

דו"ח והמלצות

הוועדה לבחינת ההצעה להקים מעבדות משתמשים

ליד מתקן ה-FEL הישראלי

**יוני 2001
סיון תשס"א**

חברי הוועדה

פרופ' משה דויטש, יו"ר

המחלקה לפיסיקה, אוניברסיטת בר-אילן, רמת-גן

פרופ' יצחק יעקובי

מכון רקח לפיסיקה, האוניברסיטה העברית, ירושלים

פרופ' נתן קופיקה

הפקולטה להנדסת חשמל ומחשבים, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, באר שבע

פרופ' שמעון רייך

המחלקה לחומרים ופני שטח, מכון וויצמן למדע, רחובות

מרכז הוועדה: **ד"ר יוסף סגל**, האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, ירושלים

תוכן העניינים

4	I. מבוא
5	II. מהלך עבודת הוועדה
	III. דיון
6	א. מבוא
6	ב. המעבדות והנושאים המוצעים
	1. מעבדת חומרים
	2. מעבדת ספקטרוסקופיה
	3. מעבדה אטמוספרית
	4. מעבדת הדמיה/ביו-רפואה
9	ג. נושאים כלליים
	1. FEL לעומת מקורות חלופיים
	2. FEL ישראלי לעומת FEL בחו"ל
	3. רמת ופרטי מימון
10	ד. סיכום המסקנות וההמלצות
11	נספחים
11	א. תכונות קיימות ועתידיות של ה-FEL
12	ב. השאלון
16	ג. התפלגויות התשובות לשאלון
17	ד. התקציב המוצע על-ידי הקונסורציום

I. מבוא

לייזר אלקטרוניים חפשיים (Free electron laser' FEL) הנו מתקן בו נוצרת קרינה אלקטרומגנטית קוהרנטית על-ידי מעבר של אלומת אלקטרונים בשדה מחזורי של שריג מגנטי לינארי. אורך הגל של הקרינה הנפלטת נקבע על-ידי תנאי תהודה, התלוי בעצמת השדה המגנטי, האנרגיה של קרן האלקטרונים ומחזור השריג המגנטי. ניתן על-כן לכוונן את אורך הגל של הקרינה הנפלטת על-ידי שנוי אנרגיית הקרן או עצמת השדה המגנטי. ה-FEL ניתן עקרונית להפעלה הן בפולסים והן בצורה רציפה. היות והתווך בו נעשית הלזירה הוא ואקום, אפשר להפעיל את ה-FEL בעצמות קרינה גבוהות ביותר, ללא המגבלות שמטיל סף הנזק של תווך הלזירה בלייזר קונבנציונלי, שם מתבצעת הלזירה בתוך חומר.

בעולם קיימים כיום (או נמצאים תחת פיתוח) מתקני FEL המשתמשים בשיטות האצה שונות עבור אלומת האלקטרונים. חלוץ המחקר בישראל בנושא זה הוא קונסורציום ה-FEL, בראשות פרופ' אברהם גובר (אוניברסיטת ת"א), הפועל כזרוע של העמותה לפתוח מקורות קרינה שבראשות פרופ' יובל נאמן (או' ת"א), בקונסורציום חברים אוניברסיטאות ת"א ובאר-שבע, מכללת יו"ש, קמ"ג ורפא"ל.

המתקן המרכזי של הקונסורציום הוא FEL המבוסס על מאיץ טנדס ואן דה גרף, הממוקם כיום במכללת יו"ש באריאל במבנה יעודי המותאם ל-FEL. תצורת ה-FEL, מאיץ אלקטרוסטטי עם מהוד פנימי מתאים במיוחד להספקים גבוהים והמתקן הישראלי הנו המוביל לפתוח ומחקר בתצורה זו בעולם. תקציר תכונותיו הנוכחיות והעתידיות של המתקן נתונים בנספח א' לדו"ח זה.

לאור פניה של משרדי המדע והבטחון, על-פי יוזמה שמקורה בקונסורציום, הקים פרופ' יעקב זיו, נשיא האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים ועדה לבדיקת ההצעה להקים מעבדת שירות למשתמשי FEL ליד מתקן ה-FEL באריאל. כתב המנוי שניתן לוועדה היה:

"על הוועדה לבחון את חיוניות וכדאיות הצעה זו לאור גודל קהיליית המשתמשים הפוטנציאליים ב-FEL, תוך הבאה בחשבון של האפשרות לשימוש במתקני FEL האירופאיים הפתוחים כיום לפני מדענים ישראלים".

