



פינת הפיקוח

חידושים ותמורות בהוראת הפיזיקה בשנות "מחר 98" (ב)

דוד סלע, מפק"ר על הוראת הפיזיקה, משרד החינוך

בדרך כלל מבעלויות בתי הספר והושפעו בגדול מדרישות בחינות הבגרות במעבדה. המהלך הקרוב המתבקש בתחום זה הוא חיבור מעבדות הפיזיקה לרשת תקשורת מחשבים תוך ניצול אתרי אינטרנט מתאימים, הן לקבלת מידע בתחומי תכנית הלימודים, הן להשתתפות בקורסים מתוקשבים של "למידה מרחוק", במיוחד בפרקי בחירה יחודיים, והן לשימוש בסימולציות ובניסויי מעבדה שפותחו במקומות שונים בעולם. באשר לפיתוח חומרי למידה, מופקד הנושא מזה שנים בידי של המרכז להוראת המדעים, על שלוחותיו השונים. בשנות "מחר 98" קיבל המרכז תנופה רבה והוזרמו אליו משאבים בסדרי גודל שלא ידענו קודם לכן. קבוצות הפיתוח הורחבו והופקו חומרים גם מעבר לכיסוי תכנית הלימודים הבסיסית. בפיזיקה למשל, בצד ההשקעה המתבקשת בחידוש הקורסים במכניקה ובאלקטרומגנטיות (שפירותיהם כבר נמצאים בשוק) הופקו חומרים בתחום פרקי הבחירה (אף כי אוכלוסיות היעד שלהם מצומצמות) כגון לייזרים ויישומיהם וכאוס, ניתנו משאבים להפקת קבצים של ניסויי חקר, הדגמות ופעילויות ממוחשבות, שילוב נושאי אסטרונומיה בפיזיקה לכיתה י', סיוע בהפקת חוברות "תהודה", הכנת מאגר אתרים ושילוב טכנולוגיות מידע בהוראת הפיזיקה ועוד כהנה וכהנה. בצד התמיכה המסיבית בהכנת חומרי למידה לתלמידים וחומרי עזר למורים בדיסציפלינות המדעיות השונות הופנו משאבים רבים גם לפיתוח חומרי למידה בתחומים אינטרדיסציפלינריים אשר המוביל שבהם בחטיבה העליונה הוא המקצוע מוט"ב (מדע וטכנולוגיה בחברה). מספר מבניות, אשר לפיזיקה חלק מרכזי בהן הופקו לאחרונה בתקציבי מל"מ, ובהן נושאי הפרקטלים והאקראיות בטבע (בר אילן), אדם תנועה ונהיגה (טכניון), הכל בסדר, לקראת התחזית (מטאורולוגיה) (י-ם) ועוד. ניתן לסכם ולומר כי בהקשר של חומרי למידה "מחר 98" נתן דחיפה רצינית לכמות ולאיכות החומרים ואילו בתחום הצטיידות המעבדות לפיזיקה היתה האטה משמעותית.

בחלקו הראשון של המאמר (תהודה (1)20) התייחסנו בעיקר למצבת תלמידי הפיזיקה, בחירתם במקצועות מדעיים נוספים, מצבת המורים, ההתחדשות בתחום שילוב המחשב בהוראה והקמת המרכז הארצי למורי הפיזיקה. בחלק זה נסקור את השפעת תקציבי "מחר 98" והפעולות הנלוות על חומרי הלמידה והמעבדות, על הכנה מוקדמת של התלמידים בעיקר בחטיבת הביניים, ועל הוראת הפיזיקה ללא מתמחים ולאוכלוסיות מיוחדות. כמו כן נתייחס לנושאים שלא הושפעו כמעט מתקציבי מחר 98 אולם היו מקור גאווה למערכת הוראת הפיזיקה - הלא הם התכניות הייחודיות והפרוייקטים מצד אחד והפיזיקה התחרותית מאידך.

פיתוח חומרי למידה והצטיידות המעבדות

דו"ח הררי המקורי לא שם דגש על הוראת המדעים בחטיבות העליונות. לדעתו המצב הכללי בחטיבה זו היה תקין, במיוחד לאור הצרכים והחסכים שהיו בחינוך היסודי ובחטיבות הביניים. כתוצאה מכך הופנו כמעט כל המשאבים להצטיידות אל שכבות הגיל הצעירות יותר. אי לכך מסתמן היום מצב בו מעבדות חטיבות הביניים מצוידות לעיתים קרובות בציוד חדיש ומתקדם, לעומת מעבדות הפיזיקה בחטיבה העליונה שעדיין משתמשות לעיתים קרובות בציוד מלפני 20 שנה ויותר. לצורך חטיבות הביניים הוקמו גם כמה עשרות "מרכזי פייס" ברחבי הארץ האמורים לתת תשובה לצרכים בחדרי מעבדות ובציוד להוראת המקצוע מדע וטכנולוגיה. אמנם לא מעט בתי ספר מקיפים אשר מרכזים כאלו יעמדו לרשותם, מתכננים שימוש בהם גם לצורכי החטיבה העליונה אולם תכנון כזה הינו תוצאה של שיקולים מקומיים ולא של הכוונה ממלכתית. הקטע היחיד בו עברו מעבדות הפיזיקה שינוי דרסטי הינו בתחום שילוב המחשבים בהוראה, על כל הציוד הנדרש לכך. מעבדות פיזיקה שאין בהן עמדות מחשב עם התוכנות המתאימות; V-scope, Data-Logger, מערכות סימולציה שונות החל מ-Logal וכלה ב-G-Tek, "הלומדה" ודומיהן הפכו לנדירות ביותר. ההשקעות בהצטיידות זו באו

