

# הספר "אופטיקה: תורת האור והראייה (בגישה תרבותית רחבה)"

תשובה לדברי צבי גלר<sup>1</sup>

יגאל גלילי, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים

היא, כאמור, הגישה העכשווית להעריך לא רק את התוצר המדעי "הנכון", אלא להציג את מרחב התפיסות השונות של המדענים בהתפתחותן: "הגישה ההתפתחותית". גישה זו מאומצת לא בגלל אהבה לאספנות והיסטוריה, אלא בהסתמך על "עקרונות השונות" (מתחום הפסיכולוגיה הקוגניטיבית), הקובע שהבנה אנושית צומחת בעיקר מתוך השוואה בין אפשרויות ומתוך השיח בין טענות שונות: הפרכה של טענות אחדות ותמיכה בטענות אחרות. במובן זה, אריסטו, אפלטון, אלחזאן, דקארט, ניוטון ורבים אחרים, המופיעים בספר, אינם דמויות היסטוריות, אלא בני שיח אליו מצטרף התלמיד הלומד פיסיקה. זוהי הצטרפות לתרבות, מעבר לדיסציפלינה (הידע המדעי בלבד) שאיננה מגלה עניין במגוון דעות שונות. אכן נהוג בהוראת הפיסיקה להציג את התכנים הדיסציפלינריים בלבד. ההסתייגות של "נכון לעת עתה", המופיעה לפעמים בספרי לימוד, ללא הסבר על מהות המדע, אינה עוזרת ואף מבלבלת את התלמיד משום שהיא מורידה מערכו של הידע הנלמד. גישה דיסציפלינרית טהורה, לדעתי, היא היוצרת קושי בהבנת דרך החשיבה של הפיסיקאי ("הראש של הפיסיקה") אצל תלמידים רבים. הספר שואף לגלות לתלמיד שהפיסיקה אינה רק אוסף של נוסחאות, ולא רק כללים וחוקים, או מתכונים לפתרון בעיות (רושם שעלול להיווצר כאשר הלימודים מתמקדים בהכנה למבחן הברגרות). פיסיקה גם איננה אוסף אמיתות ואף לא אוסף של מודלים! הוראת הפיסיקה כדיסציפלינה דוחה תלמידים רבים, הרי לימודי הפיסיקה בתיכון אצלנו הם בחזקת "בחירה" (המכונה באופן מוזר מאוד: "התמחות" - בדומה לרופא המתמחה במקצוע מסוים לאחר שלמד רפואה כללית).

לדעתי, חשיבות גדולה יש בהצגת הפיסיקה כתפיסת עולם אשר מורכבת ממעט עקרונות אובייקטיביים המאפשרים הסברים לתופעות טבע רבות. פעילות זאת מאפשרת השתלבות האדם בטבע ופותרת פתח ליתרונות ולהישגים רבים הודות לידיע זה. אך תועלת אינה הכל. מתברר שבני אדם (וצעירים במיוחד) מגלים עניין רב ב"תכנון" העולם, האפשרות "להציף במחשבותיו של אלוהים" (איינשטיין). רבים מהדור שלי התחילו להתעניין בפיסיקה לא מתוך עיון בספרי לימוד, אלא בספרים

לכאורה, לא נהוג לענות על מאמר המשבח את יצירתך, אך אינני יכול שלא להגיב. למרות השבחים והמחמאות, מהותו החדשה של הספר לא הובנה ונעלמה מעיני כותב הביקורת. לכן, יחד עם הכרת תודה אמיתית וכנה לעמיתי צבי גלר, על ההערכה הגבוהה לספר שהובעה בדבריו, חייב אני להבהיר את כוונות המחברים. ברצוני להדגיש שוב כי דברי אינם בבחינת דיאלוג אישי.

אכן, הנייר משובח, הצילומים נהדרים ותכנים שלא הופיעו עד כה בשיעורי הפיסיקה... אז מה לא טוב?

למען האמת, הייתי מעדיף לשמוע כי הספר אינו מתאים או אינו טוב דיו. המלצות לשימוש אך ורק על-ידי המורים ורכישה על-ידי "כמעט כל ספריות בתי הספר" פוגעות קודם כל ברצינות של הספר והפכות אותו לקוריוז, משהו שנחמד להציף בו בבית אחרי יום עבודה עמוס, להשלים את ההשכלה הכללית, אולי לגייס פה ושם משהו להוראה בכיתה. הייתי מצפה, לאור "המצאות העגומה של מערכת החינוך בארץ",

שצבי ימליץ לרבבות התלמידים הלומדים מדע בחטיבה עליונה לעשות שימוש בספר, במקום לשולחו לצבור אבק על מדפים בודדים.

לדעתו של צבי, הספר אינו מתאים לתלמידים. על סמך מה פיסיקה זאת? אציין שהתכנים של הספר נבדקו בעבודת הדוקטור של אמנון חזן. אמנון ביצע ניסוי מבוקר שנמשך שנת לימודים שלמה, בארבע כיתות הנבדלות זו מזו ובסוגים שונים של בתי ספר, עם התפלגות רגילה של הישגי התלמידים. התוצאות נותחו וממצאי המחקר הראו הצלחה מרשימה בכל הכיתות, גם בתחום ידע תכני וגם בעמדות התלמיד כלפי מהות המדע. עבודת הדוקטור של אמנון חזן זכתה להערכה כ"עבודה מצטיינת" באוניברסיטה העברית.