לאור זאת, עסקה הוועדה בבדיקת הקמת מעבדת המשתמשים בלבד. במיוחד נציין, כי הוועדה לא עסקה במתקן ה-FEL עצמו, חשיבותו המדעית, מידת הצלחת פיתוחו עד כה וכיווני הפיתוח העתידיים שלו. יחד עם זאת, נציין, כי כל המומחים בהם נועצה הוועדה, כולל אלו שלא תמכו בהקמת מעבדת השירות, העלו על נס את החשיבות שיש לנוכחות ישראלית בשטח מחקר זה והביעו תמיכה רבה בהמשך המחקר והפיתוח של מתקן ה-FEL הישראלי עצמו. לבסוף, נציין כי מסיבות מובנות לא עסקה הוועדה בשימושי FEL באפליקציות ומו"פ בטחוני, אם כי היבטים כאלו עלו לעיתים בדיוני הוועדה. ההערכות, המסקנות וההמלצות מבוססות, על-כן, ברובן המכריע על המחקר המדעי הבסיסי והשימושי והאפליקציות האזרחיות של ה-FEL.

II מהלך עבודת הוועדה

עבודת הוועדה התנהלה על-פי השלבים הבאים:

א. הפצת שאלון למשתמשים קיימים ופוטנציאליים במתקן.
השאלון מצורף כנספח ב'. התקבלו למעלה מ- 20 תשובות לשאלון. חלק מן העונים הציגו יותר מפרוייקט אחד. התשובות שהתקבלו מוצגות בחתכים שונים בנספח ג'.
בסיס הנתונים אשר הורכב מן התשובות היה המידע החשוב ביותר (אם כי לא היחיד) לעבודת הוועדה.

ב. הערכת השאלונים.
אלו נעשו בנפרד על-ידי כל אחד מחברי הוועדה. הערכות החברים מוזגו לדירוג כולל של ההצעות. ההערכות והדירוג התבססו על הקריטריונים הבאים: חדשות, בשלות, והיתכנות ביצוע. כמו כן נשקלו גם היקף הפרוייקט המתואר ומשכו (חד-פעמי, קצר טווח, ארוך טווח), והאם קיימת עבודת הכנה וניסיון קודם של המציעים במתקני FEL או דומיהם.

ג. תשאול והתייעצות.
אף שהרכב הוועדה נקבע כך שהתמחויות חבריה יחפפו במידת האפשר את שטחי המחקר המוצעים במתקן ה-FEL, החליטה הוועדה לערוך התייעצויות משלימות בשני ערוצים. ראשית, נועצו חברי הוועדה במומחים בנושאי המחקר השונים, ובמיוחד בשטח סינטור קירמיקות, חישה מרחוק, ספקטרוסקופיה ומאיצים. בנוסף, דנו מספר חברי ועדה בנפרד עם כמחצית מן העונים לשאלונים על נקודות שונות שעלו בעקבות קריאת התשובות לשאלונים. שיחות הבהרה אישיות אלו נערכו לאחר תיאום הנקודות בין חברי הוועדה.

ד. דיון עם ראש הקונסורציום, פרופ' אבי גובר.
הדיון התמקד במתקן ה-FEL, מצבו הנוכחי, תכניות ולו"ז לפיתוח עתידי וכו' תוך דגש על תכנון מול בצוע. במיוחד נדונו התקשרויות קיימות (ואלו שבשלב דיון) עם משתמשים ויכולות קיימות בהקשר של הפרוייקטים שהוצעו בתשובות לשאלונים. כמו כן, נסקרו מתקני FEL שונים בעולם בהשוואה למתקן הישראלי וכן חלופות ל-FEL.

ה. דיון מסכם
לאחר סקירת כל התוצאות שהתקבלו בשלבים הקודמים, הערכתם ושיקולם, נדונו ונתקבלו ההמלצות המופיעות בפרק המסיים של מסמך זה.

III. דיון

א. מבוא

מעבדות המשתמשים המוצעות, הפרוייקטים המיועדים לביצוע בהן על-פי השאלונים ומקורות המידע הנוספים שעמדו לרשות הוועדה (בעיקר חוות דעת בכתב והתיעצויות בע"פ עם מומחים בשטחים השונים וכן ספרות מקצועית) נדונו בוועדה על-פי הקריטריונים הבאים:

- (א) מצויינות מדעית.
- (ב) מסה קריטית ו/או סיבות המחייבות שימוש במתקן מקומי.
- (ג) האפשרות ומידת החשיבות של ביצוע הפרוייקט.
- (ד) חלופות (מתקני FEL בחו"ל ו/או מקורות מעבדתיים).

התפלגות ההצעות תאמה בצורה טובה למדי את 4 נושאי מעבדות השירות אותן מבקש הקונסורציום להקים:

- א. מעבדת חומרים (סינטור, עיבוד פנים, שכבות דקות וכו').
- ב. מעבדה ספקטרוסקופית (ספקטרוסקופית IR, גלים מילימטריים וכו').
- ג. מעבדה אטמוספרית (חישה מרחוק, תקשורת, מדעי סביבה).
- ד. מעבדת הדמיה/ביו-רפואה (הדמיה, אינטראקצית קרינה עם רקמות, דיאגנוסטיקה רפואית וכו').