השפעת חטיבת הביניים על החטיבה העליונה

בשנת התשנ"ו (1996) הופיעה תכנית הלימודים החדשה במדע וטכנולוגיה לחטה"ב. תכנית זו החליפה את תכניות הלימודים שהיו קיימות אז בפיזיקה וכימיה, בביולוגיה ובטכנולוגיה. התכנית שהוכנה בעקבות המלצות דו"ח הררי על ידי ועדה בראשותו של פרופ' בני גייגר ממכון ויצמן, אמורה היתה לתת תשובה לצורכי השעה בכנות ז'-ט'.

היקף הפיזיקה בתכנית זו מכובד ביותר, הן בתחום התוכן והן כדגש על פיתוח מיומנויות. בנוסף לתחומים הקלאסיים שהיו קודם לכן בחטה"ב, כגון מבנה החומר, פרקים בסיסיים בחום ובחשמל, כוח מסה ומשקל, האנרגיה לסוגיה (כולל היבטים של גלגול ושימור), נוספו בתכנית החדשה לא מעט נושאים חדשים הן בתחומי הגלים והקרינה, הן בתחומי הקנימטיקה והדינמיקה והן בתחומי כדור הארץ והיקום. כל זאת בנוסף להיבטים טכנולוגיים ויישומיים רבים של התופעות הפיזיקליות. הוספת נושאים אלו התאפשרה מאחר והתכנית החדשה נבנתה לסל שעות מתוגבר של המדעים, לפי המלצת דו"ח הררי (6 ש"ש בכל אחת מהשנים ז'-ט'). לכאורה מצב זה נתן תחזית אופטימית לכך שתלמידים יבואו לחטיבה העליונה עם הכשרה מדעית טובה יותר מבעבר הן בתחומי התוכן והן בתחומי המיומנויות של עבודת צוות, ביצוע ניסויים והערכתם, הכרות עם המחשב ועוד.

בהתאם לכך נבנתה גם תכנית הלימודים החדשה בפיזיקה לחטיבה העליונה ללא כפילויות עם תכני חטה"ב. אולם נכון לשעת כתיבת מאמר זה נתקלת הכנסת תכנית חטה"ב בבעיות רבות, שעיקרן היקף השעות הניתן בפועל והכשרת המורים הבלתי מספקת לביצועה. מאחר ומרבית מורי חטה"ב באים מתחום הביולוגיה, מי שסובלת בעיקר ממצב זה היא הפיזיקה. נכון להיום לא מומש סל השעות המתחייב לתכנית וניתנות לביצועה רק כ-2/3 משעות הלימוד הנדרשות. אי לכך לא מספיקים אפילו את נושאי החובה שבה. מורים רבים בורחים את הנושאים לפי מידת שליטתם בהם ולפיכך שמים דגש רב על מדעי החיים והרבה פחות על מדעי החומר. גם ההשתלמויות הרבות הניתנות למורי החטיבה בתכנית החדשה אינן משנות את המצב הבסיסי ולכן מורי החטיבה העליונה פחות ופחות בונים על ידע חטה"ב. במקומות מועטים בלבד ישנה התפתחות חיובית המתגבשת בכך שמורי הפיזיקה של החטיבה העליונה מתחילים ללמד כבר בכיתות החטיבה, לפחות בכיתות ח'-ט'. המלצות ברוח זו ניתנות במקומות בהן מצבת המורים מאפשרת זאת ושם אכן מתחילות להיראות השפעות חיוביות של חטיבת הביניים בכיתות י'.

חשוב בהקשר לכך לציין גם את המחיר של מבנה זה באשר מורי הפיזיקה של החטיבה העליונה פחות מודעים למטרות הבינתחומיות של המדעים בכיתות הנמוכות ובמידה רבה חוזרים לדרך ההוראה הדיסציפלינרית כפי שהיתה נהוגה בחטיבת הביניים בעבר.

