

אלברט אינשטיין ותורת היחסות: מאה שנים של היסטוריה, מאה שנים של היסטוריוגרפיה

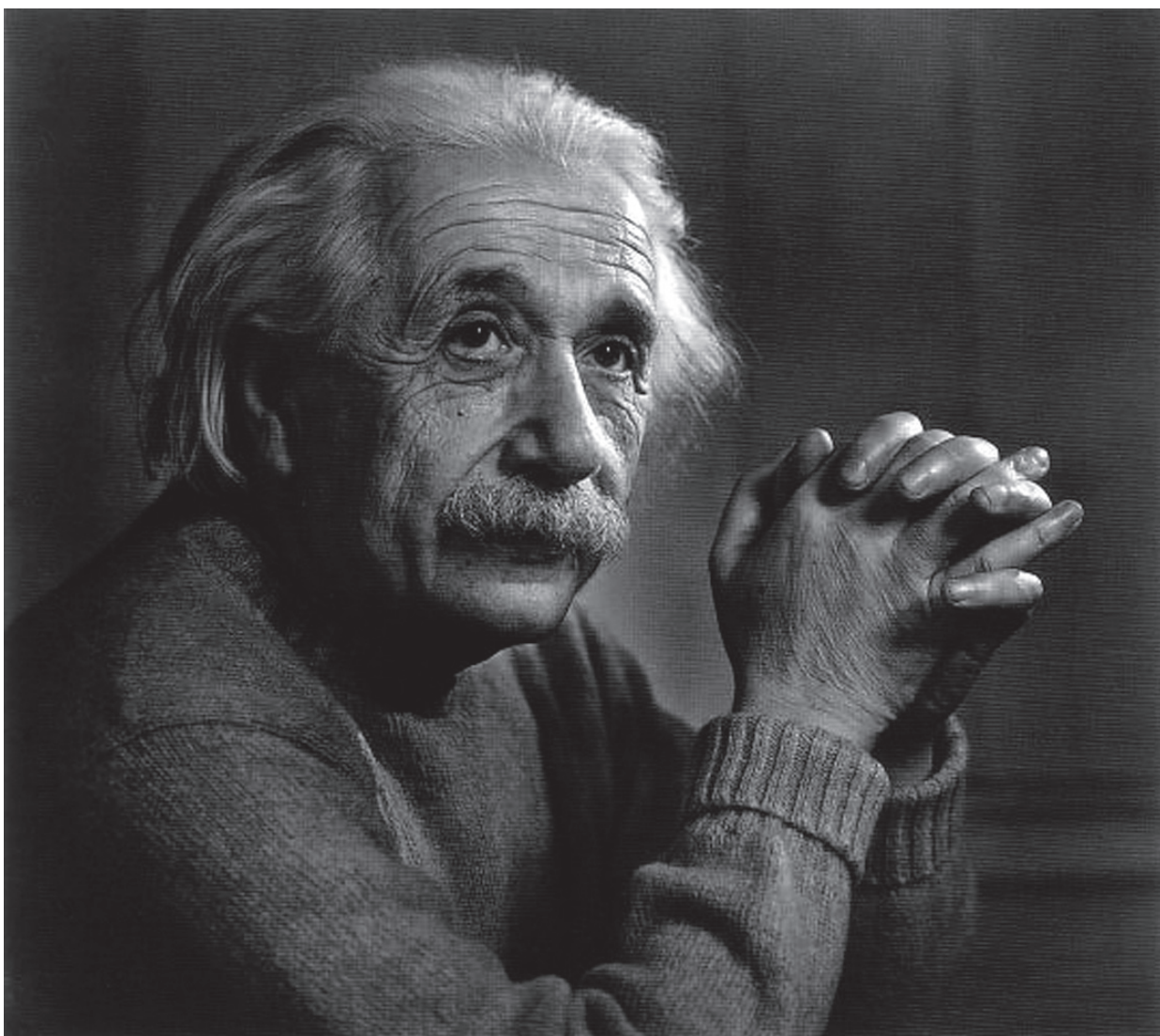
במאה השנים שחלפו מאז פרסם אלברט אינשטיין את מאמריו החלוציים בפיסיקה נכתבו על אודותיו ועל תורתו חיבורים אינספור. ליאו קורי סוקר ומנתח את הגישות השונות ואת השלבים בתולדות הכתיבה על אינשטיין ועל תרומתו למדע. בין היתר עולה השאלה המסקרנת: איך הפך אינשטיין גם בעיני הציבור הרחב, שלא בהכרח הבין את תוכנה ואת משמעותה של תורת היחסות, ל"גיבור תרבות" ול"קדוש חילוני"? והאם נפגע דימוי זה בעקבות המחקרים שהתפרסמו על אודותיו בעשורים האחרונים? אולם, הסקירה במאמר זה מאפשרת לעמוד לא רק על התמורות ביחס כלפי הפיסיקאי הנודע מכולם, אלא גם על התפתחויות חשובות במרוצת המאה העשרים באופן שבו כותבים היסטוריונים וחוקרים אחרים את תולדותיהם של המדעים.

מתאוריה שהציג מקס פלנק (Planck) חמש שנים קודם. באותו מאמר הראה אינשטיין כיצד ההנחה שהאור מורכב מחלקיקי אנרגיה מסבירה מספר תופעות, ובראשן זו המוכרת כ"אפקט הפוטו-אלקטרי". על מאמר זה הוענק לאינשטיין פרס נובל בשנת 1921. המאמר השלישי עסק ב"תנועה בראונית" ושימש למעשה הוכחה אמפירית מוחצת לקיומם של אטומים (נושא שהיה שנוי במחלוקת עד אז) ואף לאומדן גודלם. העולם המדעי חגג, אם כן, באירועים אקדמיים וציבוריים ברחבי תבל, בייחוד באותם מקומות המזוהים (ורוצים להיות מזוהים) עם פועלו של האיש ועם מורשתו: ברלין, ציריך, ברן, פרינסטון וירושלים. רבים מן האירועים הללו התרכזו בניסיון לאמוד, בפרספקטיבה היסטורית, את השפעתו המכרעת של אינשטיין בכלל, ושל מאמריו ב"שנה המופלאה" בפרט, על התפתחות הפיסיקה והמדעים האחרים, ולא פחות מזה על מישורים נוספים של חיי הרוח, התרבות, החברה והפוליטיקה. גם אישיותו המרתקת של אינשטיין הייתה נושא מרכזי להתעניינות ולדיון. במאמר זה ברצוני לבחון היבט נוסף של פרץ הרעיונות שהתהווה מאז שנת 1905 ביחס לתרומותיו של אינשטיין, דהיינו, הכתיבה ההיסטורית על אודות המקורות של תורת היחסות ועל השפעתה, על אודות אינשטיין האיש, ועל אודות השנה המופלאה, 1905. תורת היחסות נולדה עם תודעה היסטורית ברורה מאוד, שבאה לידי ביטוי מיד עם הפרסומים הראשונים. במובנים רבים ובאופן טבעי, ההיסטוריוגרפיה של תורת היחסות

שנת 2005 הוכרזה כשנה הבינלאומית של הפיסיקה, ובמרכז החגיגות הרבות שנערכו בעולם המדעי עמד יובל המאה לאירוע המכונה "השנה המופלאה" – Annus Mirabilis – של אלברט אינשטיין". בשנת 1905 פרסם אינשטיין שלושה מאמרים פורצי דרך בתחומים שונים של הפיסיקה, אשר לדעת רבים יכול היה כל אחד מהם בנפרד לזכות את מחברו בתהילה מדעית בדורו ואף בפרס נובל בשל תרומתו הייחודית. פרסום שלושת המאמרים בשנה אחת על-ידי אותו אדם, מי שהיה עד אז צעיר בלתי-ידוע, חסר משרה אוניברסיטאית ומועסק במשרה מלאה כבוחן פטנטים זוטר בברן, ודאי מעצים את תחושת הדרמטיות המיוחדת לשנה הזו ולהישגיו הנדירים של אינשטיין הצעיר. אחד משלושת המאמרים הוא המאמר שבו פרסם אינשטיין לראשונה את מה שנודע לימים כתורת היחסות הפרטית. משום כך עמדה התורה הזו במוקד החגיגות בשנת 2005. מאמר שני עסק בתכונות האור (קרינה אלקטרו-מגנטית), ובו תיאר אינשטיין לראשונה את האור באמצעות חלקיקי אנרגיה בדידים. במאמר זה הוא עמד, למעשה בפעם הראשונה, על תכונת חוסר-הרציפות של הקרינה, שנבעה במובלע בלבד

פרופסור ליאו קורי, ראש המכון להיסטוריה ופילוסופיה של המדעים והרעיונות ע"ש כהן באוניברסיטת תל-אביב, חוקר ומלמד את תולדות המתמטיקה והפיסיקה המודרניות. בעברית פרסם ספר בתחום אחר מתחומי עניינו, **עולמו הספרותי של חורחה לואיס בורחס**, תל-אביב 1997.

corry@post.tau.ac.il :ל"א



אלברט אינשטיין בצילום של יוסוף קארש (Karsh), שנת 1949

והטיפול ההיסטורי בדמותו של אינשטיין משמשים השתקפות מעניינת של ההתפתחות הרחבה יותר של ההיסטוריוגרפיה של המדע בכלל. מעניין מאוד, על כן, לבחון את הקשרים ההדדיים בין השניים.

נושאים, שאלות בסיסיות וגישות

הופעתה הפתאומית-לכאורה של תורת היחסות בשמי הפיסיקה הייתה, כאמור, עניין מרכזי להיסטוריונים לאורך השנים. סוג ראשון של שאלות היסטוריות שנשאלו בהקשר הזה נוגע לשורשיה הפנים-מדעיים של עבודתו של אינשטיין: מה היו הבעיות הטכניות המהותיות שהתעוררו בתורות הפיסיקליות הקיימות בתקופתו, ובאיזו מידה נוסחה התורה החדשה מתוך ניסיון להתמודד באופן ישיר עם בעיות אלו? מה היה בעצם החידוש הטמון בתאוריה? מה הקשר בין רעיונותיו ותרומתו של אינשטיין לבין אלה של קודמיו? באיזו מידה עשה אינשטיין שימוש בתרומותיהם של מדענים אחרים, ובראשם הנדריק לורנץ (Lorentz) ואנרי פואנקרה (Poincaré), והאם לאמיתו של דבר מדענים אלה לא קדמו לו בפיתוח הרעיונות המרכזיים של התאוריה?