הוועדה דנה בכל ההצעות בפירוט, לאור הקריטריונים דלעיל, ותך התחשבות בחוות-דעת בכתב ובעל-פה של מומחים בשטחים השונים, כולל הדיון הנזכר לעיל עם פרופ' גובר. להלן סיכום הדיון בוועדה על-פי הנושאים השונים.

ב. המעבדות והנושאים המוצעים

1. מעבדת חומרים: מספר ההצעות הגדול ביותר שייך לקבוצה זו. רוב ההצעות עוסקות בסינטור קרמיקות, הן בשכבות דקות והן במבנים עבים. התקבלו גם הצעות לסינטור של על-מוליכים חמים (HTSC). נושאים נוספים: ציפויים וטיפול פנים במתכות, וחיבורי מתכת/קרמיקה.

מבחינת הרמה המדעית, ההערכה הממוצעת של הפרוייקטים בקבוצה זו הינה בינונית. החולשה העיקרית של כמעט כל ההצעות בקבוצה זו היא החוסר במחקרי היתכנות. לא ברור בשלב זה כלל האם ניתן לבסס מחקר ארוך טווח בנושאים אלו על השימוש ב-FEL והאם יש ל-FEL יתרון כלשהו על-פני חלופות כגון לייזר CO₂ ומקורות אחרים של אנרגיה ממוקדת. גם מידת האחידות בהתפלגות העצמה לרוחב קרן ה-FEL אינה ידועה. אחידות זו הנה קריטית להשגת סינטור באיכות גבוהה וסטיות ממנה עלולות לפגום קשות באיכות הסינטור בגלל התכווצות חומר בלתי אחידה בזמן הסינטור, ומאמצי התכווצות

גדולים ביותר. חוות-דעת של פרופ' דוד ברנדון (הטכניון), שהנו בר-סמכא עולמי בשטח הסינטור, מסוייגת מאד באשר לאפשרות השימוש ב-FEL ליצור רכיבים קרמיים על-ידי סינטור, אם כי אין הוא פוסל את ה-FEL לגמרי ככלי למחקר בסיסי בשטח זה. שניים מהמציעים עצמם הביעו בשיחה בע"פ דעות קרובות לאלו של פרופ' ברנדון, וצינו כי יש צורך בבדיקות היתכנות לפני שניתן יהיה לדעת אם יש ל-FEL יתרונות בשטח הסינטור.

לבסוף, נציין גם כי השימוש ב-FEL למחקרים בקבוצה זו מצריך שימוש בעצמות גבוהות. על-פי שלבי הפיתוח של המתקן, כפי שהם מוצגים בנספח א', עצמות אלו מתוכננות להשגה רק בשלבי פיתוח מתקדמים של מתקן ה-FEL בעוד מספר שנים.

לסיכום, לאור הרמה המדעית הבינונית, חוסר מחקרי היתכנות המורים על יתרון ל-FEL בשטח זה על מקורות אחרים, חוות-דעת של מומחה בשטח והצורך ביכולות שיפוחו במתקן רק בעתיד, אין הוועדה ממליצה לתמוך בשלב זה בהקמת מעבדה לחומרים. יחד עם זאת, לאור המספר הגדול של הקבוצות המעוניינות, ממליצה הוועדה לבחון אפשרות של הקמת מעבדה כזו בעוד מספר שנים, לאחר פיתוח היכולות וביצוע מחקרי ההיתכנות והכדאיות של השימוש ב-FEL בשטחים אלו.

2. מעבדת ספקטרוסקופיה: בתחום ה-IR, תחום חשוב ביותר בספקטרוסקופיה של חומרים, קיימות אלטרנטיבות מעבדתיות (FTIR) לשימוש ב-FEL ולדעת הוועדה לא מוצדק השימוש ב-FEL בתחום זה. יתרונות ה-FEL בשטח זה הנם באורכי גל אחרים ובספקטרוסקופיה לא-לינארית המבוססת על העצמה הגבוהה של המקור.

בקבוצה זו בולטת הצעה אחת, המציעה להשתמש ב-FEL לספקטרוסקופיה של שכבות HTSC דקות. נעשתה עבודת הכנה בעזרת מקורות מעבדתיים והיותו של מתקן ה-FEL קרוב למעבדת ההכנה תאפשר בצוע מחקר איטרטיבי, בו ישופרו תכונות החומר על-פי התוצאות הספקטרוסקופיות בכל איטרציה. אפילו בהצעה זו, הבולטת לטובה מבין חברותיה מבחינת מיקודה, עבודת ההכנה והביסוס המדעי, נראה שתחום התדרים הרצוי, המותאם ל-gap בחומרי HTSC הנחקרים, עדיין גבוה מזה הניתן להשגה אף בשלב מתקדם יותר של פיתוח ה-FEL הישראלי.

לאור מיעוט ההצעות הטובות בנושא זה, קיום מקורות חלופיים לספקטרוסקופיה לינארית לפחות לגבי חלק ניכר מתחום אורכי הגלים, החלטת הוועדה היא כי אין הצדקה לתמיכה ברמה הלאומית בהקמת מעבדת ספקטרוסקופיה.