חומרי הלמידה לחטה"ב אכן מפותחים בהתאם לתכנית החדשה, בקצב מהיר ובהשקעה מסיבית, כך שבתחום זה ישנה היענות מעל ומעבר אפילו ליכולת השדה לקלוט אותם. בין השאר, בצד החומרים הרגילים בנושאי חומר ואנרגיה, מפותחות גם יחידות בתחום האטמוספירה (חוקי הגזים, מטאורולוגיה), מדעי היקום (אסטרונומיה), קרינה וחומר (אופטיקה) ועוד. הפניות לנושאים אלו ולחומרים המלווים אותם ודאי יקלו בעתיד על הוראתם בקונצנטר גבוה יותר בכיתות י' ומעלה.

תכניות ייחודיות, עבודות גמר ופרוייקטים

נושאים אלו זכו לתנופה רבה בשנות "מחר 98", ולא דווקא מתוך הקצאת משאבים לכך. למעט פרקים ייחודיים מעוטי משתתפים שפיתוחם גובה תקציבית, או אי אלו פרוייקטים במדעים שנתמכו על-ידי מינהלת "מחר 98", באה עיקר ההתפתחות החיובית בתחומים אלו הודות ליוזמתם האישית של מורים ומנהלים מהשדה.

בשנה זו, תשנ"ט, למשל, הגישו למעלה מעשרה בתי ספר את תלמידיהם לפרקי בחירה ייחודיים, כגון: הסטוריה ופילוסופיה של הפיזיקה, אלקטרו-אופטיקה, אווירונאוטיקה, ספקטרוסקופיה ופיזיקה. כל זה בנוסף לניסויים של למידה מרחוק בפרקי בחירה כמו "לייזרים ויישומיהם" וכאוס. גם ברמות נמוכות יותר הוגשו תכניות ייחודיות כגון חשמל ברמת לימוד של יחידה אחת, תכניות השלמה מיחידה אחת לשלוש יחידות, שילוב היבטים ממוחשבים ברמות הנמוכות וכדומה. לא מעט בתי ספר קיבלו אישור לביצוע פרוייקטים הממירים את בחינת המעבדה שלהם. פרוייקטים אלו, ברובם ניסויים ומיעוטם קשורים לסימולציות מחשב, נעשו אם באופן אינדיבידואלי או בצוותים של תלמידים. ההנחיה להם ניתנה על ידי מומחים בתחום ונעשתה במקרים רבים מחוץ לכותלי בית הספר (במפעלי תעשייה, בבתי חולים ובמוסדות מחקר). לפעמים תוצאת פרוייקט כזה היתה בניית מכשיר או מתקן כלשהו, המבוסס על חוקים פיזיקליים. במקרים אחרים פותחה תוכנת מחשב לסימולציות מקוריות המאפשרות הבנה עמוקה יותר בתחומי פיזיקה מגוונים. כאשר ההנחיה ניתנה על ידי מורי המקצוע במעבדת בית הספר, הביאו תוצאותיה

לא פעם לבניית מתקני מעבדה חדשים ולשיפור אמצעי ההוראה הבית-ספרית. הרווח בו זכו בדרך כלל תלמידי הפרוייקטים, בתחום שיטות המחקר, עיבוד ממצאים וכתובת עבודה מדעית היו מעל ומעבר ליחידה "הרשמית" שהוקנתה להם בעקבות עבודתם.

במקביל לפרוייקטים קיבלו גם עבודות הגמר האצה בשנים האחרונות. הקמתם של מספר מרכזים "ממוסדים" שניזונו גם מתקציבי "מחר 98", כגון "פרחי מדע" בעמק הירדן, ומצפה הכוכבים בגבעתיים הביאו לפריחה בביצוע עבודות גמר בתחום האסטרונומיה. צוואר הבקבוק של היקף עבודות הגמר במשך כל השנים הוא הקושי במציאת מנחים ומקומות מתאימים לביצוע העבודות. עם זאת ניצנים של שיתוף פעולה של בתי ספר עם מפעלי תעשייה עתירת ידע בסביבתם ("אל-אופ" ברחובות, "קיוליק-סופה" במבואות חיפה וכד') הביאו לתוצאות ברוכות. מקומות כמו "המרכז למחקר גרעיני" בנחל שורק או בתי חולים שונים היוו "קרום קשה" לחדירה לעבודות גמר של תלמידי תיכון אולם אותם תלמידים (או מנהלים) עקשניים שלא ויתרו הראו שקרום זה חדיר ולאחר שנבקע היה שיתוף פעולה מלא והתוצאות שהתקבלו הפתיעו לטובה באיכותן.

