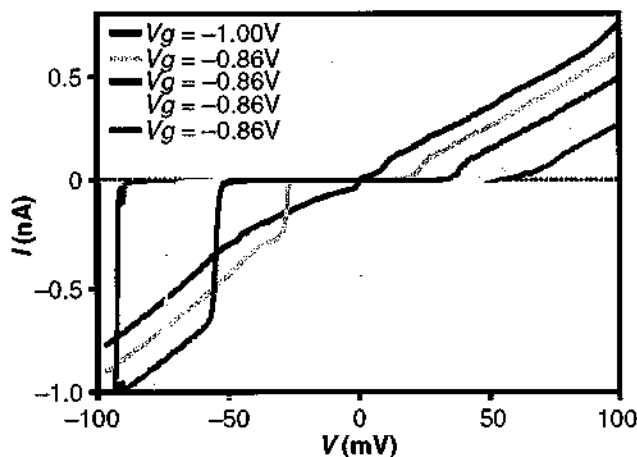
ההיסטוריה של מוליכים מולקולריים היא קצרה יחסית: Kuhn וקבוצתו מדדו מעבר אלקטרון דרך שכבות מולקולריות כאלה כבר בשנות השבעים⁹, ואולם המדידה הראשונה (בעזרת מיקרוסקופ מינהור) של מוליכות של מולקולה יחידה נעשתה רק ב-1995 ע"י קבוצה מאוניברסיטת Purdue⁹, שקבלה עבור מולקולת אלקיל-תילת התנגדות בסדר גודל של 12 מיליון-אום. בישראל נעשות כיום עבודות כאלה בקבוצותיהם של דוד כאהן במכון ויצמן ושל שחר ריכטר באוניברסיטת ת"א. DNA מהווה



ציור 4. סקיצה של ההתקן בו התקבלו התוצאות הנראות בציור 5¹⁰

המקרים עדין ללא אלקטרודת השער. יש לציין שברובם המכריע, החומרים המכונים "מולקולריים" הם מבודדים: או משתמשים בגומי או בחומר פלסטי לצפוי חוטי מתכת מוליכים כדי לבודד. ולמרות זאת, בתנאים המתאימים אלקטרוניים יכולים לעבור דרך מולקולות כפי שיוסבר להלן.

התיאוריה מלמדת שאלקטרוניים יכולים לעבור דרך מולקולות באחת משלוש דרכים. בראשונה התנועה היא בליסטית כלומר דומה לתנועתו של חלקיק חופשי במרחב, ללא הפרעות. ההולכה בצינוריות פחמן או ב"מקלות-ננו" (nanorods)- שרשרות קצרות של אטומי מתכת (ולאחרונה גם חצאי מוליכים כמו ניטריד הגליום או סיליקון) היא לעיתים כזו. תנועה בליסטית כזו מאפיינת מעבר דרך מוליכים שאורכם קצר מהמרחק האופייני שבין הפרעות הנגרמות ע"י פגמים במבנה, ההתנגשויות עם אי-ניקיונות ואינטראקציה עם התנועה הגרעינית. בשנייה, המוליכות הנצפית בניסיון היא תהליך בו האלקטרון עובר מן הקתודה לאנודה ע"י שרשרת קפיצות עוקבות דרך אתרים סמוכים בגשר המולקולרי בהם



ציור 5. תופעות המחסום הקולומבי (שמאל) ואפקט Kondo (ימין) במגע מולקולרי שבו מולקולה מסוג RSH-Co(tpy)-RSH מגשרת בין שתי אלקטרודות זהב¹⁰.

אלא אם כן המתח הוא כזה המאפשר התגברות על מחסום הפרוטנציאל החשמלי להזרקת מטען אל תוך המולקולה. התמונה הימנית מראה אפקט מעניין אחר: מכסימם ההתנגדות המתקבל במתח אפס בטמפרטורות נמוכות נובע מתופעה הנקראת אפקט Kondo, שהוא תוצאה של האינטראקציה בין אורביטלה מלאה למחצה על אטום המתכת (קובלט) שבמרכזו של הגשר המולקולרי, ובין אלקטרונים ההולכה של המתכת. התקן דומה שימש לאחרונה ניסוי מעניין אחר שבו יורם ולצר, פוסט-דוקטורנט ישראלי העובד באוניברסיטת Penn State, מדד כפונקציה של הטמפרטורה, את המעבר בין מוליכות-מנהור בטמפרטורות נמוכות ובין מוליכות-קפיצות בטמפרטורה גבוהה יותר ואת ההשפעה של אירועים לא אלסטיים בהם האלקטרון מאבד אנרגיה העוברת לויברציות של הגשר המולקולרי¹¹.

כל המדידות שהוזכרו ומספר רב של מדידות חשובות אחרות שנעשו בעשור האחרון עדיין נמצאות בשלב התחלתי. התחום סובל מבעיה קשה יחסית של חוסר הדירות: מדידות על אותה מערכת במעבדות שונות אינן מצליחות תמיד לתת תוצאות דומות, ואפילו מדידות חוזרות באותה מעבדה נותנות לפעמים תוצאות שמשמעותן מתבררת רק לאחר התבוננות במדגם סטטיסטי¹². פעמים רבות הסיבה לכך היא שמגעי תיול-זהב המשמשים ברוב הניסויים אינם יציבים ביותר ונתונים בטמפרטורות החדר לשינויים אקראיים. ציור 6 מראה תוצאה של מדידת מוליכות דרך שכבה חד-מולקולרית מעורבת, שהוכנה בבניה עצמית על זהב¹³. תמונות עוקבות מראות זרם מופיע ונעלם, התנהגות שהסיבה הסבירה לה היא שינוי בזמן של מבנה דינמי באזור המגע. דוגמה נוספת לתופעה זו ניתן למצוא בעבודה 14 שפורסמה לאחרונה. מעניין לציין שתלות הזרם במתח ניתנת פעמים רבות לאפיון בצורה טובה יותר מאשר הערך המוחלט של הזרם הנמדד. הסיבה לכך תובהר להלן.

(2) התיאוריה של מעבר אלקטרוני דרך מולקולות

שני גורמים מרכזיים משפיעים על המוליכות של מולקולה המחוברת בין שתי אלקטרודות. האחד הוא טיב הקשר בין המולקולה והמתכת בשני הקצוות. השני הוא יעילות המעבר דרך הגשר המולקולרי. Landauer, שפיתח את המחקר התיאורטי בתחום ההולכה ע"י מגעי-ננו (אבל לא עסק ספציפית במולקולות) הציע את הנוסחה הבאה לקשר שבין מוליכות המגע ובין סיכוי המעבר האלקטרוני¹⁵:

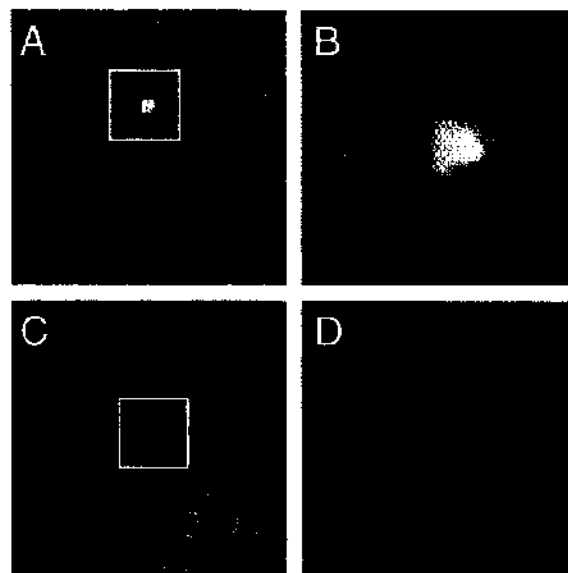
$$g = \frac{2e^2}{h} T; \quad T = \sum_i T_i \quad (1)$$

בביטוי זה g הוא המוליכות, e -מטען האלקטרון, h -קבוע פלנק ו- T_i הוא סיכוי המעבר עבור אלקטרון באופן-ההולכה i . (אופני ההולכה i מאפיינים את המצבים של תנועת האלקטרון

מטרה מרכזית במדידות כאלה, בין השאר בקבוצתו של דני פורת באוניברסיטה העברית (בווריאציה אחרת, שפותחה ע"י יואב אייכן, ארו בראון ואורי סיון מהטכניון, משמש ה-DNA כתבנית (template) ליצירת מוליכי-ננו מזהב). קשרים תיוליים עם אלקטרודות המתכת משחקים תפקיד מרכזי כמעט בכל מדידות המוליכות המולקולריות שפורסמו עד היום.

בנוסף להתקנים דמויי מיקרוסקופ המינהור, נעשית עבודה חשובה ב"מגעי שכירה" בהם מולקולות מחוברות בין שתי קצוות שהתקבלו משבירת חוט מתכת דק. עבודה אלגנטית במיוחד נעשתה לאחרונה במבנים בהם השכירה נעשית בצורה אלקטרוכימית: זרם חזק יחסית מועבר דרך תיל זהב דק (~20nm) וגורם לאלקטרו-מיגרציה וליצירת מרווח ברוחב של 1nm בו שכבה מולקולרית יכולה להיווצר בבניה עצמית. אם מבנה כזה מושם על משטח סיליקון היכול לשמש בעצמו כמקור מתח נמצא בידו התקן בין שלוש אלקטרודות: קצוות חוט הזהב מתפקדים כאלקטרודות מקור (source) ויציאה (drain) בעוד משטח הסיליקון מהווה אלקטרודת-שער (gate).

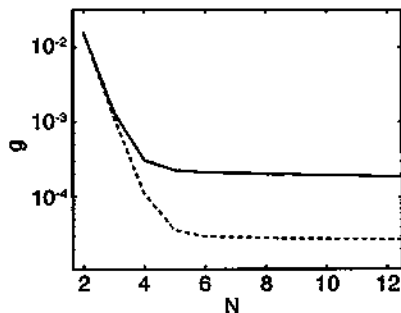
ציור 5 מראה תוצאות שהתקבלו לאחרונה ע"י קבוצת חוקרים מאוניברסיטת קורנל שעבדו בשיטה זו¹⁶. הגרף משמאל מראה תופעה המכונה Coulomb blockade - זרם אינו יכול לעבור



ציור 6. תנודות במוליכות של מגע בהן מולקולות מהסוג הנראה מלמטה (Z מציינ קבוצה תיולית) ספוחות (דרך קשר תיולי) על משטח זהב. האלקטרודה השנייה היא חוד של STM¹⁶.

$$T(E, V) = \text{Tr} \{ \Gamma_L G \Gamma_R G \} \quad (3)$$

(האופרטור Tr מציין סכום על כל מצבי הגשר המולקולרי). ציור 7 מראה סקיצה של הגדלים המופיעים במשוואות (2) ו-(3). את הפונקציות G ו- Γ ניתן לקבל מחשבים בשיטות של כימיה קוונטית ותורת הפיזור. הפונקציה G מכילה אינפורמציה על צורת האורביטלות המולקולריות ועל האנרגיות שלהן. התוצאה מראה שהמוליכות גבוהה יותר ככל שהאורביטלות המולקולריות ממקומות פחות, והיא גבוהה במיוחד במולקולות בהן האורביטלות האלו מתפשטות על פני כל המולקולה, בין



ציור 8. המוליכות g כפונקציה של אורך המוליך המולקולרי (מבוטא ע"י מספר האתרים N) במודל¹⁷ שבו ההולכה ע"י מינהור מתחרה בהולכת קפיצות. שני הקווים בציור מתייחסים לחוזקי צימוד שונים אל הסביבה התרמית.

שני הקצוות הקשורים לאלקטרודות. כמו כן עולה המוליכות ככל שאנרגיית האורביטלות דרכן עובר האלקטרון קרובה יותר לאנרגיית ההזרקה של אלקטרון למולקולה - אנרגיית פרמי של האלקטרודה המוסטת ע"י הפוטנציאל הנתון.

הביטויים (1)-(3) תופסים בהזנחת השפעת צימוד אפשרי בין האלקטרונים לסביבה התרמית של המולקולה. הזנחה זו מהווה קרוב טוב בטמפרטורה נמוכה ובגשרים מולקולריים קצרים יחסית. תיאוריה כללית יותר מראה¹⁸ בהסכמה עם הניסיון, מעבר בין הולכה ע"י מנהור לזרם-קפיצות הן כאשר הטמפרטורה עולה¹⁹ והן בטמפרטורה קבועה כאשר אורך המוליך המולקולרי גדל²⁰. ציור 8 מראה את האפקט השני: אנו רואים מעבר ממנגנון המנהור (בו המוליכות יורדת אקספוננציאלית עם עליית האורך) למנגנון הקפיצות (בו התלות באורך חלשה ואינה נראית בטווח האורכים שבציור) כאשר אורך המוליך המולקולרי גדל.

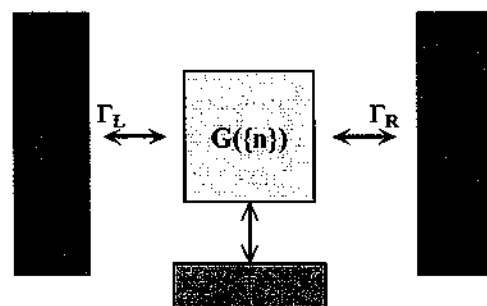
ההסתכלות במולקולה כמוליך חשמלי היא נקודת מבט חדשה ואולי מפתיעה על העולם המולקולרי, ואולם תהליכי מעבר אלקטרון בין מולקולות ודרכן עומדים כמרזו של תופעות כימיות בסיסיות כגון ריאקציות חמצון חזור. הביטוי (4) מציג את סיכויי המעבר של אלקטרון דרך מולקולה המגשרת בין שתי אלקטרודות כנקבע ע"י תכונה מולקולרית המתבטאת בפונקציה G וע"י חוזק האינטראקציות בין המולקולה

בכיוונים המאונכים לכיוון הזרם). המספר $2e^2/h = 1/(12000\Omega)$ (מסמן את יחידת ההתנגדות אוהם) מכונה לעתים "הקוונט של המוליכות" - זוהי התרומה למוליכות של אופן-הולכה i (channel) שבו סיכויי המעבר הוא 1. אם מוליך מולקולרי במגע בין שתי אלקטרודות היה מספק מצב כזה, היינו מודדים בערך מיליאמפר של זרם במפל פוטנציאל של 10 וולט. תרחיש כזה אינו בלתי אפשרי: התיאוריה מראה שבמקרה של רוזנס בין מצב מולקולרי הממוקם בין שתי אלקטרודות ובין רמות פרמי של האלקטרודות האלה סיכויי המעבר יכול להתקרב ל-1. במציאות הזרמים הנמדדים במגעים מולקולריים הם בדרך כלל מסדר גודל של 10^{-9} - 10^{-6} אמפר במפל פוטנציאל מסדר גודל של וולט אחד. יש להדגיש שהנוסחה מתקבלת עבור המקרה בו הפרש הפוטנציאל החשמלי בין האלקטרודות המקושרות ע"י המולקולה הוא קטן ביותר, והערכות המצויות במשפטים האחרונים מבוססות על ההנחה שהמוליכות אינה תלויה במתח גם במתחים גבוהים יחסית. ההכללה של הביטוי (2) למקרה של מפל פוטנציאל V כלשהו ניתנת ע"י¹⁶

(2)

$$I(V) = \frac{2e}{h} \int_{-\infty}^{\infty} dE (f(E) - f(E+eV)) T(E, V)$$

כאשר $I(V)$ הוא הזרם הנמדד במתח V ו- $f(E)$ היא פונקציה פרמי של האלקטרודות. במקרה הכללי הזרם אינו פונקציה ליניארית של המתח V גם בגלל שהפונקציה f אינה ליניארית וגם בגלל שסיכויי המעבר T יכול להיות תלוי במתח זה. הביטוי המיקרוסקופי לסיכוי זה ניתן באמצעות פונקציות גרין של הגשר המולקולרי ובאמצעות חוזק הצמוד בין המולקולה והאלקטרודות השמאלית (L) והימנית (R) המובע ע"י הפונקציות הספקטרליות המתאימות ו-



ציור 7. סקיצה של מגע מוליכות מולקולרי. המלבן הירוק (המרזב) מייצג את הגשר המולקולרי - מערכת המתוארת בבסיס של n מצבים מולקולריים ע"י מטריצת גרין מתאימה. המלבנים האפורים מייצגים את רצפי המצבים האלקטרוניים (1) ו- (2) של האלקטרודות, השמאלית והימנית כאשר Γ_L - Γ_R מבטאים את מהירות המעבר של האלקטרון מאתרים שונים במולקולה אל האלקטרודות המתאימות. המלבן הוורוד (התחתון) מייצג את הסביבה התרמית בטמפרטורה T .

