

## אשת-חיל מי ימצא: על נשים שנאבקו על הכרה ותרמו להתפתחות המתמטיקה

תקציר: מטרת המאמר היא להאיר את תרומתן של נשים להתפתחות המתמטיקה במהלך הדורות. משחר ההיסטוריה הייתה חלוקת תפקידים מגדרית בין הגברים שיצאו לצייד לבין הנשים שנשארו לטפל במשק הבית. נושא מעמדן ומקומן של נשים באקדמיה הוא טעון ומורכב עד עצם היום הזה. מעט מאוד נשים ידועות בתרומתן למתמטיקה כמו גם לציור, למוסיקה, לספרות ולתחומי יצירה אחרים, למרות שבמאה העשרים חל שינוי מסוים במעמדן.

כבר מהעת העתיקה נאבקו נשים בדעות הקדומות שרווחו בתודעתם של הגברים, בדבר עליונותם ביחס לנשים. בכת של פיתגורס ובאקדמיה של אפלטון אמנם השתתפו נשים וכמה מהן הפכו לפילוסופיות-מתמטיקאיות, אולם החל מהמאות הרביעית-חמישית לספירה, עם השתלטותה של הנצרות כדת מדינה, נאסר על נשים להשתלב באקדמיה כמו גם במוסדות לפיתוח תחומי היצירה השונים.

במאמר תוצג תרומתן למתמטיקה של מספר נשים מהבולטות בתחום וכן מאבקן לרכוש השכלה אקדמית ולזכות בהכרה באיכויותיהן. אני מקווה שדבריה של המתמטיקאית יוליה רובינסון (1985-1919) ישקפו את המציאות כאן ועכשיו: "הייתי מעדיפה שיזכרו אותי פשוט כמתמטיקאית שהוכיח משפט או פתר בעיה ולא כאישה הראשונה שעשתה כך או כך" (בתרגום חופשי שלי, Yount, 1999).

### חילות מפתח: נשים, מתמטיקה, מתמטיקאיות, תרומה, מאבק.

נוכח חלוקת התפקידים המסורתית בין הגבר לאישה, כאשר הגבר יצא לצייד או להביא פרנסה והאישה דאגה לענייני הבית, מעטות הנשים שנודעו בתרומתן לקידום המדעים והאמנויות. שליטת הגבר על משאבי הייצור, הכלכלה, הפוליטיקה כמו גם על המחקר המדעי-אקדמי מנעו מנשים להתפתח ולהתקדם בתחומים אלה.

כבר מהעת העתיקה נלחמו נשים נגד התפיסה הרווחת שלפיה הגבר הוא בעל יכולת קוגניטיבית-מתמטית גבוהה יותר ולכן הן אינן יכולות לפתח קריירה בתחומי המדע. סופי ז'רמן הצרפתייה, נאלצה להתחזות לסטודנט בשם מסייה לה-בלבן, ואילו אמי נתר היהודיה (1882-1935), לא קיבלה היתר להרצות באוניברסיטה גרמנית במהלך מלחמת העולם הראשונה בטענה: "מה יחשבו החיילים-סטודנטים, שיחזרו מהחזית ויגלו שעליהם ללמוד מפי אישה?" (גזית, 2004).

אולם לא רק החברה, גם הסביבה הקרובה, המשפחה, לא עודדה נשים לחינוך מדעי מתמטי. הורים רבים באירופה ובארצות ה-19 וה-20 מנעו מבנותיהם ללמוד כי האמינו