סוגיה מרכזית שעולה לדיון בהקשר הזה נוגעת למתח המרתק שהלך והתעצם לקראת סוף המאה התשע-עשרה בין שתי גישות יסוד מנוגדות להבנת הפיסיקה כולה. מחד גיסא הייתה גישה שגרסה, שכל תופעות הטבע ניתנות להסבר תוך רדוקציה גורפת למכניקה. גישה זו, אשר שורשיה בעבודות של ניוטון במאה השבע-עשרה ואף קודם לה, זכתה לתמיכה מפיסיקאים בולטים כגון ג'יימס קלרק מקסוול (Maxwell), היינריך הרץ (Hertz) ולודוויג בולצמן (Boltzmann). מאידך גיסא עמדה גישה שטענה לרדוקציה אחרת, גורפת אף היא, של כל התופעות הפיסיקליות, אבל למונחים אלקטרומגנטיים (Electromagnetic Worldview) ולא מכניים. גישה זו, ששורשיה בתורות שפותחו בשליש האחרון של המאה התשע-עשרה, נתמכה על-ידי מספר פיסיקאים צעירים ופעלתנים, ובראשם וילהלם וין (Wien). היסטוריונים רבים ראו את מאמרו של אינשטיין משנת 1905 כניסיון להתגבר בדרך מקורית ומפתיעה על הוויכוח הזה, ואף להתוות "דרך שלישית" שתאזן בין שתי הגישות הקיימות. בניגוד לדרך המסורתית של יצירת תאוריה מדעית באופן "קונסטרוקטיבי", מתוך אבני בנייה שאותן יש לבחור לפי שיקולים אלה או אחרים, הוא הציע דרך של בחירת עקרונות כלליים, שהתאוריה אמורה להיות כפופה להם. רעיון האֵתֶר ומקומו בהסבר המדעי של תופעות הטבע הופיע כרעיון מרכזי בדיונים הללו בין הרדוקציוניסטים השונים. האתר מילא תפקיד חשוב במספר תורות פיסיקליות של התקופה כתנוך אפשרי להובלת גלים אלקטרומגנטיים וכהסבר לתופעות בסיסיות כגון התפשטות האור. מדובר ביישוא תאורטית בלתי-נראית, שמעצם הגדרתה מאופיינת בדלילות רבה מצד אחד (שכן איננו חשים באופן ישיר בנוכחותה), ובקשיחות מספקת מצד שני (כדי שאכן תוכל למלא את תפקידה כתווך). עוד במאמרו הראשון בשנת 1905 ביטל אינשטיין את הצורך בקיומו של האתר, והיסטוריונים רבים מיקדו את שאלת עלייתה של תורת היחסות באופן טיפולו של אינשטיין באתר.

ברקע לדברים עמד ניסוי פיסיקלי מפורסם משנת 1887, המכונה הניסוי של של מייקלסון ומורלי (Michelson-Morley) ואשר נועד לגלות, בשיטות אופטיות מתוחכמות, אפקטים שאמורים היו להיגזר מתנועת הארץ ביחס לאתר התאורטי הזה. אלא שבניגוד לניבוי התאורטי, אפקטים כאלה לא נמדדו – וכך התעוררה חידה פיסיקלית משמעותית שהמשיכה להעסיק את המדע בעשורים הבאים. במידה רבה הגיעה החידה אל פתרונה עם מאמרו של אינשטיין בשנת 1905.

השאלה עד כמה התוצאות של הניסוי הזה השפיעו על גיבוש רעיונותיו של אינשטיין הפכה למרכזית בהיסטוריוגרפיה של תורת היחסות, אך בעצם היא קשורה בדיון רחב הרבה יותר בהיסטוריוגרפיה של המדע על אודות אופיין ותפקידן של תאוריות מדעיות בכלל ועל אודות הקשר בין תורה וניסוי. היסטוריונים של המדע בעלי אוריינטציה פוזיטיביסטית, הרואים את ראשיתה של כל תורה מדעית בעובדות אמפיריות שניתנות לתצפית ישירה, ניסו להדגיש את חשיבותו של הניסוי כנקודת מוצא עיקרית לרעיונות של אינשטיין. הם הרבו לצטט נאום מפורסם שנשא בשנת 1900 הפיסיקאי האנגלי הנווד לורד קלווין (Kelvin), ובו שיבח את הצלחתה הסוחפת של הפיסיקה במאה התשע-עשרה. על ההצלחה הזו העיבו, כך הוא טען, רק שני עננים קודרים: התוצאה הבלתי-מוסברת של ניסוי מייקלסון-מורלי, ובעיה נוספת המכונה "קרינה של גוף שחור" (שמאמרו השני של אינשטיין משנת 1905, על האור והאפקט הפוטו-אלקטרי, קשור בה). ובכן, ההיסטוריוגרפיה הפוזיטיביסטית הדגישה במיוחד את האתגר שעמד בפני פיסיקאים לאור תוצאות הניסוי ואת עליית תורתו של אינשטיין כתשובה ישירה לאתגר הזה.

ואילו מנגד התפתחו זרמים אנטי-פוזיטיביסטיים בהיסטוריוגרפיה של המדע, בעיקר תחת השפעתם של הוגים כמו קרל פופר (Popper), תומס קון (Kuhn), ופול פיראבנד (Feyerabend). גישות אלה הדגישו את עליונותה של התאוריה על פני התצפית האמפירית והניסוי, ובהתאם להן ניתן משקל מועט בלבד לניסויים (כגון זה של מייקלסון-מורלי) בהסבר עלייתה של תורת היחסות. במקומם הצביעו החוקרים הללו על שיקולים פנימיים של התאוריה הפיסיקלית או על השפעה של שיקולים פילוסופיים או רעיוניים מסוג אחר.

דמותו האינטלקטואלית-המדעית של אינשטיין השתקפה באופן שונה מתוך שני התיאורים הבסיסיים הללו. שני הזרמים ידעו למצוא סימוכין לעמדתם בכתובים, והסבריהם השתנו לאורך השנים ככל שהדגשים במישורים אחרים של ההיסטוריוגרפיה הלכו והשתנו. בין היתר התבררה במידה הולכת וגוברת חשיבותם של ניסויים אחרים לצד מייקלסון-מורלי, מחד גיסא, והשפעתן הרחבה יותר (ומכיוונית) שלא הובנו קודם, של תורות פיסיקליות אחרות מאידך גיסא. כמו כן, המחקר ההיסטורי קידם את הבנת היחס המורכב והרב-גוני בין ניסוי לתאוריה במדע בכלל, והדים של גישות חדשות אלה הורגשו גם בדיון על תורת היחסות.

עדיין בהקשר של השורשים הפנים-מדעיים, סוגיה מעניינת נוספת הייתה האינטרקציה שבין פיסיקה לבין מתמטיקה. נקודת מוצא מקובלת בעבר למחקרים היסטוריים רבים הייתה הדחייה, כביכול, של אינשטיין את המתמטיקה כמקור

בעל חשיבות לרעיונות פיסיקליים, וההתייחסות אליה כאל מטרד – הכרחי אולי, אך מטרד בכל זאת. לכך התלווה לפעמים המיתוס המופרך מיסודו כאילו יכולתו המתמטית של אינשטיין הייתה מוגבלת, עוד בהיותו תלמיד תיכון וגם בהמשך דרכו המדעית. אולם במרוצת הזמן התברר, בסוגיה זו כבסוגיות אחרות, שמדובר ביחס מורכב מאוד, שהשתנה לאורך שנות עבודתו של אינשטיין תוך כדי פיתוח רעיונותיו ותוך כדי דיאלוג ביקורתי עם עמיתים רבים ואף עם מתנגדיו. תפישתו של אינשטיין לגבי היחס בין פיסיקה למתמטיקה והתפקיד של המתמטיקה כמקור פעיל ופורה לרעיונות פיסיקליים עבר תמורות משמעותיות. ברבות השנים, במיוחד בעקבות התנסותו רבת-ההפוכות בפיתוח תורת היחסות הכללית בין השנים 1912 ל-1916, התפתחה אצל אינשטיין עמדה הפוכה, הגורסת פנייה אל הפורמליזם המתמטי כמקור ראשון במעלה לתובנות פיסיקליות. גם היחס כלפי רעיונותיו של אינשטיין מצד עמיתים רבים, בייחוד בני הדורות הצעירים יותר לאחר שנת 1930, השתנה בעקבות התמורה הזאת.

לצדם של הדיונים על השורשים הפנים-מדעיים בולט בהיסטוריוגרפיה מישור שני של דיונים והוא זה הנוגע לשאלות הפילוסופיות-האפיסטמולוגיות שנמצאות ברקע: אילו עקרונות פילוסופיים עמדו בבסיס תפישותיו של אינשטיין והובילו אותו לנסות כיוונים שלא התעוררו באופן הזה קודם? עד כמה עקרונות מעין אלה אמנם שיחקו תפקיד, אם בכלל, ומי ההוגים שאולי השפיעו עליו? האם דיוויד יום (Hume) וביקורתו על מושג הסיבתיות? האם ארנסט מאך (Mach) וביקורתו על המכניקה הניוטונית, תוך ניסיון ייחודי להסביר את מקורה של תופעת הגרביטציה? האם ההוגים הנאו-קאנטיאנים? עד כמה מדובר בהשפעות שאינשטיין היה מודע להן ושנבעו מתוך קריאתו השיטתית, ומהדיונים שקיים עם חבריו הצעירים, ועד כמה מדובר בהשפעות השייכות למטען האינטלקטואלי הכללי, שהצטבר הודות לחינוך המדעי שרכש במוסדות השונים שבהם למד?

מישור שלישי שהתווסף להיסטוריוגרפיה בשנים האחרונות נוגע ל"תרבות החומרית" של המדע. חקר התרבות החומרית כמקור לתובנות היסטוריות חדר לעומקה של ההיסטוריוגרפיה של המדע בכלל בעשור האחרון, בייחוד בחקר הביולוגיה. מחקרים רבים ברוח זו מנסים להבין את צמיחתם של רעיונות מדעיים וגיבוש של תאוריות דרך תיאור פרטני של מעבדות, מערכי ניסוי, מכשירי מדידה ורישום, בניינים ועוד. ברוח המחקר הזה ראה אור בשנת 2003 ספר מאת פטר גליסון (Peter Galison, *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps: Empires of Time*), המנסה לזהות את לידתם של רעיונות היחסות בצומת המרתק והחמקמק של המפגש בין פילוסופיה, מדע וטכנולוגיה. גליסון בוחן בעיות מעשיות של התקופה, כגון תיאום שעונים בין ערים שונות על פני אירופה (בעיקר לצורכי תנועת הרכבות והתקשורת הטלגרפית) ובניית מפות מעודכנות של העולם. מדובר בבעיות אמיתיות, שבהן היו מעורבים באופן ישיר הן אינשטיין והן פואנקרה בזמן שקדם לניסוחם של רעיונות היחסות (כל אחד על-פי דרכו). עד כה נראו השלבים האלה בקריירה של שני האישים כפסק זמן, עיסוק צדדי לצורך פרנסה, או אף מטרד אמיתי בדרך לניסוח של התורה, בעוד גליסון

מבקש להפוך אותם לגורם מרכזי בהתהוותה. מדובר בכיוון מחקר היסטורי מקורי ומאיר עיניים, ראשוני בסוגו ואף שנוי במחלוקת, אך חשוב לציין אותו כאן כדוגמא לאופן שבו מגמות כלליות בהיסטוריוגרפיה מוצאות את דרכן להיסטוריוגרפיה של תורת היחסות.