והאלקטרודות המתבטאות בפונקציות Γ . אם סדר הגודל של Γ ידוע (ואכן ניתן למדודו בשיטות ספקטרליות ואחרות), ניתן למצוא קשר בין שני גדלים מדידים שונים: מקדם המהירות k של תהליך מעבר האלקטרון דרך מולקולה נתונה וההולכה g של מגע מולקולרי בה אותה מולקולה מגשרת בין שתי אלקטרודות. שימוש בהערכות ידועות של Γ מובילות לקשר המספרי¹⁹

$$g(\Omega^{-1}) \approx 10^{-17} k (s^{-1}) \quad (4)$$

שאינו לקחת כקשר כמותי אלא כהערכת סדר גודל בלבד.

ד. התפתחויות חדשות

היכולת להכין מגעים מולקולריים ולאפיין את מבנם מתפתחת במהירות, ואתה גם מגוון ואיכות התוצאות המתקבלות. "התפתחויות חדשות" בתחום זה פירושן לכן לרוב תוצאות מן השנה האחרונה. מספר קבוצות הכינו לאחרונה מגעים מולקולריים המתבססים על קשר קוולנטי בין מולקולות או שכבות מולקולריות ובין משטחים של מוליכים למחצה²⁰. קשרים אלה חזקים בצורה משמעותית מקשרי כסיס/חומצה של לואיס הנוצרים בין קבוצות תיוליות לזהב, והמבנה של המגעים הנוצרים בצורה זו יציב. יש לצפות שהפלוקטואציות המאפיינות מגעי תיול-זהב (ציור 6) לא יופיעו במערכות כאלה. במגעים כאלה תלות המוליכות במתח משקפת את המבנה האלקטרוני ובעיקר את צפיפות המצבים של המוליך למחצה. ההתנהגות הבלתי אופיינית[†] הנובעת מכך משקפת את ייחודן של אלקטרודות מסוג זה, ויכולה להיות בעלת חשיבות רבה בקביעת תכונות התגובה של החתקן בו הן ישמשו. מדידות המראות מעבר ממוליכות-מנהור למוליכות-קפיצות עם עליית הטמפרטורה נעשו לאחרונה במוליכים מולקולריים המבוססים על קשרים קוולנטיים של המוליך המולקולרי עם אלקטרודות פחמן¹⁸.

התוצאות שהוצגו בציור 5, המבטאות את השפעת אפקט Kondo על מוליכות המגע המולקולרי גם הן מהוות התפתחות משמעותית ביותר לגבי הבנת מנגנון ההולכה דרך המולקולה. אפקט Kondo מופיע כמקסימום בגרף המוליכות כנגד המתח בנקודה בה המתח מתאפס, בטמפרטורה נמוכה, עבור מוליך מולקולרי המאופיין ע"י ספין לא מאוזן (odd spin), ומבטא את השפעת הקורלציה בין האלקטרונים והספין שלהם על ההולכה.

התפתחות מעניינת אחרת באה מקבוצתו של רון נעמן במכון ויצמן. קבוצה זו בוחנת תהליכי מעבר אלקטרוניים דרך שכבות מולקולריות לא כהולכה בין שתי אלקטרודות אלא כתהליך פליטה אופטית (photoemission) ממתכות המכוסות בשכבות

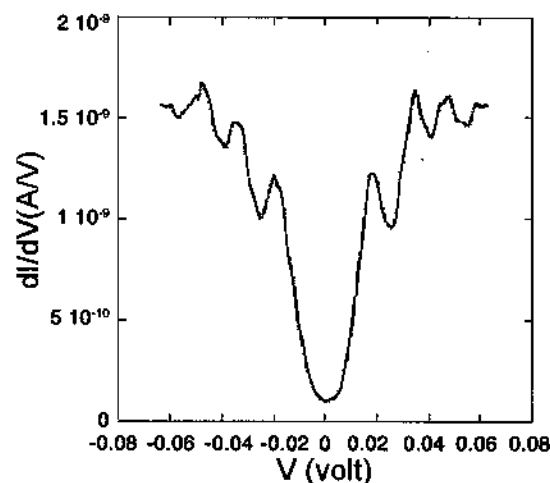
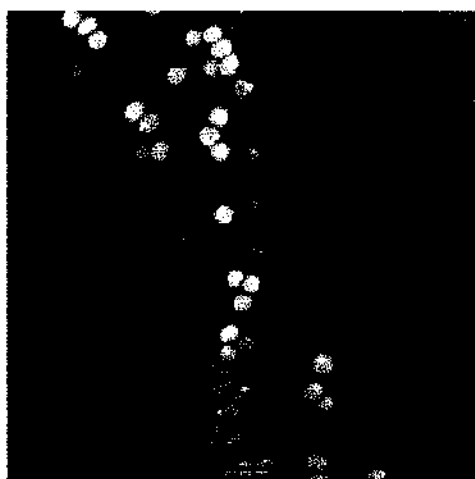
מולקולריות. בחינה של קיטוב האלקטרונים הנפלטים דרך שכבות מולקולריות קירליות ספוחות על משטחי זהב בעזרת קשר זהב-תיול, מראה ששכבות כאלה יכולות להציג רמה גבוהה של פרומגנטיות²¹. פרומגנטיות זו נוצרת כנראה באפקט קולקטיבי, ע"י אינטראקציה בין הספינים האלקטרוניים של מולקולות שונות הנוצרת באמצעות קיטוב המתכת עליה הן ספוחות.

כבר הזכרנו את השפעתם האפשרית של אינטראקציות לא אלסטיות על התנהגותם החשמלית של מוליכים מולקולריים. השפעה זו ניתן למדוד באופן ישיר דרך התנהגות הזרם כפונקציה של המתח בניסיון המכונה ספקטרוסקופיה מנהור בלתי אלסטית (inelastic tunneling spectroscopy). מבנה הספקטרום המופיע בגרף של נגזרת המוליכות כפונקציה של המתח משקף תהליכי מעבר אנרגיה בין האלקטרון העובר ובין התנדודות הויברציוניות של המולקולה. העובדה שהתנהגות זו נצפית²² מלמדת אותנו על מנגנון מעבר הזרם במולקולה, על התפקיד שממלאת האינטראקציה בין האלקטרון והגרעינים ועל חשיבותה של הסביבה התרמית, במקרה זה הויברציות, על תהליך ההולכה. חשיבות מעשית מכחינה ניסיונית נובעת גם מכך שסיגנל לא אלסטי המתאים לתדירות ויברציה מולקולרית מהווה הוכחה חד משמעית לכך שהזרם הנמדד אכן עובר דרך המוליך המולקולרי.

ה. מעבר למוליכות: אתגרים והזדמנויות באלקטרוניקה מולקולרית

השימוש האפשרי במולקולות כמוליכי זרם הוא מעניין לכשעצמו, אבל תכונותיהם הספציפיות של מוליכים אלה חשובות לא פחות. למעשה חלק מהעניין במולקולות כאלמנטים אלקטרוניים נבע מלכתחילה מהאפשרות להשתמש בהן כמיישרי זרם וכמתגים²⁴. ואכן יישור זרם ע"י מוליכים מולקולריים, המבטא את העובדה שמוליכות המולקולה יכולה להיות תלויה בכיוון הזרם, הודגם בכמה מעבדות²⁵ ומקורו זוהה כנובע מאסימטריה במבנה מולקולה או בקשרים בין המולקולה והאלקטרודות. התנהגות של מתג, כלומר הופעת שינוי חד והפיך בתכונה חשמלית כפונקציה של פרמטר נשלט (למשל המתח) גם היא נפוצה במוליכים מולקולריים כאלה בגלל הרגישות הרבה של המוליכות למבנה. ציור 6 מראה את שינויי המוליכות הנובעים מתנדודות אקראיות במבנה המגע המולקולרי. התנהגות זו אופיינית לתצפיות הנעשות על מולקולה יחידה, והמזכירה למשל את ההתנהגות האופטית הנצפית בספקטרוסקופיה של מולקולה כזו. אם נצליח לשלוט בתגובות אלה יהיה בידנו מתג. אפשרות אחרת להתנהגות של מתג אפשר למצוא במגע מולקולרי בו לפחות

[†] "התנהגות אופיינית" היא מונח המאפיין מוליכים "רגילים" המקימים את חוק אוהם, כלומר הזרם העובר בהם נמצא ביחס ישר למתח.



ציור 9. משמאל, תמונת מיקרוסקופ מנהור אלקטרוני של DNA עם חלקיקי-נו של זהב בין שתי אלקטרודות זהב. מימין גרף המוליכות כפונקציה של המתח מראה את המבנה האופייני של Coulomb blockade

הגלאים. ציור 9 מראה תוצאות שעדיין לא פורסמו ממעבדתו של Mirkin שבאוניברסיטת Northwestern: חלקיקי ננו של זהב ברדיוס 14 ננומטר מקושרים ביניהם ע"י שרשרות DNA (בעזרת קשר תיולי). מוליכות המערכת המתקבלת מראה תופעות של Coulomb blockade הקשורות בטעינתם של חלקיקי הזהב, ובנוסף תלות חזקה של המוליכות במבנה ה-DNA ובהיברידזציה שלו. תלות זו יכולה לכן לשמש כגלאי למבנה המתאים.

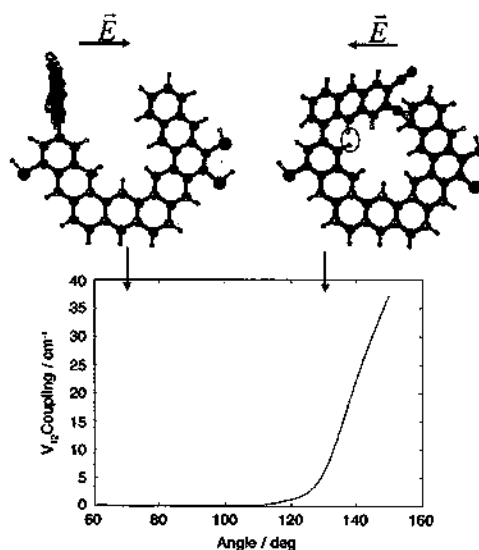
ככלל, תלות חזקה של המוליכות במבנה המולקולה, הקיימת בעיקר בתחום מוליכות המנהור, יכולה לגרום לתופעות מיתוג חדות. ציור 10 מראה דוגמה²⁶ שבה סבוב של קבוצת די-כלורו-נפטיל סביב לקשר מולקולרי משולש יכול לגרום לשינוי בפקטור 100 במוליכות, כלומר לסגירה או פתיחה אפקטיבית של מעגל ההולכה המולקולרי. חישוב זה מדגים שניתן עקרונית לנצל את הדינמיקה הסטראוכימית של המולקולה לשליטה בתכונות של התקן מולקולרי.

אחד השטחים הפעילים ביותר של האלקטרוניקה המולקולרית הוא פיתוח גלאים חדשים. פעולתם של גלאי DNA מבוססת לרוב ע"י קישור גדיל (strand) "מטרה" יחיד עם הגדיל המשלים שלו, ומעקב אחרי הקומפלס המתקבל על פי מוליכות, הפלואורסנציה שלו, תכונות פזור אור או שינויים אופטיים אחרים. השימוש בעירור תנודות פלסמוניות משטחיות של חלקיקי מתכת קטנים (surface plasmon resonances) תופס לאחרונה תאוצה בין שיטות הגילוי האלה.²⁸

הזרם העובר דרך מגעים מולקולריים מהווה לעיתים הפרעה כימית המובילה לסוג אפשרי חדש של יצירת מבנים ע"י שימוש בקצה (טיפ) של מיקרוסקופ מנהור כאמצעי להשראת ריאקציה מקומית מתחת לטיפ. עבודתו החלוצית של Ho

אחת האלקטרודות היא מוליך למחצה: ההתנהגות החשמלית במגעים כאלה יכולה להשתנות באופן חד בתחום מתח צר בגלל הרגישות למתח של מבנה צפיפות המצבים של המוליך למחצה בתחום הרמות האלקטרוניות המולקולריות. מרתקות אפילו יותר הן מולקולות בהן מבנה השלד הגרעיני מאפשר כמה נקודות יציבות עם אפשרות מעבר ביניהן²⁶, כאשר קונפיגורציות שונות מתאימות לתכונות הולכה שונות.

גם מולקולות DNA יכולות להתנהג כמתגים בגלל הרגישות הרבה של תכונות הטרנספורט שלהן לשינויים במבנה ההיברידזציה שלהם. תופעות אלה הן בעלות שימושים בתחום



ציור 10. הדגמה חישובית של תלות המוליכות בקונפיגורציה המולקולרית²⁶.



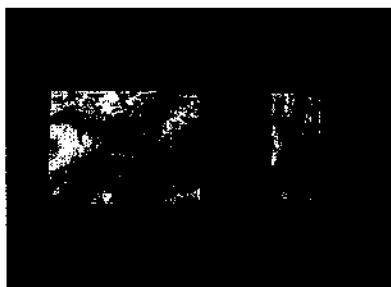
Computer Wristwatch
IBM/eMagin



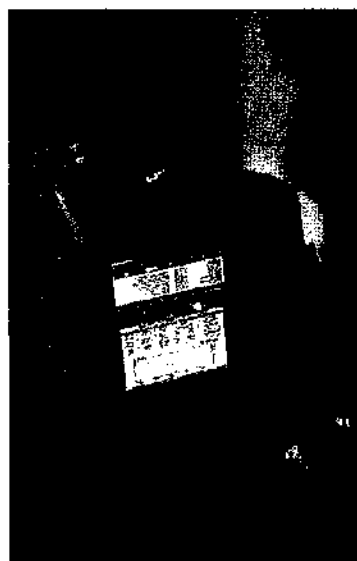
Northwestern Blue
OLED



Autostereo Display
Pioneer



TV Display
Kodak



Microdisplay
eMagin



Northwestern Green
OLED



Flexible OLED
Uniax

ציור 11. מספר דוגמאות למערכות LED המפותחות בתעשייה.

