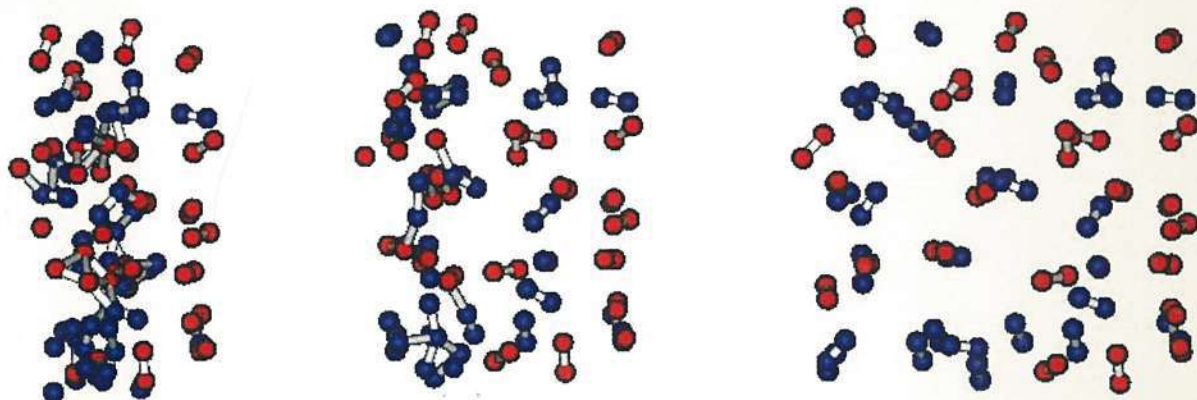


כימיה בישראל CHEMISTRY IN ISRAEL



בטאון החברה הישראלית לכימיה Bulletin of the Israel Chemical Society

גליון מספר 12, ניסן התשס"ג Issue No.12 April 2003



Configuration of O and N atoms at three different times during the compression stage of a cluster of 30 O_2 and 30 N_2 molecules at an impact velocity of 12 km s^{-1} .
(see article by Gross and Levine).

כימיה בישראל - בטאון החברה הישראלית לכימיה

גליון מספר 12, ניסן התשס"ג, אפריל 2003

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

תוכן העניינים

ניסוחים

28..... סימפוזיון לכבוד יום הולדתו ה-70 של יהושע יורטגר.

דווח על אירועים שהתקיימו לאחרונה בארץ ובעולם

29..... הכינוס ה-68 של החברה הישראלית לכימיה.

33..... פרסים שהוענקו במסגרת הכינוס השנתי.

מיכל להב ועידית תשובה קיבלו את

37..... פרס שמידט לשנת 2002.

גיל נבון קבל תעודת הוקרה מטעם

37..... האגודה הבינלאומית לתחודה מגנטית ברפואה.

משה נרקיס נבחר לעמית של החברה הכימית האמריקאית,

37..... קבוצת מדע והנדסה של פולימרים.

הכינוס השנתי ה-31 של האגודה לפולימרים ופלסטיקה לזכרו של

37..... פרופ' דוד ופסי נערך במכון ויצמן.

המגמה החיובית במספר הלומדים כימיה נמשכת

38..... ארגון שני, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

מן הארכיון

אריסטו זוד ברגמן (1903-1975)

בוב וינסדאוב, מנהל הספריות, המכללה האקדמית להנדסה,

39..... באר-שבע ואשדוד.

43..... תקצירים באנגלית.

חברי הוועד הפועל של החברה:

שמאי שפיידר - נשיא, זאב אייזנשטט, חיים טוביאס, חיים כהן, רמי לידור, רוני טימן,
דליה עובדיה, בלהה פישל, מרים פרייברג, משה קול.

חברי ועדת ביקורת:

זאב גולדשמידט, משה לוי, דני קוסט.

2..... דבר המערכת.

נשיא וועד פועל חדשים נבחרו

2..... לחברה הישראלית לכימיה.

דבר הנשיא היוצא

סכום שש שנות כהונה כנשיא

החברה הישראלית לכימיה

3..... ארגון שני.

מאמרים מוזמנים

Chemistry under extreme conditions

by impact heated clusters

A. Gross and R. D. Levine

4..... Hebrew University, Jerusalem

פילמור קטליטי של פרופילן - יצירת פוליפרופילן אלסטומרי

מיכל שמולינזון, מוריס אייזן

8..... הפקולטה לכימיה, הטכניון.

נאנו-ביואלקטרוניקה-המפגש בין אלקטרוניקה וביוטכנולוגיה

13..... איתמר וילנר, האוניברסיטה העברית בירושלים.

חיים ויצמן - 50 שנה למותו

"Moulder of molecules: maker of a Nation"

Michael Sutton, Chemistry in Britain

23..... December 2002

מן התעשייה

ליקורד תעשיות מוצרים טבעיים בע"מ באר שבע

25..... מוריס זילכה, מנכ"ל.

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 dancon@moit.gov.il

מירי קסנר, מכון ויצמן למדע, טל: 08-9378315 mikesner@wis.weizmann.ac.il

ארגון שני, אוניברסיטת בן-גוריון, טל: 08-6461196 ashani@bgumail.bgu.ac.il

עיצוב גרפי:

סחלקת גרפיקה, מכון ויצמן למדע, רחובות www.weizmann.ac.il/graphics

פרס א.מ.ת. היוקרתי הוענק השנה לפרופ' רפאל לוי על תרומתו החלוצית בתחום הדינמיקה המולקולרית. המאמר שכתב פרופ' לוי לגיליון הנוכחי, הוא בנושא "כימיה בתנאים קיצוניים". המאמר מביא תוצאות חישובים המראים התחממות מאד מהירה של צברים מולקולריים הנובעת מהתנגשות עם קיר במהירויות גבוהות. תופעה זו קשורה להתחממות של ה"קולומביה" בכניסה לאטמוספירה מהחלל.

פרופ' מוריס אייזן מתאר במאמרו דרכים חדשות לפלמור פרופילן וליצירת מגוון רחב של חומרים בעלי תכונות משופרות, כולל פוליפרופילן אלסטומרי.

פרופ' איתמר וילנר קבל בשנה שעברה את פרס החברה הישראלית לכימיה. במאמרו הוא מתאר שלוב הכימיה האורגנית הסינתטית בתחום הננואלקטרוניקה לבניית התקנים מתוחכמים ביותר שיקדמו באופן משמעותי את שליטתנו על המערכות בגוף החי.

כמלאת 50 שנה למותו של חיים ויצמן, התפרסם בעתון Chemistry in Britain מאמר של Michael Sutton תחת הכותרת "Molder of molecules: maker of a Nation". המאמר נותן מבט מעניין על ויצמן ככימאי וכמדינאי מנקודת מבט בריטית. קבלנו רשות מן העתון לפרסם את המאמר בבטאון ואנו מביאים אותו במלואו.

במדור על התעשייה בישראל מובא סיפורה של חברת "ליקורד" מוצרים טבעיים בע"מ" מכאן שבע, שמפיקה מגוון מוצרים מן העגבניה. המוצר העיקרי הוא Lycopene שמשמש כאנטי-אוקסידנט ההורס רדיקלים חופשיים בגוף. הוא נמכר לכן כתוסף מזון, בדומה לויטמינים, וחשיבותו לבריאות צוברת תנופה.

מן הארכיון הכאנו הפעם את רשימתו של בוב ויינטראוב על הכימאי רב הפעלים ארנסט דוד ברגמן שהיה מעמודי התווך של המדע בארץ.

הכימיה ה-68 של החברה הישראלית לכימיה נערך בינואר השנה בתל-אביב. הכינוס אורגן בהצלחה רבה על ידי הפקולטה לכימיה בטכניון, כשבראש הוועדה המארגנת עמד פרופ' שמאי שפיזר. תוכנית הכינוס מובאת בגיליון הנוכחי וכן הפרטים שהוענקו במסגרת הכינוס.

לבסוף, בינואר השנה התקיימו בחירות חדשות לנשיא החברה ולועד הפועל שלה. אנו מאחלים הצלחה לנשיא הנבחר, פרופ' שמאי שפיזר, ומודים בזאת לנשיא היוצא, פרופ' ארנון שני, על תרומתו יוצאת הדופן לביסוס מעמדה של החברה כארץ ובעולם, בשש השנים האחרונות.

הבחירות לנשיא, ועד פועל, וועדת ביקורת

של החברה הישראלית לכימיה נערכו ב- 3 בינואר 2003

ואלה התוצאות:

כנשיא החברה נבחר פרופ' שמאי שפיזר, מהטכניון

חברי הוועד הפועל הם:

פרופ' זאב אייזנשטט - האוניברסיטה העברית
ד"ר חיים טוביאס - קמ"ג
פרופ' חיים כהן - אוניברסיטת בן-גוריון
ד"ר רמי לידור - טבע
פרופ' רוני נוימן - מכון ויצמן למדע
גבי דליה עובדיהו - ביה"ס תיכון הראל
ד"ר בלהה פישר - אוניברסיטת בר-אילן
ד"ר מרים פרייברג - תרכובות כרום
ד"ר משה קול - אוניברסיטת תל-אביב

ועדת הביקורת:

פרופ' זאב גולדשמידט - אוניברסיטת בר-אילן
פרופ' משה לוי - מכון ויצמן למדע
פרופ' דני קוסט - אוניברסיטת בן-גוריון

סכום שש שנות כהונה כנשיא החברה הישראלית לכימיה (חייל)

אדר ב', תשס"ג, מרץ 3002

עמיתים יקרים,

כידוע לכם התקינו לאחרונה הבחירות לנשיא החברה ולמוסדותיה, והנבחרים הותיקים מסיימים תפקידם בימים אלה. לפיכך, זה המועד לסכם את שתי תקופות הכהונה (6 שנים) בהן כהנתי כנשיא, ולצדי שני וועדי פועל (בהם גזבר ושני מזכירים) ושתי וועדות בקורת, ועדות פרסים, ועדות מקצועיות, מערכות הבטאון - לחבריהן ולפעילים נוספים - הנני מודה מקרב לב על הסיוע ביוזמה, ברעיונות ובהחלטות, שהובילו לפעילות הרבה שלנו בשנים אלה, כפי שבא לידי בטוי בפרוט להלן:

חילוץ החייל מהקשיים הכספיים והחזר ההוצאות לנשיא הקודם בשל הקשיים שנוצרו; חדשנו ובססנו את רציפות "הכימי-ידה", התחרות בכימיה לבני הנוער בישראל, ע"י נכונות הפקולטה לכימיה בטכניון להמשיך בפעילות; במהלך "שנת הכימיה" יזמנו פעילות נרחבת בקרב הצבור ותלמידים, והפעלנו עשרות מתנדבים מקרב מורי הכימיה בבתי-הספר התיכוניים, חברי סגל ואנשי תעשייה; יסדנו את פרס החייל לכימאי מצטיין, למורה מצטיין, וחדשנו את הענקת אות כבוד (מדליה) למדען בשל הישגים יחודיים;

חדשנו והרחבנו את הפקת הבטאון "כימיה בישראל", הנשלח לכל החברים; הצלחנו לקרב את התעשייה הכימית אל פעילותנו וכיום יש קרוב ל- 50 תעשיות כימיות שהן חברות פעילות בחייל ומחדשות חברותן מידי שנה;

הנפקנו את הכרזה המרשימה של "כימיה בבולים", המבוקשת ע"י גורמים שונים; ערכנו שניים בתקנון העמותה והעיקרי בהם הוא ההרכב החדש של הוועד הפועל, בו ניתן יצוג הולם יותר לתעשייה הכימית, מערכת הבטאון, הוראת הכימיה ותלמידי המחקר; המשכנו במסורת של קיום ימי עיון לכבוד חתני פרס וולף בכימיה; הסקציות הפעילות בחברה המשיכו לקיים את ימי העיון המסורתיים שלהם; החייל נתנה חסות לכנסים מדעיים בינלאומיים, הקשורים לכימיה, שהתקיימו בארץ; פעלנו במסגרות ממשלתיות (משרד המדע, בעיקר) ואחרות לקדום תחומי המחקר בכימיה והעמדתם במקום לו הם ראויים, תן מבחינה מדעית והן מבחינה לאומית-כלכלית;

בתחום הבינלאומי יש לצין את ההסכם לשתוף פעולה עם החברה האמריקאית לכימיה והזכאות ל- 20% הנחה בדמי החבר שם לחברי החייל; חתמנו על שתוף פעולה עם החברה הפולנית לכימיה; הצטרפנו לפדרציה האסיאתית של אגודות לכימיה (FACS), ואנו ממשיכים להיות חברים פעילים בפדרציה האירופאית (FECS); הצטרפנו לבעלות על כתב העת של FECS: Physical Chemistry Chemical Physics, וכן בגופים בינלאומיים אחרים.

ברצוני להודות לחברים על האמון שנתנו בי בעבר, ואני תקווה כי גם בשנים הבאות נראה אתכם בין חברי החייל. אחולי הצלחה לנשיא הנבחר, פרופ' שמאי שפייר, חברי הוועד הפועל וועדת הבקורת אשר יציעו את החייל קדימה מעבר לשמירת הקיים.

בברכה
ארנון שני

CHEMISTRY UNDER EXTREME CONDITIONS STUDIED BY IMPACT HEATED CLUSTERS

A. Gross and R. D. Levine, The Fritz Haber Research Center for Molecular Dynamics,

The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem 91904, Israel

Introduction

Recently, and much to our regret, the 'Columbia' space shuttle failed to survive the intense temperature rise during its reentry to the atmosphere. Why did the temperature rise so suddenly? We know how it started – the shuttle met air while moving at a very high speed. But air is not normally reactive, so how did the high velocity with which the shuttle moved activate the air and why is reentry accompanied by loss of radio communications and by a characteristic glow?

In the past, the systematic study of chemical reactions that require very high activation energies was handicapped since the extreme conditions that are required could not be achieved in a controlled and reproducible fashion. In this short overview we report on molecular clusters¹, heated by impact at a hard surface, as allowing experimental access to the required conditions²⁻⁴. In this approach, the cluster is the medium within which chemistry is to take place. The impact at a hard surface provides the ultrafast heating, see figure 1.

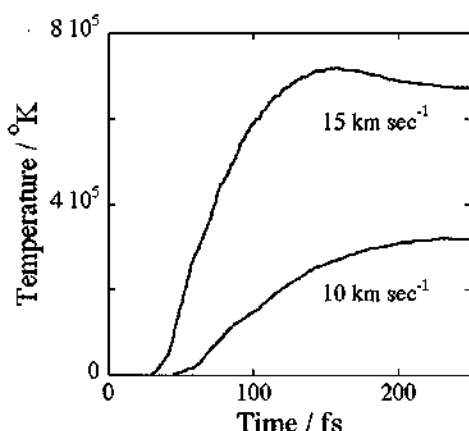


Figure 1. The temperature rise as a function of time (in femtoseconds, fs, 1 fs=10⁻¹⁵ seconds) during cluster impact. Computed for a cold cluster of 256 rare gas atoms incident on a hard surface at a hypersonic velocity. The temperature is computed as the mean random kinetic energy per atom. Note that for hypersonic impact heating is very rapidly completed. The cluster will begin to fragment in about 200 fs. Adapted from ref. 4.

The proposed technique is simple to describe. A fast moving cold cluster, generated by a supersonic expansion^{1,5}, is directed towards a hard surface. As the leading atoms of the cluster reach the surface and rebound, the rest of the cluster is still moving forward, so that high relative velocity between the species in the cluster is achieved. The initially directed velocity of the cluster is thereby randomized. During the impact the cluster not only heats up, it also experiences an ultra fast compression, as shown in figure 2 (and on the front cover). Soon after impact with the surface the cluster fragments and its constituents scatter in all directions.



Figure 2. Configuration of O and N atoms at three different times during the compression stage of a cluster of 30 O₂ and 30 N₂ molecules. The wall, not shown, is at the left and the impact velocity is 12 kms⁻¹. Note the formation of NO and of transient polymers.

The first question therefore is whether there is a stage, between impact and fragmentation, where the cluster is hot and compressed and whether there is sufficient time for chemical reactions to take place within this unfamiliar medium. That the hot cluster will expand soon after the impact is beneficial because this isolates the products from engaging in any further reaction. In other words, fragmentation freezes the composition. All of this was studied by Tamar Raz in her Ph.D. work^{2,3,6}.

Chemical Reactions under Extreme conditions

For over two centuries chemists know that air does not burn. That is, the reaction between molecular nitrogen and molecular oxygen, N₂ + O₂ → 2 NO, does

not take place. It needs very high temperatures, as inside an electric arc, to overcome the high energetic threshold.

Air burn is an example of a reaction requiring extreme conditions because it is a four-center reaction, predicted by the Woodward-Hoffmann orbital correlations to have a high barrier⁷. Alternatively, it can lead to electronically excited products.

In addition to electronic considerations, nuclear dynamics also make a four-center reaction symmetry disfavored. ('Forbidden' is too strong a word in our permissive society). Consider, figure 3, an N_2 molecule colliding at a high velocity with an O_2 molecule. We need a high velocity to overcome the high barrier to reaction. Fine; say that the reactants crossed the barrier. The two NO molecules now need to move apart. But to do so they need a relative velocity in a perpendicular direction, a direction that is parallel to the N-N or O-O bonds while the high approach velocity is in the direction parallel to the N-O bonds, see figure 3. Four center reactions need vibrationally excited reactants, so that the products can recede from one another and they produce vibrationally excited products, because the barrier energy is transformed into product vibration.

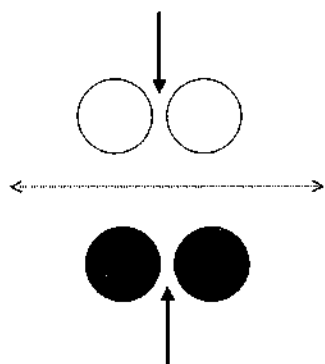


Figure 3. The collision $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ when the atoms are at a four center configuration. Shown as solid arrows is the initial collision velocity. The light dashed line is the axis along which the two NO product molecules will separate.

If the air burn reaction, $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$, is to take place efficiently within the suddenly heated cluster, we need the hot cluster to persist for more time than just the

time needed for a single collision of the reactants. First, the initially cold reactant molecules, N_2 or O_2 or preferentially both, need to be vibrationally excited. The N_2 or O_2 bonds are quite stiff so this, in itself, requires a high velocity collision of the reactant with some other molecule. Only then can the vibrationally excited molecules react with each other.

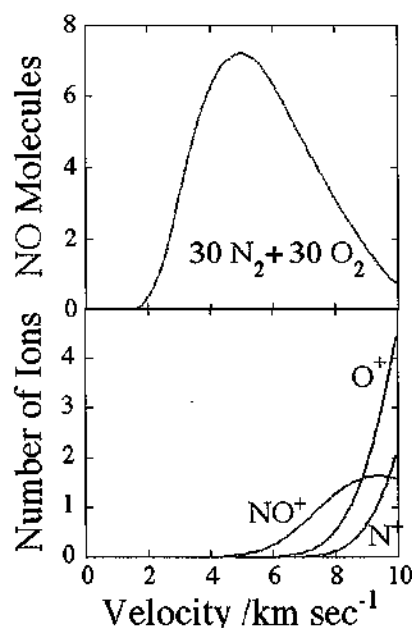


Figure 4. The yield of NO, top panel, and ionic species, bottom panel, vs. impact velocity after a cluster of 30 N_2 and 30 O_2 molecules is heated by impact. Note the copious ionization at impact velocities above 30 Mach (10 kms^{-1}). This plasma formation is the reason for loss of radio contact immediately after a reentry of a satellite into the atmosphere. Electron emission from impact heated clusters has been observed in the laboratory of Hendell and Even⁸.

Computer simulations show indeed that air burn can be induced by cluster impact⁶. In particular, the simulations verify that the hot and compressed cluster survives long enough for chemistry to be possible within the cluster⁴. Computer simulations have their limitations not the least of which is that the simulation requires knowing the forces, not a trivial requirement for open shell atoms, see figure 2 (and front cover) for

the unusual transient species that are possible for such atoms. In figure 4 we therefore show the results of a maximum entropy computation, an approach favored by our group in Jerusalem, for the yield of different products vs. impact velocity for a cluster of 30 N_2 and 30 O_2 molecules. This alternative approach verifies the high yield of NO, see upper panel of figure 4. At the same time we can also use it to infer the contribution of electronically excited species, including ions.

Light Emission

As in the sad last moments of 'Columbia' and in other explosions we observe light emission. Can our considerations explain this often observed phenomenon?

During the collision with the surface the cluster experiences an ultra fast compression. The internuclear distances between the atoms very rapidly decrease. When electronic energy levels (which are a function of the internuclear distances) are rapidly changing the electrons fail to follow the nuclei, so that the Born-Oppenheimer approximation is broken. This can lead to the formation of electronically excited species that will emit light. In particular, if we take a cluster of air (or a cluster that contains a few molecules of nitrogen and oxygen embedded in rare gas atoms) we expect light emission from electronically excited NO, N_2 , O_2 molecules because in a four center configuration there are (conical) intersections of potential energy functions so that electronic state changing is facile.

Furthermore, there can also be a structureless IR/Visible emission due to collision induced effects. In order to reduce the participation of electronically excited states we chose to explore this mechanism using a cluster containing a mixture of rare gas atoms.

Collision Induced absorption in the region of the far IR is well known for rare gas mixtures at room temperatures and was extensively studied in the past, in particular by Bar-Ziv and Weiss⁹ at Ben-Gurion University. It occurs when two chemically different atoms collide. Such a collision between two dissimilar atoms can be considered as a transient heteronuclear

diatomic molecule, which has a dipole moment, lasting as long as the binary collision lasts. For us, the collision is at hypersonic velocity so the spectrum will extend to the near IR/Visible range*, as seen in figure 5.

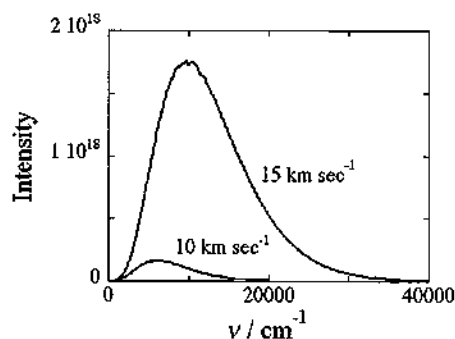


Figure 5. The emission spectrum when a cluster of 128 Ne and 128 Ar atoms collides with a hard surface at hypersonic velocities. Note that the emission extends into the visible.

Summary

Chemistry under extreme conditions can be now studied using impact heated clusters. We have here discussed only one example, that of the bimolecular $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ reaction but other interesting possibilities are clearly available. In addition, the fleeting existence of the hot and dense cluster opens up for exploration diverse aspects of the chemistry and physics of high energy density matter. Light emission due to the high relative velocities within the cluster was used here as an illustration.

Acknowledgement

We thank Dr. Tamar Raz whose theoretical work suggested that chemistry can take place in the hot cluster and Prof. U. Even who studied both cluster impact chemistry and cluster electron and light emission in his laboratory at Tel-Aviv University.

* On the basis of the uncertainty principle we expect the range of frequencies to be inversely proportional to the duration of the collision. Therefore it should be proportional to the collision velocity or, as was observed⁹, to the square root of the temperature.