תחרויות ארציות ובינלאומיות

בשנות "מחר 98" עלתה האולימפיאדה לפיזיקה מרמה ארצית לרמה בינלאומית. בחמש השנים האחרונות אנו משתתפים, ובהצלחה ניכרת, בתחרויות הבינלאומיות לנוער, הנערכות אחת לשנה. בשנה זו נערכה התחרות באיטליה ולפני כן השתתפה נבחרתנו בתחרויות באיסלנד, בקנדה, באוסטרליה ובסין. האולימפיאדה, על שלביה השונים, עברה אצלנו כבר את שנתה העשירית, וממאות בודדות של תלמידים הגענו לכך שכיום למעלה מ-2000 תלמידים מתחילים את ההתמודדות בשלביה הראשונים. חברת החשמל, אשר מלווה את התחרויות מאז תחילתן, תומכת בנו בשלבים הארציים, ובמיוחד בתחרות הארצית הפומבית המתקיימת מדי שנה, ואילו משרד החינוך תומך בכל הקשור להכנת "הנבחרת הבינלאומית".

תחרות בינלאומית נוספת אשר גם בה נטלו תלמידינו חלק מספר פעמים, ואף זכו להישגים, היא התחרות לכתובת עבודות מחקר הנקראת: First Step to Nobel Prize in Physics. חלק ניכר מעבודות הגמר שעושים אצלנו עומד בקריטריונים של התחרות ומה שנדרש הוא בסך הכל תרגומה לאנגלית ושליחתה במועד המתאים.

בשנה שעברה (1998) התחלנו להשתתף בתחרות בינלאומית שלישית, הפעם לאו דווקא בפיזיקה אלא במדע וטכנולוגיה בכלל, המאורגנת על ידי מדינות השוק האירופי בשיתוף אונסקו. תחרות זו הנקראת "המדען הצעיר" פונה בעיקר לחשיבה ההמצאתית של המשתתפים ומצפה לפתרונות מדעיים וטכנולוגיים הן באמצעות דגמים פועלים והן באמצעות מחקרים מקוריים של יישומים בחיי היומיום. הזוכה בתחרות הארצית נשלח כנציג המדינה לתחרות הבינלאומית (בשנה שעברה התקיימה תחרות זו בגרמניה והשנה בפורטוגל).

מעניין כי בתחרות הארצית של השנה זכתה במקום ראשון עבודה בפיזיקה, שהוגשה בעבר כעבודת גמר, בנושא של חקר השפעות אקלימיות, כגון טמפרטורת המים על גאות ושפל. בין התחרויות הארציות שקנו להן אהדה בקרב לומדי הפיזיקה נציין שתיים: האחת היא האולימפיאדה באסטרונומיה ובחקר החלל המאורגנת זה כחמש שנים על ידי היחידה לנוער שוחר מדע שבאוניברסיטת תל-אביב. גם בה משתתפים מידי שנה כמה מאות תלמידי תיכון המתעניינים במיוחד בתחום זה, ואילו השניה היא תחרות "הכספות" המאורגנת על ידי היחידה לפעולות נוער שבמכון ויצמן. תחרות זו הינה צוותית-בית ספרית, כאשר צוותים בני חמישה תלמידים אמורים מצד אחד, באמצעות עיקרון פיזיקלי, לבנות כספת שתהיה קשה לפריצה, ומצד שני לפרוץ כספות של מתחרים, על ידי גילוי העיקרון הפיזיקלי העומד מאחוריהן. פעילות זו מצריכה השקעה רבה של דמיון, ידע וזמן מצד הצוותים המתחרים, וכל זה בד"כ במהלך כיתה י"ב העמוסה בלאו הכי. למרות זאת מתחרים כמה עשרות בתי ספר על הזכות להשתתף בתחרות, שהיא מוגבלת באמצעים ובכוחות ההדרכה.

הוראת הפיזיקה ללא מתמחים ולאולוסיות מיוחדות

דו"ח הררי נתן דעתו על הצורך בהשכלה מדעית בסיסית לכלל התלמידים. בהמלצותיו הוא הציע להפריד בין התלמידים המעוניינים להמשיך לימודיהם התיכוניים באחד המדעים; אלו ימשיכו בלימוד המדעים השונים לפחות ברמה בסיסית במתכונת דיסציפלינרית בכיתה י' שלאחריה יבחרו את התחום המדעי שאותו יתגברו. לעומת זאת התלמידים שאינם מעוניינים להמשיך בתחום מדעי כלשהו ("ההומניסטים" למשל) ישובצו כבר בכיתה י' בכיתות נפרדות ויקבלו השכלה מדעית בסיסית דרך מקצוע חדש שיפותח עבורם. מקצוע זה, הנקרא מוטי"ב (מדע וטכנולוגיה בחברה)

התחלנו להגדירם במונחים של יחידות לימוד וטבענו את המטבע הלשוני "פיזיקה ברמה של 1 יח"ל". לקראת העידן המודולרי אולי נכנה אוכלוסיה זו כתלמידי הרמה הבסיסית בלבד. בכל אופן תכניות אלו עונות על צרכים של מגוון רחב של תלמידים שרצו ללמוד פיזיקה, אם מבחינה חברתית-יוקרתית ואם כצורך מקצועי למגמות טכניות שונות.