הנוצרים ליד אלקטרודה אחת וחורים שמקורם באלקטרודה האחרת זורמים אלו לקראת אלה דרך התווך האורגני ומגיבים כאשר הם נפגשים על אותה מולקולה ליצירת המולקולה במצב מעורר פולט אור. התוצאה היא מכשיר פולט אור היעיל בהרבה מנורות חשמל רגילות. ציור 11 מראה תמונות של מבני LED המתחילים כיום להופיע בשוק המסחרי. מערך משטחי של אלמנטים כאלה יכול להחליף את הגבישים הנזולים במסכי תצוגה כמו אלה של מחשבים ושעונים.

כוון פיתוח אחר של האופטו-אלקטרוניקה הוא החישוב האופטי, המבוסס על מפסקים אופטיים שהשליטה בהם, כלומר עבוד הנתונים, נעשית בעזרת אותות אופטיים אחרים. השילוב בין ערוך אופטי ובין תכונות ההולכה החשמלית של חומרים מולקולריים הוא דרך נוספת להשגת שליטה בתגובות של מערכת כזו. העקרונות האלה הודגמו במספר מערכות, בין השאר במעבדתו של זהר אמיתי בטכניון³² (בשיתוף עם קבוצתיהם התיאורטיות של רוני קוזלוב באוניברסיטה

הראתה שורם אלקטרוניים העובר דרך מולקולות פחמימנים יכול לגרום ליציאתם של אטומי מימן מהמולקולה³². מחקר בקבוצתו של יעקב סגיב במכון וייצמן הראה שניתן להשתמש בזרם העובר בין טיפ מתכתי למשטח מתכת המצופה בשכבה מונו-מולקולרית מתאימה כדי לגרום לריאקציות חמצון-חיזור מקומיות על המשטח ובצורה זו ליצור מבנים שישמשו כמערכת הכרה מולקולרית³³. תמר זיידמן, היום באוניברסיטת נורת'וסטרן, הכלילה את תאורית ההולכה החשמלית שתוארה למעלה כדי להסביר ולחזות את מהלכן של ריאקציות כימיות בהשפעת זרם חשמלי דרך מגעים מולקולריים³⁴.

אופטו-אלקטרוניקה היא הכינוי לתחום המחקר המתאר את השפעת הגומלין בין אור ובין הדינמיקה האלקטרונית בתווך נתון. פיתוחן של דיאודות אורגניות פולטות אור מהווה את אחת ההצלחות הגדולות של תחום זה. דיאודות אלה משתמשות במולקולות אורגניות עם קבוצות כרומופוריות פולטות אור כחלק ממבנה הולכה מולקולרי. אלקטרוניים

והן באספקטים התיאורטיים של התנהגות מולקולרית בסביבה מסוג שונה ותחת תנאי שפה שלא נחקרו עד כה.

References

- ¹ (a) J. Jortner and M. Bixon, in *Advances in Chemical Physics*, edited by I. Prigogine and S. Rice (Wiley, New York, 1999), Vol. 106, (b) C. Joachim, J. K. Gimzewski, and A. Aviram, *Nature* 408, 541 (2000), (c) A. Nitzan, *Ann. Rev. Phys. Chem.* 52, 681 (2001), (d) P. Hanggi, M. Ratner, and S. Yaliraki, 2002), Vol. *Chemical Physics*, 281, 111-502, J. R. Heath and M. A. Ratner, *Physics Today* 56(5), 43 (2003), (e) A. Nitzan and M. Ratner, *Science* 300, 1384 (2003), (f) D. M. Adams, L. Brus, C. E. D. Chidsey, et al., *J. Phys. Chem. B* 107, 6668 (2003)
- ² Q. Huang, J. Cui, J.G.C Veinot, H. Yan and T.J. Marks, *Appl. Phys. Lett.*, 82, 331 (2003)
- ³ J. Sagiv, *J. Am. Chem. Soc.* 102, 92 (1980)
- R. Maoz, E. Frydman, S.R. Cohen and J. Sagiv, *Adv. Mat.* 12, 725 (2000)
- ⁴ R. Bashir, *Superlattices and microstructures*, 29, 1 (2001)
- ⁵ A. Carrillo, J. A. Swartz, J. M. Gamba, et al., *Nano Lett.* 3, 1437 (2003)
- ⁶ J. D. Hartgerink, E. Beniash, and S. I. Stupp, *Science* 294, 1684 (2001)
- ⁷ G. V. Nazin, X. H. Qiu, and W. Ho, *Science* 302, 77(2003)
- ⁸ H. Kuhn, *Pure and Appl. Chem.* 51, 341 (1979)
- ⁹ M. Dorogi, J. Gomez, R. Osifchin, et al., *Phys. Review B-Condensed Matter* 52, 9071 (1995)
- ¹⁰ J. Park, et al., *Nature* 417, 722-725 (2002).
- ¹¹ Y. Selzer, M. A. Cabassi, T. S. Mayer, Y. Yao, J. M. Tour and D. L. Allara, to be published
- ¹² X. D. Cui, A. Primak, X. Zarate, et al., *Science* 294, 571 (2001), B. Xu and N. J. Tao, *Science* 301, 1221 (2003)
- ¹³ Z. J. Donhauser, B. A. Mantooth, K. F. Kelly, et al, *Science* 292, 2303 (2001)
- ¹⁴ G. K. Ramachandran, T. J. Hopson, A. M. Rawlett, et al., *Science* 300, 1413 (2003)
- ¹⁵ R. Landauer, *IBM J. Res. Dev.* 1, 223 (1957), Y. Imry, *Introduction to Mesoscopic Physics* (Oxford University Press, Oxford, 1997)
- ¹⁶ S. Datta, *Electric transport in Mesoscopic Systems*

העברית ומשה שפירא במכון וייצמן, והשטח ממשך לעורר עניין רב.

הדיון שלנו בנושא האלקטרוניקה המולקולרית החל בהזכרת "חוק" Moore ובחינה של השימוש האפשרי במולקולות כאלמנטים לוגיים או יחידות זיכרון במערכת אלקטרונית. גישות שונות נוסו במסגרת זו. הראשונה, ואולי הפשוטה ביותר, מבוססת על השימוש במולקולות כמקשרים (interconnects), מפסקים, שערים (gates), קבלים ואולי גם יחידות השראות (inductors). כעקרון ניתן להכתיב את עיקר המאמץ בתחום זה כניסיון לפתח טרנזיסטור מולקולרי. עדין לא הגענו לתוצאה מסחרית של מאמץ זה ואולם האפשרות לבנות מעגלים מבוססים על מולקולות היכולים לשמש כהתקני זיכרון ולוגיקה נבחנת בימים אלה. כמו כן הודגמה כבר פעולתם של התקנים מולקולריים בהם העברת האינפורמציה מבוססת על עקרונות אחרים: שימוש בשורה של סביבונים מולקולריים המסוגלת להעביר סיגנל חשמלי-מכני¹⁶, אוטומטים סלולאריים מולקולריים (molecular cellular automata) המעבירים סיגנל ע"י השראה הדדית בין קונפיגורציות שונות לאורך שרשרת מולקולרית¹⁷ ועוד. המאמץ בתחום זה מכון, כפי שכבר אמרנו, להשגת אמצעי חישוב המבוסס על תכונות מולקולריות, כאשר ברקע ניצבת ההבטחה הגלומה באפשרות ליצור מבנים מולקולריים מתאימים בעלות נמוכה בעזרת היכנות עצמית, וזאת בניגוד לעלות הגבוהה הצפויה ממעורר נוסף של מחשב הסיליקון.

1. סכום

בחוגים שונים מדובר על נוטכנולוגיה כעל "הרעיון הגדול הבא", ואנו רואים גידול עצום בעניין המסחרי בכל האספקטים של מדע הננו, כולל אלקטרוניקה מולקולרית. האפשרויות שהוזכרו למעלה: מכונות מולקולריות, דיאודות מולקולריות פולטות אור, טרנזיסטורים מולקולריים, מתגים, מחשבים וגלאים מולקולריים מסוגים שונים, הן רק חלק ממספר הרעיונות שהועלו בשנים האחרונות. השימוש באלקטרוניקה מולקולרית בתהליכי המרת אנרגית אור השמש לאנרגיה חשמלית גם הוא אפשרות שיש לה התחלות במעבדה. התגשמותה המעשית של אפשרות כזו פרושה מתן אמצעים ליצירת אנרגיה ללא זיהום אור, ללא פליטת פחמן דו חמצני וללא האפשרות ההרסנית לשינוי אקלים עולמי. להתגשמותן של אפילו חלק מאפשרויות אלה תהיה השפעה אדירה על החברה בה אנו חיים. השגת מטרות אלה לא תהיה קלה ובוודאי שלא מהירה, ואולם חלק מהתגליות בתחום זה כבר עבר משלב המחקר המדעי אל שלב הפיתוח הטכנולוגי. גם מהבחינה המדעית הטהורה ממשיך תחום המחקר הזה להציב בפנינו אתגרים מרתקים הן בתחום הסתננות והבניה של מבנים מולקולריים מורכבים, הן בשאלת המעקב אחרי תכונות מולקולריות, כגון הולכת חשמל וחום, שעד לפני זמן קצר נמדדו רק בהקשרן המאקרוסקופי,

(Cambridge University Press, Cambridge, 1995)

¹⁷ D. Segal, A. Nitzan, W. B. Davis, et al., J. Phys. Chem. B 104, 3817 (2000)

¹⁸ F. Anariba and R. L. McCreery, J. Physical Chemistry B 106 (40), 10355 (2002)

¹⁹ A. Nitzan, J. Phys. Chem. A 105, 2677 (2001)

²⁰ R. A. Wolkow, Jpn. J. Appl. Phys. 1, 40 (2001); M. C. Hersam et al, Nanotechnology 11, 70 (2000)

²¹ I. Carmeli, G. Leitun, R. Naaman, et al., J. Chem Phys. 118, 10372 (2003)

²² J. R. Hahn and W. Ho, Phys. Rev. Lett. 87 (2001), N. Lorente, M. Persson, L. J. Lauhon, et al., Phys. Rev. Lett. 86, 2593 (2001)

²³ A. Aviram and M. A. Ratner, Chem. Phys. Lett. 29, 277 (1974); D. H. Waldeck and D. N. Beratan, Science 261, 576 (1993)

²⁴ See, e.g. (a) R. M. Metzger, J. Solid State Chemistry 168, 696 (2002); (b) Y. J. Zhang, Y. Li, Q. Liu, et al.,

Synthetic Metals 128, 43 (2002)

²⁵ C. P. Collier, G. Mattersteig, E. W. Wong, et al, Science 289, 1172 (2000)

²⁶ A. Troisi and M.A. Ratner, to be published

²⁷ A. D. McFarland and R. P. Van Duyne, Nano Letters 3, 1057 (2003)

²⁸ L. J. Lauhon and W. Ho, Phys. Rev. Lett. 84, 1527 (2000)

²⁹ R. Maoz, E. Frydman, S. R. Cohen and J. Sagiv, Adv. Materials 12, 725 (2000)

³⁰ T. Seideman, J. Physics-Condensed Matter 15, R521 (2003)

³¹ J. Vala, Z. Amitay, B. Zhang, S. R. Leone, and R. Kosloff, Phys. Rev. A 66, 062316 (2002).

³² S. W. DeLeeuw, D. Solvaeson, M. A. Ratner, et al., J Phys Chem B 102, 3876 (1998); J. Vacek and J. Michl,

Proc. Natl. Acad. Sci USA 98, 5481 (2001)

³³ C. S. Lent and B. Isaksen, IEEE Trans. Electron Device 50, 1890 (2003)

פרופ' מרק רטנר

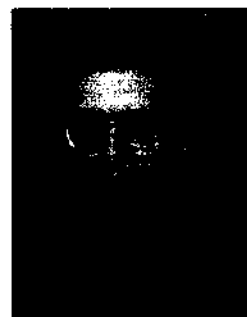
מרק רטנר נולד בקליבלנד, למד באוניברסיטת הארוורד ועשה את עבודת הדוקטורט שלו באוניברסיטת Northwestern. את תקופת הפוסט דוקטורט בילה בדנמרק ובמינכן. לימד חמש שנים באוניברסיטת ניו-יורק לפני שעבר לאוניברסיטת Northwestern בשנת 1975. שם כהן כראש



המחלקה לכימיה, כמשנה לדרן הפקולטה למדעים ואומנויות, כראש קבוצה במרכז למחקר חמרים, כאחד המנהלים של המכון לנגו-טכנולוגיה וכמכין הקפה של הקבוצה לכימיה תיאורטית. מאז שנת 2000 הוא מחזיק בקתדרת מוריסון. מחקריו הם בתחומי הדינמיקה של תהליכים כימיים, האלקטרוניקה המולקולרית, חקר המבנים של מקרומולקולות ביולוגיות ושינוייהם והולכה יונית בפולימרים. בנוסף לפרסי המורה המצטיין שקבל פעמים רבות הוא מחברם (בשיתוף) של שני ספרים וכארבע מאות מאמרים מדעיים. הוא מקיים קשרים הדוקים עם המדע הישראלי ובין השאר הוא חבר בחברי הנאמנים של אוניברסיטת ת"א ושל האוניברסיטה העברית. הוא זכה במלגת Sloan בשנת 1972, הוא קבל את פרס Feynman בשנת 2001 ונבחר כעמית של החברה האמריקאית לפיזיקה, כחבר באקדמיה האמריקאית לאומנויות ומדעים וכחבר באקדמיה הלאומית למדעים.

פרופ' אברהם ניצן

אברהם ניצן נולד בישראל בשנת 1944. למד כימיה באוניברסיטה העברית במסגרת העתודה האקדמית, וסיים שם תואר ראשון ב-1964 ותואר שני (עם פרופסור גדעון שפסקי) ב-1966. את עבודת הדוקטורט עשה באוניברסיטת ת"א



בהזדרכת פרופסור יהושע יורטר וסיימה בשנת 1972. לאחר פוסט-דוקטורט ב-MIT כמלגאי פולברייט, ושנת עבודה כאסיסטנט-פרופסור באוניברסיטת Northwestern וכעמית מחקר באוניברסיטה של שיקגו, הוא חזר לאוניברסיטת ת"א ב-1975. הוא מכהן שם כפרופסור מן המניין מאז 1982 להוציא שנה (1991) בה היה פרופסור אורח במכון ויצמן. באוניברסיטת ת"א כהן ניצן כראש בית הספר לכימיה בשנים 7-1984, וכדקן הפקולטה למדעים מדויקים בשנים 8-1995. מחקרו מתמקד בתחום הדינמיקה הכימית ותופעות טרנספורט בפאזות מעובות ובמשטחים בין פאזיים. זכה בפרס קולטהוף (1995), בפרס הומבולדט (1995) ובפרס החברה הישראלית לכימיה (2002), ונבחר כעמית של החברה האמריקאית לפיזיקה (APS) ושל האגודה האמריקאית לקידום המדע (AAAS).