References

1. U. Even and Y. Magen, Supersonic Beams: A Research Tool for Molecular and Cluster Spectroscopy, Chemistry in Israel, December 2002.
2. T. Raz and R.D. Levine, Chemistry under Extreme Conditions Induced by Cluster Impact in Chemical Dynamics in Extreme Environments, RA Dressler (Ed.), World Scientific, Singapore, 2001.
3. T. Raz and R.D. Levine, Essentials of Cluster Impact Chemistry in Atomic and Molecular Beams, The State of the Art 2000, R. Campargue Ed., Springer, Berlin 2001, p. 849-872.
4. A. Gross, H. Kornweitz, T. Raz, and R. D. Levine, Driving High Threshold Chemical Reactions During the Compression Interlude in Cluster Surface Impact, Chem. Phys. Lett., 354, 395 (2002).
5. W. Christen and U. Even, Cluster Impact Chemistry J. Phys. Chem. A 102, 9420 (1998)
6. T. Raz and R. D. Levine, Four-Center Reactions: A Computational Study of Collisional Activation, Concerted Bond Switching, and Collisional Stabilization in Impact Heated Clusters, J. Phys. Chem. 99, 7495 (1995).
7. F. Matthias Bickelhaupt, R. Hoffmann and R.D. Levine, On "Forbidden" Four-Center Reactions: Molecular Orbital Considerations for N_2+N_2 and $N_2+N_2^+$, J. Phys. Chem. A 101, 8255 (1997).
8. E. Hendell and U. Even, Cluster-Surface Interaction at High Kinetic Energy. I. Electron Emission, J. Chem. Phys. 103, 9045 (1995).
9. E. Bar-Ziv and S. Weiss, Collision-Induced Spectra of rare Gas Mixtures: Experimental Results and Empirical Relations, J. Chem. Phys. 64, 2412 (1976).



Raphael D. Levine, born in Alexandria and educated in Tel Aviv is the Max Born Professor of Natural Philosophy at the Hebrew University of Jerusalem. He is interested in the dynamics of chemical reactions. He is an Israel Prize and a Wolf Prize Laureate and a member of the Israel National Academy of Sciences and Humanities. In 2002 he received the newly instituted EMET Prize.

Ayelet Gross, born in Kibutz Gan-Shmuel and a graduate of the Hebrew University, is a doctoral student writing her thesis on Electronically Excited States in Cluster Impact.

הקדמה

אחד האתגרים החשובים של הכימיה האורגנומתכתית הנו יישומה בטכנולוגיות חדשות ובפיתוח חומרים מסוג חדש. אחד מתחומי המחקר אליו ניתן לייחס תהליכים מסוג זה הוא הפילמור הקטליטי של אולפינים. לפולימריזציה של אולפינים היה תפקיד נכבד בהתפתחות התעשייתית במאה ה-20. בימינו פולימרים מסוג זה מהווים את הבסיס לתעשיית הפלסטיקה והגומי והשימוש הנעשה בהם מתפרס על פני תחומים רבים. קפיצת מדרגה בכל הקשור לתהליך פילמור אולפינים חלה בשנות ה-50. תוצאות מחקרו של Karl Ziegler בנוגע לקטליזה של פילמור באינסרציה בעזרת מתכות מעבר בשילוב עם עבודתו של Giulio Natta¹, אשר גילה את הסטראוסלקטיביות בפילמור של α - אולפינים, הובילו לפיתוח התהליך התעשייתי לפילמור כפי שהוא קיים היום. הקטליזטורים מסוג Ziegler-Natta קיבלו את תשומת הלב הראשונית לאחר ש-Ziegler הראה כי מספר הלידים של מתכות מעבר בראקציה עם אלקיל אלומיניום הינם יעילים בפילמור אתילן. הפולימר המתקבל הוא ליניארי ובעל משקל מולקולרי גבוה יחסית, כמו כן הראקציות לפילמור התאפשרו בלחץ נמוך. בעקבות גילויים אלה הראה Natta כי אותם קטליזטורים טובים גם לפילמור אולפינים נוספים כגון פרופילן ובוטילן ו- α - אולפינים מסדר גבוה יותר. גם כאן התקבלו משקלים מולקולריים גבוהים ומה שחשוב אף יותר הוא שבתהליך הפילמור מתקיימת סטראורגולריות גבוהה. אחד הפולימרים החשובים ביותר מבחינה תעשייתית הינו פוליפרופילן. האפשרות להנדסת תכונותיו הפלסטיות בשילוב עם עלותו הנמוכה יחסית היא זו שהפכה את הפוליפרופילן למבוקש כל-כך ואת המחקר לפיתוחו לאטרקטיבי כל כך.

קטליזה הומוגנית

ב-15 השנים האחרונות היינו עדים להתקדמות משמעותית ביותר בתכנון ויישום של קומפלקסים אורגנו-מתכתיים כקטליזטורים הומוגניים לתהליך הפילמור של α - אולפינים, כאשר חלקם אף מצויים בשלבים מתקדמים לשימוש מסחרי. ההתפתחויות האחרונות בשטח זה נובעות מן ההבנה ההולכת וגדלה של הפקטורים החשובים לייצוב הצורן הפעיל תוך שליטה טובה יותר באקטיביות וסלקטיביות של קומפלקסים אלה, זאת בשילוב עם החשיבות התעשייתית שנוצרה לגילוי הפעילות של מתילאלומוקסאן (MAO) כקו-קטליזטור. נכון להיום מתלוצנים מקבוצה 4 ונגזרות של אותה מערכת קטליטית מצויים בחזית של התפתחויות אלה.

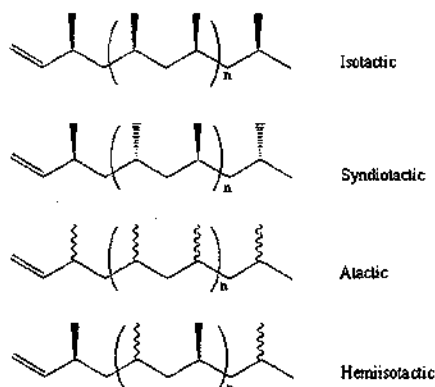
קטליזטורים הומוגניים לפילמור α - אולפינים פותחו לראשונה בסוף שנות ה-50. קטליזטורים אלה ונגזרותיהם נחשבים כיום לסוג החדש של קטליזטורי Ziegler-Natta. היתרון בפיתוח הקטליזטורים הומוגניים היה שהדבר הקל על ביצוע מחקר קינטי לתהליך הפילמור. הקטליזטורים הומוגניים

הראשונים, אשר פותחו ע"י Natta², Breslow³, Bovey⁴ הם מסוג Cp_2TiCl_2 (bis(cyclopentadienyl)titanium dichloride) בנוכחות אלקיל אלומיניום כלוריד. הבעייתיות במערכות אלה היתה נעוצה בחוסר הפעילות שלהם בפילמור פרופילן ובערכי פעילות נמוכים בפילמור אתילן ביחס למערכות הקטליטיות ההטרוגניות.

אבחנה מעניינת של Reichert ו-Meyer⁵ ולאחריהם גם Breslow ו-Long⁶ במהלך ניסיונות הפילמור בעזרת קטליזטורים אלה הייתה שבנוכחות שרידי מים באתילן עלתה פלאים הפעילות של הקטליזטורים. גילוי זה הוביל מספר שנים לאחר מכן להנחת אבן דרך משמעותית בקטליזה ההומוגנית⁷. ב-1980 Kaminsky ו-Sinn⁸ הבחינו כי רק לאחר שהוספו מים למערכת הקטליזה התרחשה אינטראקציה בין Cp_2ZrMe_2 לטרימתילאלומיניום אשר גרמה לעלייה משמעותית באקטיביות הקטליזטור. את העלייה באקטיביות ייחסו להיווצרות methylalumoxane (MAO) כתוצאה מהידרוליזה חלקית של הטרימתיל אלומיניום, כאשר עד היום קיימת אי בהירות לגבי מבנהו המדויק⁹. התברר גם כי השימוש ב-MAO כקו-קטליזטור איפשר שימוש בקטליזטורים הומוגניים בפילמור אולפינים מסדר גבוה מאתילן דוגמת פרופילן. נכון להיום MAO נחשב לאחד הקו-קטליזטורים היעילים ביותר לפילמור α - אולפינים. למרות הגילוי החשוב של Kaminsky ו-Sinn¹⁰ חיסרון בולט במערכות אלה בחשוואה למערכות ההטרוגניות היה בסטראוסלקטיביות הנמוכה שלהם. למרות זאת היוותה מערכת זו אב טיפוס למערכות קטליטיות יעילות ביותר לפילמור α - אולפינים כפי שנעשה למשל ע"י Ewen ו-Brintzinger¹¹ ב-1985 אשר השתמשו בליגנדה מגשרת דוגמת ansa - מתלוצנית קשיחה ליצירת קטליזטור פעיל ביותר לפילמור סטראוסלקטיבי של פוליפרופילן.

הסטראוכימיה של פילמור פרופילן

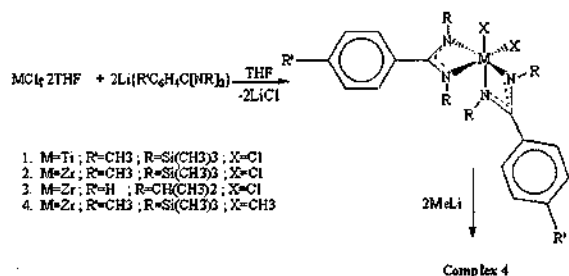
בתהליך פילמור של פרופילן יתכנו מספר צורות סטראורגולריות של הפולימר, כמתואר למשל באיור 1:



איור 1

ליגנדות אלטרנטיביות לציקלופנטאדיאן

הצלחת הסוג החדש של קטליזטורי Natta-Ziegler כפי שפותחו ע"י Kaminsky ו-Sinn היוותה כוח מניע לפיתוח מערכות אלטרנטיביות למערכות הציקלופנטאדיאניות אשר יספקו שליטה גבוהה על הסטראוסלקטיביות לתהליך הפילמור.¹⁶ בחיפוש אחר ליגנדות אלטרנטיביות פותחו מערכות רבות. "משפחה" אחת של מערכות שפותחו הן ליגנדות דיאמידו. ¹⁷ הצורך בקטליזטורים בעלי פעילות כיראלית עודד פיתוח של ליגנדות אלטרנטיביות שהן כיראליות.¹⁸ פותחו גם קומפלקסים המשלבים ליגנדות Cp עם ליגנדה אמידית.¹⁹ כאשר קומפלקסים משולבים אלה התגלו כיעילים ביותר בקטליזה לפילמור אולפינים. בין היתר סונטזו גם ליגנדות בידנטיות מסוג בנואמידים והחל מחקר מקיף בקבוצתו כמו גם בקבוצות אחרות על האפקטים האלקטרוניים והסטריים של קומפלקסים עם ליגנדות מסוג זה על תהליכי הפילמור של α - אולפינים.²⁰ בציפה לתכנון קטליזטורים פוטנציאליים נחקרה לעומק הכימיה של הבנואמידים עם מתכות קבוצה IV. הסנטזה לקבלת הקומפלקס המתכתי פשוטה יחסית וניתן באמצעותה להגיע למספר רב של נגזרות (איור 3):

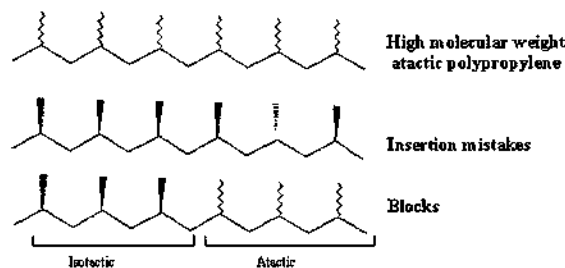


איור 3

מספר קומפלקסים מסוג זה סונטזו ונבדקה פעילותם הקטליטית בפילמור α אולפינים. הקומפלקסים הביס-בנואמידים של קבוצה IV מתקבלים כתערובות רצמיות של קומפלקסים ציס-אוקטהדרליים בעלי סימטריה של C_2 . שפעול של קומפלקסים אלה עם MAO נותן מערכת קטליטית פעילה לפילמור אתילן, פרופילן וציקלואוליגומריזציה של 5,1-הקסאדיאן.²¹

להפתעתנו בראקציות לפילמור פרופילן אשר התרחשו בתנאים בהם לחץ המונמר הוא של 1 אטמ' התקבל פוליפרופילן כשמן אטקטי זאת למרות הסימטריה של קומפלקסים אלה אשר אמורה להוביל לקבלת פולימר איזוטקטי. היווצרות הפולימר האטקטי יכולה להיות כתוצאה מקיומה של תגובת אפימריזציה אינטראמולקולרית של השרשרת הפולימרית הצומחת שהינה תחרותית לאינסרציה. תהליך כזה הוצע עבור מערכות מתלוצניות ע"י Busico²² והוא מתואר באיור 4:

הסטראוכימיה של פוליפרופילן משפיעה באופן ישיר על תכונותיו הפיזיקליות של הפולימר. הפוליפרופילן האיזוטקטי, שהינו בעל חשיבות גדולה בתעשייה, הוא פולימר בעל מבנה מוצק גבישי תרמופלסטי בעל נקודת היתוך של 165°C בעוד שהפולימר האטקטי מתקבל כשמן אמורפי. לפולימר בעל תכונות אלסטיות חשיבות הולכת וגדלה בעולם התעשייתי בעקבות החיפוש אחר תחליפים לחומרי הגלם על בסיס של גומי. באיור 2 מתוארות מספר צורות סטראוגולריות של פוליפרופילן אשר מאפשרות את התכונות האלסטיות לפולימר.



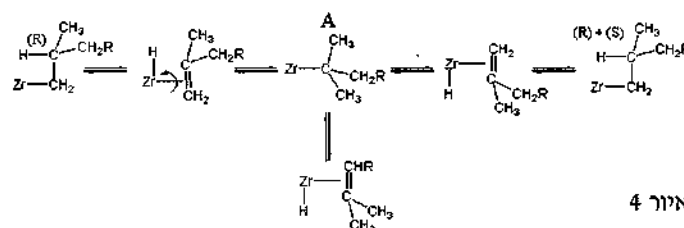
איור 2

הראשון שקיבל פוליפרופילן אלסטומרי, (המורכב מבלוקים של איזוטקטי ובלוקים של אטקטי, (איור 2), היה Natta.²² בתחילת שנות ה-90 דיווח Chien²³ על הסינטזה של פוליפרופילן אלסטומרי תוך שימוש בקטליזטור טיטניום מתלוצני מגושר בנוכחות MAO. Chien הציע כי המבנה הסטראובלוקי של הפולימר התקבל כתוצאה מקטליזה דרך אתרי קואורדינציה א-ספציפיים ואיזוספציפיים שהתקבלו לסירוגין. בשנת 1995 פרסם "Waymouth" קטליזטור נוסף לפילמור α אולפינים שתוכנן כך שיהיה עם אפשרות לאיזומריזציה בין מצב בו הוא איזוספציפי לבין מצב בו הוא א-ספציפי. חשיבותה של עבודה זו היא ברגישות מבנה הפולימר לתנאי הראקציה. התברר כי אחוז האיזוטקטיות עולה עם עליית לחץ המונמר. כמו כן נראה כי קיימות תלות בטמפרטורה וכי עם ירידת הטמפרטורה קיימת עליה באיזוטקטיות. האפשרות לשליטה בסטראוסלקטיביות של הפילמור מהווה אבן דרך חשובה ביותר בראקציות מסוג זה והיא הובילה לפיתוח מערכות נוספות (מאותו סוג) לקבלת אלסטומרים.²⁴

בעקבות העבודות הרבות שנעשו בנושא פיתוח ותכנון קומפלקסים משופרים לקטליזה הומוגנית לפילמור אולפינים התקבלה עובדה חשובה המקשרת בין סימטריית הקומפלקס המתכתי למבנה הפולימר המתקבל כפי שמתואר בטבלה 1:

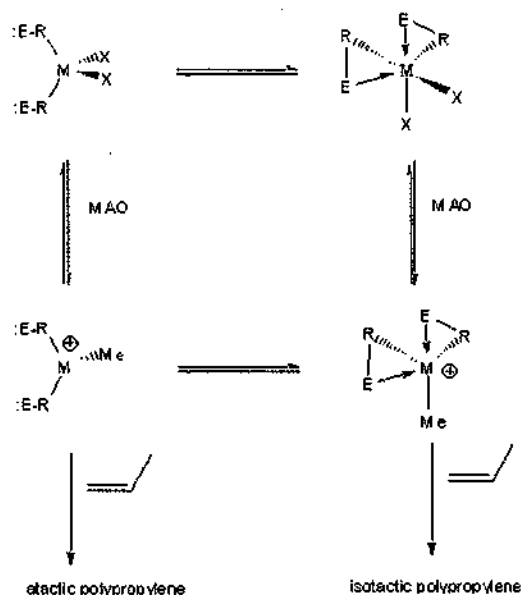
סימטריית הקומפלקס	מבנה הפוליפרופילן
C_1, C_2, C_3	איזוטקטי
C_s	סינדיוטקטי
C_{2v} or higher	אטקטי

טבלה 1: הקשר בין סימטריית הקומפלקס למבנה הפולימר



איור 4

קומפלקס האצטילאצטונאט הינו פעיל בפילמור פרופילן לקבלת פולימור אלסטי. החשיבות בקבלת אלסטומר מפרופילן באופן זה טמונה הן בכך שנעשה שימוש בקטליזטור פשוט וזול יחסית והן בכך שפוליפרופילן הינו חומר פלסטי הניתן למיחזור. בקבוצתנו מבוצע מחקר נוסף בו מתוכנן קטליזטור המצוי בשיווי משקל בין מבנים בעלי סימטריה שונה כאשר האחד בעל סימטריה שתוביל לפולימור אטקטי ואילו השני בעל סימטריה לקבלת פולימור איזוטקטי כפי שמתואר באיור 5. מערכת קטליטית כזו העוברת ממצב פרו-אטקטי למצב פרו-איזוטקטי תוך תלות בשיווי משקל דינמי תוכל לבנות פולימור אלסטומרי אשר באמצעות שינויי טמפרטורה ניתן יהיה לשלוט במבנהו הסטראוכימי.



איור 5

ליגנדה שהתבררה כמתאימה לקבלת קומפלקסים אשר יכולים להיות בשיווי משקל דינמי כזה היא ליגנדה פוספינואמינית. בתגובה של ליגנדה כזו עם MCl_4 ($M=Ti, Zr$) התקבלה מערכת קטליטית אשר הראתה פעילות בפילמור פרופילן לקבלת אלסטומר (איור 6)²⁴. עדויות לקיומו של שיווי המשקל בין הצורה הפתוחה לסגורה התקבלו ב- ^{31}P NMR אשר בוצע בטווח טמפרטורות רחב.

על מנת שנוכל לדעת אם אכן מתרחש מנגנון אפימריזציה כזה עבור המערכות הבנזאמידנאטיות שלנו בצענו שוב ראקציות פילמור של פרופילן אך בריכוז מונומר גבוה. אם מדובר במנגנון אפימריזציה שהוא תחרותי לאינסרציות הרי שהגדלת ריכוז המונומר תגרום להעדפת האינסרציות על פני האפימריזציה וכתוצאה מכך להעלאת סטראוסלקטיביות הפילמור. בפועל התברר כי אכן התגובות בריכוז גבוה הובילו לקבלת פוליפרופילן איזוטקטי בעל אחוזי איזוטקטיות גבוהים.²³ חיווק נוסף לאפשרות קיומו של מנגנון האפימריזציה התקבל בעקבות תגובה של קומפלקס 2 עם MAO ו- 1 - אוקטן. בעקבות תגובה זו התרחשה איזומריזציה של ה- 1 - אוקטן לתערובת של

(Z) 2-octene (15%), (E)-3-octene (40%)

(E)-2-octene (25%) ו- trans-4-octene (18%)

תוצאות אלה מעידות על קיומו של מצב המעבר A המתקיים במנגנון האפימריזציה.

שאלה חשובה ביותר אשר התעוררה בעקבות תוצאות המחקר שהתקבלו עבור קומפלקסים המכילים ליגנדות בנזאמידנאטיות היתה האם כל מערכת קטליטית בעלת סימטריה של C_2 תהיה מתאימה בתנאי ראקציה נכונים לפילמור סטראוסלקטיבי של פרופילן? אם אכן הסימטריה של הקומפלקס היא בעלת התפקיד המכריע בפילמור סטראוסלקטיבי הרי שבתנאי ראקציה מתאימים גם הקומפלקס בעל הליגנדה הפשוטה ביותר העונה על תנאי הסימטריה הנכונים יתאים לפילמור סטראוסלקטיבי של פרופילן.

על מנת לבדוק סוגייה זו בחרנו להשתמש בקומפלקס, הידוע כבר מאז שנות השישים המאוחרות, $^{24}titanium(bis(acetylacetonate)dichloride$ לשם פילמור פרופילן בריכוז מונומר גבוהים. לשימוש באצטילאצטון כליגנדה יש יתרון כלכלי ברור על פני השימוש בליגנדה כיראלית מה גם שתוצאות חיוביות יפתחו למעשה שער רחב למגוון עצום של קומפלקסים אלים וזמינים.

הפעילות הקטליטית של קומפלקס זה נבדקה בפילמור פרופילן בלחץ גבוה (=ריכוז גבוה). ראקציות הפילמור התבצעו בטמפרטורות שונות וביחסי MAO:cat שונים על מנת לבדוק את השפעת הפרמטרים השונים על ראקציות הפילמור. הפולימרים שהתקבלו אובחנו כולם בעזרת 1H -NMR ו- ^{13}C -NMR ומשקלם המולקולרי נקבע ע"י מדידה במכשיר GPC.²⁵ תוצאות הפילמור שהתקבלו היו מעודדות ביותר. התברר כי

6) W. P. Long, D. S. Breslow, *Liebigs Ann. Chem.* 1975, 463.

7) (a) A. Andresen, H. G. Cordes, J. Herwig, W. Kaminsky, A. Merck, R. Mottweiler, J. Pein, H. Sinn, H. J. Vollmer, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1976, 15, 630; (b) H. Sinn, W. Kaminsky, *Adv. Organomet. Chem.* 1980, 18, 99.

8) H. Sinn, W. Kaminsky, H. J. Vollmer, R. Woldt, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1980, 19, 390;

9) (a) M. R. Mason, J. M. Smith, S. G. Bott, A. R. Barron, *J. Am. Chem. Soc.* 1993, 115, 4971.; (b) R. A. Siedle, W. M. Lamanna, J. M. Olofson, B. A. Nerad, R. A. Newmark, *J. Organomet. Chem.*, 1993, 432, 299.; (c) V. N. Panchenko, V. A. Zakharov, I. G. Danilova, E. A. Paukshtits, I. I. Zakharov, V. G. Goncharov, A. P. Suknev, *J. Mol. Catal. A:Chem.*, 2001, 174, 107.; (d) I. I. Zakharov, V. A. Zakharov, *Macromol. Theory. Simul.*, 2001, 10, 108.; (e) D. E. Babushkin and H.-H. Brintzinger, *J. Am. Chem. Soc.* 2002, 124, 12869.