שמאמצים אינטלקטואלים רבים מדי עשויים לפגום בכריאות הפיסית, המנטאלית של הכנות ובכך אפילו להקטין את סיכוייהן למצוא חתן ראוי (Yount, 1999). הספר "האפיפיורית יוהנה" (וולפוק, 1998), מתאר את מאבקה של ילדה מחוננת לזכות בהשכלה, במאה התשיעית. יוהנה התמרדה נגד המגבלות החברתיות של ימי הביניים, שאסרו על נשים ללמוד. הדעות הקדומות וקביעות הכנסייה היו חזקות יותר מעובדות ומהשכל הישר. הצרפתייה ג'אקובה פליסי, שהעזה להתמחות ברפואה במאה ה-14, הועמדה למשפט. היא הביאה כמה ממטופליה שיעידו על יכולתה, אבל הוכחה על כישורים אינה טיעון הגנה, אמרו שופטיה, מאחר שוודאי שגבר העוסק ברפואה מטפל בכל מחלה טוב יותר מאשר אישה (Yount, 1999).

כ-600 שנה אחר כך שרה אנני אוקלי:

Anything you can do  
I can do better  
I can do anything  
Better than you

(מתוך המחזמר של אירווינג ברלין, 1946)

אך כמו במחזות זמר רבים אחרים וטובים הקשר בין העלילה למציאות הוא לעיתים קרובות מקרי ביותר... כאמור, לא כך היו פני הדברים בתקופת יוון העתיקה שלפני ספירת הנוצרים. בתי הספר היו פתוחים לנשים ושררה בהם אווירה של אהבת התבונה. פיתגורס שיתף בחבורתו נשים וכמה מהן הפכו לפילוסופיות בזכות עצמן. אחת מהן, תיאנו, נישאה לפיתגורס (סינג, 2000). גם אפלטון קיבל נשים לאקדמיה שלו באתונה בזכויות מלאות, כאשר תנאי הקבלה שלו קבעו רק שיש לדעת גיאומטריה: "Let no one destitute of geometry enter my doors" ובתרגום חופשי: מי שאינו יודע גיאומטריה אינו יכול להיכנס (גזית, 2004). אולם למרות חופש הבחירה והזכויות השוות, המתמטיקה היוונית הייתה צריכה לנוע לעבר המאה הרביעית לספירה, אחרי כ-1,000 שנות פעילות ענפה, כדי להעלות את המתמטיקאית הראשונה.

### היפאטיה: המתמטיקאית הידועה הראשונה

האישה הראשונה שנודעה בתרומתה ובשמה למתמטיקה היא היפאטיה, שנולדה באלכסנדריה בסביבות 370 לספירה. אביה, תיאון, היה מתמטיקאי ואסטרונום שעמד בראש המוזיאון והספריה האקדמית שהוקמה על ידי תלמי הראשון ועסק בהוראה. היפאטיה חונכה על ידי הוריה להיות "אדם מושלם", ונוסף על מתמטיקה, אסטרונומיה, מכניקה ופילוסופיה שלטה באתלטיקה, בחייה, בירי בקשת, בטיפוס הרים וברכיבה על סוסים. כן הייתה טובת לב ויפהפיה! סיפור

חייה המרתק הפך לרומן שנכתב על ידי הסופר צ'רלס קינגסלי (Kingsley, 1853). היפאטיה שיתפה פעולה עם אביה בכתיבת פירושים ועריכת חיבורים של אוקלידס על הגיאומטריה ושל תלמי על האסטרונומיה. לאחר מות אביה, בשנת 410, נטלה על עצמה לנהל את האקדמיה והמשיכה ללמד מתמטיקה, אסטרונומיה ומכניקה. היא סיפקה רעיונות והדריכה כמה מתלמידיה לפתח הידרומטר למדידת משקל סגולי של נוזלים ואסטרולאב לקביעת מיקום כוכבים וחישוב זמן – מכשיר התמצאות ששימש שנים רבות יורדי־ים.

היפאטיה כתבה פירושים לכתביהם של גדולי המדע היווניים: לחיבורו של אפולוניוס על חתכי חרוט, לכתביו של דיופאנטס על האריתמטיקה, ולכתביו של האסטרונום תלמי. היכולת להבין ולפרש כתבים מורכבים ומסובכים מעידים על רמה אינטלקטואלית גבוהה עם יכולת חשיבה ביקורתית.