מולקולות ביולוגיות בפאזה הגזית

חנה ליפשיץ, המחלקה לכימיה פיזיקלית ומרכז פרקס לתהליכים מושרי אור, האוניברסיטה העברית בירושלים

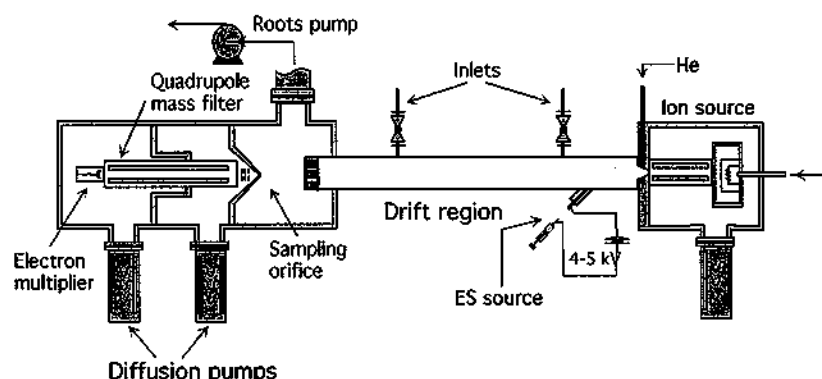
בחומצות האמיניות בתמיסה מימית הפרוטון עובר מן הקצה הקרבוקסילי לקצה האמיני. כתוצאה ממעבר זה הן צוויטריוניות, דהיינו בעלות מטען חיובי בקצה האמיני ומטען שלילי בקצה הקרבוקסילי. לעומת זאת בפאזה הגזית הן נייטרליות. אפילו ארגינין שהיא החומצה הבסיסית ביותר מבין כל החומצות האמיניות אינה קיימת כצוויטריון בפאזה הגזית. חישובים קוונטו-כימיים מראים שהקונפורמר הנייטרלי מעט יותר יציב בפאזה הגזית מאשר המבנה הצוויטריוני. לעומת זאת סדר היציבות מתהפך עפ"י החישוב כאשר דנים בדימר שעבר פרוטונציה. היות מייצב את הצוויטריון, ונוצר מבנה של יון המחובר לצוויטריון עפ"י סדר מטענים כלהלן: $^+ - +$. במעבדות הקבוצה המס-ספקטרומטרית של המכון לכימיה באוניברסיטה העברית הקמנו שתי מערכות ניסיוניות לחקר תגובות של ביומולקולות בפאזה הגזית:

מולקולות ביולוגיות בפאזה הגזית הן נושא בעל עניין רב. שתי שיטות שפותחו למטרת העברתן של מולקולות ביולוגיות לפאזה הגזית ללא פירוקן שולטות היום בכיפה:

1. Laser Desorption (LD) - דסורפציה ע"י לייזר
Matrix Assisted Laser Desorption and Ionization (MALDI) - והרחבתה

2. יינון ע"י פיזור טיפות מתמיסה כתוצאה ממפל מתח -

Electrospray Ionization (ESI)² -
הן זיכו את מגליהן (Fenn, Tanaka)^{1,2} בפרס נובל. היכולת להביא מולקולות ביולוגיות כחלבונים, בסיסי DNA ואפילו ריבוזום לפאזה הגזית ללא פירוק הביאה לידי מהפכה בתחום ספקטרומטריה המסות ויש החושבים שספקטרומטריה המסות היא 'אבן הרוזטה' של תחום הפרוטאומיקס (ציטוט מדברי פרופסור קתרין פנסלאו).



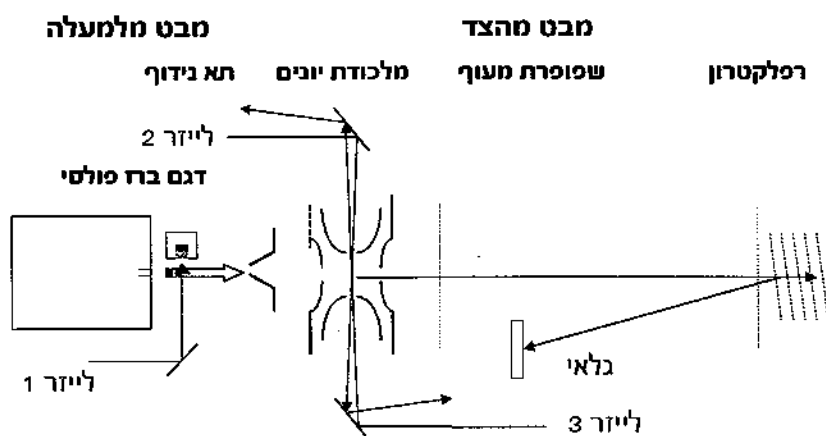
ציור 1. מערכת זרימה לחקר קינטיקה של תגובות של מולקולות ביולוגיות בפאזה הגזית. ES - מקור אלקטרוסטריי ליינון והנדפה של מולקולות ביולוגיות. המגיבים הנייטרלים מוכנסים דרך אחת מן הכניסות 'Inlets'. זמן התגובה מוגדר ע"י מהירות הגז הנושא (He) וע"י אורך השפופרת. התוצרים מתגלים ע"י ספקטרומטר מסות קואדרופולר.

1. מערכת זרימה מהירה למעקב אחר תגובות בימולקולריות. במערכת זו המגיבים היוניים נוצרים בעזרת יינון באלקטרוסטריי (ES), ראה ציור מס' 1, ומוזרקים לתוך שפופרת ובה גז נושא, He. זוהי מערכת למעקב אחר תגובות עם מולקולות נייטרליות, של פפטידים וחלבונים שעברו פרוטונציה.

2. מערכת פוטודיסוציאציה בהפרדה זמנית למעקב אחר תגובות אונימולקולריות. במערכת השנייה היינון יוצא לפועל ע"י לייזר. זוהי מערכת המשמשת למעקב אחר תגובות אונימולקולריות של רדיקל-קטיונים ביולוגיים. ראה ציור 2.

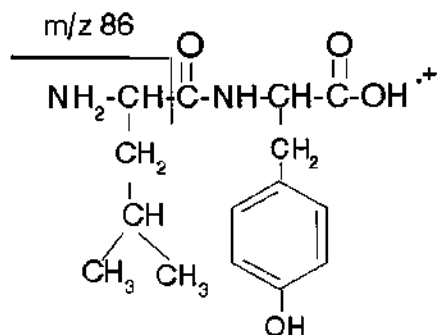
במערכת הראשונה חקרנו לאחרונה את הדימר של ארגינין ואיששנו באופן ניסיוני את ההנחה של יציבות מבנה גשר המלח. המונומר שעבר פרוטונציה נראה בסכמה מס' 1. כדי ליצור את הדימר, הוא מתחבר למונומר נוסף השונה מקודמו בכך שבמקום קבוצה קרבוקסילית COOH קיימת בו קבוצה אניונית: COO⁻. הוכחת קיום מבנה גשר מלח נעשתה ע"י חילוף מימן דויתרי (H/D) של כל המימנים הלביליים בדימר, דהיינו כל

יינון באלקטרוסטריי בשילוב עם ספקטרומטריה מסות (ESI-MS) מוכר בזה שהוא יוצר מולקולות רב-טעונות. חלבונים נטענים ע"י התקשרות עם מספר רב של פרוטונים לאתרים הבסיסיים של החלבון. כמו כן נמצא שקיימת היווצרות של מולטימרים וצבירים המקושרים ע"י קשרי מימן. לנושא זה חשיבות מיוחדת לאור התפקיד החשוב שיש בביולוגיה למערכים סופרה-מולקולרים בעלי קשרים לא-קוולנטים. תגלית בעלת עניין מיוחד היתה האוליגומריזציה העצמית של החומצה האמינית סרין כשהיא עוברת פרוטונציה. נוצר אוקטמר המורכב משמונה מולקולות של סרין ופרוטון אחד. היווצרות האוקטמר היא סלקטיבית מבחינה קירלית.³ פירוש הדבר שהאוקטמר נוצר בהעדפה כאשר כל שמונה המולקולות הן בעלות אותו קיטוב אופטי - או שכולן *L-serine* או שכולן *D-serine*. תופעה זו עשויה להיות בעלת משמעות בהקשר עם מנגנון היווצרות ראשית החיים,⁴ כי כידוע בגוף החי שולטות חומצות אמיניות שכולן *L*.



ציור 2. מערכת פוטודיסוציאציה בהפרדה זמנית לחקר קינטיקה של תגובות אונימולקולריות. לייזר מס' 1 מבצע דסורפציה של המולקולות הביולוגיות ממצע של גרפיט, לייזר מס' 2 מבצע יינון בתוך מלכודת יונים של המולקולות הנייטרליות שהועברו לפאזה הגזית ע"י הלייזר הראשון, ולייזר מס' 3 מבצע פוטודיסוציאציה ליונים שנוצרו. התוצרים מתגלים בספקטרומטר מסוג זמן מעוף (Time-of-Flight).

הפפטיד הזה בולע את אור הלייזר ע"י הקבוצה הארומטית ומתייבן בקצה הקרבווקסילי ומתפרק בקצה האמיני כדי לתת את יון האימוניום בעל יחס מסה למטען 86, כמצוין בסכמה. כדי שתגובה זו תצא לפועל, המטען והאנרגיה המאותרים באופן התחלתי בקצה הקרבווקסילי חייבים לעבור לקצה האמיני. השאלה היא האם האנרגיה מתפלגת על פני כל דרגות החופש של המולקולה באופן סטטיסטי או שהמולקולה מתפרקת באופן מהיר כך שהפילוג אינו מספיק לחול. קבענו את קבועי הקצב בשני הפפטידים הבאים: הדיפפטיד לאוציל-טירוזין והטריפפטיד לאוציל-לאוציל-טירוזין. קבועי הקצב נמדדו באנרגיות פנימיות מוגדרות. שני הפפטידים הם בעלי קבוצה כרומופורית (בלועת אור) זהה - הקבוצה הארומטית, עוברים את אותה בקיעה מולקולרית אך שונים זה מזה בגדלם - דהיינו במספר דרגות החופש שלהם. מצאנו² שאם אנחנו מבצעים יינון

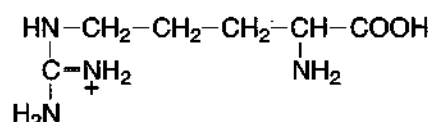


סכמה מס' 2 הדיפפטיד לאוציל טירוזין ותוצר תגובת הבקיעה שלו, יון האימוניום ביחס מסה למטען 86 m/z .

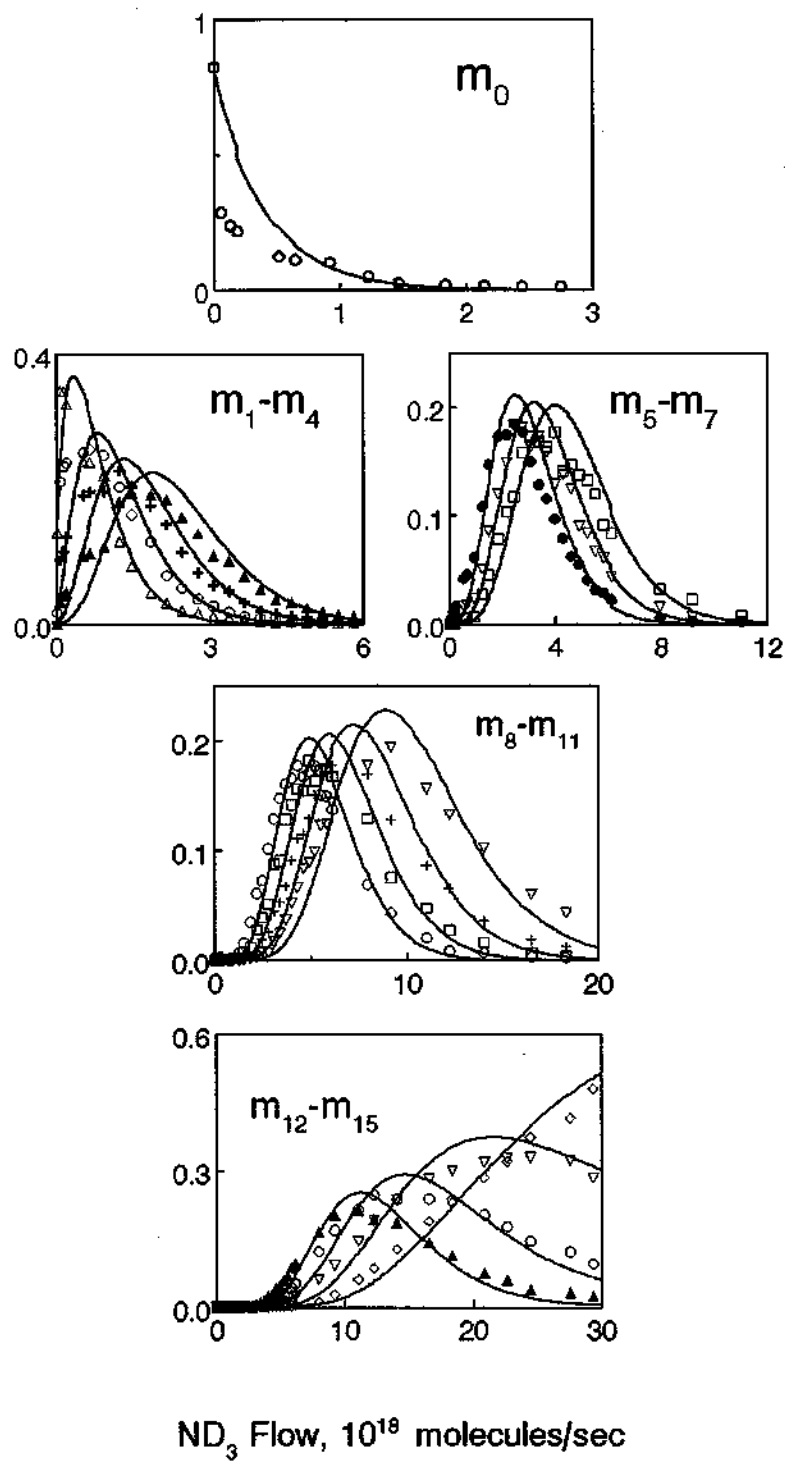
המימנים המחוברים להטרו-אטומים. קיימים חמישה עשר מימנים כאלה. במבנה של גשר המלח שתי קבוצות הגואנידינו שהן קבוצות בשרשרות הצדדיות של הארגינינים עוברות פרוטונציה, האחת ע"י הפרוטון המוסף והשניה ע"י הפרוטון שעבר מאחת מן הקבוצות הקרבווקסיליות. המימנים הבלבילים הם: 10 מימנים (5x2) בקבוצת הגואנידינו, 4 מימנים (2x2) בקבוצת האמינו ומימן קרבווקסילי יחיד.

חמישה עשר חילופים עוקבים נראים בתגובה של אמוניה- d_3 עם הדימר של ארגינין בזרימות הולכות וגדלות של המגיב הנייטרלי, ציור 3. פיתחנו אלגוריתם שמאפשר לחלץ קבועי קצב נפרדים לכל אחד מחמישה עשר האתרים השונים של הדימר. הנקודות בציור 3 הן ניסיוניות ואילו העקומות הרציפות הן מחושבות כך שמתקבלת התאמה טובה ביותר בין סט קבועי הקצב לניסיון.⁶ נמצא שיש קבוע אחד גבוה (של המימן הקרבווקסילי הבודד) וארבעה עשר קבועים נמוכים לשאר המימנים.