בחינת בגרות חיצונית ברמה של 1 יח"ל, בצד האפשרות להשלים עד ל-3 יח"ל ליכולים ולמעוניינים, נותנת פתרון חברתי ומקצועי לאוכלוסיות אלו, המאכלסות בין השאר גם כיתות הכוון, מרכזי נוער ומגמות לא בגרותיות שונות. אם בעבר הפיזיקה נחשבה נחלתם של תלמידי העילית בלבד, כיום הנטייה היא להרחיב ככל שניתן את אוכלוסיית הלומדים פיזיקה, ולתת פתרונות מתאימים לסוגים השונים של התלמידים.

השתדלתי במאמר זה להביא מגוון נושאים שהוראת הפיזיקה שמה עליהם דגש בשנות "מחר 98". איני מתיימר לחשוב שכללתי את כולם או אפילו את רובם, אולם התמונה בכללותה מצטיירת היטב דרך "חלונות" הנושאים שנידונו.

אמור לענות על מטרות כלליות כגון הבנה כללית בנושאי מדע וטכנולוגיה, התייחסות מושכלת וביקורתית למידע וכדומה. גם מטרות בתחום דרכי חשיבה, כישורי למידה ומיומנויות אמור מקצוע זה לתקוף.

עד עתה פותחו כשלושים מבניות שונות המכסות תחומי ידע ומארגנים מגוונים, ביניהם היקף לא מבוטל העוסק בפיזיקה. אמנם מקצוע זה נכנס לעת עתה במתכונת ניסוי בלבד בכמה עשרות בתי ספר, אולם הוא אמור להיכנס כחובה, ועל כן מן הראוי שמורי הפיזיקה יהיו שותפים מלאים בהפעלתו. תנאי לאישור תכנית הלימודים הבית ספרית במקצוע זה הוא בחירה "מאוזנת" של מבניות מהתחומים השונים, כך שהיקפה של הפיזיקה לא יקופח. גם בין המבניות כשלעצמן ישנן קשות יותר מאחרות ובחירתן תיקבע עלפי סוג התלמידים ורמתם. יש לציין כי נתיבים טכנולוגיים שונים, בהם הפיזיקה מהווה ממילא מרכיב בתכנית הלימודים, יהיו פטורים מלימודי מוט"ב, החלים רק על תלמידים שאין בתכנית הלימודים שלהם כל מקצוע מדעי או טכנולוגי-טכני.

סוג אחר של תלמידים הינם אלו שבעבר פותחו עבורם תכניות כגון "פיזיקה של מערכות טכנולוגיות" או פעימ"ה. בעבר כונו המסלולים בשם מסמ"ר או מסמ"מ. בשנים האחרונות

תהודה



ממדף הספרים

מסע אל התבונה – החיפוש אחר החיים ביקום

מאת חגי נצר ועמי בן-בסט – הוצאת ידיעות אחרונות, ספרי חמד, ספרי עליית הגג, 68 ש"ח

עודד רגב, המחלקה לפיזיקה, הטכניון העברי, חיפה

מתגמד מול תצלומי הכרזומו (של מיני תבשילים, למשל) המעטרים את הספרים המונחים בסמוך ל"מסע אל התבונה" בחנויות הספרים. אני מקווה שעובדה זו לא תרתיע קוראים פוטנציאליים, בימים אלה שבהם נראה לפעמים שהשיווק הוא המסר. זהו ספר המעניק לקורא העברי הסקרן והנבון הזדמנות גדולה ליהנות מדיון פופולרי אך מעמיק בנושא המרתק.

ספרי מדע פופולרי בעברית נדירים למדי וכאלה שנכתבו במקור בשפה זו כמעט שאינם נמצא כלל. "מסע אל התבונה" הוא לכן ספר ייחודי עוד לפני שמתחילים לעיין בו. בנוסף לכך, הנושא של ספר זה, החיפוש אחרי חיים תבוניים ביקום וקשר אפשרי עימם, הוא לדעתי בין המרתקים ביותר במדע בכלל ולכן שמחתי מאוד כשהספר הופיע. תצלום הגלקסיה האדירה המכונה "סומברוו", שעל כריכתו הצנועה של הספר,

כתיבה מדעית-פופולרית היא אתגר לא פשוט. הבנה יסודית של הנושא בידי כותב הטקסט היא כמובן תנאי הכרחי להצלחה (שלא כמו למשל, כמדומני, בכתיבה על נושאים רבים ונכבדים בסגנון המתקרא "שיח פוסט-מודרני"), אולם אין זהו תנאי מספיק. שומה על הכותב לרתק את הקורא ולעורר בו עניין והנאה מנושא מדעי גם ובעיקר כאשר הקורא אינו בקי כלל בשפה המדעית. זוהי כנראה הסיבה שבכתיבת "מסע אל התבונה" חברו שניים: חגי נצר, אסטרונום מקצועי בכיר, ועמי בן בסט, סופר ועיתונאי לענייני מדע. אין לי אמנם אפשרות להעריך במדויק את חלקו של כל אחד מהם בחיבור הספר, אולם אני יכול להעיד שהתוצאה הסופית של שיתוף הפעולה הזה מוצלחת מאוד. למסקנה הזאת הגעתי לאחר שהשתדלתי לקרוא את ספרם של נצר ובן בסט בשני אופנים: כאיש מקצוע בתחום האסטרופיסיקה וגם, עד כמה שהדבר ניתן, כאדם בלתי מקצועי אך סקרן.