יש לזכור שבתקופתה שלטו הרומים, אשר החלו להפוך את הנצרות לדת המדינה. היפאטיה התעניינה גם בפילוסופיה היוונית שלאחר אפלטון, שלא העמידה את האל האחד כישות עליונה אלא את המקור לטוב שבעולם – גישה פאגאנית המזוהה עם עבודת אלילים. ראש הכנסייה הנוצרית באלכסנדריה, ההגמון סיריל, האשים את היפאטיה בעבודת שטן והסית את ההמון נגדה. בשנת 415, בעת שרכבה על סוסה לתת הרצאה לפני קהל מתעניינים, הותקפה והומתה בעיניים. המושל הרומאי של אלכסנדריה אורטס, שהיה ידידה והתייעץ איתה בענייני משפט, פנה בתלונה לשלטונות ברומא. אולם עוצמתה של הכנסייה הייתה כה חזקה כבר אז, עד שהוא נאלץ לברוח מאלכסנדריה וחקירת הריגתה של היפאטיה הסתיימה בלא כלום. עם מותה הסתיימה באורח סמלי התקופה היוונית במתמטיקה, שהתחילה עם גבר – תאלס, במאה השביעית לפנה"ס, והסתיימה עם אישה – היפאטיה, במאה החמישית לספירה. מדבריה של היפאטיה:

"עליך לשמור את הזכות לחשוב, כי גם לחשוב באופן שגוי, עדיף על פני לא לחשוב בכלל".

"ללמד אמונות תפלות כאמת צרופה, זה דבר איום ונורא" (גזית, 2004).

אפשר לראות בדבריה ובמיוחד במשפט הראשון, מסר חשוב וחינוכי לחינוך ולהוראה: גם אם תלמיד נותן תשובה שגויה, אין לדחותו או לבטלו כי אם לעודד את חשיבתו תוך מתן הזדמנות להגיע לתשובה המתאימה.

### אגנסי: עקרונות החשבון הדיפרנציאלי-אינטגרלי

עוברות להן עוד כ-1,300 שנים עד שנמצאת מתמטיקאית נוספת המתפרסמת בזכות תרומתה למתמטיקה. אולם יש לזכור שאחרי דעיכתה של המתמטיקה היוונית מסיבות שונות, וביניהן עליית הנצרות מחד וכיבושי המוסלמים מאידך, באו כאלף שנות חשיכה מתמטית, בעיקר באירופה. בתקופה ההיא נצצו בשמי המתמטיקה מספר כוכבים מאירים עימם נמנו כמה מתמטיקאים יהודים, ערבים ונוצרי אחד – האיטלקי פיבונאצ'י.

באיטליה, מקור הרנסנס, היוו נשים משכילות, מקור להערצה. מריה אגנסי נולדה

ב-1718, פרי נישואיו הראשונים של פייטרו, פרופסור למתמטיקה שדאג לחינוכה של בתו המחוננת. היה לה כישרון מיוחד לשפות ובהיותה בת 9 כתבה חיבור בלטינית על חשיבות ההשכלה הגבוהה לנשים. נאום זה כמו רבים אחרים בנושאי מדע שונים, נשאה אגנסי בימי ראשון לפני בני הבית ואורחיו של אביה פייטרו.

כבר בגיל 11 היא נודעה כ"נואמת שבע השפות" מאחר ששלטה בנוסף על איטלקית, גם בצרפתית, לטינית, יוונית, גרמנית, ספרדית וב...עברית! בימי ראשון הייתה מרצה לפני האורחים המכובדים על נושאים מתחומי הלוגיקה, מכניקה, אלסטיות, כימיה, בוטניקה וזואולוגיה. לשאלות האורחים הייתה משיבה בשפת השואל מאחר שבין באי הבית היו עמיתיו וחבריו של אביה מארצות אירופה. כשהייתה בת 14 פתרה בעיות מסובכות בגיאומטריה ובכליסטיקה, ובהיותה בת 17 כתבה מאמר ביקורתי על הספר "אנליזה של חתכי חרוט" מאת המתמטיקאי, המרקיז דה לופיטל, שיצא לאור ב-1696 (אותם חתכי החרוט של אפולוניוס, שאת כתביו פירשה היפאטיה).