10) J. A. Ewen, *J. Am. Chem. Soc.* 1984, 106, 6355.

11) W. Kaminsky, K. Külp, H. H. Brintzinger, F. R. W. P. Wild, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1985, 24, 507.

12) G. Natta, *J. Polym. Sci.*, 1959, 34, 531.

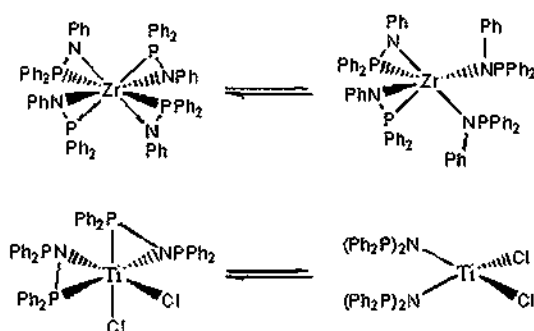
13) G. H. Llinas, S. H. Dong, D. T. Mallin, M. D. Rausch, Y. G. Lin, H. H. Winter, J. C. W. Chien, *Macromolecules*, 1992, 25, 1242.

14) (a) G. W. Coates, R. M. Waymouth, *Science*, 1995, 267, 217; (B) M. D. Bruce, G. W. Coates, E. Hauptman, R. M. Waymouth, J. W. Ziller, *J. Am. Chem. Soc.* 1997, 119, 11174.

15) (a) S. Lin, E. Hauptman, T. K. Lal, R. M. Waymouth, R. W. Quan, A. B. Ernest, *J. Mol. Catal. A:Chem.*, 1998, 136, 23; (b) J. L. Petoff, T. Agoston, T. K. Lal, R. M. Waymouth, *J. Am. Chem. Soc.* 1998, 120, 11316.; (c) Y. Hu, M. T. Krejchi, C. D. Shah, C. L. Myers, R. M. Waymouth, *Macromolecules* 1998, 31, 6908.; (d) C. D. Tagge, R. L. Kravchenko, T. K. Lal, R. M. Waymouth, *Organometallics*, 1999, 18, 380.

16) (a) G. Erker, R. Nolte, Y.-H. Tsay, C. Krüger, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1989, 28, 628; (b) A. H. Hoveyda, J. P. Morken, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 1996, 35, 1262.

17) (a) R. T. Boere, R. T. Oakley, R. W. Reed, *J. Organomet. Chem.*, 1987, 331, 161. (b) Mack, H.; Eisen, M. S. *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 1998, 917.; (c) J. D. Scollard, D. H. McConville, *J. Am. Chem. Soc.* 1996, 118, 10008.; (d) Y. Schrodi, R. R. Schrock, P. J. Bonitatebus, *Organometallics*,



איור 6

מניתוח ה- ^{13}C NMR של האלסטומר שהתקבל נראה כי אכן מדובר בפולימר בעל בלוקים אטקטיים ובלוקים איזוטקטיים. בשל תוצאות מעודדות אלה מתוכננים קטליזטורים נוספים מסוג זה תוך ניסיון לקבל מערכות קטליטיות שיהיו בעלי ערכי פעילות גבוהים יותר תוך שליטה מקסימלית על מבנה הפולימר המתקבל.²⁷

סיכום

תעשיית הפלסטיק מחפשת כבר שנים חומר שישלב את תכונות העמידות והקשיחות עם הגמישות. זרז המוביל ליצירת חומר גלם אלסטי יאפשר ליצרנים לשלוט בגמישות החומרים ובקשיחותם דבר שיוכל לשיפור ניכר בייצור חומרי ציפוי ואיסום, סיבים, אריזות רפואיות ומוצרים אחרים. מפעלי מכניות, למשל, יוכלו להשתמש בחומר מוצא אחד כדי לייצר את רוב סוגי הפלסטיק הדרושים להם - ידידות, משענות, מכסים וכו'. למרות ואולי בשל כל הממצאים החדשים המתקבלים ממגוון קבוצות המחקר העוסקות בנושא זה ראקציות פילמור אולפינים נמצאות בהתחדשות מתמדת ומהוות מוקד משיכה לחוקרים רבים בכימיה המודרנית.

References

- (a) K. Ziegler, E. Holzkamp, H. Breil, H. Martin, *Angew. Chem.* 1955, 67, 541; (b) K. Ziegler, *Angew. Chem.* 1964, 76, 545.
- (a) G. Natta, *Angew. Chem.* 1956, 68, 393; (b) G. Natta, *Angew. Chem.* 1964, 76, 545; (c) G. Natta, P. Pino, G. Mazzanti, U. Giannini, *J. Am. Chem. Soc.* 1957, 79, 2975.
- D. S. Breslow, N. R. Newburg, *J. Am. Chem. Soc.* 1957, 79, 5072.
- F. A. Bovey, *J. Polym. Sci.*, 1960, 46, 59.
- K. H. Riechert, K. R. Meyer, *Makromol. Chem.*, 1973, 169, 163.

26) O. Kühl, T. Koch, F. B. Somoza Jr., P. C. Junk, E. Hey-Hawkins, D. Plat, M. S. Eisen, *J. Organomet. Chem.*, 2000, 604, 116.

27) M. S. Eisen, V. Volkis, E. Smolensky, M. Shmulinson, A. Lisovskii, E. Shaviv, *Polymeric materials: Science & Engineering*, 2002, 87



פרופ' מוריס איזון

בוגר האוניברסיטה העברית בירושלים. M.Sc. ו-Ph.D. בהנחיית פרופ' יוחנן בלום. בשנת 1992 לאחר פוסט-דוקטורט הצטרף לסגל הפקולטה לכימיה בטכניון. משנת 1999 פרופ' חבר.

המחקר בקבוצתו מתרכז בנושאים הבאים:

קטליזה הומוגנית עם אורגנו-אקטינידים, תיכנון קטליזטורים לפילמור סטריאוסלקטיבי, קטליזה הטרוגנית במצעים אי-אורגניים.

בשנת 2001 זכה בפרס Humboldt כחמשן למספר פרסים בהם פרס טאוב, גוטוירט וריץ.



מיכאל שמולינסון

בוגרת הפקולטה לכימיה בטכניון. חוקרת במסגרת עבודת הדוקטורט את הפעילות של קומפלקסים אוקטהדרלים מקבוצת 4 בעלי סימטריה C_2 בפילמור של אולפינים.

2001, 20, 3560.; (e) J. T. Goodman, R. R. Schrock, *Organometallics*, 2001, 20, 5205.; (f) Z. Ziniuk, I. Goldberg, M. Kol, *Inorg. Chem. Commun.* 1999, 2, 549.; (g) E. Y. Tshuva, I. Goldberg, M. Kol, Z. Goldschmidt, *Organometallics*, 2001, 20, 3017.; (h) E. Y. Tshuva, I. Goldberg, M. Kol, *J. Am. Chem. Soc.* 2000, 122, 10706.

18) (a) B. Tsuie, D. C. Swenson, R. F. Jordan, J. L. Peterson, *Organometallics*, 1997, 16, 1392.; (b) C. Averbuj, E. Tish, M. S. Eisen, *J. Am. Chem. Soc.* 1998, 120, 8640.; (c) C. Averbuj, M. S. Eisen, *J. Am. Chem. Soc.* 1999, 121, 8755.

19) (a) A. K. Hughes, A. Meetsma, J. H. Teuben, *Organometallics*, 1993, 12, 1936.; (b) D. D. Devore, F. J. Timmers, D. L. Hasha, R. K. Rosen, T. J. Marks, P. A. Deck, C. L. Stern, *Organometallics*, 1997, 16, 3132.; (c) L. Jia, X. Yang, C. L. Stern, T. J. Marks, *Organometallics*, 1997, 16, 842.; Y-X. Chen, T. J. Marks, *Organometallics*, 1997, 16, 3649. (d) M. Galan-Fereres, T. Koch, E. Hey-Hawkins, M. S. Eisen, *J. Organomet. Chem.* 1999, 580, 145.

20) (a) D. Herskovics-Korine, M. S. Eisen, *J. Organomet. Chem.*, 1995, 503, 307.; (b) M. Wedler, F. Knösel, M. Noltemeyer, F. T. Edelmann, *J. Organomet. Chem.*, 1990, 338, 21.; (c) R. Gómez, R. Duchateau, A. N. Chernega, A. Meetsma, F. T. Edelmann, J. H. Teuben, *J. Chem. Soc. Dalton. Trans.*, 1995, 217.; (d) J. R. Hagardon, J. Arnold, *Organometallics*, 1994, 13, 4670.; (e) D. Walther, R. Fischer, M. Fredrich, P. Gebhardt, H. Görls, *Chem. Ber.*, 1996, 129, 1389.; (f) J. Richter, F. T. Edelmann, M. Noltemeyer, H. G. Schmidt, M. Shmulinson, M. S. Eisen, *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 1998, 130, 149.

21) C. Averbuj, V. Volkis, M. S. Eisen, in preparation.

22) (a) V. Busico, R. Cipullo, *J. Am. Chem. Soc.* 1994, 116, 9329; (b) V. Busico, L. Caporaso, R. Cipullo, L. Landriani, *J. Am. Chem. Soc.* 1996, 118, 2105.; (c) M. Leclerc, H. H. Brintzinger, *J. Am. Chem. Soc.* 1995, 117, 1651.

23) V. Volkis, M. Shmulinson, C. Averbuj, A. Lisovsky, F. T. Edelmann, M. S. Eisen *Organometallics*, 1998, 17, 3155.

24) (a) *Inorganic synthesis*, vol 8, p.37.; (b) T. J. Pinnavaia, R. C. Fay, *Inorg. Chem.*, 1968, 7, 502.; (c) N. Serpone, R. C. Fay, *Inorg. Chem.*, 1969, 8, 2379.; (d) R. C. Fay, R. N. Lowry, *Inorg. Chem.*, 1967, 6, 1512.

25) M. Shmulinson, M. Galan-Fereres, A. Lisovskii, E. Nelkenbaum, R. Samiat, M. S. Eisen, *Organometallics*, 2000, 19, 1208.

החשמלית בין האתר הפעיל שבחומר הביולוגי (האנזים) לאלקטרודה ניתן להסבר על-ידי תאוריית מרכוס (Marcus Theory) למעבר אלקטרון². נוכל להתייחס לאתר הפעיל ולאלקטרודה כאל דונור אלקטרוני ואקצפטור אלקטרוני, בהתאמה. מהירות מעבר האלקטרון מדונור האלקטרוני לאלקטרודה יהיה נתון על-ידי משוואה מס' 1 שבה ΔG^0 ו- λ הינם האנרגיה החופשית ואנרגיית האירגון מחדש, בהתאמה, ו- d_0 הינם המרחק המפריד כפועל בין הדונור לאקצפטור והמרחק הואן דר ואלסי בין המרכיבים, בהתאמה, ו- β הוא גורם הצימוד האלקטרוני.

$$(1) \quad k_{et} \propto \exp[\beta(d - d_0)] \cdot \exp[-(\Delta G^0 + \lambda)^2 / 4\lambda RT]$$

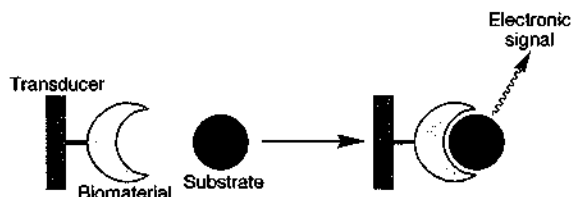
רואים כי מהירות מעבר האלקטרון תלויה אקספוננציאלית במרחק שבין האתר הפעיל לאלקטרודה. בהנחה כי קוטר האנזים כ-100 Å, והאתר הפעיל מצוי במרכזו, חישוב מהיר מראה כי משך הזמן למעבר אלקטרון מן האתר הפעיל לאלקטרודה הוא כמאה שנה! כלומר, הפרוטאין מהווה שכבה מבודדת לאתר הפעיל, תופעה המונעת את התקשורת החשמלית שבין הביוקטליטור לאלקטרודה. הבנת המנגנון החוסם את התקשורת החשמלית שבין האנזים לאלקטרודה הובילה את הכימאים לפתח מערכות בהן שימוש במולקולות או בפולימרים המשמשים כמתווכים למעבר אלקטרון מאפשר יצירת הגשר להובלת האלקטרוני בין האתר הפעיל לאלקטרודה³. למשל, שימוש במרכיבי חימצון-חיזור הפועלים במנגנון דיפוזיוני, עיגון קוולנטי לפרוטאין של מולקולות חימצון הפועלות כתחנות מימסר חשמליות, או קישור החלבון לפולימר חימצון המוביל אלקטרוני, שימשו כמנגנונים בסיסיים ליצירת תקשורת חשמלית בין האנזימים לאלקטרודה. עם זאת, בחינת יעילות התקשורת החשמלית שבין החומר הביולוגי לאלקטרודה (במערכות אלה) מגלה שמהירות העברת האלקטרוני רחוקה ממהירות העברת האלקטרון במערכות הביולוגיות. הסיבות לתקשורת החשמלית המוגבלת נעוצות בהעדר הכוונה של האתר הפעיל כלפי השדר האלקטרוני, ועיגון יחידות המימסר האלקטרוני באופן לא ספציפי ובמיקום שאינו אופטימלי.

אלקטרודות אנזימטיות ותאי דלק ביולוגיים

במהרה התברר כי לכימאים אתגר ותפקיד מכריע ביצירת מבנים מסודרים של החומר הביולוגי על פני השדרים האלקטרוניים באופן שתתקיים תקשורת יעילה בין המרכיבים. מתברר כי יצירת ארכיטקטורות במימדים נאנומטריים של החומרים הביולוגיים על פני המשטחים מהווה את "הסוד הכמוס" לפיתוחן של המערכות הביואלקטרוניות. בכתבה זו, ננסה להציג במספר דוגמאות את הגישות המדעיות שפותחו לאחרונה במעבדתנו, ואשר משלבות את נושאי הביוטכנולוגיה והנאנוטכנולוגיה ליצירת מערכות ביואלקטרוניות חדשות

ההתפתחויות בתחומי האלקטרוניקה והביוטכנולוגיה במרוצת 30 השנים האחרונות הובילו למהפך מדעי בשטחים טכנולוגיים וביו-רפואיים מגוונים. טבעי, אפוא, שניסיון לגשר בין הרכיבים האלקטרוניים לחומר הביולוגי ליצירת התקנים עם פונקציות ביואלקטרוניות חדשות יהווה את הצעד החמישי במדע הבסיסי והיישומי, כאחד. אכן, אנו עדים בשנים האחרונות למאמץ רב-תחומי בפיתוח תחום הביואלקטרוניקה, שעיקרו שילוב החומר הביולוגי עם רכיב אלקטרוני ליצירת התקנים פונקציונאליים בהם הרכיב האלקטרוני מפעיל את החומר הביולוגי, או לחלופין תופעות ביולוגיות משודרות לסביבה על-ידי המרכיב האלקטרוני¹.

היכולת לשלוט ולתכנן את ההרכב והמבנה של ביומולקולות בשיטות הנדסה גנטית והתכונות הכימיות האופטימליות של מרכיבים ביולוגיים, כמו קישור, קטליזה, שאיבת יונים או התארגנות עצמית, שהינן תוצאה אבולוציונית, הופכים את החומר הביולוגי לגורם מרכזי בפיתוחם של התקנים ביואלקטרוניים פונקציונאליים. שילוב החומר הביולוגי עם רכיבים אלקטרוניים כמו אלקטרודות, טרנזיסטורים או גבישים פיאואלקטריים עשוי להוביל להתקנים הביואלקטרוניים בהם אירוע ביולוגי ניתן לשידור על-ידי הרכיב האלקטרוני או הרכיב האלקטרוני מפעיל את החומר הביולוגי. ציור 1 מודגים סכמטית התקן ביואלקטרוני שבו אירוע הכרה בין רצפטור לסובסטרט גורם להיווצרות אות חשמלי על פני האלקטרודה.



ציור 1: התקן ביואלקטרוני המשדר תופעת הכרה ביולוגית.

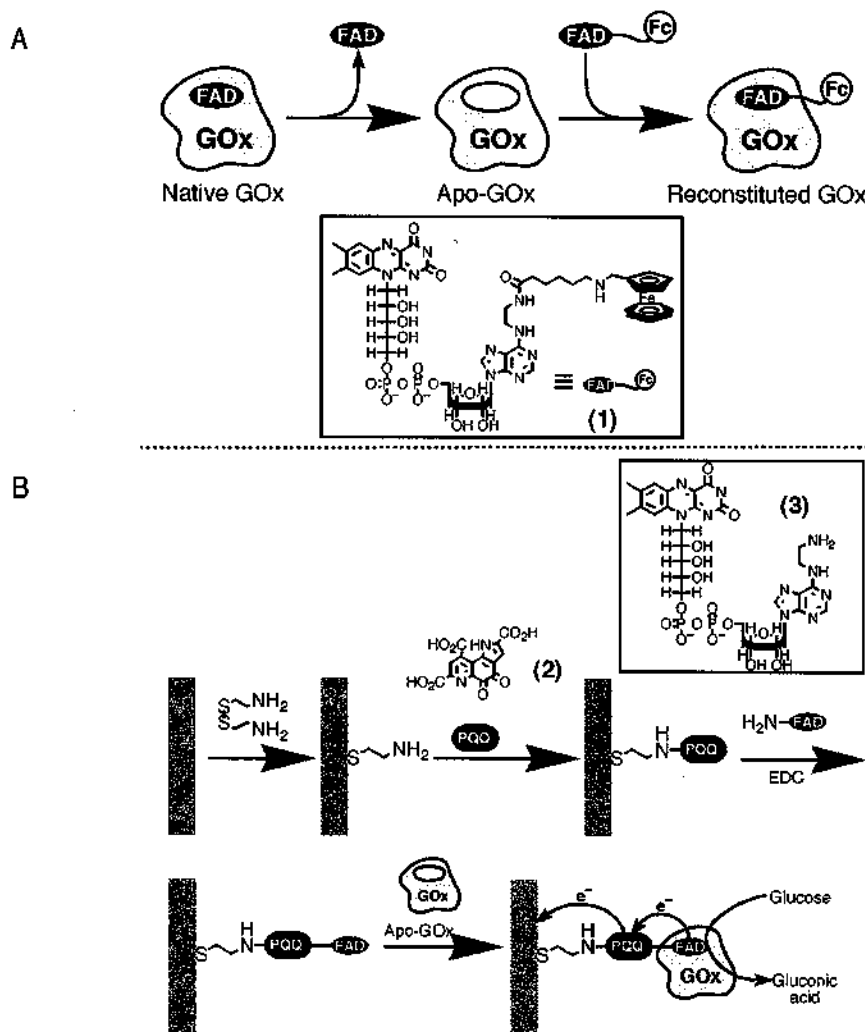
הבעיה המרכזית בתחום הביואלקטרוניקה הינה העדר תקשורת חשמלית בין החומר הביולוגי לרכיב האלקטרוני, והאתגר המרכזי בנושא כולל את פיתוח המנגנונים לתקשורת חשמלית בין החומר הביולוגי לרכיב האלקטרוני המהווים גורמים "זרים" זה לזה. במטרה להציג את העדר התקשורת החשמלית בהתקן הביואלקטרוני נציין כי בטבע קיימים מאות אנזימים מסוג חימצון-חיזור. קיבוע אנזים מחמצן (Oxidase) על פני אלקטרודה והפעלת פוטנציאל חיובי על האלקטרודה, העשוי לחמצן את האתר הפעיל, צפויים להפעיל את הפעילות הביוקטליטית של האנזים ולגרום לחימצון הסובסטרט. תהליך החימצון של הסובסטרט יוביל להתפתחות זרם חשמלי המתכוונו לריכוז הסובסטרט, ולכן האלקטרודה האנזימטית תהווה חיישן לסובסטרט. במציאות, מתברר כי הפעלת הפוטנציאל החיובי על פני האלקטרודה אינה גורמת לחימצון האתר הפעיל, ובכך, הפעילות הביוקטליטית של האנזים נמנעת. העדר התקשורת

קופקטור פלאביני סינתטי המעוגן קוולנטית ליחידת מימסר חשמלית פרוצן (1). בניגוד לאנזים גלוקוז אוקסידאז הנעדר תקשורת חשמלית עם האלקטרודה, נמצא כי האנזים המשוחרר ניחן בתקשורת חשמלית, כאשר יחידת הפרוצן משמשת כמימסר חשמלי לחימצון האתר הפעיל והפעלתו לחימצון הגלוקוז. ממצא זה הוביל בטבעיות, ליצירת ארכיטקטורות מכוונות של האנזים גלוקוז אוקסידאז על פני אלקטרודה⁵ במערך שבו יחידת המימסר החשמלי מכוונת אל פני האלקטרודה, ציור 2. במערכת זו, פירולוקינולין קיטון, PQQ, (2), משמש כמתווך להעברת האלקטרון. קישור קוולנטי של הקופקטור הפלאביני (3) ליחידת PQQ ורקונסטיטוציה של אפן-גלוקוז אוקסידאז על פני המשטח גורמים להכוונת האנזים על פני האלקטרודה וליצירת

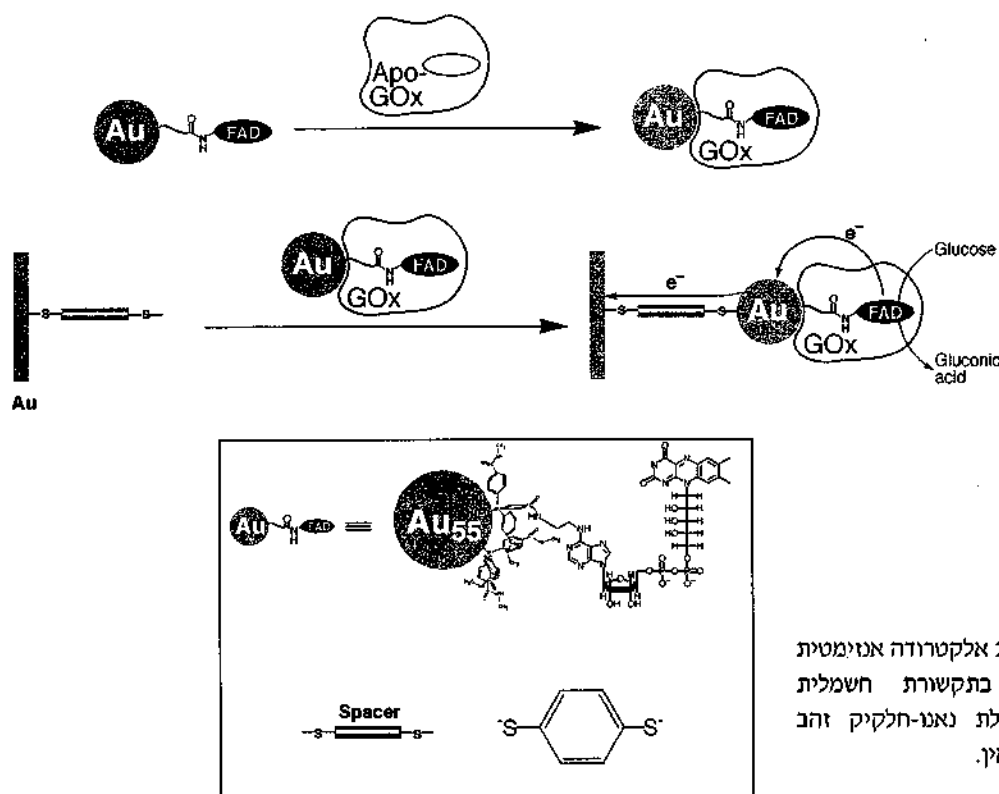
הכוללות חיישנים (ביוסנסורים), תאי-דלק ביולוגיים, רשתות חוטי הולכה נאנומטריים (Circuitry), ומכונות נאנומטריות. מחקרים חדשים אלה מהווים נדבך נוסף למאמץ מדעי רחב שהוקדש במעבדתנו לפיתוח עקרונות הביואלקטרוניקה ואשר נידון במגוון מאמרי סקירה^{4,5,6}.