הדיון בסוגי השאלות השונים שצינתי לעיל התקיים לעתים לאור מושגים ומסגרות קונצפטואליות שהיו מקובלות בדיון ההיסטוריוגרפי של המדע בכלל. לעתים תורת היחסות שימשה מעין מקרה מבחן מובהק למסגרות מהסוג הזה. כך למשל בנוגע למושגים שטבע תומס קון בספרו המפורסם משנת 1962, **המבנה של מהפכות מדעיות**: פרדיגמה, קהילה מדעית, משבר, מדע נורמלי, מהפכה מדעית וכדומה. דיונים רבים של פילוסופים וסוציולוגים על אודות המושגים הללו ובמסגרת המסורת הקשורה בהם (אימרה לקטוש [Lakatos], פייראבנד ואחרים), הצביעו על תורת היחסות ועל שנת 1905 כדוגמא מובהקת המתאימה לשיח הזה. אבל לאמתו של דבר, המחקר **ההיסטורי** עצמו עשה שימוש מועט במושגים הללו ובתובנות שעשויות לצמוח מהם. מצד שני, מושגיו של קון חדרו אולי לשיח ההיסטוריוגרפי הכללי ונמצאים בו באופן מובלע, גם אם לא תמיד על מנת לנתח אירועים נקודתיים סביב השאלה האם היו בגדר מהפכה או לא. כך, בדומה למחקר ההיסטורי הרחב יותר, מנסים היסטוריונים רבים לנתח את גורמי ההמשכיות והשינוי הכרוכים במהלכים של אינשטיין בשנת 1905 ולאחריה. גם תפקידה של הקהילה המדעית, ובייחוד הקשרים הענפים של אינשטיין עם עמיתיו (הן על דרך של שיתוף פעולה והן על דרך של דיאלוג ביקורתי) הפכו עם השנים לממד חשוב ומשמעותי בהבנה ההיסטורית של תורת היחסות. גם המושג "פרדיגמה", על אף הביקורת הרבה שהוא גרר בשל ריבוי המשמעויות שבו, נטמע באופן טבעי ויעיל בדיונים היסטוריים רבים על אודות התאוריה.

נושאים אחרים שנדונו בהיסטוריוגרפיה לאורך השנים נגעו להתפתחות רעיונותיו של אינשטיין לאחר שנת 1905, הדרכים השונות של התקבלות תורת היחסות בהקשרים שונים (מדינות שונות, דיסציפלינות פיסיקליות שונות, מסורות מחקר שונות וכו'), והשפעת תורת היחסות על תחומים אחרים כגון פילוסופיה, אמנויות ועוד. תקצר כאן היריעה מלפרט את המגמות שהתפתחו בכל אחד מן התחומים האלה.

יחסות פרטית ויחסות כללית מול ההיסטוריוגרפיה

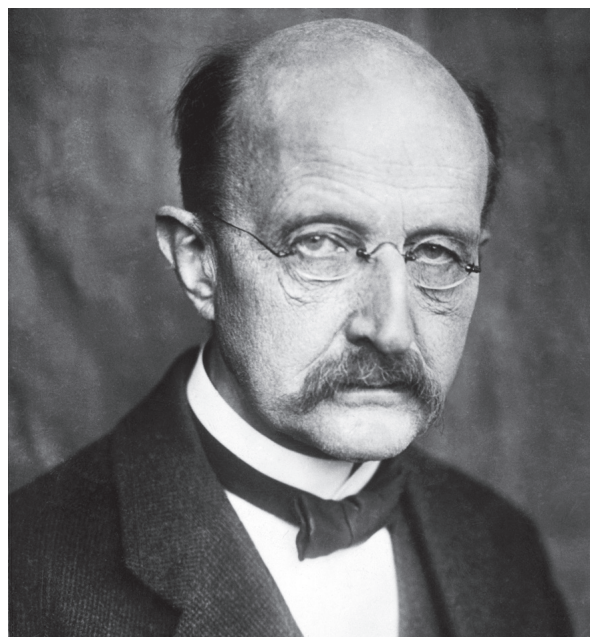
דרך מאירת עיניים להבין את הסוגיות והאתגרים הקשורים בהיסטוריוגרפיה של היחסות ושל אינשטיין היא לבחון את אופן הטיפול בתולדות התורה על שני שלביה העיקריים. אין מנוס מלומר כאן מילה אחת על תוכן התאוריה, ולו בצורה סכמטית ביותר. באופן כללי מאוד, תורת היחסות עוסקת בקשרים שבין המדידה והתיאור של תופעות פיסיקליות מנקודות הראות השונות של שני צופים (או במונחים טכניים יותר: של שתי מערכות ייחוס) הנמצאים בתנועה האחד ביחס לאחר. הרעיונות שפיתח אינשטיין במאמרו משנת 1905 קשורים למה שכונה לימים תורת היחסות ה"פרטית" או ה"מצומצמת", שכן

כמות זו עולה עשרות מונים על מה שיש בידינו לגבי התורה הפרטית, ואיכותה המחקרית טובה עוד יותר.

אכן, הגישושים הראשונים של אינשטיין לקראת התורה הכללית החלו בשנת 1907. הוא פרסם שורה ארוכה של מאמרים בעלי חשיבות לפני השלמת התורה בנובמבר 1915, ונשא הרצאות רבות שתועדו בכתובים. יתרה מזו, מיד לאחר פרסום מאמרו של אינשטיין בשנת 1905, הצטרפו פיסיקאים רבים למאמץ לפתח את רעיון היחסות בכיוונים שונים, לרבות אלה הקשורים בגריטציה. חלקם קיימו דיאלוג אינטנסיבי ופורה עם אינשטיין, וחלקם ביקורתי. ההיסטוריון יכול לעיין בנקל בשפע המאמרים שפיסיקאים אלה פרסמו, וגם בהתכתבות בינם לבין אינשטיין, ואף בינם לבין עצמם. מעבר לכך לרשות ההיסטוריון של היחסות הכללית עומד אוצר בדמות מחברות המחקר המפורסות, שבהן תיעד אינשטיין את מחשבותיו ותוצאות מחקריו בשנים הקריטיות 1913-1914. מחברות אלה (המוכרות היום להיסטוריונים בשם "מחברות ציריך", משום שרובן נכתבו בעת כהונתו של אינשטיין כפרופסור באותה עיר) פותחות חלון רחב אל עולם הגילוי והפיתוח, המורכב עד מאוד, של אינשטיין בתקופה ההיא.

לעומת זאת, מה עומד לרשות ההיסטוריונים כאשר ברצונם לשחזר את דרכו של אינשטיין אל הרעיונות שפרסם במאמרו משנת 1905? לא הרבה. ראשית, בידינו המאמר המקורי שפרסם אינשטיין בשנת 1905, ובו מידע מועט על מקורותיו, זעום אפילו בהשוואה למאמרים מדעיים אחרים בני התקופה, שגם הם לא הצטיינו בעניין זה. (הצמצום בציון המקורות היה לעתים עילה להאשמות שהוטחו באינשטיין בפלגיאט שיטתי). שנית, קיים מספר קטן מאוד של מכתבים מהתקופה הקודמת לפרסום, ובהם ישנה התייחסות עקיפה לפיה אפשר בדיעבד להסיק על שימוש במקורות כאלה או אחרים. בכלל, חשוב לזכור בהקשר זה את המובן מאליו והנשכח תדיר: פרסומו ותהילתו של אינשטיין הם בעצמם תוצרים היסטוריים שיש להסבירם, ואולם החומר ההיסטורי הקיים על אודותיו בתחילת דרכו מועט בהרבה לעומת הכמויות שהלכו וגדלו כמעט עד אינסוף בהמשך הדרך. בידינו גם מספר רב של הצהרות ומכתבים מאוחרים, אשר בהם מסביר אינשטיין **בדיעבד** את מקורות רעיונותיו, את הקשר עם הניסוי של מייקלסון-מורלי, את היכרותו או אי-היכרותו עם עבודותיהם של מדענים אחרים והשפעתם עליו (מעניין במיוחד בהקשר הזה הוא פואנקרה), את הספרים שקרא כאיש צעיר (בנוגע לפילוסופים כמו יום ומאך) ועוד. זיכרונות של מקורבי אינשטיין מאותה תקופה מוסיפים מעט לתיאורים שלו עצמו. אולם מטבע הדברים, על אף העניין הרב שהצהרות של אינשטיין ומקורביו מעוררות, יש להתייחס אליהן במידת הזהירות והביקורת, והתיעוד ההיסטורי מעמיד לעתים בספק את מהימנותן.

לאור ההבדלים האלה בזמינות העדויות ההיסטוריות, איננו יכולים שלא להתפעל מן הכמות האדירה של כתיבה היסטורית על אודות התקופה של התורה הפרטית לעומת המיעוט הבולט (בייחוד לפני שנת 1990, כפי שנראה בהמשך) לגבי התורה הכללית. הסבר אפשרי אחד לפער הניכר הזה ניתן למצוא בקסם המיוחד של "השנה המופלאה", ובמרכזה דמותו של אינשטיין האלמוני הפורץ אל העולם האקדמי המתנכר



מקס פלנק (Planck), שנת 1929

היא עוסקת בשתי מערכות ייחוס הנמצאות בסוג מיוחד מאוד של תנועה הדדית, דהיינו תנועה "אינרציאלית" (כלומר, תנועה קצובה ובקו ישר). מסיבות פיסיקליות חשובות, עבר אינשטיין עד מהרה לחיפוש אחר תורת יחסות "כללית", דהיינו, תורת יחסות שבה מערכות הייחוס נמצאות בתנועה **מואצת** האחת ביחס לאחרת ("תנועה מואצת" פירושה כאן "לא אינרציאלית", וכוללות בה תנועה מואצת, מואטת, מעגלית, משתנה ועוד). תורה כזו חשובה, מעל לכל, משום שרק היא מאפשרת טיפול יחסותי בתופעת הגריטציה. אינשטיין עסק בפיתוח התאוריה המוכללת באופן אינטנסיבי בין השנים 1912 ו-1915, ולאחר השלמתה הוא הגדיר אותה בכל הזדמנות כ"הישג המדעי החשוב בחיי". אף פריצתו לתודעה הציבורית בשנת 1919 הייתה קשורה לתצפית אסטרונומית שאישרה ניבוי מרכזי של התורה המוכללת. ובכל זאת, הדימוי הציבורי של אינשטיין וההילה שנקשרה סביבו המשיכו לשאוב השראה בעיקר מפרשת התורה הפרטית ומן הרעיונות הנגזרים ממנה במישיר. דוגמא בולטת מן התחום הזה קשורה בעיסוק המתמיד בנוסחה המפורסמת $E = mc^2$, שאינשטיין מעולם לא ייחס לה משמעות גורלית, וודאי שלא דיבר עליה במונחים שבהם דיבר על תורתו הכללית. לעומת זאת, הנוסחאות של תורת היחסות הכללית, אותו הישג חשוב ביותר בחייו של אינשטיין לא מוצגות אף פעם בתיאורים פופולריים של התאוריה, בעיקר בשל מורכבותן המתמטית.