מריה אגנסי לא התלהבה מהצורך להרצות לפני אורחי אביה ועם התבגרותה ביקשה להפסיק פעילות זו. היא אף החליטה לעבור למנזר, שם נלמדה השכלה מסוימת במקביל ללימודי הדת. אביה הנדהם הפציר בה לשנות את דעתה והיא הסכימה בתנאי שיתאפשר לה לבקר בכנסיה, להתלבש בצניעות ולהתנזר מאירועים חגיגיים כמו מסיבות, הצגות תיאטרון ומופעי בידור אחרים. מות אשתו השנייה של אביה סיפק לה הזדמנות להפסיק את הרצאות יום ראשון ולהקדיש את זמנה למשק הבית ולחינוכם של 20 אחיה החורגים!

ב-1738 היא הוציאה לאור אוסף מאמרים בשם "רעיונות פילוסופיים", ובו 190 מאמרים מאותן הרצאות של ימי ראשון, שעסקו במגוון רחב של נושאים מדעיים. לאורך כל המאמרים מתלווה המסר על אמונתה בהשכלה גבוהה לנשים.

בעשר השנים הבאות היא הקדישה את רוב זמנה ומרצה למפעל חייה העוסק בעקרונות החשבון הדיפרנציאלי-אינטגרלי (חדו"א) ובגיאומטריה האנליטית. העקרונות של שני ענפי מתמטיקה אלה עוצבו רק במחצית השנייה של המאה שקדמה להולדתה של מריה. הפילוסוף דקארט שהגה את הרעיון של מערכת הצירים הנקראת על שמו – מערכת צירים קארטזית, נתן את הדחיפה לניוטון וללייבניץ לפתח, כל אחד בנפרד, את החדו"א. בזמנה של אגנסי כמעט שלא נמצאו ספרי לימוד המסבירים את התיאוריות החדשות ברמות שונות של לימוד. מריה כתבה את הספר: "יסודות אנליטיים" כספר לימוד לאחיה ואחיותיה, שלחינוכם הקדישה חלק ניכר מזמנה.

את הספר כתבה בהדרגה ובתמיכתו של פרופסור רמפליני, שהיה מרצה בכיר למתמטיקה באוניברסיטאות רומא ובולוניה. פרסום הספר ב-1748 עורר התרגשות רבה בקרב הקהילה האקדמית מאחר שהציג בצורה ברורה ומסודרת את הידע שנצבר בתחום החדו"א משולב עם גיאומטריה אנליטית. הספר בן שני כרכים, הכוללים כ-1,000 עמודים וכן 59 עמודי תרשימים, נכתב באיטלקית ושמו המלא מעיד על ייעודו: "יסודות אנליטיים לשימושם של צעירים איטלקים".

זהו ספר מחקרי ראשון שנכתב על ידי אישה מתמטיקאית, והוא היה הספר המושלם בתחום זה למשך כחמישים השנים הבאות. את הספר הקדישה מריה אגנסי לאישה, קיסרית אוסטריה מריה תרזה, וזו השיבה לה במכתב ברכה שלו צירפה תיבה מצופה יהלומים ובתוכה טבעת יהלום. גם האפיפיור שלח לה מכתב ברכה עם מדליית זהב וכתר-זהב מעוטר ביהלומים. הספר תורגם לאנגלית ולצרפתית, ובעקבות פרסומו היא הוזמנה להיות חברה באקדמיה למדעים של בולוניה. גם חברי האקדמיה הצרפתית למדעים, שהייתה מהחשובות שבאירופה, שיבחו את הספר וציינו שזו יצירה מושלמת יחידה מסוגה בתחום. אולם יש לציין שהאקדמיה הצרפתית נמנעה מלהזמין את מריה להרצות כי לנשים אסור היה ללמוד באוניברסיטאות בצרפת, ועל אחת כמה וכמה להרצות בהן.