הספר פותח, לאחר פרק מבוא קצר, בשני פרקי הכנה, האחד על תמונת היקום כפי שהיא מצטיירת היום מהאסטרופיסיקה המודרנית והשני על מהות החיים לאור הביולוגיה המולקולרית ועל התפתחות צורות החיים השונות על פני כדור הארץ. חלקו זה של הספר הוא לדעתי בעייתי למדי, שכן הוא עתיר באינפורמציה דחוסה מאוד המובאת בצורה יבשה משהו, כך שהקורא נדרש להשקיע מאמץ גדול על מנת לקלוט ולהבין את הכתוב. עיקרו של הספר נמצא בפרקים המאוחרים יותר, שכתובים בצורה נינוחה ומעניינת, והם לכן קריאים הרבה יותר. יתר על כן, אין הכרח לעכל את כל האינפורמציה הנ"ל על מנת להבין את העיקר, ואני סבור לכן שאפשר היה לוותר על חלק לא קטן ממנה. תורת המפץ הגדול והקוואזרים כמו גם חומצות הגרעין - מולקולות היסוד של החיים, הם בין הגילויים המדעיים הגדולים של המאה, אולם אי אפשר לעשות עמם צדק בכ-50 עמודים של טקסט פופולרי. עדיף אולי היה לסכם את מושגי היסוד במוסף ולפנות את המקום לדיון מעמיק וחי יותר באותם החלקים שחיוניים באמת להבנת הספר, כמו מבנה והתפתחות כוכבים ותולדות הביולוגיה על כדור הארץ. בכל אופן, אני ממליץ לקרוא העלול ללקות בסחרחורת מהמפץ הגדול, מהצצות אל מעבר לאופק הקוסמולוגי או פיתוליהם של סלילי הכפולים של ה-DNA, לא להתייאש ולנטוש חלילה את הספר בפרקים הראשונים. הרבה עניין והנאה מצפים בהמשך.

ההנאה שלי מהספר התחילה (והיא הלכה והתגברה בהמשך) בפרק הרביעי, שבו המחברים משתמשים באינפורמציה

העדכנית ביותר (שחלקה אך זה הוצא מה"תנור", אם להמשיל משפת ספרי הבישול) על מנת להעריך את ההסתברות לקיום חיים תבוניים על פלנטה בקרבת איזשהו מבין הכוכבים ("הי"שמות") הרבים בגלקסיה שלנו. ההערכה מבוססת על חישוב מהסוג אותו הציע עוד בשנות השישים פרנק דרייק (Drake) והיא כוללת בתוכה אי-ודאויות רבות, אך תוצאתה מדהימה למדי בכל מקרה: מספר התרבויות התבוניות הקיימות (או שהיו קיימות בעבר) בגלקסיה הוא עצום ורב! חייבים גם לקחת בחשבון שבהערכות אלה מסתפקים רק בצורות חיים הדומות לנו (ולדעתי בצדק). לאור כל זאת מובנת שאלתו של אַנְרִיקוֹ פֶּרְמִי (Fermi), אחד מגדולי הפיסיקאים של כל הזמנים: "היכן הם?!" (משמע החיזורים), שאלה המהדהדת ברקע הספר עד סיומו. נצר ובן בסט מתמודדים עם שאלתו הנכבדה של פרמי, על היבטיה השונים, ביסודיות רבה והדיון שלהם הוא, לפי מיטב ידיעתי, השלם והמעניין ביותר מכל אשר נכתב עד כה בנושא זה בספר פופולרי יחיד כלשהו.