כאמור, יצירת תקשורת חשמלית יעילה בין אנזים חימצון-חיזור לאלקטרודה מהווה את הבסיס ליצירת אלקטרודות-אנזימטיות. בשנת 1995 דיווחנו⁷ על גישה בסיסית ליצירת תקשורת בין אנזים חימצון-חיזור לטביבתו המקרוסקופית המבוססת על עקרון הרקונסטיטוציה, ציור 2.

בשיטה זו, שהודגמה על הפלאבו-אנזים גלוקוז אוקסידאז, הוצא הקופקטור הפלאביני מן החלבון ולאפו-אנזים "הושתל"



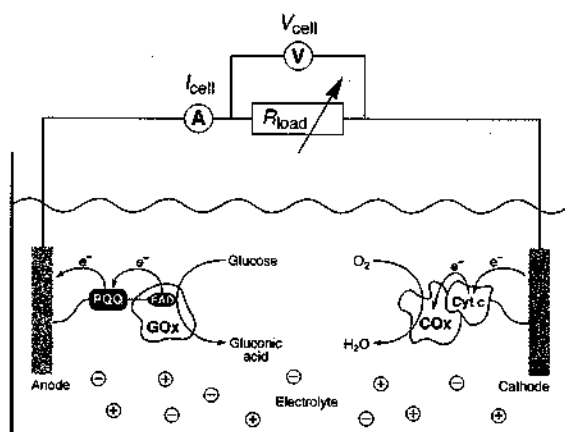
ציור 2 : (A) רקונסטיטוציה של הפלאבו-אנזים גלוקוז אוקסידאז עם קופקטור המעוגן ליחידת חימוז (1). (B) רקונסטיטוציה של אפן-גלוקוז אוקסידאז על-פני אלקטרודה המותמרת ביחידת חימוז - קופקטור פלאביני ליצירת אלקטרודה אנזימטית עם תכונות תקשורת חשמלית.



צור 3: יצירת אלקטרודה אנזימטית המאופיינת בתקשורת חשמלית על-ידי השתלת נאנו-חלקיק זהב לתוך הפרוטאין.

היכולת לבצע שינויים פונקציונאליים באתר הפעיל של האנזים באמצעות תהליך הרקונסטרוציה וקיומם של חלקיקי מתכת (כמו Au ו-Ag) או מוליכים למחצה (דוגמת CdS או CdSe) בגדלים נאנומטריים עוררה שאלה בסיסית האם ניתן לשלב את החומר הביולוגי והנאנו-חלקיק למטריצת כלאיים (Hybrid System) עם תכונות ביוקטליטיות חדשות. לחומרים ביולוגיים (אנזימים, נוגדנים וכו') מימדים נאנומטריים דומים לאלה של נאנו-חלקיקים, ולכן שילוב השניים יכול ליצור חומרים היברידיים עם תכונות ביוקטליטיות חדשות, ובכך לבסס את תחום הנאנו-ביואלקטרוניקה. יצירת אנזים חימצון-חיזור המתקשר חשמלית עם סביבתו הוצגה, לאחרונה⁹, על-ידי רקונסטרוציה של אפוגלוקוז אוקסידאז על נאנו-חלקיק של זהב (1.2nm). המנתמר ביחידת קופקטור פלאבין אדנין דינוקלאוטיד (FAD), צור 3. צור 4 מציג את היכולות הטכניות לסרוק באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני את מבנה הפרוטאין תוך הדמית הנאנו-חלקיק המחובר לתוכו. נאנו-חלקיק הזהב המחובר לאנזים מתפקד כנאנו-אלקטרודה המתעלת את האלקטרונים מן האתר הפעיל לאלקטרודה. בחינת היעילות של התקשורת החשמלית באלקטרודה האנזימטית המורכבת מההיברידי אנזים/נאנו-חלקיק מצביעה על העברת

מערך המאופיין בתקשורת חשמלית. בחינת מהירות מעבר האלקטרון במבנה הביוקטליטי המסודר שעל פני האלקטרודה מגלה כי חימצון האתר הפעיל מתקיים בקצב ששיעורו $700s^{-1}$, השקול למהירות החימצון של האתר הפעיל על ידי חמצן מולקולרי, המהווה את אקצפטור האלקטרונים במערכת הטבעית. ממצא זה היווה פריצת דרך מהותית והראה כי הארגון המרחבי של האנזים על פני המשטח מאפשר בקרה ושיפור תכונות העברת האלקטרון באלקטרודה האנזימטית. לאלקטרודה האנזימטית של גלוקוז אוקסידאז, המאופיינת ביכולת העברת אלקטרונים אופטימלית, חשיבות יישומית גדולה. נמצא כי התקשורת החשמלית היעילה מובילה לאלקטרודה שאינה רגישה לחמצן או לחימצון לא-ספציפי של גורמים מפריעים כמו חומצה אסקורבית או אורית. כמו כן, העברת האלקטרונים היעילה במערך הביוקטליטי יוצרת אלקטרודה רגישה ביותר המאפשרת שימוש במיקרו-אלקטרודות עם שטח פעיל קטן ביותר. מכלול תכונות אלה פותח את האפשרות ליצור אלקטרודות ממוזערות הניתנות להשתלה תוך-גופית למדידה רציפה של רמות סוכר בדם. שיטת הרקונסטרוציה של אנזימים על פני אלקטרודות הרחבה למגוון גדול של קופקטורים ויחידות חיזור שונות המתווכות את ההפעלה הביואלקטרוקטליטית של אנזימים שונים^{9,10}.



ציור 5: תא דלק ביולוגי בו גלוקוז משמש כדלק.

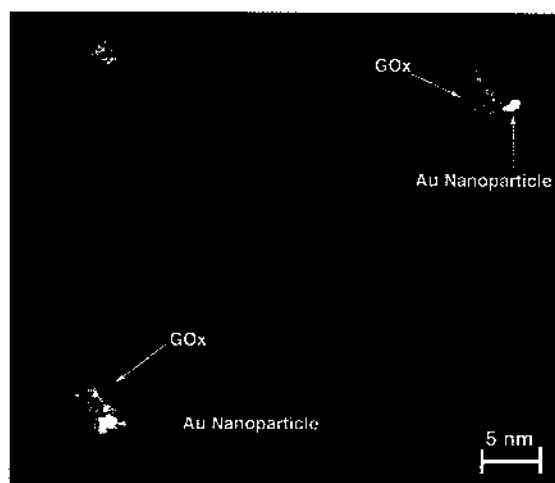
ביואלקטרוניקה מבוססת - DNA

פיענוח הגנום האנושי, כמו קביעת הרצף הגנטי של מיגוון חיידקים ווירוסים הובילו למהפך בתחום הביואלקטרוניקה המבוססת על DNA. אתגר מרכזי באנליזה של DNA הינו רגישות וספציפיות של תהליך החישה, כאשר זיהוי מולקולות בודדות של DNA, עם יכולת איתור של מוטציות בסיס יחיד בדגם הנבדק, מהוות יעד למחקר מאומץ. כמו כן, יצירת מערכי חישה על משטח מוגבל בשטחו (arrays) המאפשרים חישה מקבילה של יחידות DNA שונות, מייצגת מאמץ מדעי המשלב יכולות של כימאים ואנשי מיקרוביולוגיה למיזעור הרכיבים האלקטרוניים וקיבוע מכון ומסודר של המרכיבים הביולוגיים למשטחים.

חישה DNA בדרגות רגישות גבוהות מושגת על-ידי ביצוע תגובת הגברה. תהליך הגברה יוגדר כתגובה קטליטית המשכית לארוע הכרה ביולוגי הגורמת להיווצרות כמות גדולה של תוצר הניתן לשידור וקריאה באופן אלקטרוני או אופטואלקטרוני. מעבדתנו¹³, כמו מעבדות אחרות¹⁴, פעילה בפיתוח מנגנוני הגברה לארועי הכרה ביולוגיים, במיוחד לזיהוי DNA. בדיוננו, נדגים את עקרון ההגברה במערכות ביואלקטרוניות במספר דוגמאות לזיהוי DNA ואיתור תאים סרטניים. ציור 6 מציג את החישה המוגברת של ה-DNA של וירוס ה-M13φ, המכיל 7229 בסיסים¹⁵. על האלקטרודה מקובעת חומצה נוקלאית בהרכב

27 בסיסים המשלימים ל-DNA הויראלי.

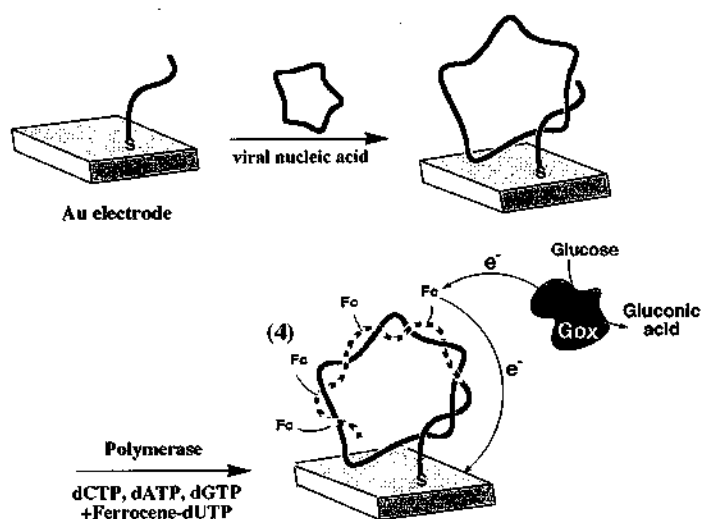
היווצרות הקומפלקס הדו-גדילי על פני האלקטרודה מלווה בשיכפול הדו-גדיל בנוכחות תערובת הנוקלאוטידים dNTP המכילה בתוכה את נגזרת הפרוצן של dUTP, (4) ובנוכחות האנזים פולימראז. תהליך השיכפול מלווה בהחדרת סמן החימזור הפרוצני לתוך הגדיל המשוכפל. הוספת האנזים גלוקוז אוקסידאז וגלוקוז מאפשרת הגברה ביואלקטרוקטליטית של



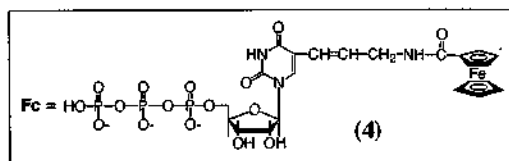
ציור 4: תמונת מיקרוסקופיה אלקטרונית של האנזים גלוקוז אוקסידאז בו הושטל נאנו-חלקיק של זהב (1.2nm).

אלקטרון בקצב של כ- $4500s^{-1}$, כלומר פי שישה מיעילות העברת האלקטרון במערכת הטבעית.

יצירת אלקטרודות ביוקטליטיות המאופיינות בתקשורת חשמלית תרמה למריצת דרך בפיתוח תאי דלק ביולוגיים (Biofuel Cells). הטבע עשיר בסובסטרטים הניתנים לבעירה בנוכחות חמצן, דוגמת סוכרים, הידרוקסי-חומצות, כהלים ועוד, ולכן סובסטרטים אלה עשויים לשמש כדלקים ליצירת אנרגיה, דוגמת אנרגיה חשמלית. ציור 5 מציג את ההרכב של תא דלק ביולוגי שפותח על-ידנו¹⁶. הוא כולל אלקטרודה אנזימטית של גלוקוז אוקסידאז הפועלת כאנודה לחימצון הגלוקוז ואלקטרודה נגדית, שבה קומפלקס ציטוכרום c/ציטוכרום אוקסידאז מקובע באופן מכון לאלקטרודה הפועלת כקתודה לחיזור חמצן למים. הכוונת האנזימים על פני האלקטרודות מובילה לתקשורת חשמלית יעילה, וחימצון הגלוקוז ליד האנודה אינו מופרע על-ידי נוכחות חמצן. באופן זה, טבילת שתי האלקטרודות בתמיסת הסוכר גורמת להיווצרות מתח (או זרם) בין האלקטרודות, ללא צורך בממברנה מפרידה בין הקתודה לאנודה. ההספק החשמלי של התא אמנם נמוך, אך שיפור נוסף בקינטיקה של מעברי האלקטרון ליד האלקטרודה צפוי ליעל את הספק התא. כבר בשלב זה ברור כי על-ידי החדרת שתי האלקטרודות המוצגות בציור 5 לכלי דם בנוף טכנולוגי את הסוכר שבדם כדלק תוך-גופי ליצירת חשמל. האנרגיה החשמלית תוכל להיות מקור אנרגיה להנעת מיקרו-מכונות מושתלות דוגמת קוצבי לב או הפעלת מיקרו משאבות אינסולין. יתרה מזו, המתח החשמלי המתקבל בתא מתכוונן לריכוז הדלק (סוכר), ולכן צמד האלקטרודות מהווה חיישן לגלוקוז המופעל על-ידי נוזל תוך-גופי. מאמצים רבים מוקדשים כיום למיזעור האלקטרודות והכנת תאי דלק חודרניים.



ציור 6: חישה חשמלית מוגברת של DNA M13φ המבוססת על שכפול פעיל אלקטרוכימית המפעיל תהליך ביואלקטרוטליטי.



יוצר את המערך הקטליטי לזיהוי המוגבר של DNA. חלקיקים מגנטיים המותמרים ביחידות נפתוקינוניות מעורבים עם החלקיקים המגנטיים המכילים את הביוקטליטור ומרוכזים באמצעות מגנט חיצוני לאלקטרודה. חיזור יחידות הקינון מוביל לחיזור אלקטרוטליטי של חמצן למי-חמצן, והתוצר האחרון בנוכחות לומיטל ובקטליזה של HRP גורמים לתהליך כימולומינסצנטי הגורם לפליטת אור. תהליך זה של זיהוי ה-DNA משלב מספר תגובות של הגברה הכוללות שיכפול מספר גדול של יחידות סימון כתוצאה מארוע הכרה יחיד והפעלת תהליך ביוקטליטי כימולומינסצנטי הגורם לפליטה של מספר רב של פוטונים כתוצאה מתהליך ההכרה הביולוגי. למכלול הגברות אלה הוספו תהליך של סיבוב החלקיקים המגנטיים על פני האלקטרודה, דבר המוביל לתהליכים אלקטרוכימיים וכימולומינסצנטיים המבוקרים על-ידי קונבקציה במקום דיפוזיה. שינוי בטרנספורט המסה של החומרים הגורמים לפליטת האור אל פני החלקיקים המגנטיים גורם לפליטה מוגברת של האור בתהליך החישה. בשיטה זו הצלחנו לזהות את ה-DNA הנבדק בתחום רגישות של $10^{-15}M$ - $10^{-16}M$. השיטה המוצגת לזיהוי מוגבר של אינטראקציות הכרה ביולוגיות, המבוססת על צימוד תהליך ביוקטליטי כימולומינסצנטי וסיבוב חלקיקים מגנטיים על פני האלקטרודה, הינה כללית ויושמה בהצלחה לזיהוי אינטראקציות קישור נוגדן-אנטיגן, וזיהוי מוטציות של בסיס יחיד ב-DNA.¹⁷

פיתוח חשוב לתהליך ההגברה הביואלקטרוני, המבוסס על

חישת ה-DNA של הוירוס, בהפעלת הפוטנציאל המתאים מתרחש חימצון יחידות הפרוצן לפרוצניליום קטיון המפעילות את האנזים לחימצון ביואלקטרוטליטי של גלוקוז, תופעה הגורמת להיווצרות תגובת זרם חשמלי במערכת. מאחר ותהליך השכפול מחזיר מספר קבוצות פרוצן לגדיל המשוכפל, ומאחר והאנזים הופך, ביחידת זמן הרבה מולקולות גלוקוז לחומצה גלוקונית, הרי ארוע הכרה יחיד בין החומצה הנוקליאית ל-DNA הנבדק מתורגם למספר גדול של מטענים חשמליים או זרם העובר דרך האלקטרודה. בשיטה זו הצלחנו לזהות את ה-DNA הנבדק ברגישות של $10^{-13}M$.

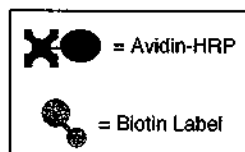
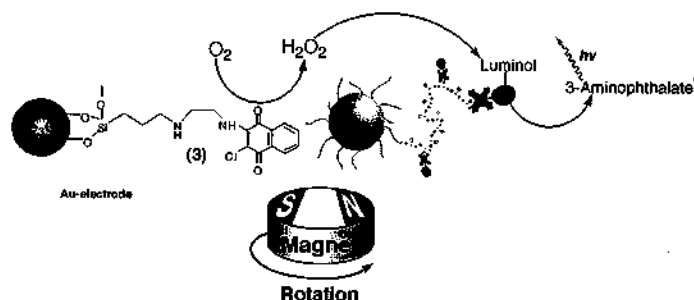
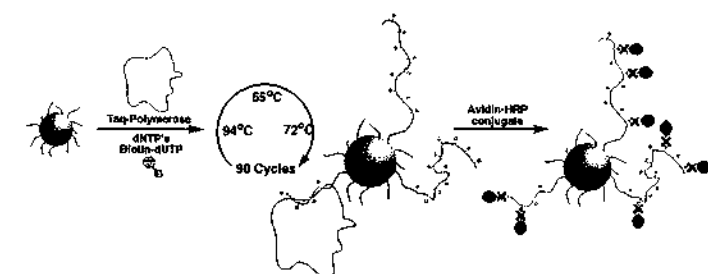
דוגמא נוספת¹⁶, מורכבת יותר, מוצגת בציור 7 וכוללת את הזיהוי האופטואלקטרוני של ה-DNA הויראלי M13φ על-ידי חלקיקים מגנטיים פונקציונאליים הנמשכים לאלקטרודה באמצעות מגנט חיצוני. על המגנט מקובעת החומצה הנוקליאית המשלימה ל-DNA המטרה.

היווצרות המערך הדו-גדילי עם ה-DNA של M13φ מלווה בשכפול בנוכחות אסף הנוקלאוטידים dNTP המכיל את הבסיס dUTP המסומן בביוטין (B-dUTP), תהליך הגורם לסימון הגדיל המשוכפל ביחידות ביטין. ביצוע מספר סבבים תרמיים של פרוק הדו-גדיל, היווצרותו המחודשת על פני החלקיק ושיכפול הקומפלקס מובילים לסימון החלקיק בחומצות נוקלאיות המכילות ביוטין. קישור התצמיד הביוקטליטי avidin - Horseradish peroxidase (HRP) ליחידות הביוטין

יחידות הנפתוקיטון תוך חיזור אלקטרוקטליטי של חמצן למי-חמצן, מהווים שרשרת תגובות ליצירת הכימולומינסנציה בנוכחות לומינול. סיבוב החלקיקים המגנטיים באמצעות מגנט חיצוני גורם לפליטת אור מבוקרת - קונבציה ולהגברה נוספת בזיהוי הפעילות של הטלומראז. ציור 9 מציג את השפעת מהירות הסיבוב של החלקיקים המגנטיים על עוצמת האור הנפלטת מן המערכת. רואים כי סידרת תגובות ההגברה מובילה לזיהוי הטלומראז שמקורו בדגם המכיל 10-20 תאים סרטניים. השיטה המוצגת יושמה בהצלחה לזיהוי הטלומראז בביופסיות של סרטן השד, סרטן הכליה וסרטן הריאה. ביסוס שיטת הזיהוי על חלקיקים מגנטיים פונקציונאליים מאפשר בנוסף הפרדת המרכיב הביולוגי הנבדק מתערובת החומר הנבחנת באמצעות מגנט חיצוני. פעולה מכנית זו תורמת למניעת סיפוחים לא ספציפיים ומאפשרת ריכוז ארוע ההכרה הביולוגי מגפח גדול של הדגם הנבדק. גילוי התאים הסרטניים בדרגת הרגישות המוצגת והיתרונות הטכנולוגיים הטמונים בשיטת הזיהוי מצביעים על פוטנציאל רב לזיהוי סוגי סרטן דוגמת סרטן המעי הגס או סרטן דרכי השתן בשיטות לא פולשניות.

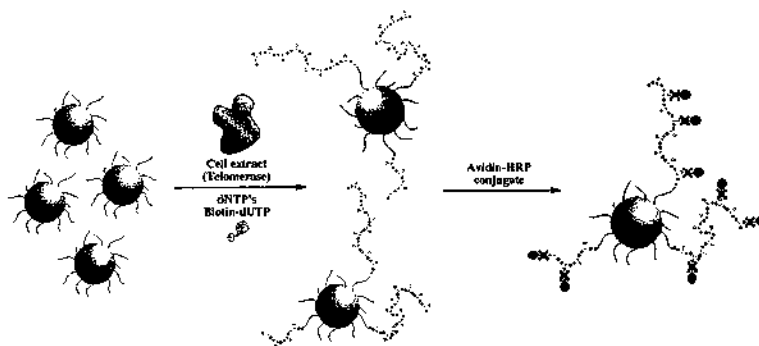
חלקיקים מגנטיים מסתובבים וקריאה כימולומינסנצית של תהליך החישה כולל את הזיהוי הרגיש ביותר של תאים סרטניים. תאים סרטניים מאופיינים בקיום האנזים טלומראז (Telomerase), שהוא ריבונוקלאופרוטאין, הגורם לחיבור בלתי מבוקר של יחידות טלומריות לכרומוזומים, תהליך ההופך את התא לתא אלמוות¹⁸. עם זאת, כמות הטלומראז בתאים אלה קטנה, וזיהוי האנזים, או פעילותו, במכלול מרכיבי התא קשה ביותר. תהליך זיהוי התאים הסרטניים¹⁹, ציור 8, מתבסס על שימוש בחלקיקים מגנטיים המותמרים בחומצה נוקלאית קצרה המוכרת על-ידי הטלומראז.