אחת הפונקציות שנחקרה בספר זכתה לשם: "המכשפה של אגנסי", עקב כפל משמעות של מילים הדומות בצלולן. גרף הפונקציה שחקרה נקרא *versine*, ואילו מכשפה – *avversiera*. זה מה שנקרא "הומור של מתמטיקאים", אבל בהמשך נראה שכינוי הדומה למכשפה הורבק למתמטיקאית נוספת, ואילו היפאטיה הואשמה במלאכת השטן.

שנתיים לאחר הופעת הספר העניק לה האפיפיור מינוי של פרופסור-כבוד באוניברסיטת בולוניה. אגנסי לא התלהבה מהמינוי אך כדי לא לצער את אביה המשיכה בפעילות מתמטית עד יום מותו בשנת 1752. אז החליטה להקדיש עצמה לחלכאים, לזקנים, לחולים ובעיקר לנשים שביניהם, ופתחה בית מחסה קטן שכלל בית חולים לנזקקים. היא לא היססה למכור את חפצי הערך שקיבלה מהאפיפיור ומהקיסרית ואף הוציאה את כל כספי הירושה כדי לספק את צורכי מטופליה. בשנת 1771 הקימה בית מחסה לזקנים במילאנו ושימשה כמנהלת הבית עד יום מותה בשנת 1799, כשהיא בת 81.

כמו קודמתה היפאטיה, גם מריה אגנסי לא נישאה במהלך חייה. מסופר על היפאטיה שנשאלה מדוע לא נישאה והשיבה שהיא נשואה לאמת... (סינג, 2000). אגנסי לא נשאלה על כך, אך אפשר להבין מתוך פעולותיה, שהיא הקדישה את עצמה לאחיה ולאחיותיה ומשבגרו, לנזקקים אחרים. גם המתמטיקה שימשה עבורה אמצעי לעזור לנזקקי החינוך ולא מטרה בפני עצמה.

### סופי ז'רמן: הראשונה שהרצתה באקדמיה הצרפתית למדעים

אנחנו נעים שוב מערבה, מאלכסנדריה אשר במצרים לאיטליה, ומאיטליה לצרפת, שם נולדה בשנת 1776 בפאריס שלפני המהפכה, סופי ז'רמן. בהיותה בת 13 פרצה המהפכה וסופי נאלצה להישאר בבית מאימת הטרור שהשתולל ברחובות. היא בילתה בספריה הביתית ובין הספרים שקראה היה גם ספר על תולדות המתמטיקה. היא התרשמה במיוחד מהסיפור על מות ארכימדס בעודו שוקד על פתרון בעיה מתמטית. סופי החלה לקרוא ספרים אחרים העוסקים במתמטיקה, אך הוריה לא התלהבו מהתעניינותה בתחום שנחשב לא נשי ושעשוי להרחיקה מנישואים. אביה החרימ את הנרות שבחדרה וגם לקח את בגדיה לעת ערב כדי שלא תעסוק בקריאה לפני השינה. אולם סופי לא ויתרה, היא השתמשה בנרות שהחביאה ועטופה בסדין קראה