הספר נכתב קודם כל עבור התלמיד. הספר כולל את התכנים התרבותיים הנרחבים שנבחרו בהתאם לנושא האופטיקה בהתבסס על ספרות מדעית ומחקר נרחב. למרות שהספר כולל את התכנים הרגילים באופטיקה, הוא מאפשר קריאה שוטפת של סיפור ההתקדמות של האנושות בחיפוש האמת על העולם ובניית הידע במהות המיוחדת, הנקראת "מדע". סיפור זה מזמין שיח של המורה עם התלמידים, בין התלמידים וגם בין המורים. זאת

התייחסויות רבות להיסטוריה ולפילוסופיה של המדע ולהיבטי האופטיקה באמנות. האם זאת היא "אופטיקה גיאומטרית"? הספר מכון לפיסיקה בהקשר הרחב.

החינוך המדעי עומד בפני שינוי מהותי בכיוון שיפור האוריינות המדעית, כפי שהומלץ על-ידי ועדת הררי<sup>2</sup>. ספק אם המקצוע החדש מוט"ב (מקצוע ללא מסורת של תכנים מוסכמים), יכול לפתור את הבעיה. אינני רואה תחליף ללימודי פיסיקה כבסיס ידע של כל מדעי הטבע, על-ידי ציבור רחב ביותר של תלמידים, אם כי יתכן לא לפי תוכנית לימודים אחת. המשך הדרך בהוראת הפיסיקה הוא נושא מורכב וכדי לחולל בו את השינוי הדרוש לא יספיקו ספר אחד או הברקה של מורה בודד. צריך לערוך רב-שיח של חוקרים בהוראת המדעים, פיסיקאים, פילוסופים ובוודאי מורים לפיסיקה. זו היתה סיבה נוספת לכתיבת הספר. קריאתו מזמינה דיון ויכוח ענייני על הדרך להוראת פיסיקה באופן אחר, מודרני ופילוסופי (בבקשה, תבקרו אותנו!). כדאי לזכור שפיסיקה נלמדת בבתי הספר קודם כל לשם השכלה ותרבות ולא כרכישת מקצוע. לדעתי, פיסיקה אינה ניתנת לסגירה בגבולות של פורמליזם דיסיפלינארי. מכל מקום, השיח נמשך (הרי זמינים ספרים שונים באופטיקה). לי יש הרגשה טובה של תנועה עם זרם התרבות העכשווית, לא נגדו.

#### מראי מקום:

1. גלר, צ., "תורת האור והראייה" מאת י. גלילי וא. חזן, תהודה (2) 24 עמ' 22, 2400
2. "מחר '98", דו"ח הוועדה העליונה לחינוך מדעי, ירושלים, משרד החינוך והתרבות, תשנ"ב 1992.

**תהודה**

כמו אלה של פרלמן ("פיסיקה מעניינת"), ספרי ז'ול וורן (כמו "מסע אל הירח", 20000 מיל מתחת לפני המים) המוכרים לרבים גם כיום. הגיבורים שמשכו לאהבת הפיסיקה היו גלילאו וניוטון, איינשטיין ובוהר, פיינמן ולנדאו, קפיצה ומיגדל. הם "דיברו פיסיקה" כתפיסת עולם וכך כבשו את דמיונו. מבחינה זאת, אני משוכנע, לא השתנה הרבה. אך יחד עם זאת, יש להתאים את אופן ההצגה והתכנים לתרבות המופע החדש, שאופיה המיוחד, כפי שהוזכר, הוא שיח בין תפיסות שונות. רעיון זה מקורו בפילוסופיה מודרנית כפי שהתפתחה במיוחד בצרפת (על-ידי פילוסופים כמו פוקו ודרידה) וברוסיה (באכטין, לותמן). אנו חיים בעידן תרבותי חדש, בנוף רוחני שאינו דומה לזה ששרר לפני שלושים-ארבעים שנה. בעולם זה, אין טעם ללמד כפי שלימדו פעם! (ואינני מתכוון לשימוש במחשב וציוד מעבדה מתקדם אשר מובנים מאליהם).

הספר גם אינו על "האופטיקה הגיאומטרית" בלבד ומוצגים בו נושאים אחרים רבים (ראייה, למשל). הכרך הראשון (הזמין כעת) מסתיים לאחר שהוצגו ונותחו עקרון הייגנס ושימושו בהוכחה של חוקי השבירה וההחזרה של האור, עקרון פרמה, שיח היסטורי בין תפיסת האור כגלי האתר ובין ההבנה של האור כמורכב מחלקיקים נעים בריק, ניסויים למדידת מהירות האור, המושגים שלי עוצמת האור, עוצמת ההארה וחוקיה (פוטומטריה), התנאי "להיות נראה" (עקרון הקונטרסט המינימאלי), עונות השנה, צורת השמיים, "אשליית הירח". כל אלה נושאים חשובים ומעניינים, שאינם מוצגים בדרך כלל בספרי לימוד לאופטיקה. כמו כן מופיעים בספר עשרות תרגילים, שאלות והערות על תפיסות מוטעות לגבי תופעות הקשורות לאור וראייה. בספר שולבו

#### לידיעת המורים!

בהתאם לכתוב בחוזר מיוחד ה' תשנ"ה יזכו מאמרים שלכם שיפורסמו ב"תהודה" בגמול השתלמות כפי שפורסם בחוברת "זכויותיך", (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 יזכה 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.