במגע החלקיקים עם תמצית התאים הסרטניים המכילים טלומראז ובנוכחות אוסף הבסיסים dNTP המכילים את הבסיס dUTP המסומן בביוטין, B-dUTP, מתקיימת טלומריזציה תוך סימון יחידות הטלומר בביוטין. קישור התצמיד הביוקטליטי אבידין - Horseradish peroxidase (HRP) לחלקיקים הנושאים את סמני הביוטין יוצר את החלקיקים הפונקציונאליים לזיהוי פעילות הטלומראז. ערבוב החלקיקים המגנטיים המכילים את הביוקטליטור HRP עם חלקיקים מגנטיים המסומנים ביחידות הנפתוקיטון, משיכת תערובת החלקיקים לאלקטרודה, וחיזור אלקטרוכימי של

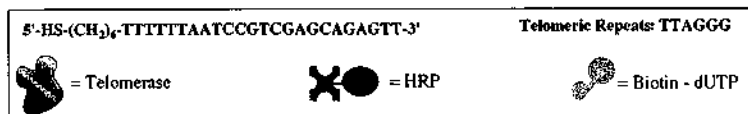
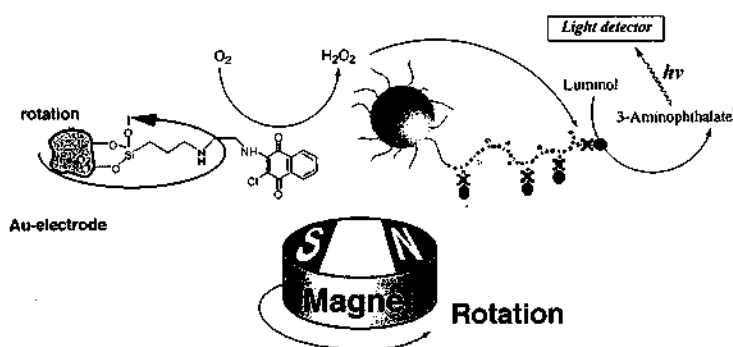


ציור 7: חישה אופטואלקטרונית מוגברת של DNA המבוססת על שכפול וסימון DNA המטרה על-פני חלקיקים מגנטיים בסבבים תרמיים (למעלה) וחישה אופטואלקטרונית המשכית הכוללת סיבוב החלקיקים המגנטיים ויצירת אור (כמילומינסנציה) בתהליך ביואלקטרוקטליטי (למטה).

ציור 8: חישה מוגברת של טלומראז, שמקורו בתאים סרטניים, המבוססת על יצירת טלומר מסומן בביוטין על-פני חלקיקים מגנטיים, וחישה אופטואלקטרונית המשכית של הטלומר על-ידי סיבוב החלקיקים המגנטיים ויצירת כמילומינסציה בתהליך ביואלקטרוקטילטי.



ביולוגיים ניתנות ליישום במגוון שטחי מחקר. פן חשוב נוסף של נאנו-ביואלקטרוניקה כולל את יישום המרכיב הביולוגי כ"תבנית" פעילה להרכבת חומרים סינתטיים במבנה נאנומטרי²¹. תכונות הקישור של החומר הביולוגי המתבטאות בספציפיות ובקבועי קישור גבוהים, כמו היכולת לבצע מודיפיקציות סיעתיות על החומר הביולוגי לבקרת תכונות הקישור, יוצרים "תבניות" (templates) לקיבוע מכון ומבוקר של החומרים הסיעתיים במבנה נאנומטרי. את התכונות הקטליות של החומר הביולוגי ניתן לנצל לבניית או שכפול החומר הסיעתי על פני התבנית, ובכך לארגן מבונות ביוקטליות לייצור נאנו-חומרים. חומצות נוקלאיות, ובמיוחד DNA, מהווים חומר ביולוגי אידיאלי שיוכל לשמש כתבנית להכנת נאנו-חומרים. היכולת להכין באופן מלאכותי חומצות נוקלאיות באורכים וצורות מגוונות, כמו גם הקוד המוטבע במבנה ה-DNA על פי סדר הבסיסים הנוקלאוטידיים, יוצרים תבניות ביולוגיות עם מבנה גיאומטרי מוגדר ואפשרות לסיתתה של נאנו-חומרים שונים, המכונות על-ידי סדר הבסיסים, על פני תבנית ה-DNA (Addressability). הקישור הספציפי של אינטרקלאטורים ל-DNA דו-גדילי, וקישור יונים ליחידות הפוספאט של החומצה הנוקלאית מאפשרים הכוונת מרכיבים סיעתיים לתבנית ה-DNA או יצירת חומרים פעילים על פני ה-DNA, העשויים לשמש חומרי מוצא לבניית הנאנו-חומרים. כמו-כן, קיימים אנזימים מגוונים המבצעים תהליכים קטליטיים על DNA דוגמת ליגזיה של חומצות נוקלאיות (Ligase), שיכפול DNA (Polymerase) או חיתוך ספציפי של DNA (Endonucleases). ביוקטליות אלה מהווים כלי עבודה להרכבה, חיתוך ושיכפול "תבניות". יתר על כן, היווצרות קומפלקסים ספציפיים בין DNA לפרוטאונים מאפשרת היווצרות "נאנו-תבניות" במערך דו- ותלת-מימדי מגוון. אכן, בשנים האחרונות מתקיים מאמץ מחקרי ליישום DNA כתבנית ליצירת נאנו-חומרים מוליכים. סיפוח יוני כסף (Ag^+) או פאלדיום (Pd^{2+}) ל-DNA וחיוור, הוביל ליצירת נאנו-חומרים מוליכים²². הכוונת נאנו-חלקיקי זהב לתבנית DNA בוצעה על ידנו²³ כמוצג בציור 10.



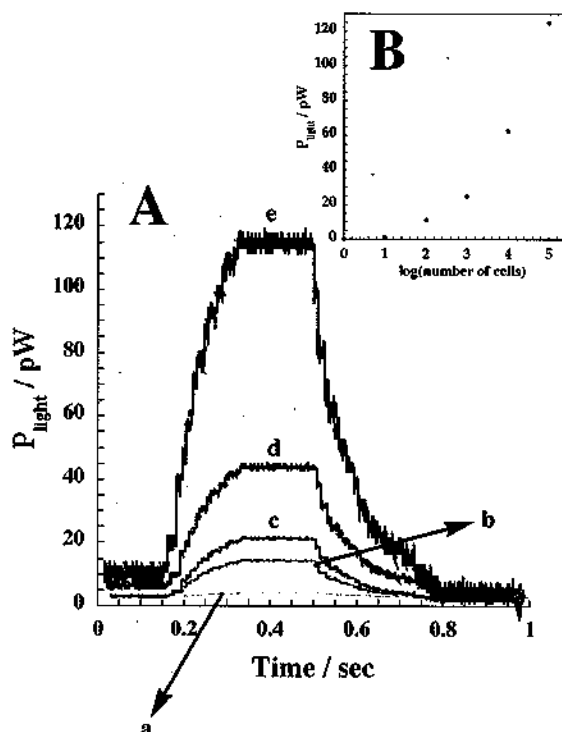
נאנו-ביואלקטרוניקה- שילוב נאנו-טכנולוגיה וביוטכנולוגיה

גילוי תכונות קוואנטיות למבנים בגודל נאנומטרי (במבנה כדורי, צנוריות וכו'), המתבטאות בתכונות אלקטרוניות, פוטופיסיקליות וקטליות ייחודיות, הוביל למאמץ הרב-תחומי בענף הנאנו-טכנולוגיה. החומרים הביולוגיים (אנזימים, נוגדנים, DNA וכו') היום במימדים נאנומטריים הדומים לחלקיקים המהווים את הבסיס לנאנו-טכנולוגיה. טבעי, אפוא, ששילוב החומרים הסיעתיים עם החומרים הביולוגיים יוכל ליצור חומרי כלאיים חדשים עם תכונות אלקטרוניות ופוטופיסיקליות חדשות, ובכך לבסס את תחום הנאנו-ביואלקטרוניקה. השתלות נאנו-חלקיקי זהב לתוך אנזימים ליצירת תקשורת חשמלית בין האתר הפעיל לסביבתו, שנידונה לעיל, שילוב מוליכים-למחצה ואנזימים ובקרת התכונות הפוטואלקטרוכימיות של המערכות²⁰, או צימוד התכונות האלקטרוניות של נאנו-חלקיקי מתכת על-ידי היברידיזציה של חומצות נוקלאיות מדגימים את הפן האחד של נאנו-ביואלקטרוניקה, לפיו התכונות החדשות של מערכות היברידיזציה של נאנו-חומרים סיעתיים - חומרים

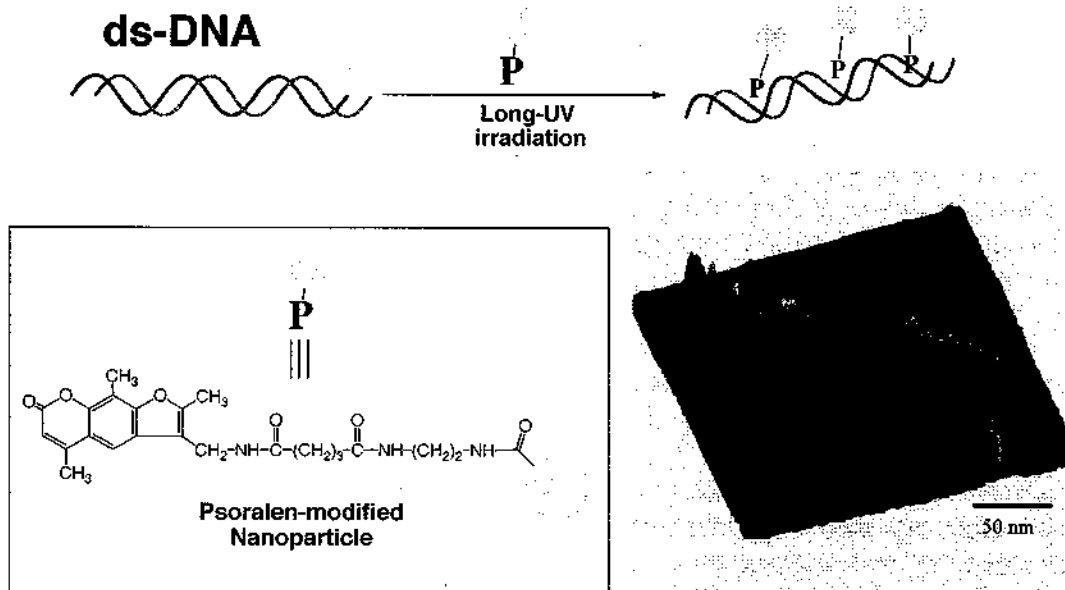
הנגזרת האמינית של האינטרקטור פסוראלן עוגנה קוולנטית לנאנו-חלקיקי זהב בגודל 1.2 nm. הפסוראלן מהווה אינטרקטור סלקטיבי לצימדי הבסיס T-A, תכונה בה נעשה שימוש לקשור באינטראקציות סופראמולקולריות את האינטרקטור המסומן בחלקיקי הזהב ל-DNA הדו-גדילי polyA-polyT. במטרה לעגן קוולנטית את חלקיקי המתכת למטריצת ה-DNA הוקרנה המערכת באור UV כדי לבצע ציקלואדיציה $2\pi+2\pi$ בין יחידות הפסוראלן ליחידות התימין. ציור 10 מציג את מבנה החוט הנוצר, המכיל את חלקיקי הזהב, בהדמיית מיקרוסקופ כוח סורק. תמונה זו מצביעה על היכולת ליישם את עקרונות הסינתזה הכימית לבניית מבנים נאנומטריים על מולקולות תבנית ביולוגיות.

בניית התקנים נאנומטריים פונקציונאליים, דוגמת טרנזיסטורים, תדרוש מאתנו לצמד חוטים מוליכים עם נאנו-חלקיקים של מוליכים-למחצה באופן מסודר ומאורגן תוך חיבור המערך הנאנומטרי לעולם המאקרוסקופי. כיום, אנו נמצאים בשלבי הפיתוח הבסיסיים של התקנים מסוג זה, ועיקר המאמץ מוקדש לבניית המרכיב הפונקציונאלי הבודד. עם זאת, נוכל לחזות בעתיד הקרוב בנסיונות לחבר את החלקים הנאנומטריים ליחידות פעילות. חיבור בין נאנו-חלקיק של מוליך-למחצה לחומצה נוקלאית המוביל להיבריד פונקציונאלי הוצג לאחרונה²⁴, על-ידנו על-ידי חיבור חומצה נוקלאית באורך של כ- 300 nm לנאנו-חלקיק (QD) של ZnS/CdSe, ציור 11.

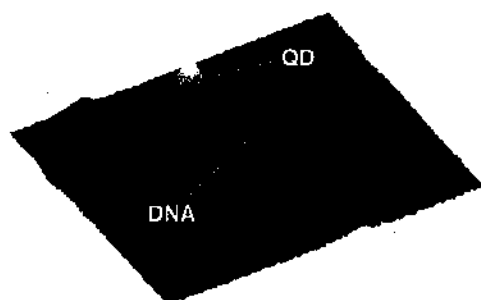
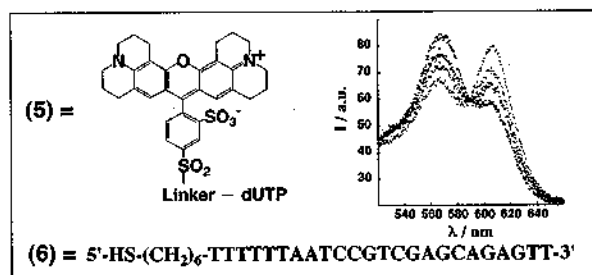
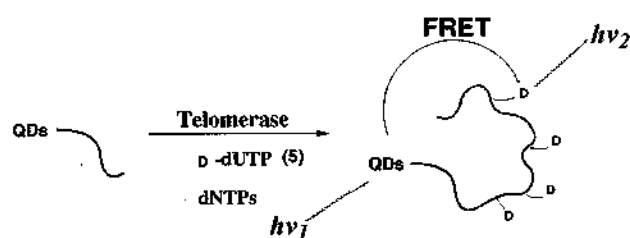
לחלקיק המוליך למחצה בגודל 4.2 nm עוגנה חומצה נוקלאית בת 24 בסיסים, (6), המכילה סדר בסיסים המוכר לסלומראז המצוי בתאים הסרטניים. בנזיחת אוסף הנוקלאוטידים dNTP



ציור 9 : (A) עוצמת האור הנפלט בחישה הטלומראז שמקורו ב- 100,000 תאי HeLa במהירויות סיבוב שונות: (a) ללא סיבוב (b) 20 rpm (c) 60 rpm (d) 400 rpm (e) 2000 rpm. (B) עוצמת האור הנפלט בחישה הטלומראז שמקורו בריכוזים שונים של תאים סרטניים (מהירות סיבוב 2000 rpm).



ציור 10: יצירת חוט נאנו-חלקיקי זהב על-פני תבנית polyA/polyT של DNA (למעלה ומשמאל). תמונת AFM של חוט חלקיקי הזהב (ימין).



ציור 11: העברת אנרגיה תלוית-זמן מנאנו-חלקיק של CdSe/ZnS לצבע המעוגן ל-DNA המתקבל בתהליך טלומריזציה על-ידי טלומראז שמקורו בתאים סרטניים.

מקורות

1. a) I. Willner, Science, 298 (2002) 2407-2408.
b) I. Willner and B. Willner, Trends Biotechnol., 19 (2001) 222-230.
2. R.A. Marcus and N. Sutin, Biochim. Biophys. Acta, 811 (1985) 265-322.
3. a) A. Heller, Acc. Chem. Res., 23 (1990) 128-134.
b) L. Habermüller, M. Mosbach and W. Schuhmann, Fresenius' J. Anal. Chem., 366 (2000) 560-568.
4. I. Willner and E. Katz, Angew. Chem. Int. Ed., 39 (2000) 1180-1218.
5. a) I. Willner, E. Katz and B. Willner, Electroanal., 9 (1997) 965-977.
b) I. Willner and S. Rubin, Angew. Chem., Int. Ed. Engl., 35 (1996) 367-385.

המכיל את הצבע טקסאס אדום המחובר ל-dUTP (5), מתקיימת טלומריזציה תוך החדרת הצבע לשרשרת הטלומרית. מתברר כי קיימת אינטראקציה אלקטרונית בין חלקיק המוליך-למחצה ליחידות הצבע בטלומר, המתבטאות בהעברת אנרגיה מהחלקיק המעורר ליחידות הצבע במנגנון FRET (Fluorescence Resonance Energy Transfer). העברת האנרגיה נעשית יעילה יותר עם החדרת מולקולות הצבע לחומצה הנוקלאית הטלומרית. בציור 11 נכל לאות גם את הדמיית יחידת הטלומר המקובעת לחלקיק המוליך-למחצה באמצעות מיקרוסקופ כוח סורק. תמונה זו מצביעה, מחד, על היכולת המדעית "לראות" את התצמיד ההיברידי הנאנומטרי הכולל את המוליך-למחצה והחומצה הנוקלאית. מאידך, מגלה התמונה את היתרונות הטמונים במערכות נאנומטריות היברידיים של חומרים נאנומטריים ורכיבים ביולוגיים, שהרי המערכת מגלה תכונה של פעילות בנייה עצמאית לפיה תכולת התא הסרטני (Telomerase) בונה את ההרכב הנאנומטרי. תוצאות דומות הושגו על-ידי בניית מערכות שכפול הכוללות DNA ונאנו-חלקיקים של המוליך-למחצה.

סקירה זו הציגה שלושה היבטים בתחום הביואלקטרוניקה הכוללים הכנת אלקטרודות אנוימטיות ויישומן בפיתוח ביוסנסורים ותאי-דלק ביולוגיים, ביואלקטרוניקה מבוססת-DNA כרכיב לבניית אלקטרודות קטליטיות ופוטואלקטרוכימיות, ונאנו-ביואלקטרוניקה, תחום המשלב נאנו-חומרים ומרכיבים ביולוגיים ליצירת התקנים פונקציונאליים במימדים נאנומטריים. נושאים אחרים, דוגמת יצירת מחשבים ביולוגיים, או יצירת מיקרו/נאנו-מכונות המבוססות על חומר ביולוגי, מהווים תחומים מבטיחים ליישום עתידי של הביואלקטרוניקה. על אף ההתפתחות המהירה של נושאי הביואלקטרוניקה והנאנו-ביואלקטרוניקה השונים, לפנינו אתגרים מדעיים מגוונים הכוללים את הזהוי האלקטרוני/ אופטואלקטרוני של ארועי הכרה ביולוגיים יחידים, יצירת מערכים המכילים מיליוני אתרים נאנומטריים לחישה במקביל של גורמים כימיים וביולוגיים, יצירת התקנים ומכונות ממוזערות הניתנות להשתלה תוך-גופית לשיחזור מבוקר של תרופות או הפעלה כתובות, ועוד. המאמץ הרב-תחומי של הנושא המשלב פעילות במדעי הכימיה, הפיסיקה, הביוכימיה ומדע החומרים מבטיח שהגים מלהיבים לעתיד.

תודות

תודתי נתונה לתלמידי ולשותפי לעבודה, בעבר ובהווה, שהתלהבותם, היצירתיות שלהם, ומאמציהם המרובים הובילו להשגה המעבדה.

21. C.M. Niemeyer, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 40 (2001) 4128-4158.
22. a) E. Braun, Y. Eichen, U. Sivan, G. Ben-Yoseph, *Nature*, 391 (1998) 775-778.
- b) J. Richter, M. Mertig, W. Pompe, I. Monch and H.K. Schackert, *Appl. Phys. Lett.*, 78 (2001) 536-538.
- c) K. Keren, M. Krueger, R. Gilad, G. Ben-Yoseph, U. Sivan and E. Braun, *Science*, 297 (2002) 72-75.
23. F. Patolsky, Y. Weizmann, O. Lioubashevski and I. Willner, *Angew. Chem. Int. Chem.*, 41 (2002) 2323-2327.
24. F. Patolsky, R. Gill, Y. Weizmann, T. Mokari, U. Banin and I. Willner, submitted for publication.



פרופ' איתמר וילנר

איתמר וילנר השלים את לימודיו האקדמיים באוניברסיטה העברית בירושלים, לתואר דוקטור, ב- 1978. לאחר השתלמות פוסטדוקטוראלית באוניברסיטת קליפורניה, ברקלי (1978-1981), הצטרף למכון לכימיה באוניברסיטה העברית בירושלים. שימש כראש המכון לכימיה בשנים (1999-2001). תחומי המחקר של פרופ' וילנר כוללים: פיתוח מערכות אלקטרוניות מולקולריות וביומולקולריות, אופטואלקטרוניקה מולקולרית וביומולקולרית, כימיה סופראמולקולרית, נאנו-חומרים ונאנו-ביואלקטרוניקה, תהליכי מעבר אלקטרון מושרי-אור ופוטוסינתזה.

הוא פרסם 370 מאמרים מדעיים ו- 20 פטנטים.

פרופ' וילנר הינו חתן פרס ישראל בכימיה (2002), זכה בפרס החברה הישראלית לכימיה (2001) והינו חבר האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

6. I. Willner, *Acc. Chem. Res.*, 30 (1997) 347-356.
7. A. Riklin, E. Katz, I. Willner, A. Stocker and A.F. Bückmann, *Nature*, 376 (1995) 672-675.
8. I. Willner, V. Heleg-Shabtai, R. Blonder, E. Katz, G. Tao, A.F. Bückmann and A. Heller, *J. Am. Chem. Soc.*, 118 (1996) 10321-10322.
9. M. Zayats, E. Katz and I. Willner, *J. Am. Chem. Soc.*, 124 (2002) 14724-14735.
10. a) O.A. Raitman, F. Patolsky, E. Katz and I. Willner, *Chem. Commun.*, (2002) 1936-1937.
- b) M. Zayats, E. Katz and I. Willner, *J. Am. Chem. Soc.*, 124 (2002) 2120-2121.
11. Y. Xiao, F. Patolsky, E. Katz, J.F. Hainfeld and I. Willner, *Science* (2003) in press.
12. a) E. Katz, I. Willner and A.B. Kotlyar, *J. Electroanal. Chem.*, 479 (1999) 64-68.
- b) E. Katz, A.F. Bückmann and I. Willner, *J. Am. Chem. Soc.*, 123 (2001) 10752-10753.
13. a) F. Patolsky, A. Lichtenstein, M. Kotler and I. Willner, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 40 (2001) 2261-2265.
- b) F. Patolsky, A. Lichtenstein and I. Willner, *J. Am. Chem. Soc.*, 123 (2001) 5194-5205.
14. J. Rishpon and I. Rosen, *Biosensors*, 4 (1989) 61-74.
15. F. Patolsky, Y. Weizmann and I. Willner, *J. Am. Chem. Soc.*, 124 (2002) 770-772.
16. F. Patolsky, Y. Weizmann, E. Katz and I. Willner, *Angew. Chem. Int. Ed.*, (2003) in press.
17. Y. Weizmann, F. Patolsky, E. Katz and I. Willner, *J. Am. Chem. Soc.*, (2003) in press.
18. a) R.K. Moyzis, J.M. Buckingham, L.S. Cram, M. Dani, L.L. Deaven, M.D. Jones, J. Meyne, R.L. Ratliff and J.R. Wu, *Proc. Natl. Acad. Sci., U.S.A.*, 85 (1988) 6622-6626.
- b) G.B. Morin, *Cell*, 59 (1989) 521-529.
- c) M.S. Rhyu, *J. Natl. Cancer Int.*, 87 (1995) 884-894.
19. Y. Weizmann, F. Patolsky, E. Katz and I. Willner, submitted for publication.
20. I. Willner, F. Patolsky and J. Wasserman, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 40 (2001) 1861-1864.