אלא שלא רק אצל ה"ציבור הרחב", כי אם גם אצל ההיסטוריונים של המדע המקצועיים, משכה התורה הפרטית תשומת-לב לאורך זמן במידה רבה יותר מהכללית. הדבר מוזר על פניו, לא רק משום החשיבות שעליה הצהיר אינשטיין לעתים כה קרובות, אלא גם, ובעיקר, כאשר מביטים על כמות החומר ההיסטורי הזמין למחקר שנוגע להיווצרות התורה הכללית.



אלברט אינשטיין, אשתו אלה וצ'רלי צ'פלין, שנת 1931

הצעד האחרון בגיבוש התורה הפרטית בשלביה הראשונים הגיע בשנת 1911 עם פרסומם של שני טקסטים שהיוו הצגה מסודרת, מקיפה ושיטתית של התאוריה, והפכו למעשה לספרי הלימוד (textbooks) המקובלים שלה. אחד הטקסטים נכתב על-ידי ארנולד זומרפלד (Sommerfeld), אשר התמקד בפיתוח ובהצגה שיטתית של השפה של מינקובסקי ככלי מרכזי לעבודה בתאוריה. זומרפלד היה המחבר האידאלי לספר כזה בשל קשריו האישיים והמדעיים הן עם אינשטיין והן עם מינקובסקי והסביבה המדעית שלו. הספר השני היה ספרו של מקס פון לאווא (von Laue), תלמידו של פלנק ולימים אחד מחבריו הטובים של אינשטיין. לאחר הופעתם של הטקסטים הללו הייתה תורת היחסות הפרטית לתורה מגובשת, עם שפה משלה, יסודות ברורים, תחומי חלות מוגדרים, ובעיות פתוחות להמשך המחקר.

כאן אולי המקום לציין, שמאמרו המקורי של אינשטיין משנת 1905 הופיע תחת השם: "על האלקטרודינמיקה של גופים נעים", שכן זו הייתה השאלה שבה עסק אינשטיין במאמרו – כרבים לפניו. מקום מרכזי במאמר תפס "עקרון היחסיות", הקובע שצורתם של כל חוקי הפיסיקה נשמרת קבועה בכל מערכת אינרציאלית. הייתה זו הרחבה של עיקרון ידוע עוד מתקופתם של גלילאו וניוטון, אלא שעד אז הוא נחשב כתקף לגבי חוקי המכניקה, ואילו אינשטיין ביקש להחילו גם על תחומים כמו אופטיקה וחשמל. העיקרון השני שעליו ביסס אינשטיין את מאמרו החדש היה "קביעות מהירות האור" הקובע, כי האור מתפשט בריק במהירות קבועה שאינה תלויה במהירות המקור. על כל פנים, המונח "תורת היחסות" נצמד לעבודתו של אינשטיין ולרעיונות הקשורים בה רק לאחר שנת 1905, והתקבע במשמעות זו בספריהם של זומרפלד ולאואה.

לו עם רעיונות חדשניים ובלתי-צפויים. תופעה זו סקרנה, וממשיכה לסקרן, פיסיקאים, היסטוריונים וציבור רחב של מתעניינים, הרבה יותר מאשר הפיתוח המורכב והמתמשך של הרעיונות ומהתהליך האיטי והמפותל של הפצתם בקהילה המדעית. הסבר אפשרי נוסף קשור לקושי הרב שמציבה התורה הכללית בהשוואה לפרטית, בייחוד בנוגע לטכניקות המתמטיות הדרושות להבנתה. קושי זה מגביל מראש את מספרם של ההיסטוריונים שמסוגלים לחקור לעומק את ההיסטוריה של התורה הכללית ושל הקוראים הפוטנציאליים של מחקר מעין זה, ואילו לגבי התורה הפרטית קושי זה קטן במידה ניכרת. ואולי דווקא המחסור במקורות היסטוריים מוצקים לגבי התורה הפרטית הוא הוא סוד המשיכה להיסטוריונים כה רבים, כיוון שהוא מאפשר חופש יצירה רב יותר בעבודה הפרשנית.

שלבים בהיסטוריוגרפיה

נפנה עתה לבחינת השלבים השונים שעברה ההיסטוריוגרפיה של תורת היחסות במאה שנים שחלפו מאז מאמרו הראשון של אינשטיין בשנת 1905.

1905–1911: תורת היחסות הפרטית – היסטוריה של משתתפים

לאחר פרסום מאמרו הראשון של אינשטיין החלו הרעיונות של תורת היחסות לחלחל אל תוך קהילת הפיסיקאים. בהדרגה פורסמו מאמרים אשר הרחיבו או ביארו את הרעיונות של אינשטיין, או בדקו את ישימות הרעיונות הללו לתחומים אחרים של הפיסיקה כגון תרמודינמיקה או התורה הקינטית של הגזים. אינשטיין עצמו היה, כמובן, בין המפרסמים, אך הוא לא היה היחיד. הצטרפותו של מקס פלנק, גדול הפיסיקאים הגרמנים דאז, פרסום מחקרו על תרמודינמיקה יחסותית ומתן אישור מצדו לחשיבות הרעיונות היחסותיים בכלל, היו ללא ספק אחת מנקודות המפנה בהתקבלותה של התאוריה ושל אינשטיין עצמו בקרב קהילת הפיסיקאים.

בשנים 1907–1908 ניסח המתמטיקאי הרמן מינקובסקי (Minkowski) מחדש את תורת היחסות הפרטית במסגרת שפה מתמטית ייעודית, שהאירה היבטים חדשים ומעניינים של התאוריה. בתגובתם המידית, אינשטיין וכמה מחבריו הפיסיקאים לא אהבו את הניסוח של מינקובסקי וראו בו "למדנות מיותרת" אשר הסתירה את האינטואיציה הפיסיקלית הבסיסית שהובילה אותו אל התאוריה במקור. בימיו של אינשטיין כסטודנט בציריך היה מינקובסקי אחד ממוריו, נחשב למתמטיקאי מבריק והיה מורה נערץ. אינשטיין, שהיה תמיד עצמאי בדעותיו ובטעמיו, לא אהב את שיעוריו של מינקובסקי ולא הרבה לפקוד אותם. גם מינקובסקי לא התרשם במיוחד מכישוריו של התלמיד והפתעתו הייתה רבה כאשר קרא את עבודתו בשנת 1905. הוא היה בין הראשונים להבין את עומק השלכותיה. בסופו של דבר גם אינשטיין נאלץ להבין, שללא הניסוח המתמטי של מינקובסקי אין אפשרות להתקדם בפיתוח התאוריה, בייחוד במה שנוגע לניסוח אפשרי של התורה הכללית.

כל הטקסטים שנכתבו בתקופה שבין שנת 1905 לשנת 1911, לרבות המחקרים של אינשטיין עצמו, והטקסטים של מינקובסקי, זומרפלד ולאואה, מהווים גם שלב היסטוריוגרפי ראשון לעיסוק בתולדות התאוריה, שלב שניתן לכנותו "היסטוריה של משתתפים". היסטוריוגרפיה זו באה לידי ביטוי בהקדמות לספרים ולמאמרים, במכתבים שהוחלפו בין כל המשתתפים הללו, ואף בתוכן המדעי של העבודות עצמן (על-ידי אימוץ של סימונים, שמות ורכיבים אחרים בניסוח הבעיות וההסברים). כתבים אלה שימשו נקודת מוצא לעיצוב התודעה ההיסטורית סביב תורת היחסות. הובעה בהם דעה, במפורש ובמובלע, על רוב הנושאים ההיסטוריוגרפיים שהזכרתי לעיל. מטבע הדברים, כל משתתף בשלב הזה של הדיון הדגיש את הנקודות החשובות בעיניו, מקורות שהשפיעו בעיניו על התפתחות הרעיונות, וכן הלאה. במבט לאחור ניתן לראות בבירור כיצד הושפעה ההיסטוריוגרפיה של הדורות הבאים במישרין מאחדים מן הטקסטים האלה. מאידך גיסא מעניין לציין, שרק לאחרונה הפנו היסטוריונים זרקור אל עבר פרק זה של ה"היסטוריה של משתתפים" ונתנו דעתם לחשיבותו בעיצוב התודעה ביחס לתאוריה – חשיבות אשר לא אוכל לדון בה כאן בהרחבה מחמת קוצר היריעה.

1916–1921: תורת היחסות הכללית – התפתחות והיסטוריה של משתתפים

בדומה לקודמו, גם השלב השני בהיסטוריוגרפיה של תורת היחסות ניתן להגדרה כ"היסטוריה של משתתפים", אשר מביאה לידי ביטוי את נקודת המבט האישית של כל אחד מן המעורבים לגבי תרומתו והדגשיו בראיית התאוריה והתפתחותה. אלא שמדובר בשלב שונה במובנים רבים, ולו מהסיבה הפשוטה שבשנים הרלבנטיות כבר היה אינשטיין פסיקאי ידוע למדי, ורעיונותיו היוו מקור משיכה למדענים מוכשרים אחרים אשר הבינו את חשיבותם ורצו ליטול חלק פעיל בפיתוחם. יתר על כן, החל משנת 1919, הפך אינשטיין לכוכב בינלאומי בעל מוניטין מדעי וחוף-מדעי כאחד, בקנה מידה שלא נודע כמותו לגבי שום מדען אחר לפניו או אחריו. את הצעדים הראשונים לקראת הכללת התאוריה והחלתה על תופעת הגרביטציה עשה אינשטיין עוד בשנת 1907, אך לא הקדיש לכך מאמצים של ממש אלא לאחר שנת 1912. אבל עוד בשנת 1911 הוא הגה ניסוי מחשבתי חשוב ביותר, אשר יהווה אבן דרך חשובה לקראת פיתוח התאוריה – הלא הוא הניסוי של הדיסק המסתובב. מסיבות טכניות (שלא כאן המקום לדון בהן) הבין אינשטיין בשלב זה, כי על מנת להצליח במשימה של ניסוח תאוריה מוכללת עליו להתבונן על העולם בראייה גאומטרית שונה מזו המקובלת, דהיינו בזו הנקראת בפי מתמטיקאים "גאומטריה לא-אוקלידית". ניסוחו של מינקובסקי התברר כהכרחי לצורך העניין הזה, אך מעבר לו היה אינשטיין זקוק לכלים מתמטיים נוספים שהיו אז מעבר לידיעותיו.

בשנת 1912 עבר אינשטיין לציריך, שם קיבל מינוי אקדמי במכון הטכנולוגי היוקרתי שבו למד בעבר. בין עמיתיו החדשים פגש אינשטיין את ידידו לספסל הלימודים, המתמטיקאי מרסל גרוסמן (Grossmann), והחל בשיתוף פעולה חשוב ביותר עמו.

