



ממדף הספרים

תולדות המדעים בבית הספר התיכון וספרו של פליקס דותן

"אל הכוכבים, מאטומים עד חורים שחורים"

צבי גלר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות

המחשבה וההבנה הפיסיקלית אינם כלולים בצורה מפורשת בתוכניות הלימודים המחייבות, רוב התלמידים יודעים רק מעט מאוד על חיי הגאונים – גדולי מדע הפיסיקה, ועל כך שדרכם אל התגליות הגדולות ואל התהילה הייתה לעיתים רצופה בלבטים ובתהיות ולעיתים אף במאבקים ובכישלונות. לדעתי זהו פגם רציני בחינוך המדעי שאנו מקנים לתלמידינו, ומן הראוי לנסות ולעשות כל מה שניתן כדי לתקנו.

ספרו של דותן מתאר כמה מהשלבים החשובים ביותר (ג) בהתפתחות הפיסיקה הקלאסית והמודרנית בשפה פשוטה, בהירה ומובנת, תוך הדגשת הפן האנושי ובליווי סיפורים מרתקים על האירועים ועל "הגיבורים" – אנשי המדע הדגולים אשר קידמו את הידע הפיסיקלי ופיתחו גם את הטכנולוגיה הנלווית. לדוגמה, הפרק השלישי בספר (שכותרתו "חשמל") מתאר בין היתר את "ההמצאה הגאונית" של טסלה (Tesla) – שדה מגנטי מסתובב אשר נוצר על ידי סלילים ניחים המחוברים למקורות מתח חילופין – המצאה שאפשרה את בנייתם של המנועים האסינכרוניים שהפעילו, ועדיין מפעילים, את מרבית המכונות בתעשייה, כולל משאבות, מעליות, מתקני מיזוג אוויר, וכו'. כמו כן הוא מתאר את המחלוקת החריפה ואת המאבק הקשה בין טסלה ובין אדיסון בנוגע לשאלה מה טוב יותר (ולכן גם מה עדיף) ל"חישמול" החברה האנושית המתפתחת – השימוש בזרם חילופין או השימוש בזרם ישר?

הפרק אינו עוסק, אפוא, ביסודות הפיסיקליים של תורת החשמל בלבד, אלא הוא עוסק גם בצדדים הטכנולוגיים והמשמעות החברתית של נושא חשוב זה.

התייחסות מקיפה במיוחד להתפתחות ההיסטורית של הפיסיקה, הכוללת גם תיאורים מעניינים ומפורטים למדי, של ה"נפשות הפועלות", קיימת בפרקים 5 – 10 של הספר, פרקים הסורקים בהרחבה יחסית כמה מהנושאים החשובים שבהם עסקו טובי הפיסיקאים של סוף המאה

קראתי בעיון ובהנאה רבה את ספרו של פליקס דותן ואת חוות הדעת החיובית מאוד של דוד סלע על ספר זה¹; ברצוני להצטרף לחוות דעת זו ולהוסיף כמה הערות:

א) בחטיבת הביניים של בית הספר התיכון (כלומר בכיתות ז' – ט') קיימת התוכנית של משרד החינוך המשלבת את לימודי המדעים במקצוע מאוחד הנקרא "מדע וטכנולוגיה". בין המטרות של לימודי מקצוע זה מציינים בחוברת של משרד החינוך את "הכרת ההתפתחות ההיסטורית של תפיסות והשלכותה על התפתחות המדע, הטכנולוגיה והחברה", וכן את ה"הבנה של תיאוריות עכשוויות תוך מודעות למגבלותיהן בהסבר תופעות"², לדוגמה, בנושא המרכזי (ג'1) "חומרים, מבנה, תכונות ותהליכים" של תוכנית זו, במסגרת "התיאוריה הקינטית של הגזים", מציינים במפורש שיש להתייחס גם ל"היבטים היסטוריים"³. אף על פי שאינני מכיר היטב את כל ספרי הלימוד שבהם משתמשים לומדי "מדע וטכנולוגיה" בחטיבת הביניים, אני משוכנע שחלק גדול מהכתוב בספרו של דותן, בפרקים 1 ("מבוא"), 2 ("אבני בניין זעירות"), ו-4 ("סיפור בדיוני על מצבי צבירה") יכול לשמש כחומר הרחבה והעשרה רב-ערך לתלמידים אלה.