בלילות את הספרים "האסורים". בשנת 1794 נפתח בפאריס מכון פוליטכני להכשרת מדענים בשירות המדינה, שהוקם על ידי האסיפה הלאומית. אולם למרות שהמהפכה חרתה על דגלה: "חופש, שוויון ואחוזה", לא הורשו נשים להתקבל ללימודים במוסד. סופי ז'רמן לא התייאשה ואספה את רישומי ההרצאות מידידיה. בין השאר קראה את הרצאותיו של לגראנז', מגדולי המתמטיקאים הצרפתים באותה תקופה. מאחר שרצתה לקבל משוב על ידיעותיה, התחכמה ושאלה את זהותו של סטודנט כושל שעזב את הלימודים בלי שביטל את הרשמתו. כך קיבלה את הרצאותיו של מסייה לה-בלן ושלחה את התרגילים תחת השם הברזי.

לגראנז' התפלא לקבל תרגילים ברמה כה גבוהה מהתלמיד הלא מבריק, בלשון המעטה, וביקש להיפגש עימו כדי לדון על השינוי הקיצוני שחל ביכולתו המתמטית. כאשר נפגשו הופתע לגלות בחורה צעירה. הוא התלהב מיכולתה והמשיך ללמדה כמו גם לתמוך ולעודד אותה.

בשלב זה צברה סופי ביטחון עצמי והחלה לחקור בעיות מורכבות בתורת המספרים. בין השאר התעניינה בבעיה הפתוחה שהשאיר המתמטיקאי החובב המבריק פרמה, הידועה כיום בשם: "המשפט האחרון של פרמה". משפט זה טוען שאין למצוא שלושה מספרים שלמים המקיימים את המשוואה:  $X^n + Y^n = Z^n$  עבור  $n > 2$

המתמטיקאי המבריק והיצירתי אויילר, פירסם בשנת 1730 הוכחה עבור  $n=3$ , אך לא הצליח עבור  $n=4$ . סופי הצליחה למצוא שיטה כללית לפתרון עבור מספרים ראשוניים שערכם  $p$ , כך שגם  $2p+1$  הוא מספר ראשוני (למשל 5 כי גם  $5*2+1=11$ , הוא ראשוני אבל לא 7 כי  $7*2+1=15$  אינו מספר ראשוני). היא החליטה לעניין בפריצת דרך זו את אחד מגדולי המתמטיקאים בכל הזמנים, פרידריך גאוס, שכתב את חיבורו החשוב על תורת המספרים ב-1801. סופי התעמקה בחיבור זה, שאינו קל להבנה והחלה להתכתב עם גאוס על רעיונותיה לעניין המשפט של פרמה, החל מ-1804. המכתבים נשלחו תחת השם הברזי 'מסייה לה-בלן', מחשש שגאוס לא יקבל ברצינות התבטאויות מתמטיות של אישה. גאוס התרשם עמוקות מיכולתו(ה) והגיב בהתלהבות לפריצת הדרך שהציגה לפניו סופי שהיתה אז בשנות העשרים לחייה.

חילופי המכתבים בין השניים נמשכו עד לפלישת נפוליאון לפרוסיה וכיבוש עירו של גאוס. סופי דאגה לשלומה כי חששה שגורלו יהיה כגורל גיבור מתמטי אחר שלה, ארכימדס, שנהרג בידי חייל רומאי. היא יצרה קשר עם מפקד הכוחות הגרמניים שנמנה עם מכריה והוא דאג לשלומה ולביטחונה של גאוס. בשלב זה נודעה לגאוס הזהות האמיתית של 'מסייה לה-בלן' והוא הגיב בשמחה ובהוקרה. במכתב מלא הערכה לפועלה כתב לה גאוס בין השאר: "...הקסם של המדע הנשגב הזה מגלה את עצמו רק בפני מי שיש לו את האומץ להעמיק בעניין. אבל כאשר אישיות מבני המין, אשר לפי מנהגינו ודעותינו הקדומות נאלצת להיתקל בקשיים לאין שיעור יותר מן הגברים כדי להתוודע אל אותם מחקרים סבוכים, מצליחה למרות הכל להתגבר על אותם מכשולים, ולחדור לחלקים המעורפלים ביותר, אזי בלי ספק היא חייבת להיות בעלת אומץ נאצל, כישרונות יוצאי דופן וגאונות מן המעלה הראשונה" (סינג, 2000).