Moulder of molecules: maker of a Nation

As the first president of Israel, Chaim Weizmann played a major role in shaping world history, but his chemical contributions were also valuable, says Michael Sutton

To London by night train primarily to see Lloyd George about munitions. Weizmann having achieved complete success in large scale production of acetone, essential ingredient for cordite (projectile) eager to push on with experiments in production of nitrool essential for high explosives. Some expense involved. Lord Moulton obstructive. Lloyd George keenly interested and promised to act.

C. P. Scott diary for 27/28 January 1916

CHARLES PRESTWICH SCOTT WAS A DYNAMIC editor who converted the *Manchester Guardian* from a local newspaper into a national institution. He was also deeply engaged with national politics. During World War I, he established a vital link between David Lloyd George, and an obscure Manchester chemist, Chaim Weizmann. This relationship affected the course of the war, and the destiny of nations far distant from the bloody fields of Flanders. Weizmann's crucial contribution to Britain's war effort gained him important political contacts. Through them, he influenced the subsequent peace settlement, with far-reaching results. His journey from a persecuted Jewish community in Tsarist Russia, via the chemical laboratories of Manchester University, to the presidency of the newly-founded state of Israel, is one of the most remarkable stories of the past century.

Chaim Azriel Weizmann was born on 27 November 1874, in the small town of Motol, in White Russia (now Belarus). His elementary schooling took place within the Jewish community, but at 12 years old he joined his Christian peers at the *gymnasium* (high school) in nearby Pinsk. Though an outstanding student, particularly in chemistry, he could not gain admission to a Russian university. Instead, he studied in Germany – first at Darmstadt (1893–94), then in Berlin (1895–98), where he became interested in polycyclic hydrocarbons. In Fribourg, Switzerland, he completed his thesis on nitro-anthroquinone, receiving his doctorate with highest honours in 1900.

As a *privatdozent* (a licensed but unsalaried tutor) at the University of Geneva, Weizmann continued to investigate aromatic compounds, patenting several processes and selling them to dye manufacturers. He also became prominent

in the Zionist movement. European Jews still endured discrimination, even under relatively liberal regimes. In Russia, they suffered routine intimidation and occasional massacres. While many campaigned for civil rights and full social integration, others despaired of overcoming the prejudices of their neighbours. Instead, they dreamed of returning to their historic homeland of Palestine – then a thinly populated and badly governed sector of the crumbling Ottoman Empire. Many Jews thought this project both unrealistic and undesirable, but Weizmann made it his life's ambition.

In 1904 he settled in Manchester, where W. H. Perkin headed an internationally famous organic chemistry laboratory. Weizmann became a research fellow in 1905, and senior lecturer from 1907. In 1906 he married Vera Chatzmann, a Russian Jewish émigrée, whom he had met while she was a medical student in Geneva. Weizmann supplemented his academic income by acting as a consultant to local industrialists, and patenting further chemical discoveries. He also investigated the possibility of using fermentation to produce industrially useful substances, noting in 1912 that the bacterium *Clostridium acetobutylicum* converted starch to a mixture of ethanol, acetone, and butyl alcohol. The process seemed of no commercial value – until the guns began firing in 1914.

Old-fashioned gunpowder produced heavy smoke, preventing gunners from seeing their targets clearly, while betraying their own position to the enemy. By the late 19th century, several smokeless explosives were available, but the favoured propellant for rifle bullets and artillery projectiles was cordite. To produce it, a mixture of guncotton (cellulose nitrate) and nitroglycerine was made into a paste with acetone and petroleum jelly, and extruded through a die. Before 1914, the acetone required was obtained through the destructive distillation of wood. The supply was inadequate for wartime needs, and by 1915 Britain's generals were complaining of serious shell shortages, ultimately due to the lack of acetone for making cordite. Then Weizmann moved into the spotlight.

In 1914, Weizmann had offered his services to the government, but received no response. However, his fellow-Mancunian C. P. Scott knew Lloyd George, who headed the newly

created Ministry of Munitions from May 1915. They met on 16 June, and Scott noted in his diary: 'At lunch told him a good deal about Dr Weizmann. He seemed interested, and took me afterwards to see Dr Addison at the Munitions Office'.

Weizmann was summoned to London for meetings with Lloyd George and Winston Churchill (who, as First Lord of the Admiralty, was also concerned about the shell shortage). They obtained laboratory facilities for Weizmann at the Lister Institute, and access to industrial plant in Nicholson's gin distillery at Bow. Soon, full-scale acetone production began at the Navy's cordite factory at Poole, and even larger facilities were established in Canada, where corn was plentiful. (By 1917 Britain was very short of grain, and the Ministry of Munitions asked schoolchildren to collect horse-chestnuts, so that starch could be extracted from them to make acetone.)

After another lunch with Lloyd George on 23 March 1916, Scott wrote:

I had at the outside 5 minutes to speak to him about Weizmann who is much the most essential man in his department, who has worked so far practically for nothing, whose innovative genius has not only saved the country 9 or 10 millions in money, but has secured it essential munitions in quantities otherwise unobtainable at any price. He cannot go on any longer without some security in the present and some assurance of at least a modest recompense in the future.

Weizmann was eventually paid, but he declined any honours or decorations. Instead he used the goodwill his work generated to advance the Zionist cause, for which the war had created new prospects. In 1914, the Ottoman Empire sided with Germany and Austria, and against Russia, France and Britain. A Turkish army threatened the Suez canal, and the entire Middle East became a battleground. When British troops under General Allenby captured Jerusalem in 1917, plans for the conquered territories were already under discussion, in anticipation of an allied victory. Those plans were finalised and implemented by Lloyd George, Prime Minister from 1916, and by Churchill, the minister responsible for the Middle East in Lloyd George's post-war cabinet. Both had worked closely with Weizmann during the munitions crisis, and were conscious of how much Britain owed him.

Eventually, some order emerged from the debris of the Ottoman Empire. Several governments and many interest groups were involved, but Britain, whose troops controlled much of the territory when war ended, had a strong (though not decisive) voice in the settlement.

The Balfour Declaration of 2 November 1917 committed Britain to 'the establishment in Palestine of a national home for the Jewish people' – though without prejudicing 'the civil and religious rights of existing non-Jewish communities in Palestine'. This controversial document, which led eventually to the creation of the state of Israel in 1948, has sometimes been described as a reward to Weizmann for his wartime services. Most historians now deny this, arguing that Britain's desire for a reliable ally in a volatile, but strategically vital region was a more important factor. However, they agree that Weizmann's advocacy of the Zionist project did influence government policy.

Weizmann made the most of his opportunities. In 1918 he laid the foundation stone of the Hebrew University in Jerusalem. In 1919, he met with Emir Feisal, whose successful revolt against the Turks had been assisted by British weapons and money (and the military advice of T. E. Lawrence). Feisal accepted Weizmann's argument – that European capital and technology could allow Palestine to support a much larger population, at a far higher standard of living. Both men expressed the hope that Jews, Muslims and Christians could prosper together in the land that was holy to all of them.

Sadly, this agreement was short-lived. Feisal and his family came to believe that Britain and France had let them down during the power struggles that broke out when the Ottoman Empire collapsed. In retaliation, they rejected British plans for Palestine, and opposed further Jewish immigration. British attempts to maintain an even-handed policy antagonised all parties, and Weizmann grew impatient with the inconclusive negotiations. He always retained strong ties with Britain, and did useful scientific work for the government during World War II. (His son Michael, a flight-lieutenant in the Royal Air Force, was killed in action in 1942.) Nevertheless, Weizmann reluctantly accepted that an independent Jewish State could only be created with support from the US.

Weizmann campaigned vigorously for the

cause as president of the International Zionist Association (1920–30, and 1935–46). His political activities interrupted, but never terminated, his scientific work. From 1934, this was centred in Palestine, where he headed the Daniel Sieff Institute for Chemical Research (now the Weizmann Institute) at Rehovot. However, he also maintained a private laboratory near High Holborn in London. When this was destroyed by bombing early in World War II, the Ministry of Supply provided Weizmann with another London laboratory for his research. During this period, he worked on the high-temperature cracking of petroleum to produce aromatic hydrocarbons, with important consequences for fuel technology, and for organic synthesis in general – though the benefits came too late to be of material use during the war.

Weizmann also continued to seek fermentation reactions for making substances difficult to synthesise by other means. This work contributed to the British, and eventually the American, war effort by suggesting alternative routes for making butadiene and styrene (essential ingredients for synthetic rubber). In the long term, Weizmann hoped that a chemical industry based on finite petroleum resources might eventually give way to one based on sustainable fermentation processes. He saw this as advantageous for the whole world, but particularly for nations lacking oilfields of their own. The idea has undoubted merits, though critics tend to see it in the context of the conflicts between oil-rich Arab states and oil-poor Israel. (Lionel Davidson explores its implications in a fascinating novel, *The sun chemist*, which gives a readable account of Weizmann's life and work.)

After World War II, the situation in Palestine became increasingly confrontational. When survivors of Hitler's death camps sought to make a new home there, Arab nationalists denounced them as imperialist invaders. British troops holding the balance came under fire from both sides. In 1948, the United Nations divided the troubled territory into two

independent states, one predominantly Arab, the other mainly Jewish (though with a substantial Arab minority). The negotiations that produced this decision, and the consequences which followed from it, are too complex and contentious to unravel here. But one fact, at least, remains clear – Weizmann, the architect and founding father of the state of Israel, was invited to become its first president, an office he held with distinction until his death on 9 November 1952. His contributions to chemistry were valuable, but his role on the wider stage of world history was of far greater significance. His legacy, for good or ill, remains with us, and will continue to do so for many years to come.

Michael Sutton is senior lecturer in the history of ideas in the school of humanities, University of Northumbria NE1 8ST.

Further reading

- E. D. Bergmann, *J. Chem. Soc.*, 1953 (Part III), 2840.
- I. Berlin *The biographical facts in Chaim Weizmann: statesman of the Jewish renaissance*, D. Leon and Y. Adin (eds), pp 54–78. Jerusalem: Alpha Press, 1974.
- J. J. Beer in *The dictionary of scientific biography*, C. C. Gillispie (ed), vol XIV, p 247. New York: Charles Scribner's Sons, 1976.
- R. B. Girling, *Chem. Br.*, April 1987, p 324.
- T. Wilson (ed), *The political diaries of C. P. Scott, 1911–1928*. London: Collins, 1970.
- M. Gilbert, *Winston S. Churchill, vol IV (1916–1922)*, chaps 29–36. London: Heinemann, 1975.
- J. Grigg, *Lloyd George: From peace to war, 1912–1916*. London: Methuen, 1985.
- J. C. Polanyi, *The instructive tale of Weizmann's bacterium* (address to the Canadian Society for the Weizmann Institute of Science, 2 June 1996), www.utoronto.ca/jpolanyi/public_affairs/public_affairs4j.html

This article originally appeared in the December 2002 issue of *Chemistry in Britain* magazine and is reprinted with permission



Chaim Weizmann (1874–1952)

באורגניזם מזדקן. האדם המודרני חשוף יותר מבעבר לרדיקלים חופשיים כתוצאה ממפגעים סביבתיים ותוחלת החיים הארוכה שלו. מחקרים רבים שנעשו בעשור האחרון מצביעים על כך שהליקופן משתלב במערכת ההגנה הטבעית של הגוף המהווה מחסום נגד פעילותם ההרסנית של הרדיקלים החופשיים.

מאמרים רבים שהתפרסמו בעיתונות המקצועית מתארים מחקרים המוכיחים את השפעתו המבורכת של הליקופן על בריאות האדם. בעבודות אלה התגלה קשר מובהק בין תזונה עתירה בעגבניות ומוצרי עגבניות לבין הקטנת הסיכון ללקות במספר רב של סוגי סרטן. כך למשל לאחרונה התפרסמו ממצאים של מחקר שנמשך חמש שנים והשווה את תזונתם ואת שכיחות מחלת סרטן הערמונית אצל 48,000 גברים. המחקר שנוהל ע"י ד"ר גיבאנוצ'י ובוצע בבית הספר לרפואה של אוניברסיטת הרוורד הראה שאכילת מוצרי עגבניות עשויה להקטין במידה ניכרת את שכיחות סרטן הערמונית.

מחקר אחר שנעשה באוניברסיטה של מילנו, השווה את תזונתם של 2,700 חולים הסובלים מסרטן במערכת העיכול עם 2,900 אנשים בריאים. גם כאן ממצאי המחקר הראו שדיאטה עשירה בעגבניות יכולה להקטין את הסיכון ללקות בסוגי סרטן אלה בשיעור של 30-60%.

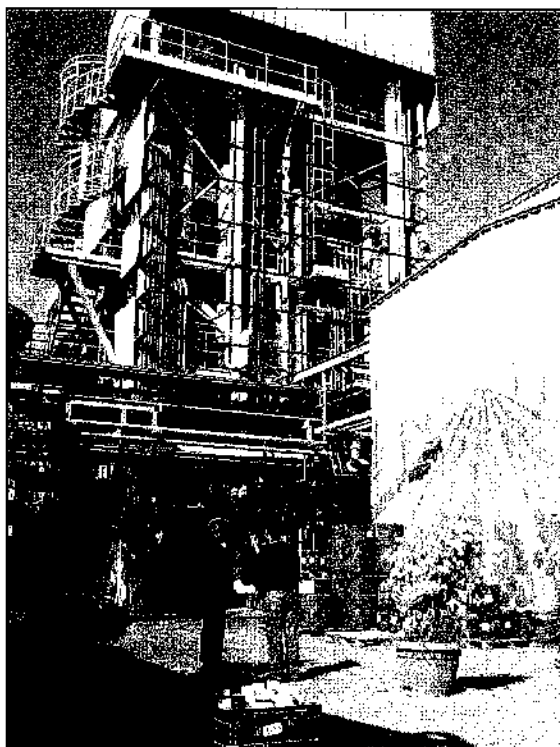
ד"ר ון-אנוויק מאוניברסיטת אילינוי שבארה"ב הוכיח ששכנת סרטן הרוחם אצל נשים בעלות ריכוז גבוה של ליקופן בדם, קטנה פי חמש מאשר אצל נשים שריכוזו בדמן היה נמוך.

במקביל למחקרים אלה, חוקרים אחרים בחנו את השפעתו של הליקופן על מניעת חמצון שומנים בדם וע"י כך הראו את תרומתו למערכת ההגנה הטבעית של הגוף הנלחמת במחלות לב וכלי דם. כך למשל פרופ' מ. אבירם מבי"ח רמב"ם הוכיח שליקופן משפר את עמידותו של LDL לחימצון ופעילות זו גוברת במידה ניכרת בנוכחות ויטמין E.

מחקרים אחרונים מצביעים על רכיבים נוספים בעגבניה שפועלים בסירגיו עם הליקופן לחיזוק המערכת החיסונית של האדם ולמניעת מחלות ניווניות.

בסיס הנתונים המדעי והמידע על חשיבות הליקופן לבריאות צובר תנופה. בארצות כמו ארה"ב, יפן ומערב אירופה יש יותר ויותר מוצרים המדגישים את תכולת הליקופן בהם. בדומה לויטמינים, גם את הליקופן גוף האדם אינו יודע לייצר ועליו לקבל אותו מהמזון. מכיוון שהמקור העיקרי של ליקופן במזוננו הינה עגבניה, הרי שהגילויים החדשים מגדילים את חשיבותה בתזונת האדם. אולם, ריכוז הליקופן בעגבניות משתנה בהתאם לזן, מקום ודרך הגידול ומותנה בטיב חומר הגלם ובתהליך העיבוד התעשייתי. בנוסף לכך, אנשים נבדלים זה מזה ביחס להרגלי האכילה שלהם, יש כאלה שאוכלים הרבה מוצרי עגבניות בעוד אחרים נמנעים מהם.

חברת ליקורד (חברת בת של מכתשים-אגן תעשיות בע"מ) שהיתה מודעת לחשיבותו של הליקופן, התחילה לפני כעשר שנים לפתח תהליך תעשייתי חדשני להפקת ליקופן ורכיבים



מתקן מיצוי ליקופן

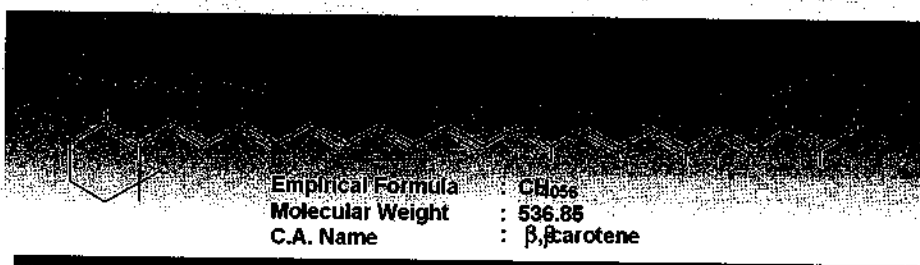
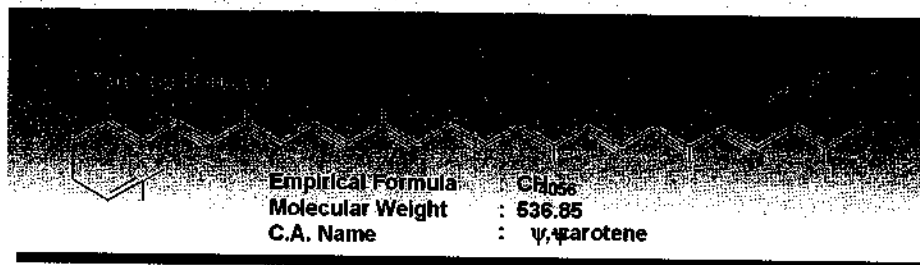
הפקת ליקופן ורכיבים אחרים מעגבניות

מקור העגבניה בדרום אמריקה. במקסיקו, פרו וארצות שכנות העגבניה הייתה במשך מאות שנים חלק מתזונתם של הילידים. לעולם הישן הגיע צמח העגבניה סמוך לגילוי אמריקה, אולם רק לאחר כשלוש מאות שנה עלו העגבניות על שולחנם של תושבי אירופה. היום, העגבניה מהווה מרכיב חשוב במזונם של בני אדם ברב ארצות העולם. היא נאכלת כפרי טרי, בעיקר בסלט, אך רוב גידול העגבניות בעולם מעובד לרכוזים, מרקם, רוטבים, משקאות ומגוון מוצרי מזון אחרים.

העגבניה זכתה לפופולריות שלה בגלל טעמה המיוחד וצבעה האדום האופייני אולם בשנים האחרונות גוברת ההכרה שבנוסף לכך יש לה ערך תזונתי ייחודי. מחקרים רבים שנעשו בשנים האחרונות מצביעים על תרומתו של הליקופן, הקרוטנואיד המקנה לעגבניה הכשלה את צבעה האדום, לבריאות האדם. מולקולת הליקופן מהווה שרשרת ארוכה של קשרים כפולים מצומדים שמספרם עולה על אלה הנמצאים בבטא-קרוטן או בכל קרוטנואיד אחר בטבע.

מבנה זה מקנה לליקופן את תכונותיו המיוחדות כמנטרל רדיקלים חופשיים ומונע חימצון (antioxidant) ביולוגי יעיל ביותר. רדיקלים חופשיים, בעיקר אלה של חמצן, מהווים גורם עיקרי למחלות לב, סרטן ולשורה של שינויים ניווניים החלים

LYC-O-MATO



Red

על הליקופן ועל רכיבים פונקציונליים נוספים הנמצאים באולאורזין.

2. תרכיז מוצקים מסיסים של עגבניה (CTC- Clear Tomato Concentrate):

מוצקים מסיסים של העגבניה המכילים את הסוכרים, החומצות וחומרי הטעם האחרים הנמצאים בעגבניה. חברת ליקורד מרכזת מוצקים אלה עד 60°BX (ריכוז כפול מאשר ברכו עגבניות רגיל). התרכיז משמש כרכיב יחודי בשורה של מוצרי מזון ומשקאות. החברה גם מייבשת את התרכיז לאבקה המיועדת לשימושים מסוימים בתעשיית המזון (Tomat-O-Pure). בתרכיזים אלה יש ריכוז גבוה של חומצות אמינו שמקורן בעגבניה. מסיבה זו יש לו תכונות של חיזוק טעם והוא משמש כתחליף טבעי למונו סודיום גלוטמט (MSG) ומגביר טעם אחרים.

3. סיבי עגבניות (Tomato Fibers):

בתהליך המשולב שפותח ע"י חברת ליקורד מתקבלים גם סיבי עגבניות. לסיבים אלה ערך קלורי נמוך וכשר ספיגת מים גבוה במיוחד. לסיבי העגבניות מרקם רך ועדין המאפשר לשלב אותם בשורה של מוצרי מזון. סיבי עגבניות מהווים תוסף מזון טבעי המונע סינדרום (הפרשת מים), משפר מרקם ומשמש כחומר הסמכה במוצרי מזון שונים. חברת ליקורד השכילה לנצל את התשתית החקלאית

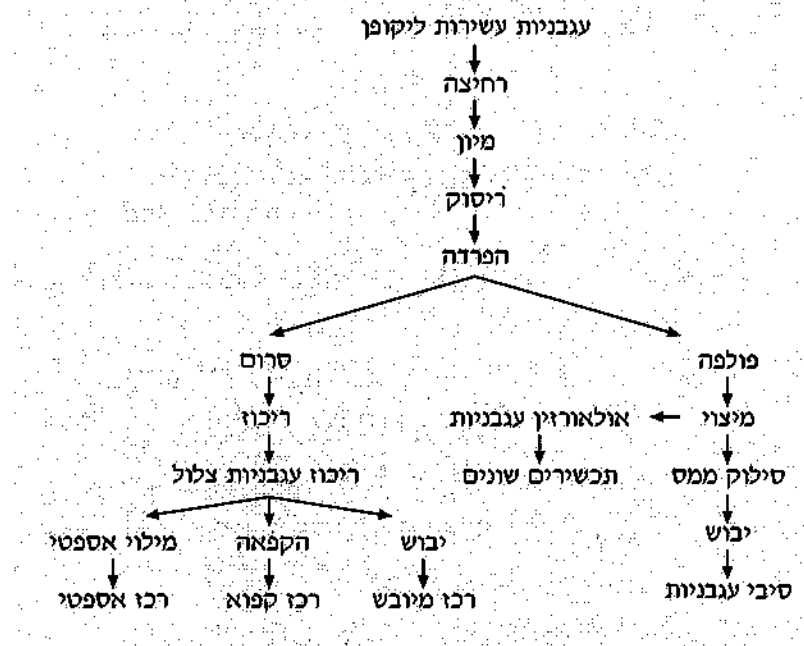
אחרים מעגבניות. במסגרת הפרויקט פותחו זנים ייחודיים המצטיינים בתכולת ליקופן כפולה מזו שבעגבניות רגילות. על מנת להימנע מקשיים באישור הזנים החדשים, החוקרים השתמשו בשיטות טיפוח שמרניות בלבד ולא בהנדסה גנטית. במקביל, פותח תהליך תעשייתי להפקת ליקופן והוכנו פורמולציות שונות המאפשרות הוספת ליקופן למוצרי מזון פונקציונליים.