3. מעבדה אטמוספירית: בניגוד למעבדות האחרות בהן הקרינה והדגמים נמצאים בתוך המעבדה עצמה, מעבדה זו הנה מעבדה פתוחה בה הקרינה והדגמים ולעיתים אף מיכשור המדידה נמצאים מחוץ למבנה המעבדה.

בשטח זה כלולות הצעות בנושאי השידור והקליטה בתחום התדרים של ה-FEL, חישה מרחוק של תכונות עננים ומרכיבי אטמוספירה, חקר העברת אנרגיה באטמוספירה על-ידי קרן כיוונית צרה, שיטות לרדאר מתקדם ועוד.

הרמה המדעית של מרבית ההצעות גבוהה. ההצעות חדשניות, מנומקות היטב מבחינה מדעית, ומשתמשות היטב בתכונות היחודיות של ה-FEL. לדוגמה, אחת ההצעות עוסקת בשידור וקליטה בתחום ה-EHF (30-300GHz) ובמיוחד בחלון התדרים בסביבות 90GHz. חלון זה נבחן כחלון תקשורת בעתיד הלא-רחוק, לאחר שערוצי התקשורת בחלון המפותח עתה, בסביבות 30GHz, יגיעו לרוויה. ה-FEL הנוכחי יאפשר ניסויים עד מרחק של כ-10 ק"מ ויותר וניתן יהיה לבחון בו שיטות מודולציה, תלות בתנאים אטמוספריים, רוחב פס נדרש ועוד. דוגמה אחרת היא נושא החישה מרחוק לצורכי מדעי הסביבה, אקולוגיה, עננים ועוד. כאן משמש התדר הגבוה לצורך אבחנה טובה יותר בגודל הטיפה ובכמות המים בעננים. ליכולת הכיוונון של תדר ה-FEL חשיבות מיוחדת כיון שהוא מאפשר מדידות דיפרנציאליות באורכי גל שונים ועל ידי כך ניתן לזהות מרחוק את סוגי החומרים המצויים בענן ובאטמוספירה, קבלת ריכוזם וכו'. ליכולת הזיהוי מרחוק של זיהומים וחומרים רעילים באטמוספירה השלכות בטיחותיות, אקולוגיות ובטחוניות חשובות ביותר.

נייחות ה-FEL הנה חסרון בולט במחקרים מסוג זה. אולם, תקוות החוקרים היא שלאחר זי הוי ארכי הגל וההספקים הדרושים ניתן יהיה לבנות מקורות מתאימים לתחומים אלו, שיהיו קלים וניידים בהרבה ממתקן ה-FEL הנוכחי. עוד יש לציין, כי מחקרים אלו הנם מחקרי חזית ברמה העולמית בנושאי התקשורת, החישה מרחוק, הרדאר ועוד. חיזוק לדעה זו התקבל מפרופ' בלאונשטיין (אוניברסיטת ב"ג), מומחה ידוע בתחום החישה מרחוק ומעבר קרינה אלקטרו-מגנטית באטמוספירה אשר נתן חוות דעת נלהבת במיוחד על ההצעה העוסקת בחישה מרחוק של חומרים שונים ומזהמים באטמוספירה.

לאור המצויינות המדעית של ההצעות בקבוצה זו, רצינות הכנתן, היותן בחזית המחקר, יתרונותיו הברורים של ה-FEL בשטח זה על-פני מקורות חלופיים וחוות הדעת שנתקבלו, הוועדה תומכת מאד בהקמת מעבדת משתמשים לנושאי חישה מרחוק, תקשורת, רדאר ונושאים קרובים המצריכים מעבדה פתוחה.

4. מעבדת הדמיה/ביו-רפואה: בקבוצה זו ישנן מספר הצעות ברמה טובה. במיוחד בולטת הצעה אחת הבודקת את השפעת הקרינה האלקטרומגנטית בתחום הפעולה של ה-FEL על רקמות ביולוגיות שונות, וכן משתמשת ב-FEL להדמיה של אברי גוף שונים, רקמות וכו'. בנושאים אלו אין כמעט מידע בעולם כיום והפרויקט המוצע, והשימוש במתקן ה-FEL הישראלי, מהווים חלק מפרויקט מחקר רחב וחדשני, הנתמך על-ידי הקהילה האירופאית במסגרת התכנית החמישית.

נושאים אחרים הם הדמייה, זיהוי חומרים ומדידות ללא הרס של רכיבים תעשייתיים: איכות יציקות בטון, זיהוי כלי רכב בתנאי ראות/אטמוספירה קשים, זיהוי עצמים וחומרים מוסתרים ועו'. כאן, שוב, משתמשים ביכולת הכיוון של תדר ה-FEL, ובהספק הגבוה (אם כי לחלק ניכר מן הנושאים די בהספק נמוך). לנושא ההדמיה ב-FEL ישנה חשיבות ביטחונית ובטיחותית ניכרת, ובמקרים לא מעטים היא עולה ביכולת האבחנה שלה על שיטות ההדמיה בקרינת X – הנהוגות כיום.