התמזל מזלו של אינשטיין, שאותו מרסל גרוסמן היה מומחה גדול בתחום הקרוי "חשבון הֶטְנֹזִירִים" – בדיוק התחום המתמטי שהיה נחוץ לו לשם יישום התובנה בדבר הצורך בשימוש בגאומטריות לא-אוקלידיות על מנת להצליח להכליל את תורתו ולהחילה על הגרביטציה. המסורת המתמטית שבתוכה פעל גרוסמן הייתה ייחודית למדי, ולא היה זה מובן מאליו שאינשטיין יגיע מהר כל-כך ובאופן ישיר אל האדם הנכון שיוכל לסייע לו בהקשר זה.

גרוסמן השכיל להבין את הבעיה של אינשטיין ולכוון אותו באופן ברור לכלים המתאימים. אינשטיין השכיל מצדו ללמוד היטב את המתמטיקה הרלבנטית. לאחר חודשים ארוכים של עבודה אינטנסיבית, פרסמו שני החברים בשנת 1913 תוצאות ראשונות במחקרם המשותף, תחת הכותרת "טייטה לתורת יחסות מוכללת ולתורה גרביטציונית". לאינשטיין היה ברור מן הרגע הראשון, שיש בטייטה זו בעיה יסודית אחת, ובשלב זה הוא לא ידע לפתור אותה. כל מאמציו האינטלקטואליים בשנתיים הבאות הוקדשו לניסיון להתגבר על אותה בעיה, ולהגיע לניסוח תורה מוכללת לפי הדרישות שקבע לעצמו. "מחברות ציריך" של אינשטיין מעידות באופן מפורט מאוד על הלבטים הקשים שלו בשנים הללו בנוגע לדרך הנכונה לנסח את התאוריה. הן מראות את המורכבות של השיקולים המתמטיים, הפיסיקליים התאורטיים והאמפיריים, שעמדו לפניו בשנים הללו וגרמו לו לשנות פעמים רבות את דעתו בדרך אל הניסוח המדויק.

בשנת 1914 התפרסמו בגרמניה תאוריות חדשות אחדות לגבי הטיפול היחסותי בגרביטציה, בידי פיסיקאים כמו מקס אברהם (Abraham), גונאר נורדשטרם (Nordström) וגוסטב מי (Mie). קיומן של תורות רבות סביב אותה שאלה הוביל לדיון ער ונוקב לעתים בין הפיסיקאים האלה לבין אינשטיין, וחייבו אותו לחדד חלק מהרעיונות המרכזיים של תורתו. כמו כן, אינשטיין קיים בשנים אלה תכתובת מעניינת ופורייה עם כמה מתמטיקאים איטלקים, ובראשם טוליו לוי-צ'יוויטה (Levi-Civita), אשר השמיעו ביקורת חשובה על פרטים מתמטיים בעבודתו של אינשטיין. שיח ושיג זה התברר כחיוני בדרכו אל הניסוח הנכון של התאוריה, ניסוח שאליו הגיע רק בנובמבר 1915.

השלב האחרון והמכריע בדרכו של אינשטיין אל תורת היחסות הכללית התרחש בקיץ של 1915, כאשר ביקר בעיר גטינגן (Göttingen) בגרמניה. גטינגן הייתה אחד המרכזים החשובים למדעים המדויקים בעולם החל מהעשור האחרון של המאה התשע-עשרה ועד עליית הנאצים לשלטון בשנת 1933. תחת הנהגתם המזהירה של המתמטיקאים פליקס קליין (Klein) ודייוויד הילברט (Hilbert), הפכה גטינגן למוקד עלייה לרגל לכל צעיר ששאף לקריירה במתמטיקה, בפיסיקה או בכימיה. כך, למשל, מהלכים מרכזיים במהפכה של מכניקת הקוונטים, אשר שינתה את פניה של הפיסיקה במאה העשרים, התרחשו בגטינגן בשנים 1926–1928, וזו רק דוגמא אחת. בכל רגע נתון אפשר היה למצוא בעיר אוסף של כישרונות מדעיים שלא היה כמותו בשום מקום אחר בעולם. במקרה של אינשטיין וניסיונותיו להשלים את תורתו המוכללת, הדבר היה נכון שבעתים. דווקא בעת ביקורו, יש לציין, היה הקהל שהאזין להרצאותיו

מצומצם באופן יחסי, שכן רבים מן הצעירים היו אז מגויסים לצבא ונלחמו בחזיתות השונות. אף-על-פי-כן, הביקור היה לאינשטיין בגדר הזדמנות מיוחדת להציג את התורה, לפרוש את הבעיות הלא-פתורות, ולקוות לחילופי רעיונות שיובילו אותו לפתרונות אפשריים.

חשובה במיוחד לגביו הייתה נוכחותו של הילברט, שעשה עליו רושם רב ועמו קשר קשרי ידידות אישית ומדעית עמוקים. הקשר בין השניים נמשך במכתבים והגיע לשיאו בנובמבר 1915, כאשר אינשטיין, שנהג בדרך-כלל להתכתב במקביל עם רבים מחבריו, הקדיש את כל כתיבת המכתבים באופן אינטנסיבי וכמעט בלבדי לקשר עם הילברט ולבעיות של תורתו. באותו חודש נובמבר הציג אינשטיין בארבע פגישות שבועיות רצופות של האקדמיה בברלין גרסאות של התורה המוכללת. בשלושת הניסיונות הראשונים התגלו עדיין בעיות, ורק ברביעי, ב-25 בנובמבר 1915, הציג סוף-סוף אינשטיין את "משוואות השדה" הנכונות והשלמות של תורת היחסות המוכללת. אינשטיין כתב מיד לחברו זומרפלד במינכן וביתר לו, שהייתה זו התקופה המתישה והמאושרת יותר בחייו. "זהו ההישג החשוב בחיי", כתב.

באותו חודש נובמבר הציג גם הילברט בגטינגן משוואות שדה לתורת היחסות, ארבעה ימים לפני הניסוח הסופי של אינשטיין, ב-20 בנובמבר 1915. שלושה חודשים לאחר מכן, כאשר פורסמו המשוואות שהילברט הציג, נוצר הרושם שהילברט הקדים את אינשטיין בניסוח הנכון של המשוואות. פרשה מעניינת זו העסיקה לאורך השנים את ההיסטוריונים ורק לאחרונה נמצאו בארכיונים מסמכים חדשים השופכים אור מעניין עליה, והוויכוח ניצת מחדש. לענייננו חשובה העובדה, שהילברט הגיע למשוואות שלו בדרך שונה מזו של אינשטיין. קיומה של חלופה כגון זו של הילברט הרחיב במובנים מעניינים את נקודות המבט על התאוריה, ובאותו אופן את המבט על תולדות התאוריה, כפי שהיא באה לידי ביטוי בהיסטוריה של המשתתפים בניסוחה.

השנים 1916 עד 1921 היו השנים הראשונות של פיתוח תורת היחסות הכללית כתורה העומדת בפני עצמה, עם שפה משלה, קנון מושגים ושיטות, ובעיות פתוחות שיש להתמודד עמן. כמו במקרה של תורת היחסות הפרטית לאחר שנת 1905, גם כאן הצטרפו רבים למלאכה ותרמו את תרומתם בדרכים שונות. גם הפעם היה אינשטיין התורם המרכזי, אבל היו גם טובים ורבים אחרים, ביניהם אנשי גטינגן (ולא רק הילברט) שהיו מעורבים באינטנסיביות רבה. נוסף על כך, שנת 1918 מציינת את תחילתה של התפתחות מדעית חשובה ביותר, שהשלכותיה שרירות עד עצם היום הזה: ה"קוסמולוגיה היחסותית", כלומר, שימוש ברעיונות תורת היחסות הכללית להסבר מדויק של מבנה היקום. בהקשר זה מצא אינשטיין את עצמו בוויכוח חריף, אם כי ידידותי, עם הפיסיקאי ההולנדי וילם דה-סיטר (De Sitter), ובמסגרתו הוא העלה רעיון חדש של ה"קבוע הקוסמולוגי", שאותו יגדיר מאוחר יותר כ"טעות האומללה ביותר בחיי" (אם כי לאחרונה חוזר הרעיון ומקבל תשומת-לב מחודשת מצד פיסיקאים).

ב-6 בנובמבר 1919 נמסרו בשיבה חגיגית של "החברה המלכותית בלונדון" תוצאותיו של מסע לתצפית אסטרונומית,

בראשותו של ארתור אדינגטון (Eddington), שממצאיו איששו לכאורה ניבוי מרכזי ומפתיע של תורת היחסות הכללית של אינשטיין. בעקבות כך זכה אינשטיין בן-לילה במעמד של כוכב תקשורת בינלאומי והפך לדמות האיקונית של המדע המודרני על ערכיו, הישגיו ותקוותיו. מהלכי ההיסטוריה מאז שנת 1919 ועד יום מותו של אינשטיין בשנת 1955 ואף לאחריה, רק העצימו את דימויו הציבורי ואת ההילה שנקשרה סביבו. לא אוכל לתאר כאן את האירוע ההיסטורי המעניין הזה בשלמותו, ואת השלכותיו מרחיקות הלכת גם על ההיסטוריוגרפיה. חשוב לציין לפחות, שאופן הדיווח העיתונאי על תוצאות התצפית, גם בגרמניה וגם באנגליה ובארצות-הברית, היה חריג וחסר-תקדים הן בהיקפו והן בשבחים המופלגים שהורעפו על הכוכב הנולד. הכותרות בישרו על לידתו של סדר קוסמי חדש ועל הפיסיקאי הברלינאי אשר חשף אותו בפני האנושות כולה בדמות תורה מסתורית שאך מעטים יכלו להבין. תגובת העיתונות והשלכותיה נעוצות לא רק בדמותו המרתקת של אינשטיין ובטיב הישגיו, אלא גם בסוג חדש של עיתונות שהתפתח בשנים אלה. השילוב הלא-שגרתי של אקלים תרבותי-פוליטי מסוים, שכלולים ניכרים ביכולת הגרפית של העיתונות ובמהירות ההפצה, וכן הרכיב הפוטוגני כל-כך בדמותו של אינשטיין, הוא שעמד ביסודה של התופעה המעניינת של פרסומו המפתיע של אינשטיין. נושא זה ראוי למאמר נפרד.