במערכת השניה חקרנו את השאלה האם חל פילוג אקראי של אנרגיה ויברטורית בתוך פפטיד טרם פירוקו. בחרנו פפטיד שמכיל את החומצה האמינית טירוזין בקצה הקרבווקסילי ואת החומצה האמינית לאוצין בקצה האמיני, סכמה מס' 2.



סכמה מס' 1 מולקולת החומצה האמינית ארגינין שעברה פרוטונציה.



צור 3. שכיחויות יחסיות של היונים המתקבלים מחילופי H/D של הדימר של ארגנין ע"י זרימות הולכות וגדלות של ND_3 . סכום השכיחויות מנורמל ליחידה. זרימת המגיב הנייטרלי, ND_3 , מובעת ביחידות של 10^{18} מולקולות לשניה.

- ¹ a. Tanaka, K.; Waki, H.; Ido, Y.; Akita, S.; Yoshida, Y.; Yoshida, T. *Rapid Comm. In Mass Spectrom.*, 1988, 2, 151-153;
b. Karas, M.; Hillenkamp, F. *Anal. Chem.* 1988, 60, 2299.
² Fenn, J. B.; Mann, M.; Meng, C. K.; Wong, S. F.; Whitehouse, C. M. *Mass Spectrom. Rev.* 1990, 9, 37.
³ Cooks, R. G.; Zhang, D.; Koch, K. J.; Gozzo, F. G.; Eberlin, M. N. *Anal. Chem.* 2001, 73, 3646.
⁴ Julian, R. R.; Hodyss, R.; Kinnear, B.; Jarrold, M. F.; Beauchamp, J. L. *J. Phys. Chem. B* 2002, 106, 1219.
⁵ Strittmatter, E. F.; Williams, E. R. *J. Phys. Chem. A* 2000, 104, 6069.
⁶ Reuben, B. G.; Ritov, Y.; Geller, O.; McFarland, M. A.; Marshall, A. G.; Lifshitz, C. *Chem. Phys. Lett.* 2003, 380, 88.
⁷ Hu, Y.; Hadas, B.; Davidovitz, M.; Balta, B.; Lifshitz, C. *J. Phys. Chem. A*, 2003, 107, 6507.

פרופ' חוה ליפשיץ

חוה ליפשיץ למדה כימיה באוניברסיטה העברית בירושלים וסיימה דוקטורט בכימיה קרינת בשנת 1961, בהדרכת פרופסור גבריאל שטיין. היא הייתה בהשתלמות פוסטדוקטורלית בשנים 1961-1963 באוניברסיטת קורנל בקבוצתו של פרופסור פרנקלין לונג. היא חזרה למחלקה לכימיה פיזיקלית באוניברסיטה העברית ב-1963, בה היא פרופסור ונשאת הקתדרה בכימיה על שם ארצי ומרגורי שרמן. היא הייתה מדענית אורחת במספר מוסדות כולל במעבדות הלאומיות בארגון, ארה"ב, אוניברסיטת קורנל ובסיס חיל האוויר רייט-פטרסון.

פרופ' ליפשיץ שימשה כראש החוג לכימיה (1972-1976) וראש המכון לכימיה (1994-1997) באוניברסיטה העברית. תחומי המחקר העיקריים שלה הם ספקטרומטריה מסות, כימיה יונית בפאזה הגזית, דינמיקה של תגובות, פוטוויזון, צבירים, פולריזם ומולקולות ביולוגיות קטנות.

היא זכתה בפרס החברה הישראלית לכימיה לשנת 2003.

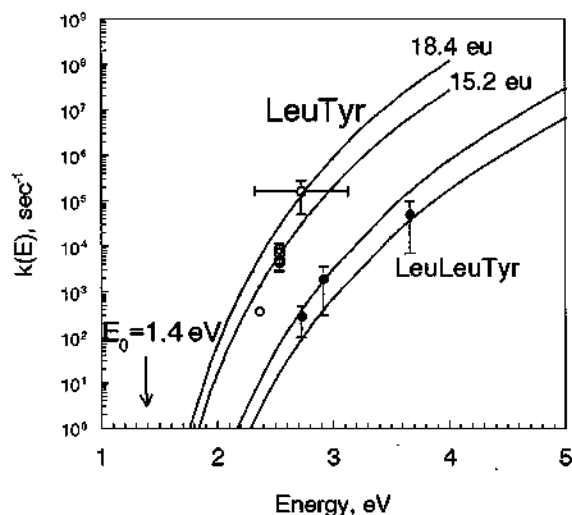


לשני הפפטידים, נותנים להם לאבד אנרגיה במלכודת משך 2 שניות ואחריה מעוררים את היונים לאותו עודף אנרגיה בעזרת פוטון של תח 579 nm קבועי הקצב הם

$$(2.9 \pm 1.9) 10^2 \text{ s}^{-1} \text{ ו- } (4.8 \pm 1.8) 10^3 \text{ s}^{-1}$$

לדיפפטיד ולטרופפטיד, בהתאמה. תוצאה זו מראה שיש מתאם ברור בין אורך השרשרת של הפפטיד (כלומר מספר דרגות החופש שלו) לבין קבוע הפירוק. ככל שהפפטיד גדול יותר, התגובה יותר איטית בהתאם לידוע מתיאוריות סטטיסטיות של פירוקים אונימולקולריים, על פיהן חל פילוג אקראי של האנרגיה הפנים מולקולרית טרם פירוק.

ביצענו מספר ניסויים בשורה של אנרגיות של הפוטון המעורר. קבענו עבור שני הפפטידים את קבועי הקצב הניסויי כפונקציה של האנרגיה הפנימית E, והשוונו את התוצאות עם חישובים תיאורטיים עפ"י התיאוריה הנקראת RRKM. ההתאמה שהתקבלה, ציור 4, הייתה די טובה. בעת האחרונה הופיעו מספר מאמרים הטוענים להתנהגות ייחודית של מולקולות ביולוגיות בכל הנוגע למעברי מטען ופילוגי אנרגיה פנים-מולקולריים. המסקנה מעבודתנו עד כה היא שבכל הקשור לפפטידים קטנים אין התנהגותם שונה מן הצפוי לגבי מולקולות אורגניות רגילות אחרות.



ציור 4. קבועי קצב מיקרוקוניניים, $k(E)$, עבור פירוקים אונימולקולריים של פפטידים שהם קטיון-רדיקלים. LeuTyr הוא לאוציל-טירוזין ו- LeuLeuTyr הוא לאוציל-לאוציל-טירוזין. הנקודות הן ניסיוניות ואילו העקומות הן מחושבות. בחישוב הנחנו כי אנרגיית הסף (אנרגיית השפעול) היא 1.4 eV ואנטרופיית האקטיבציה היא בתחום מ-15.2 עד 18.4 יחידות אנטרופיה (eu).

SOME OBSERVATIONS ON CONDUCTING RESEARCH IN THE DIGITAL ERA

The Olin Palladium Award Lecture, delivered at the 204th meeting of the Electrochemical Society, Orlando, Florida, October, 2003.

Eliezer Gileadi, School of Chemistry, Tel Aviv University.

1. Some General Issues in Science

1.1 The digital revolution in scientific measurements

Before the Digital Revolution (BDR) our main effort was centered on making accurate measurements. Reading the current or the potential on a meter was limited by the linearity of the scale and by our ability to read the result accurately. Some instruments were equipped with a mirror behind the scale to prevent parallax. To make a real accurate measurement one used a bridge, in which resistors and capacitors were balanced to obtain a zero reading. In short, our ability to understand the physical world around us and formulate the laws by which it operates was limited by our ability to measure it accurately enough.

Now, After the Digital Revolution (ADR), we can measure everything with superb accuracy. But can we understand the data? In electrochemistry, for example, it is easy to measure the potential with respect to a reference electrode with an accuracy of $\pm 1 \mu\text{V}$, but in most cases we cannot reproduce the chemistry to better than $\pm 1 \text{ mV}$.

The above comments do not imply that the digital revolution is bad for science – it is indeed wonderful. It allows us to concentrate our attention on understanding nature, not on barely trying to measure it. But since we can measure more accurately, we observe a lot more of the “fine structure” of physical phenomena, and great care in interpreting the data is called for.

1.2 Adding my name to the Guinness book of records

Recently a colleague presented his work in our electrochemistry seminar. He was asked about the sensitivity of his measurement – could he do it at a lower concentration? I loved his answer. He said:

“It has not been my intention to enter the Guinness Book of Records. I just wanted to understand what was going on”.

I loved it, because too many of us do just that, measure something with the highest sensitivity, the fastest transient, the smallest number of molecules etc., to achieve a new record; to be included in the Guinness Book of Records. What was the question? What is the new insight gained? Who cares, as long as you were the first ever to have made such a wonderful measurement?

There is nothing wrong in making more accurate measurements. It is one of the most important endeavors in science. It may be a problem, however, if it becomes the only route taken, or even if it becomes our most important endeavor. We must raise our heads once in a while from the bench and look over the horizon. After all, measurements are just one of the tools we use to understand science; they have no inherent value of their own.

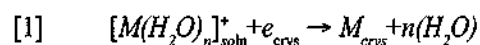
It is somewhat unfortunate that the current generation of successful scientist have mostly become a generation of Equipment Builders rather than of Deep Thinkers. But that is where the glory is. That is where chasing the citation index has been driving us all. That is where the digital revolution has taken most of us. Even theoreticians tend to follow a similar trend. They too find it expedient to jump from one field to another, whichever happens to be the most fashionable at the moment, instead of persisting in solving deep problems. It is likely to lead to more citations, more invited lectures, more papers - and consequently faster promotions. How wonderful would it be if we could bar the use of statistical data in the deliberations of promotion and tenure committees?

Next thing we know, each candidate for promotion or tenure will be represented by a lawyer in the appropriate committee – that would surely be the end of excellence at universities, as we know it!

2. Highlights of our recent work

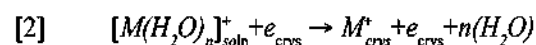
2.1 Electron transfer during metal deposition and dissolution

For a long time I have been fascinated with the apparently simple process of metal deposition. It is written in the form

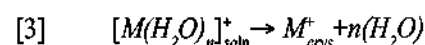


The energies of hydration have been calculated. For mono-valent ions they are about 5 eV and they increase sharply with charge. Thus, metal ions are strongly stabilized by hydration, and they have to shed this hydration shell in order to be incorporated into the metal lattice. One might tentatively expect that metal deposition would be a very slow process, but the opposite is observed experimentally. The rate constants for deposition of some of the metals are among the fastest electrode reactions known.

I consider this to be one of the open questions in electrode kinetics, which has been ignored in the literature. But there is more to it than that! Eq.1 cannot be the correct representation of the metal deposition process, since it implies that metals consist of neutral atoms, while it is well known that they consist of a lattice of positive ions immersed in a cloud of delocalized electrons. Accordingly, Eq.1 should be rewritten as



This apparently formal change in the way the equation is written makes a great difference in the model that should be used to discuss the kinetics of this process. What it shows is that the electrons were in the crystal lattice in the initial state, and they are there in the final state. Indeed the overall reaction of metal deposition should be written as



All we have done in the transition from Eq.2 to Eq.3 was to eliminate species which appear on both sides of the equation, which is how we learn to balance chemical equations in the freshman chemistry course.

But the consequence is far reaching. *Since electrons do not take part in the overall reaction, there is no reason to assume that they would participate in the transfer of charge across the interface!* Indeed, there is every reason to believe that they would not. The same argument can be made for metal dissolution.

If we accept the above argument, we have to rethink the whole field of metal deposition and dissolution. *The theory of charge transfer in electrode kinetics has been, in essence, synonymous with the theory of electron transfer.* Admittedly, ion transfer has been discussed as a partial alternative, but only as a partial one. In such theories the ion is assumed to penetrate the double layer to some extent, but deposition of the metal ion is not considered to be over until an electron has been transferred across the interface. This may no longer be the correct model to use.

This does not apply to redox reactions in which electrons are exchanged between the metal and some species in solution. During hydrogen evolution, for example, the electrons transferred from the metal to H_3O^+ ions are carried into the gas phase in the H_2 molecules. This is qualitatively different from the case shown by Equations 2 and 3.

2.2 Liquid-like Layers (LLL)

The first to observe the phenomenon of surface-pre-melting, leading to the formation of a liquid-like layer at the surface of ice, was Faraday. The phenomenon is important in determining important natural phenomena such as the sliding of glaciers and the generation of hail storms, for engineering problems such as the frosting of aircraft wings and formation of ice on high-power transmission lines, as well as for our fundamental understanding of the structure of interfaces. Electrochemistry provides a special opportunity to study this phenomenon, since the surface can be modified in situ by controlling the potential across a metal/frozen electrolyte interface, and by modifying the surface of the metal. Employing an EQCM and studying its admittance spectrum allowed us to develop models describing the properties of the LLL under different experimental conditions.

In Fig.1 we show the resonance frequency as a function of potential for a LLL formed at the surface

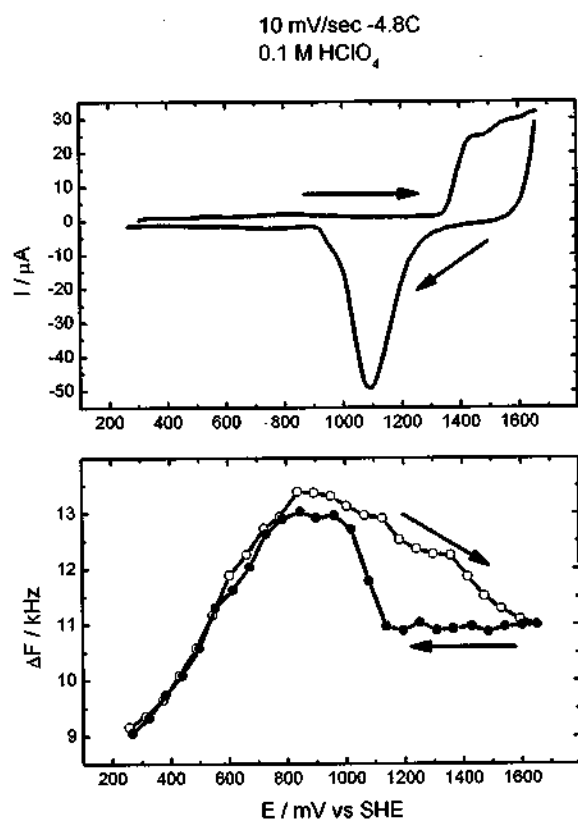


Fig. 1 - The resonance frequency of a gold-coated EQCM in contact with a LLL (0.1M HClO₄) at -4.8°C, as a function of potential. The corresponding cyclic voltammetry (10mV/s) is shown above [1, 2]

of a frozen electrolyte, consisting of a 0.1 M solution of HClO₄, in contact with a gold surface at -4.8°C. It is noted that the frequency changes with potential by as much as 4 kHz in the double-layer region, where the nature of the surface of gold is believed to be independent of potential. This change is independent of the direction of the potential sweep.

The behavior at 1.3 V (SHE) is of particular interest. When this potential is reached in the anodic sweep, the surface is bare, while when it is reached in the cathodic sweep, the surface is covered with a monolayer of oxide, as seen from the cyclic voltammogram. The resonance frequency differs by about 1.5 kHz on the two surfaces, even though the potential is the same. While these results are still preliminary, they clearly show the opportunities and challenges offered by employing this additional tool

for the study of the properties of liquid-like layers in the context of interfacial electrochemistry [1,2].