אנו מבקשים גם לציין, כי מעבדה זו תוכל לשמש גם למדידות ספקטרוסקופיה בתחום התדרים הנדון, למחקרים מסוג זה שיצדיקו שימוש ב-FEL. לאור הנ"ל דעת הוועדה היא שיש לתמוך בהקמת מעבדת שירות לנושא ההדמיה/ביו-רפואה ליד מתקן ה-FEL.

ג. נושאים כלליים

הוועדה דנה גם במספר בעיות כלליות הנוגעות להצעה להקים מעבדות שרות למשתמשים במתקן ה-FEL הישראלי.

1. FEL לעומת מקורות חלופיים: אחדים מן המחקרים המוצעים ניתנים לביצוע חלקי גם בעזרת מקורות שאינם FEL. לדוגמה: חלק מן המדידות הספקטרוסקופיות ניתנות לביצוע, ואף בוצעו, בעזרת מקורות מעבדתיים. הדמיה תעשייתית ניתנת לביצוע לעיתים ללא מקור, בצורה פסיבית ועוד. אולם, יתרונו הגדול של ה-FEL הוא בכך שהוא מאגד מספר תכונות: יכולת כיוון תדר רציפה ורחבה, עבודה בפולסים באורך משתנה מפיקו-שניות ועד גל רציף (CW), עצמה מתכווננת עד הספקים גבוהים מאד של 30kW וקוהרנטיות גבוהה. צירוף של תכונות אלו הוא שעושה את ה-FEL למתקן ייחודי ומאפשר ביצוע גמיש, טוב ומקיף יותר גם של אותם מחקרים הניתנים לביצוע חלקי במקורות חלופיים. במחקרים אחרים, כגון נושאי החישה מרחוק, התקשרות, הדמייה ואינטרקציה עם רקמות ביולוגיות אין כלל אפשרות לביצוע המחקר במקורות חלופיים.

2. FEL ישראלי לעומת FEL בחו"ל: מרבית המחקרים המוצעים ניתנים לביצוע מבחינה טכנית במתקני FEL בחו"ל, אף של FEL הישראלי יש (או יהיו) תכונות ייחודיות (כגון הספק גבוה) שאינן קיימות כיום במתקנים בחו"ל. אולם, יש לזכור, כי ביצוע מחקרים במתקני ה-FEL בחו"ל מצריך לוגיסטיקה מסובכת בהרבה ועלויות גבוהות ביותר מאשר שימוש במתקן מקומי. כמו כן, מחקרים בעלי אופי בטחוני, או כאלו הדורשים תכונות סביבה מקומיות (עננים, אקולוגיה וכו') לא ניתנים לביצוע בחו"ל. יתרה מזו; מרבית המחקרים המוצגים הם איטרטיביים, כלומר הכנת הדגם הבא מבוססת על תוצאות המדידה הנוכחית. חלק מן המחקרים המצטיינים מדעית כגון אלו העוסקים ברקמות מן החי משתמשים בדגמים שאורך חייהם קצר ביותר. מחקרים בשתי קטגוריות אלו ניתנים לביצוע רק במתקן FEL "קרוב לבית". בנוסף, ימשוך מתקן מקומי משתמשים שמסיבות שונות אינם יכולים או רוצים לצאת למדידות בחו"ל, ויגביר את המודעות לשימוש ב-FEL בקהיליה המדעית והתעשייתית בארץ ואת מספר המשתמשים במתקן.

כמו כן, שימוש במתקן מקומי מאפשר גמישות רבה יותר בפיתוח והתאמת הפרמטרים של ה-FEL לצורכי המחקרים השונים, ומאפשר לחוקרים הישראלים זמן שימוש גדול בהרבה מזה הניתן להשגה בחו"ל.

יתרונות אלו מצטרפים לצורך לשמר את הידע בנושא ה-FEL עצמו ובפיתוח ידע זה בקהילה המדעית הישראלית, צורך שצויין ונתמך על-ידי כל המומחים ל-FEL (פרופ' אבי גובר (ת"א), פרופ' לוי שכטר (טכניון) ואחרים) והמשתמשים בהווה ובפוטנציה עמם התייעצה הוועדה.

3. מימון המעבדות: מנדט הוועדה לא כלל מתן המלצות ספציפיות בנושא המימון, רמתו ומרכיביו. אולם, לא ניתן לדון בנושאי מעבדות אלו מבלי להתייחס, ולו במעט, להשלכות הכספיות של בקשת הקונסורציום ושל המלצות הוועדה.