בכתיבה של המשתתפים בתקופה זו אנו מוצאים עדויות מעניינות לניסיונות להבליט היבטים שונים של התורה ואת תרומתם האישית לתאוריה. כך למשל, כאשר הכין אינשטיין בתחילת שנת 1916 הצגה שיטתית מפורטת ראשונה של תורתו החדשה, הוא כתב פרק אחרון ובו גזר את המשוואות על-פי דרכו של הילברט, אך פרק זה נשאר בכתב-יד ולא פורסם מעולם. כך התוודע העולם המדעי לתורה על-פי הגישה המקורית והמסורבלת במעט של המאמרים הראשונים של אינשטיין, על אף שאינשטיין שקל לפחות להציגה בדרך של הילברט. בהצגה חשובה אחרת של התאוריה, זו של וולפגנג פאולי (Pauli), שראתה אור בשנת 1920, הציג פליקס קליין לפאולי לכוונת את המשוואות בשם "הילברט-אינשטיין", ופאולי, מדען צעיר מאוד בתחילת דרכו, לא סירב להצעה. הרמן וייל (Weyl) לעומת זאת, שהיה תלמידו הבכיר של הילברט, וכתב את הספר המשפיע ביותר על תורת היחסות בתחילת הדרך (*Raum-Zeit-Materie*, 1918), לא הזכיר את הילברט כלל ואף ביקר בחריפות את גישתו במכתב לאינשטיין. הילברט מצדו פרסם כמה מאמרים נוספים, שבהם הדגיש את תרומתו שלו ואת חשיבותה. אך מצד שני הוא הפך לגורם הפעיל ביותר בהפצת התאוריה, בייחוד בהרצאותיו המפורסמות שבהן נכחו מאות סטודנטים. גם כאשר הזכיר את תרומתו שלו בניסוח המשוואות, הדגיש הילברט באופן עקבי ובולט את התורה כפרי עבודתו הייחודית של אינשטיין, וכינה אותה ללא הרף "היצירה הגדולה ביותר של הרוח האנושית".

כמו במקרה של התורה הפרטית, רק לאחרונה הבחינו היסטוריונים בקיומו של רכיב היסטוריוגרפי בולט בין משתתפי השלב הזה של פיתוח התאוריה, ובחשיבות הרכיב הזה בעיצוב התודעה ההיסטורית של הדורות הבאים.

1921–1970: זיכרונות וביוגרפיות של מקורבים

זינוקו המטאורי של אינשטיין אל התודעה העולמית כגאון החדש של המדע מציין את יריית הפתיחה למסורת ארוכת-שנים של כתיבה על אינשטיין האיש ועל הישגיו, שניתן לאפינה כהגיוגרפית וכבלתי-ביקורתית ביסודה. היא נבלעת ברובה בתוך זרם בלתי-פוסק של זיכרונות של מקורבים, השוטחים את הסיפור ההרואי של תורת היחסות מנקודת מבטם. מדובר בעיקר בתיאורים פופולריים שנכתבו על-ידי ידידים או מכרים, ואשר עוסקים רק לעתים רחוקות בנינוח מעמיק של הרעיונות המדעיים של אינשטיין. ספרים אלה טיפחו באופן שיטתי את פולחן האישיות של אינשטיין, שהוצג בעקביות כגאון כמעט קדוש, בייחוד בשלושים וחמש השנים האחרונות בחייו. אתאר כאן בקצרה כמה נקודות חשובות העולות בשלושה מן הספרים של התקופה הזו.

בין הביוגרפיות המוקדמות של אינשטיין, ראוי לציון ספרו של פיליפ פרנק משנת 1947, **אינשטיין, חייו ותקופתו** (Ph. Frank, *Einstein, his Life and Times*). פרנק היה פרופסור לפיסיקה שקיבל את משרתו של אינשטיין בפראג בשנת 1913 לאחר שהלה עבר לציריך. שנים לאחר מכן, כשהיו שניהם בארצות-הברית, הם דנו רבות באופן המיוחד שבו זכתה תורת היחסות לתהודה ציבורית רחבה כל-כך, וכיצד התערבבו האירועים הפוליטיים והתרבותיים של התקופה בדימוי הציבורי של הרעיונות המדעיים. דיונים אלה הובילו לפרסום הספר, ואינשטיין אף הכין לו הקדמה שלא פורסמה משום-מה, ובה כתב:

מעולם לא הבנתי מדוע תורת היחסות, שמושגיה ובעיותיה מרוחקים כל כך מחיי היום-יום, מצאה הד כה מודגש ואף סוער בחוגים כה רחבים ולאורך זמן כה ממושך. מאז תקופתו של גלילאו לא היה כדבר הזה. אלא שאז עברה הראייה הרשמית של הכנסייה הקתולית לגבי מקומו של האדם ביקום טלטלה עזה, ולכן מדובר באירוע בעל משמעות עמוקה מבחינת ההיסטוריה הפוליטית והתרבותית. ואילו תורת היחסות עוסקת בניסיון לחדד מושגים פיסיקליים ולפתח מערכת של היפותזות פיסיקליות שתהיה שלמה מבחינה לוגית. איך ייתכן שניסיון כזה גרם לתגובה כה עמוקה לאורך זמן כה רב?

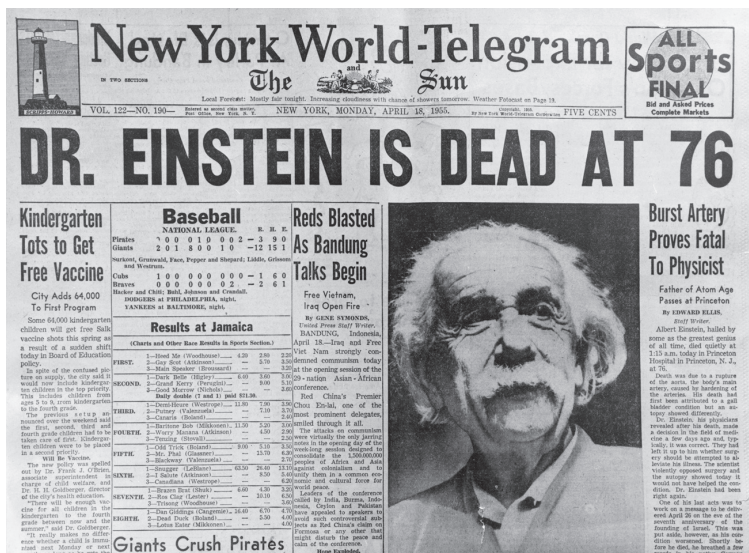
הניתוח של פרנק את הרקע של המתנגדים לתורת היחסות מיד לאחר מלחמת העולם הראשונה הטביע חותם משמעותי על ההיסטוריוגרפיה. בראש המתנגדים הוא זיהה את קבוצת האנטישמנים והתועמלנים מן הימין הקיצוני. אלה ראו באינשטיין מנהיג של קבוצה מסוכנת של אינטלקטואלים קוסמופוליטיים, המנסים לערער על ערכים מסורתיים של התרבות הגרמנית באמצעות הטענה ש"הכול יחסי" (טענה שאין לה כל קשר לתורת אינשטיין, כמובן). הם לא ידעו מאומה על תורתו, אך הדגישו את מוצאו היהודי של אינשטיין, את נטיותיו הפציפיסטיות ואת האהדה שזכה לה באנגליה. לצד קבוצה מרכזית ומובילה זו, מנה פרנק שתיים נוספות: פיסיקאים חסרי-מעוף מדעי ופילוסופים בעלי דעות מיושנות. פרנק תיאר אותם כחבורה של תמימים מבחינה פוליטית, אשר שירתו את הסילופים של הקבוצה הראשונה על אף טענתם, שהביקורת שלהם כלפי תורות אינשטיין נבעה ממניעים מדעיים

ולא פוליטיים. בעקבות פרנק התעלמה ההיסטוריוגרפיה במשך זמן רב ובעקביות מכל אותה ביקורת מדעית עניינית ומעמיקה שהופנתה כלפי התאוריות של אינשטיין גם על-ידי מי שאהדו אותה באופן עקרוני. הסוגיות החשובות האלה נעלמו אל תוך ראייה פשטנית, שהתמקדה בהיבטים האידאולוגיים של הוויכוח בין תומכיה של תורת היחסות ומתנגדיה, בייחוד על רקע ההיבטים האנטישמיים המובהקים שנלוו אליו מן ההתחלה.

ספר שני שחשוב להזכיר בהקשר זה הוא **אלברט אינשטיין: פילוסוף-מדען** (Albert Einstein: Philosopher-Scientist) שערך בשנת 1949 הפילוסוף פאול שילפ (Schilpp). ספר זה היה בין הגורמים העיקריים ליצירת דמותו של אינשטיין כקדוש חילוני, לרבות התמונה המפורסמת של הצלם יוסף קארש (Karsh) המאירת אותו (עמ' 59). אינשטיין עצמו תרם לספר תקציר אוטוביוגרפי. שילפ ראה בכך הישג, שכן "כל מי שמכיר את אינשטיין באופן אישי מודע לביישנותו הקיצונית ולענותו הכנה". שילפ טען, שאלמלא האופי המיוחד של ספרו "קשה להאמין שהיה סיכוי של אחד לעשרת אלפים לקבל אוטוביוגרפיה מידיו של פרופסור אינשטיין". אלא שבפועל מצא כאן אינשטיין הזדמנות טובה לקבץ ולסכם בצורה מאורגנת דברים שאמר וכתב בפורומים שונים במרוצת שנים רבות.

למעט התייחסות לימי ילדותו ונעוריו, מתאר אינשטיין את מהלך חייו כמעט ללא רכיבים אישיים, וכתהליך המקביל להתפתחות הפיסיקה התאורטית מאז שנת 1900. תפקידה של החשיבה הטהורה מקבל בטקסט מקום מרכזי, בלבדי כמעט. אינשטיין אפילו מתאר את הטקסט כ"הספד", שכן "מהותו האנושית של אדם כמוני נעוצה במה שהוא חושב ובאופן שבו הוא חושב, ולא במעשיו או בסבלו". יתר על כן, דרך חשיבתו מתוארת כתהליך רעיוני טהור ומנותק, שבו אין לתקשורת הבינאישית עם עמיתים תפקיד כלשהו. אף אחד מחבריו ושותפיו לאורך השנים אינו מוזכר, ועל אחת כמה וכמה שלא מבקריו. לעומת זאת, הוא מונה מספר הוגים מרכזיים אשר השפיעו עליו: מאך, הרץ, לורנץ, פלנק. אינשטיין מופיע כאן באופן המובהק ביותר כגאון הבודד והמבודד, הנאבק בגבורה עילאית ובכוח מחשבתו בלבד ליד שולחן העבודה, בבעיות הכבירות שהורישו לו האבות הקדומים.

ספר יוצא דופן למדי הוא ספרו של סר אדמונד וויטאקר (Whittaker) על תולדות תאוריות החשמל והאתר. הכרך השני, שיצא לאור בשנת 1953, כולל פרק על תורת היחסות והתפתחותה תחת הכותרת "תאוריית היחסות של לורנץ ופואנקרה". כבר בה אנו רואים את האופן המיוחד שבו מציג הספר את תרומתו של אינשטיין ליצירת התאוריה כשולית. לאמתו של דבר, וויטאקר, מדען בעל שם בפני עצמו, לא הביא נימוקים משכנעים או מסמכים חדשים לחיזוק השקפתו. הפרק הזה בספרו התמיה קוראים רבים ושימש בו בזמן נקודת התייחסות קבועה למי שחפש ביקורת אפשרית על אינשטיין. מכל מקום, שאלת קדימותו של פואנקרה לאינשטיין הוסיפה להעסיק היסטוריונים עד ימינו, על אף שהתמונה נראית ברורה למדי. לשאלה זו הייתה תרומה חשובה בהיסטוריוגרפיה, כיוון שהיא העמיקה את המחקר על אודות המייחד את חשיבתו של אינשטיין לגבי החלופות שעמדו בפני הפיסיקאים בשנת



1905. היא גם הובילה לניסוח השערות נוספות לגבי דרכו של אינשטיין אל התאוריה שלו.