ב) תוכנית הלימודים החדשה לפיסיקה בחטיבה העליונה לא פורסמה עדיין, אך סביר להניח שבדומה לתוכנית הקיימת⁴, היא תהיה עמוסה וגדושה בתיאור תופעות פיסיקליות ובהסברן, ולא יישאר כמעט זמן כדי לעסוק באופן משמעותי גם ב"היבטים היסטוריים" שלהן. לפיכך לא ישתנה, כנראה, המצב שבו תלמידי החטיבה העליונה שבחרו ללמוד פיסיקה ברמה הגבוהה ירכשו ידע סביר באספקטים המתמטיים-פיסיקליים של תופעות הטבע, ומיומנות מניחה את הדעת בפתרון בעיות, אבל לא יהיו מודעים במידה מספקת למשמעויות החברתיות והתרבותיות של מדע זה אשר במידה רבה עיצב ועדיין מעצב, את אורחות חיינו ואת הלך המחשבה של כולנו. מכיוון ששיעורים שעניינם תולדות המדע והתפתחות

אופן חשוב לחזור ולציין כי בספרו של דותן ההתייחסות לנושאים הפיסיקליים המטופלים מלווה כמעט תמיד בתיאור כלשהו של ה"נפשות הפועלות", כך שהקורא יכול להתרשם לפחות במידה מסוימת מטיבם, מעמדם ופועלם של רבים מבין הפיסיקאים הפעילים. גם בפרק האחרון שבו מצויה סקירה כללית קצרה למדי של התפתחות האסטרונומיה והאסטרופיסיקה במשך השנים ואשר בעקבותיה מובא תיאור מפורט קצת יותר של כמה מהגילויים החשובים של עשרות השנים האחרונות (כגון תהליכי ההיווצרות של כוכבים, חייהם ומותם, כוכבי נייטרונים, חורים שחורים, קוואזרים וכדומה), מוזכרים פיסיקאים ואסטרונומים רבים ומתוארת תרומתם לקידום הידע שלנו באסטרונומיה ובאסטרופיסיקה. לסיכום ניתן אפוא לומר שמחבר הספר הצליח לכתוב את ספרו באופן כזה "שעיקר ההתרגשות והתענוג בקריאה תהיה הפליאה על פועלם של נשים וגברים של המדע וראיית הדרך שבה הגיעו לתגליותיהם"⁶; על כך יבוא על הברכה.

מראי מקום

1. סלע, ד., אל הכוכבים – מאטומים עד לחורים שחורים מאת פ. דותן, תהודה (2)22, עמ' 46.
2. לימודי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים, משרד החינוך, האגף לתוכניות לימודים, התשנ"ו, עמ' 7.
3. כנ"ל, עמ' 23, 24.
4. רוזן, ע., לקט מבחני בגרות – פיסיקה 4-5 יח"ל, הוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, מהדורת מרץ 2001, עמ' 326-323.
5. כהן, ר., גניאל. א., קירש, י., נושאים מפיסיקה של המאה העשרים, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, תשנ"ו.
6. דותן, פ., אל הכוכבים – מאטומים עד חורים שחורים, הוצאת ספרים על שם מגנס, האוניברסיטה העברית, ירושלים, תשס"א, (פתח דבר, עמ' י"א).

תהודה

ה-19 ובמחצית הראשונה של המאה ה-20: בעיית מהות האור (גלים או חלקיקים), הולכת חשמל בגזים דלילים, גילוי קרינת ה-X (על ידי רנטגן), גילוי הרדיואקטיביות (על ידי בקרל) וחקירתה (בעיקר על ידי הזוג קירי), המשמעות של סדרות הקווים הספקטראליים בספקטרא של גזים שונים, ובעיקר בספקטרום של הגז מימן, המחקרים של תומסון, של רתרפורד ושל אחרים שבעקבותיהם פיתח נילס בוהר את מודל האטום הנקרא על שמו, תורת היחסות של איינשטיין וכו'. אף על פי שכמעט כל הנושאים האלה כלולים במסגרת לימודי החובה של פיזיקה ברמה של 5 יח"ל⁵, הכתוב בספרו של דותן יכול לדעתי לשמש חומר העשרה חשוב המתאר במידה רבה של פירוט, והמסביר גם במידה מסוימת של העמקה, את התגליות החשובות, את התיאוריות המלוות אותן ואת התרומה הייחודית של החוקרים והמדענים הקשורים איתן. חשוב, מרתק ודרמטי במיוחד, הוא התיאור המקיף של השתלשלות האירועים לגילוי הביקוע המאוץ של גרעיני אורניום ועד לתהליכים שאפשרו את יצירת תגובות השרשרת אשר בין היתר מצאו את ביטוין המחריד בשתי פצצות העל שהוטלו על יפן בקיץ של שנת 1945.

הספר דן כמובן בהרחבה גם בפן החיובי של תהליכי הביקוע הגרעיני – פרק שלם (פרק 9) עוסק בבעיות האנרגיה של האנושות, ב"כורי כוח גרעיניים" להפקת אנרגיה, במערכות הבטיחות של כורים אלה ובתקלות אפשריות (כולל תיאור קצר של אסון צ'רנוביל והשלכותיו). פרק 10 עוסק בתהליכי מיזוג גרעיני, הן בצד ההרסני של תהליכים אלה (פצצות מימן), והן באפשרויות עתידיות חיוביות של ניצול מועיל של כמויות האנרגיה העצומות שתשתחררנה בתהליכים אלה, כאשר יהיו מבוקרים – אם על ידי ביצוע של "הכלה מגנטית" באמצעות מתקנים כמו הטוקמק (Tokamak), ואם על ידי "כליאה אינרציאלית" בעזרת קרני לייזר. בכל