2.3 Simultaneous 2-e transfer

Since I entered the field of electrochemistry, more than 40 years ago, it seemed to have been generally accepted that *electrons were transferred one at a time*. Could two electrons be transferred simultaneously? The common wisdom said categorically NO. I have never actually seen a proof of this assertion, but it was stated in all textbooks (including, alas, two of my own!) in an axiomatic manner. When discussing the matter with colleagues, it was tentatively argued that:

- Electrons were transferred across the interface by tunneling
- The probability of tunneling was very low
- The probability of simultaneous tunneling of two electrons (assuming these were independent random events) would therefore be negligible.

The need to assume that electrons must be transferred one at a time had a significant impact on the interpretation of the mechanism of electrode reactions. For divalent ions such as Fe²⁺ or Ni²⁺ to follow this path, one would have to assume that a monovalent intermediate was formed. Such species are not known to exist in aqueous solution. It could be argued that the intermediate is stabilized by chemisorption on the surface, but the experimental evidence for the existence of such adsorbed species is mostly lacking.

This issue becomes irrelevant in the framework of the model proposed above for metal deposition and dissolution. If electrons do not participate in charge transfer, then the need to assume the existence of unstable intermediates becomes redundant. The question is still relevant, however, for the other class of electrode reactions, such as the reduction of TI³⁺ to TI⁺.

It would seem obvious that there must be an upper limit to the instability of the assumed intermediate, beyond which simultaneous 2-e transfer would be the faster pathway. Finding this limit was the problem I set out to solve. The theory of Marcus was used for this purpose, and only the main results are given here.

The standard Gibbs energy of activation is given by the expression

$$[4] \quad \Delta G_1^{0*} = \frac{(\lambda_1 + \Delta G_1^0)^2}{4\lambda_1}$$

where λ , ΔG^0 and ΔG^{0*} are the solvent reorganization energy, the standard Gibbs energy of formation of the product and the standard Gibbs energy of activation for the formation of the product, respectively. The subscript represents the number of electrons transferred. The solvent reorganization energy is sensitive to the amount of charge transferred. For the transfer of z electrons it is given approximately by

$$[5] \quad \lambda_z = Z^2 \times \lambda_1$$

Combining the last two equations we find that the equation which satisfies the equality

$$[6] \quad \Delta G_1^{0*} = \Delta G_2^{0*} \quad \text{is}$$

$$[7] \quad \Delta G_1^0 = \lambda_1 + \Delta G_2^0 / 2$$

All the points on the plot of ΔG_1^0 vs. λ_1 satisfy Eq.7. A detailed discussion of this problem is given in a recent publication [3].

The important conclusion is that, using commonly accepted values for the solvent reorganization energy, a moderate level of instability of the intermediate would make the simultaneous 2-e transfer the faster and hence the more likely pathway. This treatment ignores the pre-exponential factor in the rate equation. However, since the rate of reaction is proportional to the exponent of the standard Gibbs energy of activation, this is expected to be the predominant factor determining the pathway followed.

References

1. V. Tsionsky, D. Zagidulin and E. Gileadi, J. Phys. Chem. B, 106, (2002), 13089.
2. V. Tsionsky, L. Daikhan, D. Zagidulin, M. Urbakh and E. Gileadi J. Phys. Chem. B, 107, (2003), in press.
3. E. Gileadi, J. Electroanal. Chem., 532, (2002), 181.



Prof. Eliezer Gileadi

Eliezer Gileadi obtained his M.Sc. at the Hebrew University, Jerusalem in 1956 and his Ph.D. at the University of Ottawa, Canada in 1963. He was Senior Research Associate at the University of Pennsylvania in Philadelphia

from 1963 to 1966, before joining Tel-Aviv University, where he is now an Emeritus Professor. He has served as Chairman of the Chemistry Department and Dean of the Faculty of Exact Sciences

His research interests are centered around interfacial electrochemistry, both fundamental and applied. He has published 150 scientific papers, six chapters in books, one monograph and two textbooks on interfacial electrochemistry.

He won the Olin Palladium Award for 2003.

מידע כללי

מקום: מרכז הכנסים, מלון דויד אינטר-קונטיננטל, רח' קייפמן 12, ת"א
תאריך: ימים ב'-ג', 2-3 בפברואר 2004, י"א בשבט תשס"ד.
התכנית המדעית תכלול הרצאות מליאה, הרצאות מוזמנות
ופוסטרים מתחומים מובילים בכימיה העכשווית.

שפת הכינוס: אנגלית.

פרסומת וחסות:

ניתן לרכוש נעמד פרסומת בתכניה או להכניס חומר פרסומי לחיק
הכינוס. לפרטים לגבי פרסומת וזמן חסות נא לפנות למזכירות
הכינוס.

תערוכה

לצד הכינוס תמקיים תערוכה מסחרית/מקצועית. המעוניינים להציג
מוזמנים להתקשר למזכירות הכינוס - מחלקת תערוכות
(טל: 03-6133340-613340 שולוחה 1209).

דמי הרשמה: (המחירים בכוללים חניית)

המחיר כולל כניסה לכל המושבים, תיק, ספר תקצירים, ארוחת
צהרים והפסקות קפה בכל יום. הנחות יינתנו לחברי החברה
הישראלית לכימיה כדלקמן.

עד ה-10.01.04		מה-11.01.04	
חבר	לא חבר	חבר	לא חבר
\$ 170	\$ 210	\$ 190	\$ 230
\$ 130	\$ 170	\$ 150	\$ 190
\$ 70	\$ 80	\$ 90	\$ 100
\$ 25	\$ 25	\$ 25	\$ 25
ארוחת ערב כ-2/2/04 \$18 לאדם			

* סטודנט - יש לשלוח בפקס תעודה מתאימה.

** דמי הרשמה למורה - יומי כוללים השתתפות בהרצאות,
מוכנייה והפסקות קפה. לא כולל ארוחת צהרים.

מוסדות נדרשים לשלוחו/התחייבות רשמית לתשלום לפי המחיר
מה-11.01.04.

ניתן להירשם עד ה-29.01.04. לאחר תאריך זה ההרשמה תתבצע
במקום, ביום הכינוס.

לינה

ניתן להזמין חדרים במלון דויד אינטר-קונטיננטל או במלון דן
פנומה במל אכיו, דרך מזכירות הכינוס. שני בתי המלון ברמה
של חמישה כוכבים וממוקמים האחד ליד השני.

שם המלון	חדר יחיד	חדר כזוג 2 אנשים
דויד אינטר-קונטיננטל	\$ 630	\$ 720
דן פנומה	\$ 470	\$ 520

המחירים כוללים חניית ומבוססים על לינה וארוחת בוקר. כדי
להבטיח חדר בבית המלון יש להעביר את הטופס בצירוף תשלום.

מדיניות ביטולים:

הודעה על ביטול הרשמה או לינה חייבת להינתן בכתב למזכירות
הכינוס. ביטולים לאחר 10.01.04 יחויבו כ-50% מדמי ההרשמה.
אין החזר תשלום עבור לינה.

אוניברסיטת תל-אביב
TEL AVIV UNIVERSITY

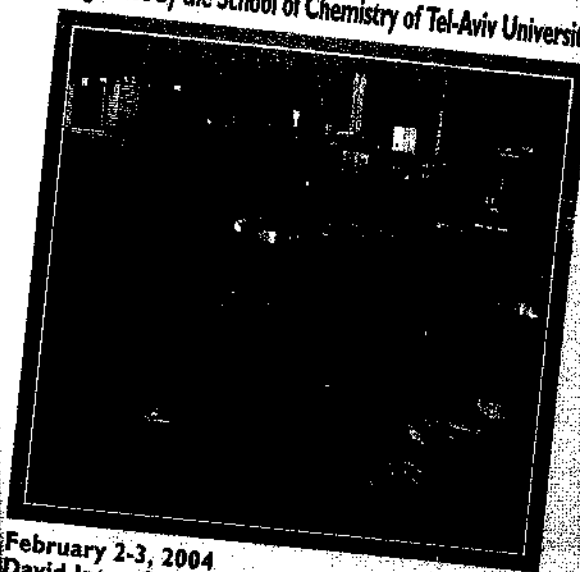


הכינוס ה-69

של החברה הישראלית לכימיה

The 69th Meeting of the Israel Chemical Society

Organized by the School of Chemistry of Tel-Aviv University



February 2-3, 2004

David Inter-Continental Hotel, Tel-Aviv

2-3 בפברואר 2004, י"א בשבט תשס"ד
מלון דויד אינטר-קונטיננטל, תל אביב

Call for Abstracts

Web site: www.congress.co.il/chemistry2004

Plenary and Keynote Lecturers from Abroad:

Tobin J. Marks
Northwestern Univ., Evanston, IL, USA.

Alexander Pines
UC Berkeley, Berkeley, CA, USA.

David N. Reinhoudt
Univ. of Twente, Enschede, Netherlands.

Richard R. Schrock
MIT, Boston, MA, USA.

Klaus J. Schulten
Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA.

George M. Bodner
Prudue Univ., West Lafayette, IL, USA.

Plenary Lecturers from Israel:

Itamar Willner, Hebrew University

Winners of the ICS Prize:
Chava Lifshitz, Hebrew University
Shimon Vega, Weizmann Institute of Science

Guidelines for Submission of Abstracts

Deadline: DECEMBER 15, 2003

General

The abstracts must be accompanied by the abstract submission form and should be sent as a word file, through the Web site or by email.
(You can download the form from the Web site).

Instructions

Size: Single A4 page (up to 300 words).

Font: "Times New Roman", Size 12.

Margins: 2.5 cm on all sides of the page.

Title: "Times New Roman", Size 14. Each word should begin with a capital letter except connecting words, on top of page and centered.

Author(s): Names should appear first name initials only and family name. Appropriate upper and lower case letters with presenting author underlined followed by the affiliation in separate line, centered and italics.

Text: Skip two lines, type the text, single space and justified.

The dimensions of the poster boards are:
height - 1.50m and width - 0.90m.

Final Program will be published in the website.

ICS SECRETARIAT:

Dan Knassim Ltd.
P.O.B. 1931 Ramat Gan 52118, Israel
Tel: 972-3-6133340. {Ext. 207}
Fax: 972-3-6133341
E-mail: team1@congress.co.il
Web Site: www.congress.co.il/chemistry2004

Dear Colleagues,

We are pleased to invite you to participate in the 69th Annual Meeting of the Israel Chemical Society, organized by the School of Chemistry of Tel-Aviv University. The meeting will be held in the modern Congress Center of David Inter-Continental Hotel in Tel-Aviv on February 2-3, 2004.

The interdisciplinary scientific program, which includes contribution from outstanding scientists from abroad and Israel will promote the exchange of scientific ideas, know how as well as mutual collaboration and will enhance chemical education.

As in the previous year will have this year as well contributions of some scientific leaders from abroad and together with your help we believe that we can make it an important scientific and socially pleasant meeting. The list of sessions covers most fields in chemistry and we urge you to contribute and encourage colleagues and students to participate in the meeting. This definitively is the most important chemical event in Israel every year and we believe that with the active participation of each of you we will be able to make it an interesting and enjoyable meeting.

Warm regards,

Organizing Committee:
Yoram Cohen, Chair

Shmuel Carmeli
Rivka Gai
Israel Goldberg
Michael Gozin
Yoel Kashman
Yossi Klaffer
Moshe Kol
Gil Markovich
Eran Rabani

האגודה הישראלית לפולימרים ופלסטיקה
ISRAEL POLYMERS & PLASTICS SOCIETY

הכינוס השנתי ה-32

הודעה ראשונה וקריאה להגשת תקצירים

פולימרים ופלסטיקה:
חזית הטכנולוגיה

Frontiers in Polymers
and Plastics Technology

יום שני, 12 בינואר 2004 • י"ח בטבת, תשס"ד
מרכז הירידים והקונגרסים בישראל
(גני התערוכה), תל אביב

בחסות

Kafrut

KAFRIT INDUSTRIES (1993) LTD.



CARMEL OLEFINS LTD.



דור כימיקלים
Treofan Group



Treof

MASTERBATCHES & COMPOUNDS
FOR THE PLASTICS INDUSTRY

PRIZES



Prof. Eliezer Gileadi from Tel-Aviv University won the Olin Palladium Award, the most prestigious prize in the world given specifically to an electrochemist. It started in 1951 and has been given every other year since then.

The award was presented during the 204th Electrochemical Society Meeting in Orlando, Florida, October 2003, when he delivered the Award Address on "Some Observations on Conducting Research in the Digital Era"

Eliezer Gileadi obtained his M.Sc. in chemistry and physics at the Hebrew University, Jerusalem in 1956 and his Ph.D. in Electrochemistry at the University of Ottawa, Canada in 1963, under the supervision of Professor B. E. Conway. He was Senior Research Associate at the University of Pennsylvania in Philadelphia from 1963 to 1966, before joining Tel-Aviv University, where he is now an Emeritus Professor.

He has been Chairman of the Chemistry Department, Dean of the Faculty of Exact Sciences and Director of the Gordon Centre for Energy Studies of Tel-Aviv University, and served as a member of the National Council for Higher Education in Israel.

The research interests of Prof. Gileadi are centered around interfacial electrochemistry, both fundamental and applied. He studied thermodynamics of the double layer, the phenomenon of adsorption pseudo-capacitance, electrosorption, electrode kinetics and charge transfer, kinetics of fuel cell reactions, electroplating in non-aqueous media, alloy deposition, and the applications of the quartz-crystal microbalance to studies of the properties of the metal/solution interface. He has published 150 scientific papers, six chapters in books, one monograph and two textbooks on interfacial electrochemistry.

He became a Fellow of The Electrochemical Society in 1997 and a Fellow of the American Association for the Advancement of Science in 1998.



Prof. David Cahen of the Weizmann Institute of Science was awarded the Edwards Research Excellence Prize for 2003 during a ceremony which took place at the 22nd Annual Conference of the Israel Vacuum Society, in October 2003, in Tel Aviv.

Prof. Cahen referred in his acceptance address to his research activities and changes in directions which were motivated by the search for new challenges.



Ziva Patir, the general manager of the Israel Standards Institute, was elected Deputy President of the International Standards Organization and Chairperson of the Technical Management Board.

She will be in charge of operating all the international standards committees and the maintenance of standards. This is the highest position held by an Israeli in this International Organization. 147 nations are members of the Organization, which is run according to rules of the United Nations. The Organization is responsible for about 15,000 international standards created by about 3000 committees.

LUDWIG MOND: GREAT CHEMIST-INDUSTRIALIST, ALFRED MOND (LORD MELCHETT): GREAT ZIONIST LEADER

Bob Weintraub, Director of the Libraries, Negev Academic College of Engineering,
Beersheva, and Ashdod. bob@nace.ac.il

Ludwig Mond was one of the greatest chemists-industrialists of all time. His application of chemical knowledge to the needs of the times resulted in the creation of industries that are still in operation more than a century later. "It may with truth be said that Ludwig Mond was one of the few pioneers who set out to base his industrial work on modern scientific concepts and to use engineering practices of the highest possible standards. The whole of British chemical industry, indeed, chemical industry the world over, has been stimulated and inspired by the example of accurate understanding of the physical and chemical conditions which was the basis of his technological work." (Sir A. Fleck, Chairman of Imperial Chemical Industries Ltd. (ICI), in *The Life of Ludwig Mond* by J.M. Cohen, 1956).