1970 — מחקרים היסטוריים חדשים: הגל הראשון
שנות השבעים של המאה העשרים היו פוריות להיסטוריה של המדע בכלל ולהיסטוריה של תורת היחסות בפרט. מבחר חשוב מאוד של חיבורים ראה אור בתקופה זו וסימן את תחילתו של מחקר היסטורי של ממש בתחום. לראשונה עמדה מאחורי הכתיבה ההיסטורית על אודות תורת היחסות בחינה ביקורתית ומדוקדקת של מקורות ראשוניים, בעיקר של מקורות שפורסמו בזרם המרכזי של הספרות המדעית הרלבנטית. כמו כן, לראשונה הופיעה כחלק מן המחקר התייחסות שיטתית למסמכים מקוריים אחרים ואף כאלה שטרם ראו אור.

החוקרים הקשורים בגל הזה נקטו בעיקר בגישה הקלסית של "תולדות הרעיונות", וניתחו את הרקע הרעיוני ואת התרומות המרכזיות של כל מדען ושל כל מאמר שפורסם, תוך פנייה מועטה באופן יחסית להקשר המוסדי וההיסטורי הרחב יותר. יתר על כן, הם המשיכו (אמנם בכלים היסטוריים משוכללים יותר ומתוך עמדה מבוקרת יותר) את המסורת שהעמידה את אינשטיין ואת מאמרו משנת 1905, באופן כמעט בלבדי, במרכז הדיון ההיסטורי על תורת היחסות. מרבית המחקרים מן התקופה הזו בחנו את כל התרומות האחרות, לעתים לרבות אלו של אינשטיין עצמו, באמצעות מספר מצומצם של שאלות שאפשרו פרספקטיבה צרה מאוד: עד כמה תרמו עבודות אלה לפריצת הדרך בשנת 1905? עד כמה הבינו החוקרים המעורבים את פריצת הדרך של אינשטיין? ועד כמה עזרו לפתח ולהוציא אל הפועל את הפוטנציאל העצום הגלום בה? גישות אחרות אשר התפתחו במקביל לתפישותיו של אינשטיין, או של מוטיבציות אחרות לחקר שאלות שהתבררו בדיעבד כקשורות לתורת היחסות, נבדקו לרוב מתוך הזווית של תאוריית היחסות בלבד ובייחוד מן הזווית של המאמר משנת 1905. השאלה החשובה בעיניהם הייתה: במה דומות תורות אלה לתורתו של אינשטיין ומדוע לא השכילו מפתחיהן להגיע אל תובנות דומות לאלה של אינשטיין? ביקורת על אינשטיין או התעלמות ממאמריו נחשבו לבורות גרידא או נחשדו במניע אנטישמי ותו לא. בתקופה זו נכתב אף מעט מאוד, אם בכלל, על תורת היחסות הכללית, כפי שהוסבר לעיל.

משנת 1982 עד שנת 1987

נקודת מפנה בהיסטוריוגרפיה מציינת הופעתה של ביוגרפיה פרי עטו של אברהם פייס (Pais) בשנת 1982, **עדין הוא האל** (*Subtle is the Lord*). פייס היה פיסיקאי נודע בזכות עצמו בתחום פיסיקת החלקיקים. כמו רבות אחרות לפניה, גם הביוגרפיה של פייס אוהדת עד מאוד לאינשטיין האיש והמדען. עם זאת ניכר בה מאמץ רציני לשמור על ריחוק ראוי בכתיבה. שלא כמו ביוגרפיות קודמות, שנכתבו על-ידי מקורבים אחרים או על-ידי מעריצים למיניהם, ספרו של פייס מבוסס על שימוש נרחב ושיטתי במקורות ארכיוניים בלתי-ידועים לצד הספרות ההיסטורית המשנית שהצטברה עד אז. להבדיל מכל קודמיו שרטט פייס תמונה כוללת ומאוזנת של **כל** תחומי עבודתו

כותרת בעיתון **ניו יורק וורלד סלגרם** המכריזה על מותו של אינשטיין בגיל 76, שנת 1955

של אינשטיין, ומאמריו משנת 1905 מוצגים רק כחלק (חשוב אמנם) מן הסיפור כולו. הפרק המעניין והחשוב של המעבר מן התורה הפרטית אל הכללית נסקר בספרו של פייס לראשונה בפרספקטיבה היסטורית רחבה.

חמש שנים לאחר ספרו של פייס הופיע הכרך הראשון של מפעל היסטוריוגרפי ראשון במעלה, המהדורה המדעית של כל כתבי אינשטיין (*The Collected Papers of Albert Einstein – CPAE*), אשר העבודה עליה עודנה בעיצומה (לאחרונה פורסם הכרך השיעי במהדורה המכסה רק את התקופה עד אמצע שנת 1920). הכרכים הללו סוקרים באופן השיטתי ביותר הן את פרסומיו והן את מכתביו של אינשטיין, תוך ביאור מדוקדק ביותר העושה שימוש בכל הקורפוס המחקרי-ההיסטורי הרלבנטי. כתוצאה מכך קורפוס זה מוסיף ומתרחב בקצב מואץ מאז שנת 1987. מפעל זה חשיבותו רבה לאין ערוך, ולא רק לגבי חקר אינשטיין ותורת היחסות, אלא לגבי כל תולדות המדע במאה העשרים, ואף מעבר לכך. הופעת ה-CPAE מסמלת יותר מכול את תחילתה של היסטוריוגרפיה של תורת היחסות ושל חייו ומפעלו של אינשטיין.

בין הממצאים המפתיעים ביותר שנכללו בכרך הראשון של כתבי אינשטיין היה אוסף בלתי-ידוע עד אז של מכתבים בין אינשטיין לבין אשתו הראשונה, מילווה מריץ (Mileva Maric), מכתבים שנודעו מאז כ"מכתבי האהבה". המכתבים פורסמו גם בנפרד, בספר שראה אור בשנת 1992 והגיע כך לתודעה של ציבור רחב. מדובר במכתבים אישיים, שנשמרו בידי משפחתו של הנס אלברט, בנו הבכור של אינשטיין ולימים פרופסור להנדסה בקליפורניה. פרסום מכתבי האהבה היווה נקודת מפנה בכתיבה על אינשטיין בגלל התמונה האנושית, המורכבת והרב-ממדית שהצטיירה מהם. המכתבים החזירו לאינשטיין, אפשר לומר, ממדים אנושיים ובכך העצימו במובנים חשובים את משמעות הגישו.

אינשטיין הכיר את מילוה כסטודנטית בציריך בשנת 1896. היא הייתה סרבית, מבוגרת ממנו בארבע שנים וסבלה מצליעה קלה. אמו של אינשטיין התנגדה באופן נחרץ לקשר עמה מהיום הראשון. המכתבים חושפים, שמילוה הרתה לאינשטיין בשנת 1901 ונסעה לבית אמה בסרביה, שם ילדה את "ליזל". הילדה נמסרה כנראה לאימוץ ועקבותיה נעלמו. מאוחר יותר, בזמן שהיה בוחן פטנטים בברן, עלו היחסים בין השניים על שרטון והגיעו לידי גירוש, שהיו מלווים במערכת יחסים עכורה במיוחד. התמונה שעולה מן המכתבים של אינשטיין כבעל וכאב היא לא-מחמיאה ביותר. ממד נוסף במכתבים נוגע לאפשרות שהיה שיתוף פעיל בין אינשטיין למילוה בכתיבת המאמרים של "השנה המופלאה". היו מי שטענו על בסיס המכתבים הללו, שמילוה עזרה לאינשטיין והוא לא טרח להזכיר את שמה בפרסום. היו אף מי שהרחיקו לכת וניסו לשכנע, שכל הרעיונות של שנת 1905 היו בעצם של מילוה ובכך נחשף ביטוי נוסף של אינשטיין כפולגיטור בלתי-נלאה. כיום מקובל על רוב ההיסטוריונים הטיעון, שאינשטיין מצא אמנם אוזן קשבת אצל מילוה, כמו אצל חבריו הקרובים האחרים דאז, לליבון כמה רעיונות מרכזיים בעת היווצרותם, אך לא יותר מכך. מה גם שמילוה עצמה, על אף כל המרירות והכעס שנוצרו בין השניים בייחוד סמוך לגירושין ואחריהם, לא טענה מעולם שהיה לה חלק ביצירת התאוריה או שהעניקה לבעלה תמיכה ישירה בשלב כלשהו. אולם ברמה האישית, לאחר פרסום מכתבי האהבה אבדה לתמיד דמותו של אינשטיין כקדוש חילוני. דמותו של אינשטיין הצעיר, איש שאפתן ויפה-תואר, שעליה האפילה עד אז הדמות המוכרת יותר של אינשטיין המבוגר בעל המבט המהורהר, תפסה מעתה מקום של כבוד בקדמת הבמה.

נקל יהיה עלינו להבין עד כמה פרסומם של מכתבי האהבה בשנת 1987 היה בגדר תפנית בהתייחסות ההיסטוריוגרפית לדמותו של אינשטיין, אם נביא בחשבון את המאמצים הפעילים למנוע פרסום כזה לאורך שנים. אינשטיין הלך לעולמו בשנת 1955 וציווה את עזבונו המדעי לאוניברסיטה העברית בירושלים. כנאמנים שותפים, המשגיחים על הנעשה בתוכן העיזבון, פעלו הלן דוקאס, מזכירתו הנאמנה של אינשטיין במשך שנים רבות, וחברו הטוב אוטו נתן. הם הקפידו מאוד, לפי בקשתו המפורשת של אינשטיין ומתוך הערכה למעמדו ולמוניטין הבינלאומיים שלו לאחר שנת 1930, להפריד הפרדה גמורה בין ההיבטים המדעיים להיבטים האישיים. תגובתם לאפשרות של פרסום המכתבים העידה על כך בבירור. עוד בשנת 1958 הגיעה אליהם ידיעה על כך, שפרידה, אשתו של הנס אלברט, כותבת ספר על מילוה, ובו היא מתכוונת לצטט מתוך מכתבים אישיים. דוקאס ונתן מנעו את פרסום הספר. לאחר מותה של דוקאס בשנת 1982 שמע ג'ון סטצ'ל (Stachel), אז עורך ראשי של ה-CPAE בהתהוות, על קיומם של המכתבים ואיתר בברקלי את אוולין, בתם המאומצת של פרידה והנס אלברט. בידיה נמצא כתב-היד המקורי של הספר של פרידה, אך לא המכתבים. לאחר חיפוש מפותל נמצאו בכספת ארבע-מאות מכתבים אישיים אשר הוחבאו על-ידי אליזבט, אשתו השנייה של הנס אלברט. פרסום הכרך הראשון של CPAE נדחה כדי לאפשר הכללת המכתבים, שגם

פורסמו כאמור בנפרד בשנת 1992. בין לבין, התנהלו משפטים ומשפטי-נגד בין אוולין לבין יתר בני המשפחה על זכויות ותמלוגים.