קונסורציום ה-FEL הגיש לוועדה תקציב מפורט למימון ארבע מעבדות השירות המבוקרות. תקציב זה מצורף לדו"ח זה כנספח ד'. מבלי להכנס לפרטיו, דעת הוועדה היא כי המימון צריך לכלול את הציוד הדרוש למעבדות וכן כח אדם טכני למטרת ותקופת ההקמה (3 שנים) בלבד. חלקי חילוף, כח-אדם טכני לתחזוקה ולתמיכה במשתמשים, וכן כח-אדם מנהלי צריכים להיות ממומנים על ידי המשתמשים ו/או הנהלת המתקן. כמו-כן, הביעה הוועדה תמיכה בסיוע במימון, אף אם חלקי, של השדרוג הנדרש למתקן ה-FEL עצמו, כדי שיתאפשרו ביצוע המחקרים בנושאים עליהם המליצה הוועדה.

IV. סיכום המסקנות וההמלצות

1. הוועדה ממליצה לתמוך בהקמת והפעלת שתי מעבדות משתמשים:
א. מעבדה פתוחה לנושאי תקשורת, חישה מרחוק, רדאר מתקדם, העברת אנרגיה באטמוספירה וכו'.

ב. מעבדת הדמיה/ביו-רפואה לנושאי הדמיה רפואית ולא-רפואית, אינטרקציה של רקמות ודגמים ביולוגיים עם קרינה בתחום אורכי הגל של ה-FEL. מעבדה זו תוכל לשמש גם למדידות ספקטרוסקופיות שיצריכו זאת.

2. יש לבחון את הקמתה של מעבדת שירות לנושא חומרים (סינטור, טיפולי פנים וכו') בעתיד, כאשר יהיו בנמצא מחקרי היתכנות וכדאיות בשטח זה.

3. אף שנושאי המימון לא נכללו במנדט הוועדה, ממליצה הוועדה לממן את הציוד הנדרש להקמת המעבדות שבסעיף 1 וכן כח אדם טכני למטרות ותקופת ההקמה בלבד (3 שנים), אך לא כח אדם מנהלי. כמון כן, ממליצה הוועדה לסייע במימון, אף אם חלקי, לשדרוג מתקן ה-FEL לאותן יכולות הנדרשות לביצוע התכנית המדעית עליה המליצה הוועדה.

Planned Characteristics of the Israeli FEL

The FEL is operating now in the mm wavelengths range to be extended to the THz regime. In the long term plan, it is intended to operate the FEL with a photocathode injector in a picosecond pulsed mode. This will make it possible to supply simultaneously with the mm wave pulses, also synchronous pSec pulses in the UV, IR or THz regimes for such applications as pump-probe experiments.

Parameters of the tandem FEL

Parameter	Present	Short – term (2000-2003)	Long – term (2003-2006)
Tuning range	70 – 130 GHz	50 – 130 GHz	30GHz - 1THz
Peak intensity	10 kW	30 kW	30 kW
Average power	-----	1 kW	30kW
Pulse duration	5 - 30 μ S	5 – 1000 μ S	5 μ S – CW 1-100 pS
Beam dimension	5 cm	Focusable down to 5 mm	Focusable down to 5 mm
Spatial coherence	Diffraction limited	Diffraction limited	Diffraction limited
Temporal coherence	single mode $\frac{\Delta f}{f} < 10^{-5}$	$\frac{\Delta f}{f} < 10^{-7}$	$\frac{\Delta f}{f} < 10^{-7}$

A USER FACILITY IN THE ISRAELI FREE ELECTRON LASER LABORATORY

Dear Colleague,

The Israel Academy of Sciences and Humanities has been requested to look into the need and justification within the Israeli scientific community for constructing a user facility at the Israeli FEL Laboratory, now located at the College of Ariel. The undersigned has been requested to coordinate the evaluation.

I solicit, therefore, your kind help in providing information on your present and future activities which will allow assessing the potential FEL users in Israel, the types of experiments they plan, and the various facilities best suiting their needs.

Attached herewith is a one-page description of the present and future parameters of the Israeli FEL, and a two-page questionnaire. Please fill in the information requested in the questionnaire, including a brief description of the research you plan to carry out at the FEL facility, and return it by mail, FAX, or e-mail to the address below. A response no later than 25 July 2000 will be greatly appreciated.

These reports will be the basis for the deliberations of an evaluation committee, but otherwise the confidentiality of the reports will be strictly observed.

Thank you in advance for your cooperation in this important matter.

Sincerely yours,

Prof. Moshe Deutsch,
Committee Chairman

Dr. Y. Segal
Secretary of Natural Sciences
The Israel Academy of Sciences and Humanities
Albert Einstein Square
P.O. Box 4040
Jerusalem 91040

Phone: 02-5676220
FAX: 02-5676242
e-mail: vossis@academy.ac.il

Planned Characteristics of the Israeli FEL Radiation User Facility

The planned user facility is based on the Electrostatic Accelerator FEL, which was developed on the basis of the Weizmann Institute Tandem Van de Graaff accelerator. The FEL is now located in the College of Ariel in a dedicated radiation protected building with nearly 10 lab rooms for radiation user experiments.