Ludwig's son, Alfred Mond (the 1st Lord Melchett), succeeded his father in business. He became in his own right a great industrialist and public figure. He was a great and dedicated Zionist Leader. Tel Mond is named after him.

Ludwig Mond (1839-1909):

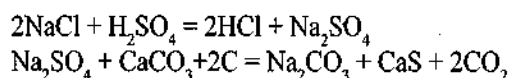
Ludwig Mond was born in Germany in 1839. He studied under Prof. Hermann Kolbe at the University of Marburg and then for three years came under the influence of the great Robert Bunsen at the University of Heidelberg. Ludwig Mond never earned a degree, maybe because of lack of money. In 1862, realizing the difficulties facing him due to anti-semitism as a Jew in Germany, he immigrated to England.

The Leblanc Process:

"The story of nineteenth-century industrial chemistry is in a very large part the history of the Leblanc process, its rise and fall. Nearly all major developments and many minor ones were related to developments in the alkali trade." (A. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*. 1964) Products of the alkali chemical manufacturers were major raw materials for the soap, paper, glass, textile and other industries. The Leblanc process, not in use today, was replaced by the Solvay process. Soda ash (sodium carbonate) was and is the basic commodity

of the alkali industry.

The Leblanc process produced soda from common salt:



The starting raw materials were seawater, iron pyrites, limestone, and coal. This process was expensive, and produced hydrochloric acid fumes (later captured and used for making bleaching agents), and a black sludge waste containing almost all of the original valuable sulphur. Ludwig Mond developed the Mond sulphur recovery process, first patented in France in 1862. This involved the recovery of sulphur from the alkali waste by a process of oxidation, "lixiviation," and the subsequent separation of sulphur by treatment of the liquors with hydrochloric acid. Sixty licensees worldwide worked the process until it was superseded by The Chance process.

"It is interesting to note that the man who was destined to kill the famous Leblanc soda process had first made an accurate and comprehensive study of it, and knew every detail and every defect." (F.G. Donnan, *Lecture to the Institute of Chemistry of Great Britain and Ireland*, 1939).

The Solvay Process:

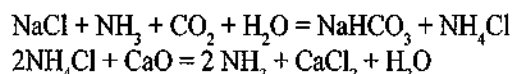
John Tomlinson Brunner and Ludwig Mond were close friends. Both were employed at the John Hutchinson & Company, chemical manufacturers, of Widnes. Brunner was Hutchinson's office manager and Mond was to operate his sulphur recovery process.

John Brunner recounts the beginnings of their partnership:

"Some time later, he and I, discussing our future, after many an intimate talk, came to the conclusion that we would try working together, and naturally, as manufacturers. At one time the idea was so simple as to be merely the manufacture of soda crystals from soda ash bought for the purpose, and, of course, Mond had his ideas of cheapening the cost of manufacture. Another project that we discussed most intimately was the idea of taking a lease from Messrs. Gamble,

of St. Helens, of their heaps of alkali waste, in order to recover sulphur from it.

Finally, Mond came to me one evening to say that he had heard of Ernest Solvay's success in working the ammonia-soda process for the conversion of salt into carbonate of soda at his works at Couillet, near Charleroi, in Belgium. We both knew that Mr. Henry Deacon, of Gaskell, Deacon & Co. of Widnes, had worked a similar process in 1854, and failed to make it pay. The process is based upon the following reactions:



It was agreed that Mond should see Solvay and ask to be shown the works with a view to taking a license from him. This was done, and after spending several days going carefully through the works, Mond returned to England to tell me that he thought Solvay was at the beginning of a big success, and saying that he greatly admired Solvay's apparatus, his ability as an engineer, and his great mental power. "(J. L. Watts, *The First Fifty Years of Brunner, Mond, & Co.*, 1923)

Ludwig Mond came to an understanding in 1872 to use Solvay's process to produce soda in England. Brunner and Mond located a plant near the park of Winnington Hall on the River Weaver, a tributary of the Mersey. This site met the requirements of access to brine, limestone, and coal, and was accessible by rail and ship, and to the port of Liverpool.

J. L. Watts: (one of the Directors of Brunner, Mond, & Co., who worked with Ludwig):

"The problem of converting an interesting chemical experiment into a lucrative commercial process had baffled all the earlier manufacturers, and although Solvay had achieved quite an appreciable success, the gigantic task of evolving an economical continuous process carried on in a scientifically designed apparatus was reserved for Mond.

Alfred Mond:

"The process finally perfected by Ludwig Mond has always been hampered in the hands of Solvay and others by two great difficulties. The ammonia soda process can be explained in simple words.

Ammonium bicarbonate is allowed to react with sodium chloride. When Ludwig Mond erected the works at Winnington, he found that the pipes of the plant became encrusted. The sodium chloride solution, brine, contains small quantities of calcium sulphates and magnesium salts. They reacted with the essential ingredients of the process, namely, ammonia and carbon dioxide, and filled the pipes with encrustation which stopped the process.

There was another difficulty. The mother liquor, remaining after the sodium bicarbonate has been removed, has to be distilled with lime to recover the valuable ammonia. Unless carefully handled, the process also blocked up the plant within two or three weeks. By staying in his works day and night, by adding, correcting and changing, he became master of the process. It was because he was a practical chemist that he was able to succeed where even the distinguished Solvay has failed." (in H. Bolitho, *Alfred Mond*, 1932)

It took seven years of successive inventions until in 1880 Mond was able to call the soda-ammonia process a commercial success. The world now had cheap soda. This meant cheap soap which had a great influence on human health and hygiene. It also meant the lowering of the cost of glass, paper, textiles, and just about every other consumer good.

The company expanded and in 1926 it was merged by Ludwig Mond's son Alfred together with United Alkali Co., British Dyestuffs, and Nobel Industries, to become the Imperial Chemical Industries (ICI). Alfred Mond was made director and Alfred's son Henry was a member of the new board. The soda ash activities of ICI were sold in 1998 and operate today under the name of Brunner Mond Ltd.

Mond Producer Gas:

Ludwig Mond looked to coal as a cheap source of ammonia for the Solvay process. The intended by-product, producer gas, became the main interest. The chemical principle behind producer gas is explained beautifully by J. W. Cobb, Livesey Professor of Coal, Gas, and Fuel Industries, University of Leeds, in the 1924 edition of the *Encyclopedia Britannica*:

"Another kind of gas can be made if air is blown

either alone or mixed with steam through a deep hot bed of coal. From half to two-thirds of this gas by volume is made up of the nitrogen contained in the air used for gasification, and the heating value of such gas is of a much lower order than that of coal gas or water gas on that account, running about 120-160 btu per cubic foot. This is the form of gaseous fuel mainly used for large industrial furnaces and is known as producer gas.

Producer Gas: When air is passed through a deep bed of carbon maintained at a high temperature, above 1000°C, such that complete contact with the carbon is ensured and equilibrium obtained, practically the whole of the carbon is obtained as carbon monoxide, according to the equation:



The most complete system for providing washed clean producer gas, and at the same time recovering as ammonia the nitrogen in the coal gasified (to the extent of some 90 lb. Per ton) is due to the late Dr. Ludwig Mond (1889)...."

Mond's initial process employed a deeper fuel bed and more steam in the blast than was usual. The composition of Mond gas, varying with source of the coal and exact conditions of the process, was CO₂ 17%, CO 11 %, H₂ 24%, CH₄ 3%, and N₂ 45%, and about 135 BTU per cu ft.

Mond producer gas was used as a source of power in thousands of industrial furnaces that required smokeless fuel, and the ammonia by-product in the form of ammonium sulphate was used as fertilizer. Producer gas has a Btu of about 15 percent of that of natural gas and because it was cheap and clean was used for steel manufacture, heating, lighting, pumping for mine drainage, ceramics and glassware, among other uses, where the gas could be piped.

Two companies were formed to exploit the Mond producer gas process. The Power Gas Corporation became a supplier and exporter of municipal gas plants. The company underwent mergers and today is part of Davy Process Technology, a branch of the Russian oil company Yukos. The South Staffordshire Mond Gas Corporation at Dudley Port, near Birmingham, sold gas via pipeline in the area known

as the Black Country, which was the world's first gas grid. The producer gas processes, not generally in use today, were the basis for future coal gasification processes.

The rich hydrogen content of Mond Gas led Ludwig to carry out pioneering work for its use in a battery. Ludwig Mond together with Dr. Carl Langer are credited in 1889 with being the first to use the term "fuel cell."

The Mond-Langer Process (Carbonyl Vapour metallurgy):

At age 56 Ludwig Mond was presented with a scientific-industrial challenge which would lead to the formation of a new metallurgical industry and to a discovery that would lead to what Lord Kelvin described as having "given wings to heavy metals," the discovery that a metal could exist in the form of a gas.

Two investigations converged on the same discovery:

In 1889 Mond was working on the chlorine plant process for the preparation of chlorine from the ammonium chloride by-product of the Solvay process. In the plant, nickel valves in the brick-lined tanks underwent rapid corrosion and were found to be coated with a black deposit of carbon when in contact with vaporized ammonium chloride. This did not take place on the laboratory scale. Something different was taking place in the plant than that on bench scale. It was found that the carbon monoxide impurity in the lime-kiln gas, which was mostly carbon dioxide used to sweep ammonia out of the plant, was reacting catalytically with nickel to form carbon dioxide and carbon. In the laboratory, pure carbon dioxide was used.

Mond needed very pure hydrogen for his work on the Mond battery. "Traces of hydrocarbons that were present in Mond Gas, as well as the large quantities of carbon monoxide contained in it, poisoned the platinum black used in the cell and destroyed its absorptive power for hydrogen. The cure seemed obvious: the behavior of nickel that was such a trouble on the chlorine plant seemed a panacea for the trouble with the Mond Gas battery. It was not

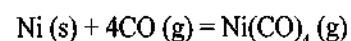
long, therefore the problem of purifying the Mond Gas was solved: Ludwig had only to pass a mixture of Mond Gas and steam over finely divided nickel at 400°C - well short of red heat - and the steam and carbon monoxide combined to give carbon dioxide and more hydrogen, leaving a gas that, after a simple alkaline wash to remove the carbon dioxide, could be used successfully in the hydrogen cell." (A. S. Irvine, Alkali Division Information Service, ICI, in *The Life of Ludwig Mond*, J. M. Cohen)

Alfred Mond:

"My father and Dr. Langer were working together upon another problem and in order to purify the gas they wanted for their purpose [the Mond battery], they passed carbon monoxide over reduced nickel. They were burning it at the end of a glass pipe in order to prevent it from escaping the room.

One day, much to their astonishment, they found this flame was burning an extraordinary green color. Nobody could make out what it was, and when they held up the porcelain dish to cool it down they got a nickel mirror. Nobody had ever heard of a gas and metal forming a gaseous compound. Some might have dismissed it as a scientific curiosity, but they, scientific men, immediately saw there was a new phenomenon, investigated and found it was nickel carbonyl...a combination of gas and metal previously never heard of in science. That seemed to be an interesting scientific discovery, but of no particular industrial or commercial value. The gas was difficult to obtain, it was poisonous and it had many disadvantages, including danger to the operatives if it escaped; but my father's technological mind was not satisfied until he had developed from that new fact the best and cheapest way of refining nickel from complex ores..." (in H. Bolitho).

The reaction that they discovered is:



The reaction proceeds to the right from 40° to 100°C and is reversed at temperatures from 150° to 300°C. Mond recognized the potential commercial value of this reaction for use in separating Ni from other metals. The Mond-Langer process (Carbonyl Vapor metallurgy) for the manufacture of nickel is based on

this reaction. Mond mined nickel from Canadian matte and opened a refinery in Clydach, Wales. The site was on the Swansea Canal and the River Tawe, a site that had access to port facilities and also to anthracite coal deposits for the production of carbon monoxide and also for heat and power. The same process in modified form is still in use today at Clydach.

"The process adopted for the Canadian ores, which are poor in copper and nickel, consists in a preliminary roasting in heaps and smelting in a blast furnace in order to obtain a matte, which is then further smelted with a siliceous flux for a rich matte. This matte is then mixed with coke and salt-cake and melted down in an open hearth furnace, or in a Bessemer converter with a silicate lining.

In the Mond process, this refined matte, which contains copper, nickel and iron sulphides, is roasted to remove the sulphur, and extracted by sulphuric acid, whereby the iron and copper contents are diminished and the nickel content is relatively increased. Reduction by "water-gas" at 300 C, then leaves nickel and copper as metals and iron oxide unaffected; at the same time, the water-gas is largely deprived of its hydrogen and becomes relatively richer in carbon monoxide, the content of which is raised to 80% by passage through a retort of hot coke. The enriched gas is then passed over the metallic mixture at about 80 C., whereby the nickel is "volatized" as carbonyl Ni(CO)_4 ; the product is passed through towers at 180-200 C., where it decomposes and is deposited (often on pellets of pure nickel), the resulting carbon monoxide being used again. The nickel so obtained is of a high degree of purity." (Ency. Britannica, 1924).

"Thus in the course of ten years, ten years of research and experimentation, of planning and bargaining, of buying and building, an idea had become a material fact. Mines, smelter and refinery were linked in an organization which gave them life; caused them to operate and produce-nickel. In those early days the organization was very much a family concern. Ludwig Mond was at its head, as Chairman; his sons Alfred and Robert were among the directors, and a nephew, Robert Mathias, was appointed Secretary...The Victoria Mine was ready for operation in February 1901 and six months later copper-nickel matte began

to flow from the smelter." (A. C. Sturney, *The Story of Mond Nickel*, 1951.) Copper sulphate and nickel sulphate were also produced. The early experiments led to the recovery from the Clydach residues of gold, silver, platinum, palladium, rhodium, and iridium.

"The achievement is without precedent in the history of scientific manufacturing enterprise, in virtue of its originality, the rapidity with which it was conceived, and the intrepidity with which it was executed." (H. E. Armstrong, *Nature*, 1931).

In 1929 Alfred Mond (now Lord Melchett) negotiated the merger of the Mond Nickel Company into the The International Nickel Company. Among the members of the new board were Lord Melchett, his brother Robert Mond, and Alfred's son Henry.

Alfred Mond – The first Lord Melchett (1868-1930):

Alfred Mond was involved in politics and represented in Parliament Chester (1906-1910), Swansea (1910-1923) and Carmarthen (1924-1928). Alfred was born in England and was not raised in the Jewish religion. With the approach of World War I and later, Alfred found himself faced with anti-semitic attacks, a "German and Jewish traitor." Despite this madness, Lloyd George in 1916 appointed him Commissioner of Works, a position in which he served until 1920. This important position during the first World War involved giving support to a vast program of factories for supply of ammunition and construction work including anti-aircraft works, jetties, grain stores, factories, hospitals and camps and barracks. Mr. Lloyd George said of him: "No better business brain has ever been placed at the disposal of the State in high office than that of Sir Alfred Mond." In 1921 he was appointed by Lloyd George as Minister of Health.