האדם היחיד שניסה בשלב מוקדם לצייר תמונה מורכבת יותר של אינשטיין היה הפיסיקאי האמריקני רוברט אופנהיימר (Oppenheimer). בנאום שנשא בשנת 1965 לציון עשר שנים למותו של אינשטיין, השמיע אופנהיימר, לצד דברי שבח לאישיותו ולהישגיו של אינשטיין, דברי ביקורת שהפתיעו את שומעיו. העיתון **ניו-יורק טיימס** מיהר לדווח, בתדהמה לא מוסתרת, על דברי אופנהיימר, דברים אשר תוארו כ"חמים אך לא נטולי-ביקורת". אותו עיתון דיווח בהתלהבות מופגנת ארבעים ושש שנים קודם, בנובמבר 1919, על מסע התצפית של אדינגטון ועל הניוטון הגרמני-יהודי החדש.

ביקורתו של אופנהיימר לא הייתה חריפה במיוחד, אך היא הייתה לא-שגרתית ומפתיעה בהחלט בהקשר שבו נאמרה. הוא חשב ש"כדאי להתחיל לפזר את ענני המיתוס [סביב דמותו של אינשטיין] על מנת שנוכל לראות את פסגת ההר המפואר שעננים אלה מסתירים". "האמת – הוא גרס – יפה פי כמה וכמה" מן המיתוס. אופנהיימר התייחס בביקורתיות, למשל, למאמצים העקרים – לדעתו – שהשקיע אינשטיין בשנותיו בפרינסטון בניסוח תורת השדה המאוחדת. הוא דיבר גם על הנתק מן המגמות המרכזיות של הפיסיקה מזה כמה עשרות שנים. הוא ציין את העובדה, שלא היו לאינשטיין למעשה סטודנטים שלהם הקדיש ממרצו ומוזנו. בהזדמנות אחרת הוא גם אמר, שאינשטיין התעלם לא אחת מתוצאות של ניסויים חשובים ומעובדות אמפיריות בעלות-משמעות.

נאומו של אופנהיימר התקבל בעוינות על-ידי עמיתים, וגם היום ניתן להתווכח עם טיעונו. אך מפתיע עד מאוד, שקריאתו לפזר את ענני המיתוס סביב דמותו של אינשטיין כדי לחשוף את ההר המפואר זכתה לתהודה מועטת בזמנו, וכך גם בשנים שלאחר מכן. אדרבא, ההילה של אינשטיין הוסיפה להתרחב והגיעה לשיאה בשנת 1999, כאשר הכתירו אותו קוראי השבועון **טיים** כ"איש המאה", לא פחות ולא יותר. בחירה זו של ציבור רחב של קוראים, משכילים אמנם אך רחוקים מאוד מלהבין את תרומותיו של האיש או את חשיבותן, משקפת דעות רווחות על תפקיד המדע במאה שעברה, ועל אינשטיין כנציג האיקוני שלו. תפישתו בתודעת רבים כמי שעמד מאחורי פיתוח פצצת האטום (תפישה משוללת כמעט כל בסיס היסטורי) רק מחזקת את הדימוי הזה. המעמד המיוחד שבו זכה אינשטיין מבין כל המדענים במאה העשרים מהווה תופעה מעניינת בפני עצמה, והיא טרם הוסברה די הצורך. ייתכן שהיא קשורה במשבר העמוק של אידאל הנאורות במאה העשרים, אידאל אשר ערערו האירועים בתולדותיהם של אירופה ושל העולם מאז מלחמת העולם הראשונה ועד ימינו מן היסוד. דמותו של אינשטיין נודעה בעולם בשנת 1919, בדיקו כאשר החלה אירופה להבין את עומק הזוועה והחורבן – הפיסי והרוחני – שהביאה עמה "המלחמה הגדולה". בעשורים הקשים לאחר מכן הרבה אינשטיין להתבטא בנושאים מרכזיים שעמדו על סדר היום ולא היסס להביע דעות בלתי-מקובלות. דמותו של אינשטיין הוסיפה להעניק תחושה לא-מוסברת של תקווה לגבי תקפותם

שראה אור לאחר שנת 1990 הוא עצום ומציג תמונה עדכנית ורחבה על הנושא גם בשביל ציבור שמעבר לחוגים האקדמיים הצרים שעוסקים בו.

הערת סיום

ביוני 1933 נשא אינשטיין באוקספורד את ההרצאה על-שם הרברט ספנסר. הוא העלה בהרצאתו עיקרון היסטוריוגרפי חשוב מאוד, אשר היישום שלו במחקר ההיסטורי על אודות אישיותו ותורותיו שלו לא תמיד נשמר כראוי בעבר: "אם ברצונכם להבין משהו על הפיסיקאים התאורטיים ובנוגע לשיטות שבהן הם משתמשים – הוא אמר – אני מייעץ לכם להיצמד לעיקרון מרכזי אחד: אל תאזינו להצהרותיהם, אלא תנו את דעתכם למעשיהם".

תודתי נתונה לשאול קציר אשר קרא גרסה מוקדמת של מאמר זה והעיר הערות מועילות.

לקריאה נוספת:

אלברט אינשטיין, **רעיונות ודעות**, תרגמו דוד זינגר ויכין אונא; ערך והוסיף הקדמה: יששכר אונא, ירושלים 2005.

דניס אוברביי, **אינשטיין מאוהב**, תרגמה עפרה אביגד, אור יהודה 2005.

ג'רמי ברנסטיין, **אלברט אינשטיין וחזיתות הפיסיקה**, תרגם עמוס כרמל, תל-אביב 2000.

לואיס ס' פויר, **אינשטיין ובני דורו**, תרגם גד לוי, תל אביב 1979.

ביוגרפיות של אינשטיין מן השנים האחרונות:

Albrecht Fölsing, **Albert Einstein: eine Biographie**, Frankfurt 1993.

Roger Highfield and Paul Carter, **The Private Lives of Albert Einstein**, New York 1993.

Thomas Levenson, **Einstein in Berlin**, New York 2003.

Jürgen Neffe, **Einstein**, Rowohlt 2005.

John Stachel, **Einstein from 'B' to 'Z'**, Einstein Studies, vol. 9, Boston 2002.

Fritz Stern, **Einstein's German World**, Princeton 1999.

מקורות האיורים:

האפשרות של האידאליזם הנאורים. בעיני רבים הוא אכן היה לקדוש החילוני, שהצליח בעזרת כוח החשיבה הטהורה לפענח את סודותיו הכמוסים של היקום (ולצורך העניין, לא משנה מהו בעצם תוכנם של הסודות הללו), ולגלם בחייו האישיים ובעמדותיו הפוליטיות והציבוריות את מה שרבים רצו לראות (אולי בלי הגדרה מדויקת) כתמצית הטוב והנעלה. אינשטיין הפך ל"סלבריטאי" מודרני; אדם שחשיבותו נתפשת בעיני רבים בזכות מעמדו כאיש מפורסם ובאמצעות הסמלים של פרסומו זה: השפם, השיער, ההומור המיוחס לו, ואותן אמירות שנונות (אמיתיות או מומצאות) שמצוטטות בכל הזדמנות אפשרית. הוא עצמו היה מודע היטב למעמדו והתייחס אליו ברגשות מעורבים של דחייה, שעשוע ושיתוף פעולה אקטיבי. ההיסטוריוגרפיה של תורת היחסות, כפי שראינו, לא תמיד התרחקה מאוד מן התפישה הזאת.

1990 – תחילתה של היסטוריוגרפיה חדשה

השלב הנוכחי של ההיסטוריוגרפיה מתחיל בשנות התשעים המוקדמות של המאה העשרים. הוא מבוסס על מאגר גדול מאוד של מחקרים קודמים, של מסמכים בנושאים שונים (ובאופן ספציפי כל מה שכלול ב-CPAE), וגם על השימוש בכלים היסטוריוגרפיים מגוונים מאוד. בשונה מהגל הקודם של שנות השבעים, אינשטיין כבר איננו מופיע כגיבור שסביבו מתפתח פולחן הערצה, אלא כדמות היסטורית מרתקת הנבנית מתוך מחקר מאוזן ומקיף. הרעיונות שקדמו למאמרים משנת 1905 לא נבחנים עוד רק לפי תרומתם הסגולית לגיבוש הרעיונות של אינשטיין, אלא לאור הקשרים רחבים הרבה יותר: מה מקורם? לשם מה נוסחו? מה היו תכניות המחקר של המדענים המעורבים, בלי קשר לגלגול מאוחר יותר של עמדותיהם לגבי תורת היחסות? כך גם לגבי מחקרים פיסיקליים שפורסמו אחרי שנת 1905. השאלה "האם הם הבינו את אינשטיין ועד כמה תרמו להמשך פיתוח רעיונותיו?" איננה עוד השאלה המרכזית והיחידה. לעומת זאת נבחן מארג שלם ומורכב של יחסים בין רעיונות, מדענים, תכניות מחקר מגוונות וארוכות-טווח ומוסדות מחקר. אינשטיין מופיע כמוקד מרכזי ורב-השפעה ברשת זו, אך בשום פנים לא כמוקד היחיד. השיח ושיג בינו לבין חבריו הפך למושא מחקרי ראשון במעלה, והושם דגש על חקר המאפיינים הייחודיים של תרבויות מדע מקומיות (גטינגן, קיימברידג', פריס, ערים שונות באיטליה ועוד) ולאופן שמאפיינים אלה השפיעו על פיתוח רעיונות יחסותיים. כמו כן, המחקר ההיסטורי התרחב הרבה מעבר למוקד של תורת היחסות הפרטית והוא שם דגש מיוחד על המעבר לתורה הכללית ועל שנותיה הראשונות. לאחרונה זוכים גם ההיבטים הציבוריים-הפוליטיים של חיי אינשטיין למחקר מקיף ופורי, בכיוונים שלא נחקרו קודם.

גורם נוסף לתנופה במחקר אינשטיין ותורת היחסות של שני העשורים האחרונים הוא קיומם של כתבי עת רבים המאפשרים נקודות מבט שונות ודגשים שונים במחקר ההיסטורי: טכניים, פילוסופיים, קונטקסטואליים, תרבותיים. סדרת מחקר בשם Einstein Studies מרכזת סביבה זרמי מחקר, שבאים לידי ביטוי בכנסים בינלאומיים המתקיימים מדי ארבע שנים ומוקדשים כל-כולם לנושא. מגוון הביוגרפיות החדשות