תהליך הפקת ליקופן הינו תוצאה של פרוייקט רב תחומי שנועד בתעשיית המזון (כור מזון), פותח בתעשייה כימית (מכתשים) ויושם בחברת ליקורד תעשיות מוצרים טבעיים בע"מ. בפרוייקט שולבו חוקרים מדיסציפלינות שונות, מהנדסים כימיים, טכנולוגים של מזון, כימאים אנליטיים ואגרונומים. בעוד שעיקר עגבניות קונבנציונלי מתבסס על העגבניה השלמה, מרוסקת או טחונה, התהליך החדש שפותח ע"י ליקורד מפריד תחילה את הפרי למספר פרקציות ומפיק מכל אחת מהן רכיבים שונים המיועדים לתעשיית המזון, הקוסמטיקה ולייצור תוספים תזונתיים.

1. אולאורזין עגבניות (Tomato Oleoresin):

זהו פרקציה שומנית המכילה ריכוז גבוה של ליקופן, קרוטנואידים אחרים, טוקופרולים וליפידים נוספים הנמצאים בעגבניה. אולאורזין עגבניות משמש בסיס להכנת תכשירים בריאותיים שונים, וצבע טבעי על בסיס ליקופן. חברת ליקורד פיתחה שורה של פורמולציות ייחודיות המתבססות

תהליך משולב של ליקורד לעיבוד עגבניות



בע"מ, יסתכם בשנת 2002 בכ-20 מיליון דולר. החברה משקיעה במז"פ (כ-10% ממחזור המכירות) ובקידום השווק בארצות היעד (ארה"ב, אירופה ויפן).
במפעל מועסקים 37 עובדים, כולם תושבי באר-שבע והסביבה, מהם כ-15 אקדמאים. בנוסף, אנו נעזרים בחוקרים ויועצים חיצוניים, שרובם תושבי האזור.

והתעשייתית הקיימת בישראל להפקת מוצרי עגבניות מתוחכמים בעלי ערך מוסף גבוה. תהליכים שפותחו והמוצרים השונים מתבססים על מתקדמים ופיתוח רב תחומי וייחודי. הם מוגנים ע"י פטנטים וזוכים לבלעדיות בשווקי העולם.
הייצור מתבצע במפעל מודרני המאושר ל-GMP ו-ISO 9002 ומלווה באבטחת איכות ברמה גבוהה.
ייצוא חברת ליקורד שהינה חברת בת של מכתשים-אגן תעשיות



Joshua Jortner's 70th Birthday

Will be celebrated by holding an
International Symposium on:

Perspectives in the Chemical Sciences

Dynamics of the chemical change
Photoselective chemistry
Radiationless transitions
Laser-matter interactions
Clusters and nanostructures
Charge transfer and transport
Molecular and nano electronics
Ultracold systems
Biophysical dynamics

Tel-Aviv University Campus, June 15-17, 2003

Organizers

A. Nitzan, O. Cheshnovsky, J. Klafter, R. S. Berry, S. A. Rice

Sponsored by the

Sackler Advanced Study Institute, Tel Aviv University
and the
Israel Chemical Society

אירועים שהתקיימו לאחרונה בארץ ובעולם

The 68th Meeting of the Israel Chemical Society

Was held on January 26-27, 2003 at the Dan Panorama Hotel in Tel-Aviv
Under the auspices of the Department of Chemistry,
Technion-Israel Institute of Chemistry

Organizing Committee

Shammai Speiser, Chairman, Noam Adir, Yehudit Dori,
Moris Eisen, Ilan Marek, Uri Peskin, Asher Schmidt, Chaim Yarnitzky

Opening Session

Shammai Speiser, Chair, 68th Annual Meeting of
the Israel Chemical Society

Arnon Shani, President, Israel Chemical Society

Yitzhak Apeloig, President, Technion, Israel
Institute of Technology

Plenary Lectures

R.B. Gerber, The Hebrew University of Jerusalem

*The surprising chemistry of noble gas atoms: new
reactions New molecules and new materials*

E. Nakamura, University of Tokyo, Japan

*Theory meets experiments - reaction pathways of
organometallic reactions*

Y. Apeloig, Technion-Israel Institute of Technology

*Low-coordination silicon compounds. Interplay and
synergism between experiment and theory*

A. Nitzan, Tel Aviv University

How molecules conduct

J. Knoester, University of Groningen, The
Netherlands

*Chlorosomes and amphi-pipes: natural and synthetic
cylindrical exciton systems for light-harvesting*

A. Ciechanover, Technion

*Why we build and destroy our proteins all the time,
and why when this does not happen we get damn
sick: on the dynamics of protein turnover and
pathogenesis of diseases*

H.W. Spiess, Max-Planck-Institut for
Polymerforschung, Germany

*Supramolecular structure and function from solid
state NMR*

Parallel Session S1: Electrochemistry

E. Gileadi, Tel Aviv University

*Thermodynamics and kinetics of upd of lead on silver
and gold*

E. Peled, Tel Aviv University

*Water management and recycling in a pump free
micro direct methanol fuel cell (DMFC)*

D. Laser, Rafael Ltd.

*Reducing the leakage current and self-discharge rate
of ruthenium oxide based electrochemical capacitors
by using alkaline solutions*

O. Lev, The Hebrew University of Jerusalem

On-line electrochemical flow cell mass spectrometry

Parallel Session S2: Organic Chemistry A

Z. Rappoport, The Hebrew University of Jerusalem

Stable enols of carboxamides

C. Denekamp, Technion-Israel Institute of
Technology

*Using mass spectrometry to gain insight into
non-covalent interactions*

J. Becker, Ben Gurion University of the Negev
Anodic oxidation of saturated and unsaturated organosilicon derivatives

R. Schultz, Bar Ilan University
Ligand substitution reactions of the CpMn(CO)_2 (cyclohexane) transient intermediate

Parallel Session S3: Molecular Spectroscopy, Photochemistry and Laser Chemistry

D.H. Levy, University of Chicago, USA
Biological molecules in the gas-phase: urocanic acid, coumaric acid, and anthranilic acid

Z. Amitay, Technion-Israel Institute of Technology
Femtosecond coherent control of small molecules and information processing

Y. Prior, Weizmann Institute of Science
Preparation of vibrational wavepackets by shaped femtosecond pulses

S. Rosenwaks, Ben Gurion University of the Negev
The chemical-oxygen iodine laser: exploitation of the magic oxygen singlet delta molecule - a status report

Parallel Session S4: Structure and Function of Biomacromolecules

A. Albeck, Bar Ilan University
Structure and energetics of hydrogen bonds in proteins. A computational study of the Asp102-His57 diad in serine proteases

O. Almog, Ben Gurion University of the Negev
The crystal structure of a novel small heat-shock protein

M.H. Glickman, Technion
A gated channel controls proteolytic specificity of the proteasome

Parallel Session S5: Chemical Education

G. Ashkenazi, The Hebrew University of Jerusalem
Molecules & ions: redefining concepts through experiment and molecular visualization

Y. Dori, Technion-Israel Institute of Technology
Developing and assessing higher order thinking skills in technology-enriched high school chemistry

M. Winnik, Ben Gurion University of the Negev
Learning stereochemistry with a CAI program

N. Barnea, Ministry of Education
Innovations in teaching and assessing advanced high school chemistry

M. Carmi, Weizmann Institute of Science
Becoming chemistry teacher-leaders: change of beliefs and behavior

I. Zohar, Mae Boyar High School
Website for high school chemistry teachers

Parallel Session S6: Theoretical Physical Chemistry

E. Rabani, Tel Aviv University
Drying mediated self-assembly of nanocrystals on surfaces

E. Pollak, Weizmann Institute of Science
Experiment and theory on activated surface diffusion

B. Segev, Ben Gurion University of the Negev
Dominant channels of vibronic transitions in molecules with several identical modes

D.J. Tannor, Weizmann Institute of Science
Optimal control of the nonlinear Schroedinger equation: application to loading a BEC in an optical lattice

A. Wilson-Gordon, Bar Ilan University
Theory of electromagnetically induced absorption

Parallel Session S7: Organic Chemistry B

R. Neumann, Weizmann Institute of Science
New opportunities in catalysis by polyoxometalates

D. Shabat, Tel Aviv University
Towards selective chemotherapy in cancer treatment

M. Srebnik, The Hebrew University of Jerusalem
Stereoselective synthesis of vinylphosphonates from 1-alkynylphosphonates and titanium, zirconium and boron reagents: SAR of MMP-2 inhibition

S.E. Biali, The Hebrew University of Jerusalem
Methylene functionalization of calix[4]arenes

Parallel Session S8: Nano- and Surface Chemistry

- I. Rubinstein**, Weizmann Institute of Science
Template deposition of novel nanomaterials
- H. Rapaport**, Ben Gurion University of the Negev
Designing ordered peptide assemblies at interfaces
- C.N. Sukenik**, Bar Ilan University
Organic and inorganic thin films
- A. Zaban**, Bar Ilan University
Electron lifetime in nanocrystalline TiO_2 dye sensitized solar cells

Parallel Session M1: Organic Chemistry C

- S. Rozen**, Tel Aviv University
Novel reactions in organic chemistry; starting point: F_2
- D. Kost**, Ben Gurion University of the Negev
Novel ligands for penta coordinate siliconium and hexacoordinate silicon complexes
- C.M. Barzilay**, The Hebrew University of Jerusalem
Tunable reactivity in a specific substrate: bicyclopopylidene as a versatile building block
- M. Kaftory**, Technion-Israel Institute of Technology
Organic chemistry in the solid-state

Parallel Session M2: Molecular Electronics and Optoelectronics

- A.P. de Silva**, Queen's University, Ireland
Designer molecules for luminescent signalling
- E. Keinan**, Technion-Israel Institute of Technology
Nanoscale programmable computing machines made of biomolecules
- Y. Eichen**, Technion-Israel Institute of Technology
Bio-inspired π -conjugated electronic materials
- J. Zyss**, Institut d'Alembert, France
Advances in polymer based microlasers: materials, elaboration technologies and physical properties

Parallel Session M3: Physical and Computational Characterization of Biological Systems

- N. Ben-Tal**, Tel Aviv University
A putative molecular-activation switch in the transmembrane domain of ERBB2
- G. Navon**, Tel Aviv University
Microscopic and spectroscopic MRI
- H. Azhari**, Technion-Israel Institute of Technology
Ultrasonic imaging and beyond
- I. Kustanovich**, The Hebrew University
Electrostatic potential and antimicrobial dermaseptin activity
- A. Shurki**, University of Southern California, USA
Steric contribution to enzyme catalysis - myth or reality?

Parallel Session M4: Chemistry Related Hi-Tech and Start-Ups

- D. Vilenski**, Applied Materials Israel
Academy and industry, collaborators or competitors?
- M. Orenstein**, Technion
The optical chips (integrated optics) era - material and physical effects considerations
- Y. Nemirovsky**, Technion
From micromachining processes to micro-electro-mechanical systems
- N. Lipkin**, Lambda Crossing
Continuous index infrared notch filter for atmospheric CO_2 suppression

Parallel Session M5: Materials and Surfaces

- B. Tsukerblat**, Ben Gurion University of the Negev
Exchange anisotropy in orbitally degenerate metal clusters-prospects for single molecule magnets
- M. Polak**, Ben Gurion University of the Negev
Model calculations of interatomic mixing and demixing phenomena observed for ultrathin Cr films deposited on $\text{Fe}(100)$

I. Lubomirsky, Weizmann Institute of Science
*Electrical and mechanical properties of
nanocrystalline self-supported BaTiO₃ membranes*
M. Urbakh, Tel Aviv University
*A new look at dynamic force spectroscopy of
adhesion bonds*

Parallel Session M6: Medicinal Chemistry

B. Fischer, Bar Ilan University
Molecular recognition - the basis for drug design
C. Gilon, The Hebrew University of Jerusalem
*Discovery of peptido- and proteinomimetic drug leads
using cyclic peptide spatial libraries*
A. Goldblum, The Hebrew University of Jerusalem
Finding many needles in the haystack of chemistry
A. Tovi, Novetide Ltd.
*Peptide pharmaceuticals and the trends in the
pharmaceutical market*

Parallel Session M7: Novel Experimental Chemical Physics

G. Haran, Weizmann Institute of Science
*Observing single protein molecules
as they fold and unfold*
Y. Manassen, Ben Gurion University of the Negev
*Single spin detection with the scanning tunneling
microscope*
S. Vega, Weizmann Institute of Science
*Proton NMR of solids using asynchronous spin and
space rotations*
E. Kolodney, Technion
*Implanting atomic ions into surface adsorbed
fullerenes: the single collision formation and
emission of endohedral complexes*

164 posters were also presented at the meeting.

Presentation of the Israel Chemical Society 2002 Prizes

**The Israel Chemical Society Medal is hereby awarded to
Prof. Ada Yonath, from the Weizmann Institute of Science**



Professor Ada Yonath is the pioneer and world leader in the study of ribosome structure and function. The ribosomes, which can be regarded as the cell's "protein factory", are intracellular organelles that translate the genetic code and express it in the proteins of the living cell. Yonath is the first to have successfully accomplished the goal of crystallizing ribosome subunits and analyzing their three-dimensional structure by X-ray crystallography methods. Over two decades ago she took upon herself a mission that was considered absolutely impossible. Owing to her tireless perseverance and devotion to her purpose - and despite the skepticism of the world's best scientists as to her chances of success - she has attained impressive and extraordinary achievements. Studies performed in

her laboratory on the structures of ribosome complexes with various antibiotic drugs have contributed to the understanding of the antibiotics' mechanism of action. These findings have aroused excitement both in academic circles and within the pharmaceutical industry, as they pave the way for rational design of new antibiotic drugs.

Prof. Yonath serves as the director of two research centers at the Weizmann Institute, and also heads a unit for ribosome research at the Max Planck Institute in Germany. She is a member of the Israel Academy of Sciences and Humanities. Her numerous awards include the 2002 Israel Prize in Chemistry, the first European Crystallography Prize, Certificate of Distinction from the U.S. National Institutes of Health, the Kolthof Award for Outstanding Research in Chemistry from the Technion, the Kilby International Award, the Harvey Prize for Natural Sciences, and the F.A. Cotton Medal.

**Prof. Yitzhak Apeloig, from the Technion
is awarded the Israel Chemical Society Prize for the year 2002.**



Yitzhak Apeloig is a Professor in the Faculty of Chemistry at the Technion - Israel Institute of Technology, and is currently the President of the Technion. He did his Ph.D. with Professor Zvi Rappoport of the Hebrew University of Jerusalem in the field of solvolytic generation of vinyl cations. He pursued his postdoctoral studies with Prof. P.v.R. Schleyer at Princeton University in collaboration with Prof. J.A. Pople of Carnegie Mellon. In 1976 he joined the Technion faculty.

Professor Apeloig was one of the first experimentalists to recognize the vast potential of *ab initio* quantum mechanical calculations for organic chemistry. Soon after joining the Technion he succeeded in bringing together a unique combination of experimental techniques and theoretical prowess to solve challenging problems in the area of reactive species in silicon chemistry. These species included: doubly- and triply-bonded silicon compounds, divalent silicon compounds (silylenes), silyl cations and anions. Apeloig's theoretical and experimental work has played a pivotal role in developing a fundamental understanding of organosilicon chemistry. Based

on his own theoretical predictions, he was the first to detect experimentally (in cooperation with Prof. Helmut Schwarz of Berlin), molecules containing carbon-silicon triple bonds – one of the “Holy Grails” of silicon chemistry. He edited (with Z. Rappoport) four volumes on organosilicon compounds, which are the authoritative books in the field. Apeloig is also renowned for his seminal discoveries in hydrocarbon chemistry, dealing with small ring compounds and reactive intermediates such as carbocations, carbenes and free radicals.

Yitzhak Apeloig is being honored with the Israel Chemical Society Award 2002 for his imaginative implementation of quantum mechanical calculations, providing elegant examples of the germination of ideas for experiments that have lead to the discovery of new chemistry. His research has convincingly exemplified the synergistic use of theory and experiment as an effective way to discover and explore chemistry, setting an example to many others. His work has played a pivotal role in developing a fundamental understanding of organosilicon chemistry. He is a role model for modern physical organic chemists.

**Prof. Abraham Nitzan, from Tel-Aviv University
is awarded the Israel Chemical Society Prize for the year 2002.**



Abraham Nitzan is a Professor in the Tel-Aviv University's School of Chemistry. He was a Ph.D. student with Professor Joshua Jortner of same University. As a post-doc he worked on non-linear kinetics and imagined in theory some very simple systems of interesting behavior.

They were later studied experimentally and his predictions were confirmed by measurements.

He opened the theoretical field of surface enhanced electromagnetic processes at surfaces. His work was fundamental in explaining the electromagnetic origin of the so-called Surface Enhanced Raman Effect. He predicted unusual electromagnetic phenomena at metal surfaces. Many of these predictions inspired experimentalists to look for, and find, the predicted effects. Likewise, the surface-enhanced photochemistry was first predicted by Nitzan and verified experimentally shortly thereafter. This work was carried over to studies of electromagnetic phenomena involving clusters and small particles, and has lead to the explanation of the apparently anomalous dependence of the ionization potential of cluster on size.

Much of Nitzan's recent work focuses on transport phenomena involving charge carriers in molecular environments. One facet of this research is his studies of ionic transport in polymer ionic conductors, which have lead to the development of the dynamic percolation theory that provided the first theoretical framework for analyzing transport in such systems, and to the more recent studies designed to enhance understanding on ion transport through membrane channels. Another facet is his research in the area of molecular electronics, where placing molecules instead of conventional conductors and semi-conductors in nano-scale electronic devices presents new theoretical and experimental challenges. Nitzan's recent and ongoing studies on the electronic structure, charge transfer properties, energy transfer and relaxation and capacitive properties of molecules connected to conducting leads are in the forefront of this research, and has already lead to new fundamental discoveries on the nature of electron transport of such junctions and on the role played by dephasing and thermal relaxation in such transport processes.

Abraham Nitzan was found worthy for the Israel Chemical Society Award 2002 for constructing new theories of particular practical consequences.

**Mrs. Ilana Zohar, The Mey Boyer High School in Jerusalem
is awarded the Israel Chemical Society Outstanding Chemistry Teachers Prize for 2002**

for her outstanding leadership in the chemistry teachers' community, her original approach to chemistry teaching, and her unique accomplishments in endearing the subject of chemistry to generations of pupils and to fellow teachers.

Ilana Zohar has been teaching chemistry for 25 years in the Mey Boyer High School in Jerusalem. She developed unique teaching materials in two areas:

1. Introduction of computers in teaching, using Power Point techniques, for various subjects, and making it available to all the teachers in the country by placing the material on the website she maintains, and by organizing advanced courses for teachers.
2. Development of original teaching programs in the context of the experimental program "research chemistry", and making laboratory studies more available to various high schools.

Mrs. Zohar has been involved, for quite a number of years, in changing the attitude to chemistry and making it more acceptable among pupils and teachers. This was accomplished by organizing a series of lectures by academic people in Jerusalem (in cooperation with Prof. Danny Mandler from the Hebrew University), developing laboratories for pupils and for science oriented youth, teaching chemistry for teachers from other areas, and organizing courses for teachers to learn about novel areas in chemistry.

This versatile activity shows her love for the subject of chemistry and her dedication to share this love with her pupils and fellow teachers. All these activities constitute a unique contribution to chemistry teaching in high schools all over the country and therefore the committee decided to award her the ICS prize for the Outstanding Chemistry Teacher for 2002.

**Dr. Eran Rabani, Tel-Aviv University
is awarded the Israel Chemical Society Young Chemists Prize for the year 2002**

For his achievements in the theoretical study of the electronic and structural properties of nanometric

systems and for developing novel computing methods for dealing with quantum liquids.

Prizes awarded by the Chemistry Departments

to their outstanding graduate students.

Ben-Gurion University, Chemistry Department,
The Ruth and Milton Orchin Prize was awarded to **Galina Temchin**, working under the supervision of Prof. Shmuel Bitner, on "Preparation, characterization and unique properties of quinonic systems".

Weizmann Institute, Faculty of Chemistry
The Prize was awarded to **Hagit Affek**, working under the supervision of Prof. Dan Yakir, on "Isoprene emission from plants: physiological role and isotopic composition".

Tel-Aviv University, School of Chemistry
The Jortner-Levine Prize was awarded to **Avi Weissberg**, working under the supervision of Dr. Moshe Portnoy, on "Catalytic applications of double-pronged ligands bound on solid supports".

The Hebrew University, The Institute of Chemistry
The Jortner-Levine Prize was awarded to **Yigal Lilach**, working under the supervision of Prof. Micha Ascher, on "Reactions of electronically excited molecules on interfaces".

The Technion, Faculty of Chemistry
The Prize was awarded to **Shay Tal**, working under the supervision of Prof. Yoav Eichen, on "Preparation and characterization of bio-inspired electronic materials".

The Lise Meitner-Minerva Junior Award for 2002/3 was awarded to:

Arie Landau for the development and application of the "intermediate Hamiltonian" procedure, which broadens the scope of the "coupled cluster" method and increases its accuracy". (A. Landau, E. Eliav and U. Kaldor, "Intermediate Hamiltonian Fock-space Coupled-cluster Method", *Advances in Quantum Chemistry*, **39**, 171-88 (2001)). and to:

Sam P. de Visser for demonstrating that the active species of the cytochrome P450 can act as a chameleon oxidant – its properties and reactivity pattern depending on its protein environment, and thus providing insight into the manner which an enzyme can tune its selectivity. (S. P. de Visser, F. Ogliaro, K. Sharma and S. Shaik, "What Factors Affect the Regioselectivity of Oxidation by Cytochrome P450? A DFT Study of Allylic Hydroxylation and Double Bond Epoxidation in a Model Reaction (*J. Amer. Chem. Soc.* **124**, 11909-11826 (2002)).

Prizes to Outstanding High School students

The Itan Peled Prize for an industrially oriented study was awarded to **Hadil Fanous**, from the Orthodox School in Ramla, working under the supervision of the teacher Mr. Monzer Zabana and of Dr. Hagai Cohen from the Weizmann Institute of Science, on "The influence of the crystal structure of polypropylene on its mechanical properties".

The Prize for the Outstanding Project was awarded to **Melina Wahab** from the Orthodox School in Ramla, working under the supervision of the teacher Mr. Monzer Zabana and Dr. Hagai Cohen from the Weizmann Institute of Science, on "Characterization of adsorption of organic molecules on GaAs".

The Schmidt Prize

The Schmidt Prize, for the best thesis in Chemistry was awarded in a ceremony that took place at the Schmidt Auditorium of the Weizmann Institute of Science, on Dec 19 2002. The recipients were:

Dr. Michal Lahav, who did her Ph.D. under the supervision of Prof. Itamar Wilner at the Hebrew University on:

"Functional surfaces as a basis for developing electronic and opto-electronic devices based on molecular and micro-structural components".

and

Dr. Idith Tshuva, who did her Ph.D. under the supervision of Prof. Moshe Kol at

Tel-Aviv University on:

"Ligand complexes of amine-phenolates and light transition metals: coordination chemistry and catalysis in olefin polymerization".