היבט מרכזי של שאלת פרמי הוא הבדיקה אם קיימת אפשרות מעשית ל"מגע" מסוג כלשהו בינינו לבין תרבות תבונית אחרת בגלקסיה. בגלל המרחקים העצומים האופייניים בין כוכבי הגלקסיה וסופיותה של המהירות המרבית למעבר אינפורמציה, שיקול המפתח בהקשר זה הוא שרידותה של תרבות תבונית. האם תרבות, שהטכנולוגיה שלה מאפשרת לפחות תקשורת רדיו, יכולה להתקיים זמן מספיק למימוש מגע בין-כוכבי? לא ארבה במילים כאן על הסכנות האורבות לפתחה של "תרבות תקשורתית" כזאת, שכן הספר דן בכך בפרוט. די אם נבחן את מצבנו אנו (למשל האקולוגי והחברתי) וכל זאת כ-60 שנים בלבד לאחר פיתוח תקשורת רדיו... אם נהיה אופטימיים ונדחה את ההנחה (שלי, אישית, קשה מאוד להשתחרר ממנה) שזמן קיומה של תרבות תקשורתית בהכרח מוגבל מאוד (בדומה, אולי, לסופיותם של חיי הפרט), נשאר עדיין השאלה לאיזה סוג של מגע ניתן לצפות. הספר מטפל בשאלה זו משני כיוונים - מהצד "שלהם" ושלנו.

הניתוח של תרבות שהתגברה על הסכנות לקיומה, ומפתחת אמצעי תעופת חלל, רותמת מקורות אנרגיה עצומים לצרכיה ומתפשטת במרחבי הגלקסיה, מרתק ביותר, במיוחד לאותו חלק מן הקוראים שטכנולוגיה והנדסה קרובים ללבם. ומהצד השני, הדיון המפורט בתופעת העב"מים מעניין לא פחות ובוודאי ירתק במיוחד את הקוראים שיש להם דעות (או אמונות) נחרצות בנושא זה, לכאן או לכאן. כתיבתם של נצר

המחשבה שמובילה לפריצות דרך בתרבות האנושית. "מסע אל התבונה" הוא במובן זה מסע גם אל תבונתנו ויכול לשמש כשעור איך ראוי להתמודד עם אתגר אינטלקטואלי.

הכותב הוא פרופסור לפיזיקה בטכניון, שתחום מחקרו הוא אסטרופיזיקה עיונית.

ובן בסט על נושאים אלה ראוי להערכה רבה בשל הענייניות השקטה שלה, פתיחותה ויסודיותה.

למרות שאיני מסכים עם כל הדעות המובעות בספר (למשל ש"המדע אינו אוהב שינויים" - לדעתי הוא "אוהב" אותם מאוד, הממסד המדעי הוא זה שמפחד מהם), ואני לא מתלהב, כפי שכבר הסברתי, מהחלק ה"לימודי" של הספר, אני ממליץ עליו בכל לב.

הספר מסתיים בשורה של שאלות. שאלות, ולא תשובות "מוכנות" ומוכתבות, הן לדעתי תמיד האמצעי המפנה את

סקירה זו הופיעה לראשונה במוסף "ספרים" של עתון הארץ 3.3.1999 ומתפרסמת כאן ברשותם האדיבה של מר מיכאל הנדלזלץ, עורך "ספרים" ופרופ' רגב. תודתנו נתונה להם.

יסודות הפיזיקה א'-ב'

מאת יורם קירש

האוניברסיטה הפתוחה תשנ"ח-תשנ"ט 1998/9

דוד סלע, מפמ"ר פיזיקה, משרד החינוך, והתרבות והספורט

- | | |
|--|---|
| 4א: חוק שימור התנע, תנועה מעגלית ותנועה הרמונית | שבעת הספרים שלפנינו מהווים קורס חדש ומלא בפיזיקה של האוניברסיטה הפתוחה. אכן קורס זה אוניבסיטאי ביסודו אולם הוא תואם בצורה טובה את תוכנית הלימודים ברמה של 5 י"ל, כך שניתן להשתמש בו גם בהוראת הפיזיקה התיכונית, במיוחד עבור התלמידים הטובים. שיטת ההוראה של האוניברסיטה הפתוחה מבוססת במידה רבה על לימוד עצמי של התלמידים. לפיכך עשוי קורס זה לסייע לתלמידים במקומות מרוחקים או בבתי ספר קטנים בהם אין מספיק תלמידים או שאין מורים מתאימים להוראה ממוסדת של הפיזיקה. כמו כן יכולים ספרי הקורס, במיוחד לאור שפע התרגילים המופיע בהם, והמלווים בפתרונות מפורטים, לשמש כספר עזר או כספר לחזרה על החומר הנלמד בכיתה הרגילה. נושאי הקורס המופיעים בשבעת הספרים מחולקים לשלוש עשרה היחידות שהן: |
| 5א: אלקטרוסטטיקה | 1א: מבוא מתמטי, קינמטיקה, וקטורים |
| 6א: זרם ישר | 2א: חוקי ניוטון, כבידה, סטטיסטיקה |
| 1ב: מגנטיות וזרם חילופין | 3א: עבודה, אנרגיה מכנית וחום |
| 2ב: גלים | |
| 3ב: אור ואופטיקה | |
| 4ב: אטומים ומולקולות | |
| 5ב: פיזיקה מודרנית: תורת היחסות, מכניקה קוונטית ומבנה האטום | |
| 6ב: גרעין האטום והחלקיקים היסודיים | |
| 7ב: תורת היחסות | |
| התפתחות הנושאים השונים בהירה והדרגתית תוך שימוש בכלים מתמטיים מתאימים, באיורים רבים ובדוגמאות מפורטות. | |
| חסרונו היחיד של הספר הוא בהיותו עיוני בעיקרו, ללא שילוב התיאוריה עם הניסוי (הנעשה במסגרת נפרדת). | |