Alfred was married to a non-Jew, and his children Henry and Eva were raised as Christians. In 1917, at age 50, Alfred seemed to undergo a deep change in religious feelings. In that year he gave his first speech in which he spoke in the name of the Jewish people. Chaim Weizmann described the following from their visit to Palestine in 1922:

"This time I went with Sir Alfred Mond. We spent January and part of February touring the country, and Sir Alfred showed himself - hard-headed man of affairs that we all took him to be - profoundly susceptible to the more romantic aspects of the work. I remember still the shock of astonishment which went through me when, as we stood watching a group of chalutzim [pioneer settlers], breaking stones for the road between Petach Tikvah and Jaffa, I observed how very close he was to tears. They looked to him, those children of the ghetto, altogether too frail and too studious for the job they had in hand. Perhaps he had just realized that these young men and women were building themselves, as well as the road." (Trial and Error, 1950)

They stayed at Government house as Guests of Sir Herbert Samuel. Alfred wrote to his wife, "I have learned much I didn't know and which, possibly, no one who is not a Jew will ever be able to understand, for it can only be felt... But the Hills of Judea are today as dramatic as in the days of the prophets and the Lake of Galilee smiles in its beauty as when Jesus of Nazareth walked its shores...I have never lived so intensely as a Jew before." (in Bolitho).

Alfred Mond became President of the British Zionist Foundation and took on the responsibility for negotiations with the British Government, became a speaker on American Fund raising trips, and was a member of the Joint Palestine Survey Committee that studied the issue of resettlement in Palestine. He was one of the founders and joint-chairman of the great meeting of the council of the extended Jewish Agency on August 11, 1929. He was on the platform together with Chaim Weizmann, Nahum Sokolov, Herbert Samuel, Osmond d'Avigdor Goldsmid, Louis Marshall, Felix Warburg, Sholem Asch, Leon Blum, and Albert Einstein. Alfred Mond was the first President of the Technion and was the guest of honor at its official opening in 1925.

He made huge monetary contributions to Zionist causes and purchased large areas of waste land which he opened up to agriculture. He bought for himself fifty acres of land in Migdal and had a house built. Alfred Mond died in 1930. The night before the burial Dr. Chaim Weizmann took part in the first watch over the body.

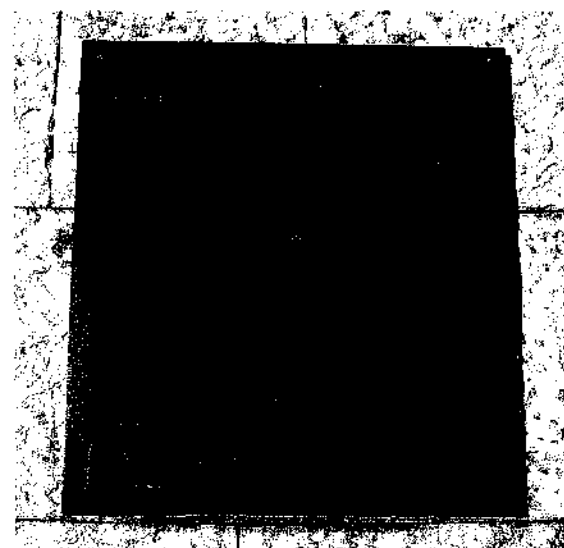
Henry Mond – The second Lord Melchett (1898-1949) and Eva Mond – The second Marchioness of Reading (1895-1973):

In Palestine Henry and his sister Eva laid the foundation for the memorial statue of their father, seen today in Tel Mond. In 1933 they both converted to Judaism. Henry succeeded his father as chairman of the Jewish agency, and also as negotiator with the British government. He was chairman of the Palestine Electric Corporation and Palestine Plantations—which owned Tel Mond. He was president of the World Union of Maccabi. Eva married the second Marquis of Reading. Lady Reading was president of the British Zionist Foundation and of the British section of the World Jewish Congress.

Hector Bolitho, near the end of his remarkable 1933 biography Alfred Mond, The First Lord Melchett, relates the following:

“In the spring of 1932, the author went to Tel Mond, the settlement which Alfred Mond inspired. Early in the morning, as the sun was rising over the Plain of Sharon, he joined the Jews of the settlement upon the high ground, where the foundation stone of Alfred Mond’s memorial was to be laid. The long agony of anger between Jews and Arabs was forgotten. The pogroms and the ghettos of Europe were dim, over the mountains, over the plains, over the seas. Upon a crisp morning such as this, they were something to shudder about and dismiss from memory. The Jews had come from many countries, under Alfred Mond’s wing, to grow oranges on the Plain of Sharon. The trees were now as tall as themselves. The leaves shone like jade in morning light. Upon the high ground they were gathered, diverse in tongue, diverse in blood, but bound together in this deep mysterious energy which draws the Jews back to fight for their earth again.

The author is a Christian. He only half comprehended the scene: the Hebrew scroll buried in the earth, the name of Mond buried in the earth, the story of the belated blossoming of the Plain of Sharon. A trowel was placed in his hand and he was allowed to smooth some of the oozy concrete which covered the scroll. Above it, a colossal white figure was to be built, with its hand pointed to the sky. “



Statue dedicated to Alfred Mond's memory at Tel Mond.

מבנה תרכובות חיטוי D.D.T, ביצע מחקר בתר-דוקטוריאלי באוניברסיטת הרווארד. עבודה זו, שבוצעה במעבדתו של פרופ' מוריס קפצין, התמקדה בחקר המבנה של תרכובות אלקלואידיות.

עם חזרתו למכון זיו החל במחקר חלוצי בתחום בידוד חומרי טבע כחומרי מרפא. הוא פיתח שיטות לבידוד ואיפיון של חומרי טבע מצמחים ומחזקים ובדק את פעילותם הביולוגית. לצורך זה הוא בודד מפרג פרסי הגדל באירן כמויות תעשייתיות של טבאין ממנו ייצרו נלוקסון המשמש לגמילה מסמים, וקודאין המשמש לשיכוך כאבים. כמו כן, עבד על צמחי אזורכת, ויטניה ירוקת החמור, וצמחים אחרים וחקר אילו חומרים משפיעים על מנגנון הנביטה.

בתחום אחר, עסק פרופ' לביא בחקר הקשר שבין חרקים לבין הצמחים שבהם הם מתארחים. הוא גילה, למשל, אלו חומרים מושכים את החרקים לגזע עץ המישמש. שימוש בחומרים אלה לסילוק חרקים ממטעים נועד לאפשר הגנה על המטעים ללא צורך בחומרי ריסוס.

בערוב ימיו שיתף פרופ' לביא פעולה עם פרופ' יהודה מזור ועם בנו, פרופ' גד לביא, בפיתוח ההיפריצין ונגזרותיו לצורך טיפול במחלות ויראליות ובסרטן. הוא הדריך כ-30 סטודנטים לתוארי מוסמך ודוקטור והקים דור של כימאים אורגניים שהמשיכו בדרכו. בשנים 1966-1967 כיהן כראש המחלקה לכימיה אורגנית. כמו כן היה נשיא החברה הישראלית לכימיה בשנים 1974-1977.

אני זכיתי להכירו לאחר שכבר פרש לגמלאות. הוא המשיך בפעילותו המדעית עד לגיל 80 והיה מגיע כמעט מדי יום ביומו למשרדו במכון. למדתי להעריכו לא רק כמדען מעולה אלא גם כאדם צנוע, בעל ידע נרחב והבנה עמוקה, נעים שיחה ובעל חוש הומור, שתמיד מוכן לתרום מניסיונו הרב. יהי זכרו ברוך.

פרופ' דוד מילשטיין



פרופ' דוד לביא 1916-2003

פרופ' דוד לביא, מראשוני המדענים במכון ויצמן למדע, מת באחרונה בגיל 87. מחקריו המדעיים של פרופ' דוד לביא השתרעו על פני תקופה של יותר מחצי יובל שנים. הוא קיבל את תואר המוסמך בשנת 1939 מהאוניברסיטה העברית בירושלים ובסוף אותה שנה - עשר שנים לפני שנחנך מכון ויצמן למדע - החל את לימודי הדוקטורט שלו במכון זיו, בהנחייתו של ד"ר לאון חסקלברג. לאחר שהשלים עבודת דוקטורט על

Prof. David Lavie, one of the first scientists of the Weizmann Institute of Science, died recently at the age of 87. The scientific research Prof. Lavie spans for over a period of more than 50 years. He received his M.Sc. degree from the Hebrew University of Jerusalem in 1939 and in the same year (Ten years before the official dedication of the Weizmann) he started his Ph.D. studies at the Sieff Research Institute under the supervision of Dr. Leon Haskelberg. After completing his Ph.D. research on the structure of the disinfectant compound DDT he did his post-doctoral studies at Harvard University. This work, performed in the group of Prof. Moris Capchun, dealt with structural investigations of alkaloids.

Upon returning to the Sieff Research Institute he initiated pioneering research in the field of natural compounds for medicinal purposes. He developed methods for the isolation and identification of natural compounds from plants and insects and studied their biological activity. For example, he isolated the compound Thebaine from the poppy *Papaver Practeatum* which grows wild throughout Asia Minor. Thebaine was used as a starting material for the preparation of the anti addiction drug Naloxone and the analgesic drug Codeine. He also worked on several other plants such as *Withania Somnifera*. He studied the enzymatic reactions controlling certain biogenetic pathways and factors controlling the process of germination in feeds.

In another area, Prof. Lavie studied the host-guest relationship between plants and insects. He isolated from the bark of the apricot tree compounds which attract certain insects, with the purpose of attracting the insects away from the trees, without the need to use insecticides.

In his last active years, Prof. David Lavie cooperated with Prof. Yehuda Mazur and with his son, Prof. Gad Lavie, in the synthesis, and development of anti-viral and anti-cancer compounds of the Hypericin family.

Prof. Lavie supervised 30 graduate students, several of whom followed his path and developed successful research careers in the field of Organic Chemistry.

In the years 1966-7 he served as Head of the Department of Organic Chemistry, and in 1974-1977 he was the President of the Israel Chemical Society.

I had the privilege of knowing Prof. Lavie after he had already retired. He continued his research activity until the age of 80 and came to his laboratory almost daily. I learned to appreciate him not only as an outstanding scientist but also as a modest person, with broad knowledge, deep insight and a strong sense of humor. He was always ready to share with others his immense experience. We will always remember him.

Prof. David Milstein

Nanotechnology in Chemistry: Molecular electronics

Mark Ratner, Chemistry Department, Northwestern University, U.S.A

Abraham Nitzan, School of Chemistry, Tel Aviv University

The paper is an overview of the current state of nanotechnology research from the perspective of molecular electronics. We discuss molecular properties that underline the potential use of molecules as electrical elements and molecular structures that have been found useful in the design of nano electronic devices. Experimental and theoretical aspects of electron transmission through

such molecular structures are reviewed, emphasizing the roles of tunneling, band-motion and activation followed by hopping transport. We describe several new developments in this area, including possible applications of magnetic and optical molecular phenomena. Finally we speculate on possible future advances in this research and development effort.

Biological molecules in the gas phase

Chava Lifshitz, Physical Chemistry Department, The Hebrew University Jerusalem

Laser desorption (LD) and electrospray ionization (ESI) are being used to introduce biomolecules as ions into the gas phase. The paper describes two experimental set-ups that are in use in the Mass Spectrometry group at The Hebrew University headed by Professor Chava Lifshitz: (1) ESI combined with a fast flow technique for the study of bimolecular reactions; (2) LD, laser ionization and time-resolved photodissociation (TRPD) for the

study of unimolecular reactions. Results have been presented for H/D exchange in the arginine dimer that substantiate the existence of a salt bridge (ion-zwitterion) structure in the gas phase. Microcanonical rate constants for formation of the immonium ion from leucyl tyrosine (LeuTyr) and LeuLeuTyr are in agreement with RRKM calculations indicating internal energy randomization and statistical behaviour of dissociating peptide ions.

Some Observations on Conducting Research in the Digital Era

Eliezer Gileadi, School of Chemistry, Tel Aviv University

The Olin Palladium Award Lecture, delivered at the 204th meeting of the Electrochemical Society, Orlando, Florida, October, 2003.

The Digital Revolution changed the way we do science, shifting the emphasis from deep understanding of the experimental results to performing experiments of unprecedented accuracy and sensitivity

Highlights of three current topics of research in the laboratory of the author are discussed briefly:

It is shown that the overall reaction of metal deposition and dissolution does not involve electron transfer across the interface, since the electron is inside the metal crystal both in the initial and the final states. This is qualitatively different from redox reactions, in which an electron is transferred to/from the metal to a species in solution.

Liquid-Like Layers (LLL) are known to be formed

at the ice cold interface at temperatures well below the freezing point of ice. This phenomenon has been studied by a variety of experimental techniques. Here we apply for the first time the quartz-crystal microbalance for the study of this phenomenon. Employing this technique in the electrochemical mode allows us to study the effect of potential on the formation of the LLL.

A comparison of the standard Gibbs energies of activation for simultaneous two-electron transfer with consecutive transfer of two electrons shows that the former may be the preferred path, if the intermediate formed by the transfer of the first electron is even mildly unstable.

From the Editorial Board2

Invited Scientific Contributions

The chemist's view of Nanotechnology:
Molecular Electronics
Mark Ratner, NorthWestern University, USA
Avraham Nitzan, Tel Aviv University
(ICS prize 2002).....3

Biological molecules in the gas phase
Chava Lifshitz, Physical Chemistry Department,
The Hebrew University, Jerusalem
(ICS prize 2003)14

Some observations on conducting research in the
digital era
Eliezer Giladi, Tel Aviv University,
(Olin Palladium Award, 2003)18

Coming events

The 69th Meeting of the Israel Chemical Society,
February 2-3, 2004, Tel Aviv22

The 32d meeting of the Israel Polymer and Plastics
Society, January 12, Tel Aviv.....24

Prizes and Awards

Prof. Eliezer Gileadi from Tel-Aviv University
won the Olin Palladium Award in
Electrochemistry25

Prof. David Cahen from the Weizmann Institute won
the Edwards Research Prize from the
Israel Vacuum Society.....25

Ziva Patir, the general manger of the Standards
Institute was elected Deputy President of the
International Standard Organization.....25

From the Archives

Ludwig Mond - great chemist-industrialist,
Alfred Mond (Lord Meltchet) - great Zionist
leader
Bob Weintraub, Director of the Libraries,
Negev Academic College of Engineering,
Beersheva and Ashdod26

Obituary

Prof. David Lavie,
Weizmann Institute of Science32

Abstracts in English.....34

Editorial Board

Moshe Levy, Chairman, Weizmann Institute,
Tel. 08-9342120, moshe.levy@weizmann.ac.il
Moris Eisen, Technion,
Tel. 04-8292680, chmoris@technion.ac.il
Yossi Dancona, Ministry of Industry,
Tel. 02-6220220, dancona@moit.gov.il
Miri Kesner, Weizmann Institute,
Tel. 08-9378135, ntkesner@wis.weizmann.ac.il
Arnon Shani, Ben-Gurion University,
Tel. 08-6461196, ashani@bgumail.bgu.ac.il

Editorial Address:

Prof. Moshe Levy, Department of Materials and Interfaces,
Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel 76100
Tel. 972-8-9342120 Fax 972-8-9344137
moshe.levy@weizmann.ac.il

Graphic Design:

Tali Wiesel, Graphic Department, Weizmann Institute of Science,
Rehovot. www.weizmann.ac.il/graphics