The FEL is operating now in the mm wavelengths range to be extended to the THz regime. Radiation exposure stations of four kinds are planned to be made available to users:

1. Spectroscopic stations: Mostly for solid state and chemical research. Will include Cryogenic facilities down to 10^0 K, magnets, a chemical hood.
2. Bio-medical stations: for such applications as study of thermal and non-thermal interaction of radiation with tissues, imaging. Will include incubators, thermal camera.
3. Material processing stations: e.g. sintering of bulk and thin film ceramics (including HTSC), surface treatment of metals, polymers. Will include reactor chamber, sample scanning means, supply of gases, gas exhaust.
4. Atmospheric studies station: e.g. study of scattering from clouds, aerosols and particles, remote sensing of hazards, mm wave imaging, radar, wide band communication, energy transmission. Will include a large aperture transmitting antenna and a receiver.

In the long term plan, it is intended to operate the FEL with a photocathode injector in a picosecond pulsed mode. This will make it possible to supply simultaneously with the mm wave pulses, also synchronous pSec pulses in the UV, IR or THz regimes for such applications as pump-probe experiments.

Parameters of the tandem FEL

Parameter	Present	Short – term (2000-2003)	Long – term (2003-2006)
Tuning range	70 – 130 GHz	50 – 130 GHz	30GHz - 1THz
Peak intensity	10 kW	30 kW	30 kW
Average power	-----	1 kW	30kW
Pulse duration	5 - 30 μ S	5 – 1000 μ S	5 μ S – CW 1-100 pS
Beam dimension	5 cm	Focusable down to 5 mm	Focusable down to 5 mm
Spatial coherence	Diffraction limited	Diffraction limited	Diffraction limited
Temporal coherence	single mode $\frac{\Delta f}{f} < 10^{-5}$	$\frac{\Delta f}{f} < 10^{-7}$	$\frac{\Delta f}{f} < 10^{-7}$

Note:

During year 2000, the radiation transport system will be installed and the power generated inside the tank will be available to users.

FEL Report

Title, name & address:

Date: _____

Phone: _____

FAX: _____

e-mail: _____

Brief description of research planned (*please use only this page*)

FEL properties and operation mode(s) most important for your research:

Type of station needed (choose from the attached page, or add new one):

Planned starting date, and expected duration, of your FEL-related research project(s):

Estimated number of days of FEL use per year, for 2001-2003:

Number of people in your group that will use the FEL facility:

Alternative facilities allowing to carry out your research:

Previous use of FEL radiation, or other equivalent sources (please specify which and where):

Comments and suggestions:

א. התפלגות מחקרים מוצעים לפי נושאים

Communications Remote sensing (a)	Imaging Bio-effects (b)	Materials(Sintering Surfaces, etc.) (c)	Spectroscopy Diagnostics (d)	Physics & Other (e)
5	5	9	5	3

ב. התפלגות עונים לפי מוסדות

University & College (a)	Research Institute (b)	Industry (private) (c)	Industry (public) (d)
14	3	3	2

תקציב תשתית להפעלת מרכז המשתמשים (\$))

סה"כ	שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
				1. ציוד מעבדות משתמשים - עיבוד חומרים
	0	0	7,354	א. מינדף
	0	0	20,134	ב. Batch casting machine
	0	40,000	9,100	ג. Vacuum Chamber for sintering
	0	0	7,000	ה. מערכת מכנית לסנטור חוטי חומר על מוליך.
	5,000	5,000	10,000	ו. גזים, וחומרי גלם
	5,000	5,000	10,000	ז. כוריות שונות, גופי חימום תבניות
	0	0	5,000	ח. פירומטר
128,588	10,000	50,000	68,588	סה"כ

סה"כ	שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
				2. ציוד מעבדות משתמשים - ספקטרוסקופיה, מצב מוצק, כימיה
	0	0	12,000	א. קריוסטאט להליום נוזלי עם מגנט וספק כוח
	0	0	75,000	ב. BWO synthesizers 75-220 GHz
	0	0	8,000	ג. detectors
	100,000	100,000	0	ד. Mm wave vector analyzer
295,000	100,000	100,000	95,000	סה"כ

סה"כ	שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
				3. ציוד עמדת משתמשים למחקר אטמוספרי ותקשורתי (אנטנות ומערכות שידור)
	0	25,000	16,400	א. אנטנת גלים מ"מ
	50,000	50,000	0	ב. מערכות עקיבה
	50,000	75,000	0	ג. מערכות בקרה ומחשוב
266,400	100,000	150,000	16,400	סה"כ

סה"כ	שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
				4. ציוד מעבדות משתמשים ביו-רפואה
	0	0	19,395	א. Optical Beam Analyzer
	0	0	45,000	ב. Thermal Camera
	0	0	17,000	ג. אינקובטור CO2