”כמה קטן זה קטן”

מאת רות ירדני-כץ ויוסי כץ

דוד סלע, מפמ”ר פיזיקה, משרד החינוך התרבות והספורט

כאשר אינם בטוחים בתשובה, יש להם את מי לשאול. ואכן איש המדע משתף אתם פעולה, יורד לגובה העיניים של הילדים ומשיב להם בסגנונם.

הם ממציאים ”פטנטים” להשוואת גדלים; בתחילה של עצמים הנראים לעין ואח”כ עוברים לחידקים, וירוסים ואטומים. ההשוואה של הבלתי נראה עם עצמים מוחשיים מקרבת את הגדלים לתפיסתם של הילדים וזו אחת מגדולתם של המחברים (בניגוד לכתוב באנציקלופדיות הרגילות – מספרים ומספרים בלבד).

בסך הכל זהו ספרון קליל ונחמד, המטפח סקרנות בריאה תוך מתן עידוד ומענה לכל שאלה (ואפילו מובטח המשך הנושא בכיוון של ”כמה גדול זה גדול” תוך התייחסות למערכת השמש וליקום).

לא כל יום מזדמן לידינו ספר כזה, האמור לשרת את ילדי בית הספר היסודי ולהקנות להם תחושות מדעיות, הפעם בתפיסת סדרי הגודל בטבע.

לכתיבת הספר חברו פרופי לפיזיקה (יחסותית) יחד עם רעייתו שהיא סופרת ילדים. בצד סיפור קריא ומתפתח סביב חבורת ילדים סקרנית המתעניינת בנעשה סביבה, נלמדים עקרונות מדעיים בסיסיים.

למזלה של החבורה, אביו של אחד הילדים, מיכאל, הוא ”פרופסור” (על אמת) הזוכה להערכתם ומושא לשאלותיהם. דרך הרב-שיח של הילדים, בכיתה ומחוצה לה, בבתיהם של מיכאל, עמרי (ואפילו בבית החולים), הולכים ומתבהרים מושגים כמו גודל יחסי, השוואת גדלים, עריכת ניסויים (כולל בעיות של דיוק בביצועם) אימות השערות, שימוש במכשירי מדידה ובסקלות נכונות, עיגול תוצאות, דרכים שונות לביצוע אותו ניסוי ועוד.

תהודה

לידיעת המורים!

בהתאם לכתוב בחוזר מיוחד ה’ תשנ”ה יזכו מאמרים שלכם שיפורסמו ב”תהודה” בגמול השתלמות כפי שפורסם בחוברת ”זכויותי”, (אוקטובר-נובמבר 94, עמ’ 47, אוקטובר 1994) סעיף 6ג’. להלן הקטע הרלבנטי:

עבודת מחקר או פרסום מדעי

עובד הוראה, שכתב עבודת מחקר או חיבור מדעי, שפורסם בכתב-עת או בקלטת, תיבדק זכותו לגמול השתלמות ע”י ועדה מיוחדת הפועלת ליד גף דירוג והסמכה באגף כוח-אדם בהוראה. זאת בתנאי שהעבודה הנדונה לא זיכתה את עובד ההוראה בדרגת שכר או בתואר. הוועדה תחליט על מספר הגמולים לפי שיקול דעתה ועפ”י הכללים כלהלן:

עריכה, ליקוט או תרגום אינם מזכים בגמול השתלמות.

עובד הוראה המועסק באגף תוכניות לימודים, במרכז להוראת המדעים (מל”מ), במרכז לטכנולוגיה חינוכית (מט”ח) וכיו”ב, לא יזוכה בגמול בעד כתיבה בתוקף תפקידו.

עובד המועסק בהוראה בהיקף של 2/3 ממשרה מלאה לפחות, והוא מועסק גם בכתיבה באחת המסגרות הנ”ל בהיקף של עד 1/3 משרה, יהיה זכאי להגיש בקשה לגמול בעבור כתיבת חומר לימודי. לשם כך עליו להמציא אישור על שיעור משרתו משני מקומות העבודה.

משרד החינוך לא יתחייב להחזיר את הפרסומים. חלקם נשארים בספריות שונות של המשרד, אך רובם מוחזרים לבעליהם.

בקשות עפ”י סעיף זה יוגשו ע”ג טופס מיוחד מס’ ח”ת 050.202, שניתן לקבלו בלשכות המחוזיות של משרד החינוך.