Other Prizes and Honors

Prof. Gil Navon, School of Chemistry, Tel-Aviv University, was designated as a Fellow of the International Society of Magnetic Resonance in Medicine for his significant contribution to the Society in fulfilling its scientific and educational mission.

Prof. Moshe Narkis, Faculty of Chemical Engineering, Technion, was inducted as a Fellow of the Division of Polymeric Materials, Science and Engineering of the American Chemical Society, for his outstanding contributions in various aspects of plastics engineering.

Annual Meeting of the Israel Polymer and Plastics Society

The 31st Annual Meeting of the Israel Polymer and Plastics Society was held on December 16th 2002, at the Weizmann Institute of Science. The Meeting was dedicated to the memory of **Prof. David Vofsi**, who was a past President of the Society and the founder and director of the Plastics Research Department at the Weizmann Institute.

The Meeting was opened by the Chairman of the Organizing Committee, Prof. Yachin Cohen, from the Technion, followed by greetings from the President of the Society, Dr. Amos Ofir from Shenkar College.

Zvi Zur, from Makhteshim, a long time friend and colleague of David Vofsi, reminisced about Vofsi's life from his student's days until his last days, and his accomplishments in applied research at the Weizmann Institute and in industry.

Three plenary lectures followed. They were delivered by Prof. Arnon Siegmann from the Technion, Prof. Hana Dodiuk-Kenig from Shenkar College, and Prof. Avraham Domb from the Hebrew University.

Moshe Goren, was awarded Honorary Membership of the Society, for his achievements in Carmel Olefins and his contributions to the Society.

In the afternoon the Meeting was split into four parallel sessions:

Lectures by Alumni of the

Plastics Department of the WIS.

New developments in polymer science.

Technical advances in the polymer field.

Nano-technology in composite materials.

המגמה החיובית במספר הלומדים כימיה נמשכת

ארנון שני, המחלקה לכימיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

כפי שהדבר ידוע, מספרים אלה הם בבחינת שיא של כל הזמנים ומספר הלומדים כימיה כיום ברמה האוניברסיטאית מגיע ליותר מ- 1200 בתאר ראשון, כ- 300 בתאר שני ומעל 450 בתאר שלישי. אלה מספרים מרשימים ביותר והתפוקה של מספרים אלה תהיה מאות כימאים ברמות השונות כבר בשנים הקרובות ביותר. יש לצפות כי התעשייה הכימית תדע להתפתח בכוונים הנכונים והרצויים כדי לספק מקומות עבודה ותחומי מחקר ופתוח וייצור בעלי אתגר וענין לבוגרי הכימיה. רעיונות יצירתיים, יזמות חדשניות, ושילוב של ידע וחזון יתנו מענה לתעשייה הכימית המודרנית, אשר תביא לפתיחת מפעלים חדשים והרחבת הקימים. העו צמה של התעשייה הכימית תבוא לידי בטוי בתעשיות מתוחכמות, אשר כל אחת מהן תייצר ותמכור בערך של כ- 10-50 מליון דולר, והמכפלה של סכומים אלה במאות או שלש מאות מפעלים תתן תפוקה של עשרה מיליארד דולר ויותר בשנה.

נתוני הקבלה ומספר תלמידי הכימיה במוסדות להשכלה גבוהה בארץ בשנת הלמודים תשס"ג (2002/3) מורים על המשך העליה במספר הלומדים כימיה בכל הרמות. לאחר העליה המרשימה של כ- 30% במספר התלמידים החדשים לתאר ראשון בשנת תשס"ב, עדין יש עליה קלה במספר התלמידים החדשים בכימיה בשנת הלמודים הראשונה באוניברסיטאות. הדבר היותר מעודד הוא העליה ברמת המתקבלים כתוצאה מהעלאת סף הקבלה בכל האוניברסיטאות. הדבר מעיד על בקוש רב ללמודי הכימיה. תרומה משמעותית לבקוש זה באה ממסלולי הלמודים החדשים שנפתחו בשנים האחרונות, כמענה לצרך להתאים את למודי הכימיה להתפתחויות המרשימות בנושאי הביולוגיה, הרפואה והטכנולוגיה, המבוססים או נושקים לכימיה (ראה רשימות בגליון מס. 8, עמ' 29-30).

הטבלה להלן מפרטת את מספרי התלמידים החדשים וס"ה הלומדים בכל אחת מרמות הלמודים בכימיה. המספרים בסוגרים הם נתוני שנת תשס"ב.

אוניברסיטה/מכון	תאר ראשון שנה א' סה"כ	תאר שני חדשים סה"כ	תאר שלישי חדשים סה"כ
הטכניון	104 (63) 319 (225)	63 (54)	33 (58)
אוניברסיטת בר-אילן	130 (100) 260 (220)	50 (50)	65 (50)
אוניברסיטת תל-אביב	106 (90) 240 (280)	53 (30)	64 (60)
האוניברסיטה העברית	112 (92) 257 (218)	55 (48)	105 (95)
מכון קואלי	-----	20 (20)	16 (15)
אוניברסיטת בן-גוריון	75 (61) 162 (120)	26 (25)	35 (41)
מכון ויצמן למדע	-----	45 (41)	123 (104)

ERNST DAVID BERGMANN (1903-1975)

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



Ernst David Bergmann was born in Germany into a Zionist family. His father, Judah Bergmann, was a well-known rabbi and writer on Jewish subjects. Ernst Bergmann earned the doctorate in 1927

under the supervision of Prof. W. Schlenk at the University of Berlin and continued on the staff. Together Bergmann and Schlenk wrote the two volume *Ausführliches Lehrbuch der Organischen Chemie*. The first volume came out in 1932 and the second in 1939. Because he was a Jew, Bergmann's name was deleted from the title page of the second volume.

In 1933 Bergmann moved to London where he started a long and close association with Chaim Weizmann. He turned down an offer of a position at Oxford from Sir Robert Robinson. Bergmann told Robinson that he was finished with Europe and that his place was in the Jewish Homeland. Years later Robinson recalled with anger that nobody had ever before turned down a scientific appointment at Oxford. Bergmann accepted the position for the planning and a year later as Scientific Director for the future Daniel Sieff Research Institute in Palestine, later part of the Weizmann Institute of Science.

Weizmann, in recalling Bergmann:

"He entered with the utmost enthusiasm into my plans for the Sieff Institute. I remember a conversation I had in Paris not long after, with Willstätter and Haber, with Bergmann present. He developed before them his plans for work in the Institute which was then nearing completion. The two eminent scientists listened very attentively, and then Willstätter asked me ironically: "How many floors has the Daniel Sieff Institute?" To which I replied: "As far as I know it will have two floors." "Well," said Willstätter, "you had better build a skyscraper if you wish to carry out the program Bergmann has outlined to us." (Trial and Error, 1950)

Bergmann arrived on January 1st, 1934, in Palestine and worked at the Sieff Institute until the period of World War II. He then participated in defense related projects in France, England and in the

United States. This included the development together with Chaim Weizmann of the catarole process (catalytic aromatization of olefins, by high-temperature cracking) and the production of monomers necessary for synthetic rubbers from agricultural raw materials. Bergmann returned to Rehovot in 1946 and stayed on at the Weizmann Institute of Science until 1952 at which time he accepted the appointment to a chair of Organic Chemistry at the Hebrew University of Jerusalem, Israel. In the years 1952-4 he also lectured and directed graduate students at the Technion.

"Ben-Gurion, the charismatic leader, was supported by Bergmann, a visionary scientist, and by Peres, an indefatigable, resourceful, and creative politician and executive. The presence of these three individuals at that particular time and place made the Israeli nuclear project possible. To the extent that one can make such historical judgments, it can be said that, in the absence of any one of these three men and without their unique collaboration, there would not have been an Israeli nuclear project. Other people helped and made important contributions, but the primary credit belongs to these three.

By 1948, Professor Bergmann was already a well-established organic chemist. Since the mid-1930s, he had been a protégé of Chaim Weizmann...but in the late 1940s became increasingly drawn to Ben-Gurion's conviction that science and technology were critical for Israel's future. Indeed, Bergmann fit Ben-Gurion's ideal of a scientist: one who did applied research in the service of the Zionist revolution. In August 1948 Ben-Gurion appointed Bergmann as the head of the scientific department of the newly founded Israel Defense Forces, and three years later he became the prime minister's scientific advisor at the Ministry of Defense. Although Bergmann is best known today as the father of the Israeli nuclear program - he founded the Israel Atomic Energy Commission in 1952 and shaped its early activities - his contribution to the establishment of Israel's Chemical and Biological Warfare capabilities was even more crucial." (A. Cohen: Israel and the Bomb, 1998, and Nonproliferation Review, 2001). Cohen emphasizes "Bergmann's decisive role in convincing Ben-Gurion that nuclear energy might be the key for

the survival and prosperity of Israel, because nuclear technology would create unprecedented options for both civilian and military applications."

Ernst David Bergmann is recognized as the father and the Dean of Organic Chemistry in Israel. (D. Ginsburg, *Israel J. Chem.*, Vol I, 1963, and S. Rozen, *J. Fluorine Chem.*, 1998). Bergmann's chemical work covered wide areas, including the synthesis and properties of polycyclic aromatic compounds and of fulvene derivatives, carcinogenic agents, organic compounds of alkali metals, addition of sodium to double bonds, determination of structures from dipole moments, molecular rearrangements, photochemistry, synthesis in chloroamphenicol series, insect chemistry and insecticides.

Prof. Shlomo Rozen (one of Prof. Bergmann's last students):

"However, during most of his active life his chief interest has been in fluorine chemistry and fluoro-derivatives of many important metabolic intermediates. Already in the early 50's he investigated the action of 5-fluorotryptophan on *Escherichia coli*, studied the preparation of α -fluorocarboxylates and pyruvates and their enolization; looked on the mechanism of poisoning by fluoroacetates and higher alkyl fluoroalkanoates; and prepared a series of fluorinated aromatic amines and trifluoroethanol derivatives. Bergmann also studied in detail the infrared spectra of fluorinated compounds especially fluoropyruvates and many condensations of fluoroacetic acid. His contribution to fluorine chemistry continued with development of many new reactions with silver fluoride, perchloryl fluoride,

fluoromalonates and many types of fluoroheterocycles. The so-called Yarovenko reagent was intensely utilized in his laboratory for making novel fluoroamino acids including fluorinated mevalonic acid derivatives. Fluoropolycyclic carcinogens and fluorophosphorous compounds were also made. In the 60's Bergmann continued to work on fluoroamino acids but developed also the chemistry of fluorooxaloacetates with which he prepared a series of new compounds. Toward the end of the decade experimentation with trifluoromethyl hypofluorite had also started and several highly interesting results were recorded and published."

Prof. Bergmann published more than 500 scientific works.

The library of the Negev Academic College of Engineering in Beersheva is honored to hold the chemistry books from Prof. Bergmann's own collection, including two books which he wrote himself, *The Chemistry of Acetylene Compounds* and *Isomerisation of Organic Compounds*. It is a powerful and poignant tribute to his life's work that these copies are on a library shelf in Israel with the name Ernst David Bergmann undeleted from the title pages.

E. D. Bergmann's concluding remark in Jerusalem to the 1970 Conference that he chaired jointly with Bernard Pullman, "Aromaticity, Pseudo-Aromaticity, Anti-Aromaticity":

"I also hope that you have found the air of Jerusalem scientifically stimulating; it has always been a city of thinkers and prophets, who also believed that their predictions were experimentally verifiable."

LycoRed Natural Products Industries, Ltd., Beer Sheva

Morris Zilkha, Manager

LycoRed Natural Products Industries, Ltd. is a subsidiary company of Makhteshim-Agan Industries, Ltd. LycoRed specializes in research and development of natural phytochemicals with proven biological activity.

Twelve years ago, LycoRed's management realized the potential of Lycopene as both a nutrient and a natural food color, and launched a multidisciplinary project to produce it. Since the tomato is the main source of Lycopene in nature, it was the raw material that was used to produce it. However, the conventional tomato contains less than 100 ppm of Lycopene. Therefore the first stage of the project was to develop

hybrid tomato cultivars containing more than twice as much Lycopene than conventional varieties.

In parallel to breeding high-pigment tomatoes, a proprietary industrial process was developed for Lycopene production. The process was based on conventional unit operations approved and used by the food industry. Only physical and mechanical methods were employed and chemical reactions were avoided.

The production is done in a modern plant under strict quality control. LycoRed has GMP and ISO 9002 certifications.

Ernst David Bergmann (1903-1975)

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

Ernst David Bergmann was born in Germany. In 1927 he earned the doctorate under the supervision of Prof. W. Schlenk at the University of Berlin, where he stayed on the staff. In 1933 he left Germany and went to England where he started to work together with Chaim Weizmann on the planning of the Daniel Sieff Institute, later part of the Weizmann Institute of Science, and accepted the position as its Scientific Director. He was engaged in defense related activities during the second world war in France, England, and the United States. After the war, he returned to the Weizmann Institute where he remained until 1952, at which time he accepted the appointment to a chair of Organic Chemistry at the Hebrew University of Jerusalem.

Bergmann worked with David Ben-Gurion and Shimon Peres on the Israel nuclear project. He was head of the scientific department of the newly founded Israel Defense Forces, became the Prime Minister's advisor at the Ministry of Defense, founded the Israel Atomic Energy Commission, and worked to establish Israel's chemical and biological warfare capabilities.

Bergmann is recognized as the father and Dean of Organic Chemistry in Israel. His chemical research covered wide areas, with his main interest having been in the areas of fluorine chemistry and fluoro-derivatives of metabolic intermediates.

Nanobioelectronics: Where Electronics and Biotechnology Meet

Itamar Willner, Institute of Chemistry, Hebrew University, Jerusalem

Bioelectronics is a rapidly progressing interdisciplinary research field that aims to integrate biomaterials and electronic elements into functional devices. Biomaterials exhibiting evolution-optimized binding, catalytic and transport properties, exhibit nanometric dimensions and can be tailored by genetic engineering and chemical means. The integration of the biomaterials with electronic elements such as electrodes, field-effect transistors and piezoelectric crystals yields hybrid bioelectronic systems that may function as biosensors, biofuel cells or electronic circuitry.

A major obstacle in the area of bioelectronics is the lack of electrical communication between the biomaterial components and the electronic elements. Electrical communication that is essential for the functional operation of the bioelectronic systems is accomplished by the nanoengineering of biomaterials by chemical methods and the immobilization of biomaterials on surfaces in tailored, predesigned architectures.

A major focus in bioelectronics is the development of biosensors as sensitive and specific detection devices. Electrodes functionalized with enzymes, antigens/antibodies or nucleic acids may act as functional sensing units for the respective enzyme-substrate, the complementary antibody or antigen, or the complementary DNA. We address the electrical contacting of enzymes with electrodes by the surface-reconstitution of the respective apo-proteins and by implanting a single gold nanoparticle into the protein structure. The ultrasensitive detection of DNA is exemplified by the development of bioelectrocatalytic amplification paths. The electrical and optoelectronic detection of DNA on electrode surfaces is discussed. Specifically, functional magnetic

particles are used to detect DNA or telomerase activity in cancer cells by their magnetic attraction, and rotation on electrode surfaces. Systems that are capable to detect 10 to 20 cancer cells in a biological sample were developed.

A further use of enzyme-electrodes is demonstrated with the development of a biofuel cell element that uses glucose as fuel. Such a system could be used as an implantable device that uses physiological fluids, e.g., blood, for the generation of electrical power that may activate pacemakers, insulin pumps or prosthetic units.

The nanometric dimensions of biomaterials and their unique binding and catalytic properties suggest that their integration with metal or semiconductor nanostructures, exhibiting unique quantum-controlled electronic and photonic features, may generate hybrid nanobioelectronic systems of novel functionalities. Recent advances in the fields of nanobiotechnology and nanobioelectronics are discussed. These include the application of DNA as a template for the assembly of metal or semiconductor nanocircuitry and the use of cancer cells as a building element of addressable DNA circuits on semiconductor nanoparticles.

Bioelectronics faces important challenges for the future. The development of high throughput electronic detection assays on chips, the development of miniaturized implantable sensor or machinery devices for controlled drug release and prosthetic activation, and the assembly of complex biomaterial-based metal/semiconductor circuitry with signal processing capabilities represent some of these goals. It is anticipated that bioelectronics will provide exciting opportunities for interdisciplinary research of chemists, physicists, biologists and material scientists.

Chemistry under Extreme Conditions Studied by Impact Heated Clusters

A. Gross and R. D. Levine, The Hebrew University, Jerusalem, Israel

A new area in the dynamics of chemical reactions, characterized by high collision velocities is discussed with special reference to reactions with high activation barriers and other endoergic processes such as emission of light. The required unusual combination of conditions is made possible by heating a cluster via its impact with a hard wall. Immediately after the front atoms of the cluster reach the wall and rebound, the initially directed impact energy is randomized. The chemistry and physics that are possible under this

ultrafast heating (and compression) is the subject of our studies. The cluster can act as a solvent within which the reactants are embedded or it can be made of reactants. The chemistry needs to take place quickly because the extreme state lasts only for a very brief time interval after which the hot cluster fragments. The unique features of the new dynamical regime are illustrated by the four center $N_2+O_2 \rightarrow 2NO$ reaction and by the spectrum of the emitted light.

Polypropylene polymerization – Synthesis of elastomeric polypropylene

M. Shmulinson and M. Eisen, Faculty of Chemistry, Technion, Haifa

The application of advanced technologies for the development of new types of materials has become the challenge for organometallic chemistry in the past few years. The catalytic polymerization of α -olefins attempts to convene these research challenges, developing new types of catalytic systems towards the formation of novel types of polymers.

During the last two decades great advancement has been made in the synthesis and application of well-defined "single site" metallocene catalysts for the polymerization of α -olefins. Metallocene catalysts generally belong to the group 3 and 4 derivatives with two cyclopentadiene (Cp) rings, although some of these systems contain one Cp and one pendant ligation. The structure of the ligands affects both the electronic and steric hindrance properties of the metallocenes and thus predictably determines the stereospecificity of these catalysts in the polymerization of olefins. Recently, great interest has been directed towards the synthesis of non-Cp complexes as potential catalysts for the polymerization of olefins, as alternatives to metallocenes. Among these systems, attention has been devoted to complexes containing chelating dialkoxide, diamido and amidinate ancillary ligations. Group 4 chelating benzamidinate complexes are one example for new catalytic systems that were developed in order to explore their activity in the polymerization of olefins. These complexes

are normally obtained as a mixture of racemic C_2 -symmetry cis-octahedral structures. Activation with the strong Lewis Acid methylalumoxane (MAO) catalyzed the polymerization of ethylene, propylene, styrene, the oligomerization of 1,5-hexadiene and the isomerization of olefins. Research results obtained for benzamidinate complexes have been the driving force for developing complexes with acetylacetonate and phosphinoamide ligations. These types of complexes were also found to be active in the polymerization of propylene.

Here we report the synthesis of some group 4 octahedral benzamidinate, acetylacetonate and phosphinoamide complexes and their application for the polymerization of propylene, modulated either by monomer concentration (pressure) or by the temperature in the reaction mixture. This is a novel example for a modulation of the stereoregularity of polymers, catalyzed by early transition metal octahedral complexes.

It seems that the crucial factor in the stereoregular polymerization of olefins is the symmetry of the catalyst and the disposition of the growing chain, with less preferential effect on the structure of the ancillary ligands. The large variety of synthesized ligands is an attractive incentive for the development of new octahedral catalysts for the preparation of new types of polymeric materials.

TABLE OF CONTENTS

From the Editorial Board.....2

New President and Executive Council elected to the ICS.....2

A letter from the outgoing President

Report on the activities of the Society in the last 6 years
Arnon Shani.....3

Invited Scientific Contributions

Chemistry under extreme conditions studied by impact
heated clusters

A. Gross and R. D. Levine, Institute of Chemistry,
Hebrew University, Jerusalem.....4

Propylene polymerization – synthesis of elastomeric
polypropylene

M. Shmulinson and M. Eisen
Faculty of Chemistry, Technion, Haifa.....8

Nanobioelectronics: Where Electronics
and Biotechnology Meet

Itamar Willner, Institute of Chemistry
Hebrew University, Jerusalem.....13

Chaim Weizmann - 50 years since his passing away
"Moulder of molecules: maker of a Nation"

Michael Sutton, Chemistry in Britain,
December 2002.....23

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@mof.gov.il

Miri Kesner, Weizmann Institute,

Tel. 08-9378135, mkesner@wis.weizmann.ac.il

Arnon Shani, Ben-Gurion University,

Tel. 08-6461196, ashani@bgumail.bgu.ac.il

Graphic Design:

Graphic Department, Weizmann Institute of Science, Rehovot

www.weizmann.ac.il/graphics

Industry in Israel

LycoRed Natural Products Industries, Ltd.,

Beer Sheva

Morris Zilkha, Manager.....25

Coming events

Symposium celebrating

Joshua Jortner 70th birthday.....28

News and reports

The 68th Annual Meeting of the ICS.....29

Prizes awarded at the Annual Meeting.....33

Michal Lahav and Idith Teshuva receive the Schmidt
Prize for 2002.....37

Gil Navon receives a certificate of recognition from
the International Society of Magnetic Resonance in
Medicine.....37

Moshe Narkis elected as a Fellow of the Division of
Polymeric Materials, Science and Engineering of the
American Chemical Society.

The 31st Annual Meeting of the Israel Polymer and
Plastics Society, in memory of Prof. David Vofsi was
held at the Weizmann Institute.....37

The positive trend in the number of chemistry students
continues.

Arnon Shani, Ben-Gurion University.....38

From the Archives

Ernst David Bergmann (1903-1975)

Bob Weintraub, Director of Libraries,

Negev Academic College of Engineering, Beer-Sheva
and Ashdod.....39

Abstracts in English.....43

אלפרד נובל (1833-1896)
ומדליית פרס נובל בכימיה ופיזיקה



ריכרד וילשטטר (1872-1942)
יהודי גרמני. חתן פרס נובל 1915. חקר את חומרי הצבע של צמחים וקבע את מבנה הכלורופיל ומבנים של אלקלואידים דוגמאת קוקאין.



מרי קירי (1867-1934)
פולניה, שחקרה בצרפת. כלת פרס נובל פעמיים (1903 - פיזיקה, 1911 - כימיה). בודדה את היסודות רדיום ופולוניום. וסבעה את מושג הראדיואקטיביות.



תארוך ממצאים ארכיאולוגיים
בעזרת האיזוטופ פחמן-14.
פרס נובל 1960 הוענק
לויילד ליבי (1908-1980)
אמריקאי, על פיתוח שטה זו.

לינוס קרל פאולינג (1901-1994) - אמריקאי.
מגדולי הכימאים של המאה ה-20. חתן פרס נובל לכימיה (1954), בשל מחקריו על טבע הקשר הכימי וקביעת מבנה של תרכובות מסובכות, וחתן פרס נובל לשלום (1962), בשל פעולתו נגד הפצת נשק גרעיני.

From a Poster on Chemistry in Stamps by Zvi Rapoport, Hebrew University, Jerusalem

כימיה בישראל
CHEMISTRY IN ISRAEL