ד.	מנדף	0	10,000	0
ה.	כיסוי למניעת סיכונים ביולוגים	7,000	0	0
ו.	צנטריפוגה שולחנית מקוררת	7,000	0	0
ז.	מיקרוסקופ מהפך	15,000	0	0
ח.	מיקרוסקופ סטריאוסקופי	4,000	0	0
ט.	מתקן אחסון לתאים מקורר באוויר נוזלי	0	6,000	0
י.	מקררים	0	5,000	0
	סה"כ	135,395	33,000	21,000
				81,395

	שנה א'	שנה ב'	שנה ג'	סה"כ
5.	ציוד ורכיבים לצורך שדרוג ה - FEL (גלי מ"מ, מתח גבוה, מכשירי מדידה)			
א.	50,000	20,000	20,000	
	mm wave radiation transmission system			
ב.	3,296	0	0	
	Thermistor mount			
ג.	2,000	0	0	
	Calorimeter			
ד.	21,915.2	0	0	
	Synthesizer			
ה.	8,000	0	0	
	אופטיקה למיקוד קרן גמ"מ			
ו.	0	50,000	0	
	מערכת מיפוי התפלגות שדה קרינה מ"מ			
ז.	0	8,000	0	
	מכפל תדר (ל 140GHZ)			
ח.	10,000	10,000	10,000	
	Feedthroughs			
ט.	7,000	7,000	7,000	
	מבדדים			
י.	16,500	11,000	6,500	
	כבלים למתח גבוה			
יא.	20,000	10,000	20,000	
	סולנואידים וספקי כוח עבורם			
יב.	10,000	10,000	10,000	
	קבלים למתח גבוה			
יג.	14,000	20,000	14,000	
	Vacuum components			
יד.	50,000	20,000	12,500	
	ספקי כח			
טו.	0	25000	0	
	תכנה לתכנון קוזי-אופטי			
טז.	10,000	84,000	10,000	
	סקופים מהירים ומכשירי מדידה			
יז.	10,000	0	0	
	שנאי מבדד מתח גבוה רב הספק			
יח.	35,000	0	0	
	פולסר מתח גבוה לתותח האלקטרונים			
יט.	0	0	15,000	
	מתגים מצב מוצק למתח גבוה			
כ.	18,000	0	0	
	מערכת שאיבה טורבומולקולרית לקולקטור			
כא.	5,000	0	0	
	נגדי מתח גבוה			
	290,711.2	275,000	125,000	690,711.2
	סה"כ			

סה"כ	שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
				6. ציוד מעבדת לייזרים לפולסים אולטרה קצרים
	0	0	200,000	א. לייזר פיקו שנייה
	0	100,000	0	ב. שדרוג הלייזר לתדר UV בהספק גבוה
300,000	0	100,000	200,000	סה"כ

סה"כ	שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
				7. תפעול
	20,000	20,000	20,000	א. עבודות בימ"ל (כרסום, אלקטרוניקה)
	10,000	10,000	23,000	ב. רשת תקשורת מחשבים ותכנה
	10,000	10,000	10,000	ג. בטיחות קרינה
133,000	40,000	40,000	53,000	סה"כ

סה"כ	שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
				8. כ"א טכני
	70,000	70,000	70,000	א. מנהל מרכז משתמשים
	40,000	40,000	40,000	ב. מנהל פיתוח
	40,000	40,000	40,000	ג. מהנדס מעבדות משתמשים
	40,000	40,000	40,000	ד. מהנדס מאיץ
	60,000	60,000	60,000	ה. 2 טכנאים (מאיץ ומעבדות משתמשים)
750,000	250,000	250,000	250,000	סה"כ

טבלה מסכמת

סה"כ	שנה ג'	שנה ב'	שנה א'	
128,588	10,000	50,000	68,588	1. ציוד מעבדות משתמשים – עיבוד חומרים
295,000	100,000	100,000	95,000	2. ציוד מעבדות משתמשים – ספקטרוסקופיה, מצב מוצק, כימיה
266,400	100,000	150,000	16,400	3. ציוד עמדת משתמשים למחקר אטמוספרי ותקשורתי (אנטנות ומערכות שידור)
135,395	33,000	21,000	81,395	4. ציוד מעבדות משתמשים ביו-רפואה
690,711.2	125,000	275,000	290,711.2	5. ציוד ורכיבים לצורך שדרוג ה- FEL (גלי מ"מ, מתח גבוה, מכשירי מזידה)
300,000	0	100,000	200,000	6. ציוד מעבדת לייזרים לפולסים אולטרה קצרים
133,000	40,000	40,000	53,000	7. תפעול
750,000	250,000	250,000	250,000	8. כ"א טכני
2,699,094.2	658,000	986,000	1,055,094.2	סה"כ ביניים
404,864.13	98,700	147,900	158,264.13	תקורה 15%
3,103,958.33	756,700	1,133,900	1,213,358.33	סה"כ