אם נסכם את דבריו של גאוס, הרי שהוא מודע ומדגיש שאישה חייבת להציג תכונות שכליות מעל ומעבר כדי להוכיח את עצמה בעולם הנשלט על ידי גברים. גאוס עצמו לא התעניין בפתרון המשפט של פרמה ויש אומרים שניסה ולא הצליח למצוא הוכחה, אבל התרשם עמוקות מתרומתה של סופי והמשיך בהתכתבות איתה עד 1808. באותה שנה התמנה גאוס למרצה באוניברסיטת גטינגן ואיבד את העניין בתורת המספרים. חליפת המכתבים פסקה וסופי איבדה מעט מן הביטחון בהיעדר הקשר עם המדריך המקצוען בתחום. כעבור שנה היא החליטה לזנוח את תורת המספרים, לה תרמה את פריצת הדרך להוכחת משפט פרמה – תרומתה הגדולה למתמטיקה, ולעבור לתחום אחר שסיקרן אותה: הפיסיקה. בתחילת המאה ה-19 העלה פיסיקאי גרמני שחי בצרפת אפשרות למצוא חוק לתהודה ויבראציה של משטח אלסטי. הוא פיזר חול על משטח אלסטי כמו עור תוף, ניגן על שפת הכלי עם קשת ורשם את הצורות שנוצרו מתנודות החול על המשטח. סופי הוקסמה ממחקר זה שיצר דגמים מרהיבים, אך המדענים לא הצליחו ליצור מודל מתמטי שיחזה את הדגם שיתקבל. סופי החליטה להיכנס לעובי הקורה ובתחילת 1811 הגישה תזכיר אנונימי על מודל מתמטי לחיזוי התופעה. הצעתה נדחתה בטענה ששיטת החישוב אינה מדויקת ואינה מושלמת. סופי לא נפלה ברוחה וחקרה שנתיים נוספות את הנושא עד להגשת תזכיר אנונימי נוסף שהתקבל על ידי האקדמיה, ואף זכה לציון לשבח.

ב-1816 הגישה סופי, הפעם בשמה האמיתי, מאמר על התיאוריה המתמטית של תנודות משטחים אלסטיים. מאמר זה זיכה אותה בפרס הגדול של האקדמיה הצרפתית והיא הייתה האישה הראשונה שלא הייתה נשואה לחבר אקדמיה, שהרצתה באקדמיה למדעים. אולם היא לא הוזמנה להצטרף לאקדמיה, דבר זה לא מפתיע, שכן כ-100 שנה אחריה, ב-1911, ניסתה כלת פרס נובל לכימיה, מארי קירי, האדם היחיד שזכה בשני פרסי נובל (פרס אחד במשותף עם בעלה פייר ב-1903 ופרס אחד לבד ב-1911!), להתקבל לאותה אקדמיה ונדחתה. הגברים לא הסכימו לדירתה של אישה למוסד המקודש הזה למרות שאף גבר לא הצליח להגיע להישג דומה לשלה.

סופי המשיכה במחקרי האלסטיות ופרסמה מאמרים נוספים בנושא. היא חידשה את קשר המכתבים עם גאוס והוא שיכנע את אוניברסיטת גטינגן להעניק לה תואר כבוד. למרבה הצער נפטרה סופי מסרטן השד ב-1831, בטרם הספיקה לקבל את הכבוד לו הייתה ראויה. בספר שיצא לאור לפני 95 שנה ועסק בנשים במדע, כתב המחבר מוצנס (Mozans, 1913), אצל סינג, (2000), בקשר לסופי ז'רמן: "בחשבון אחרון היא הייתה קרוב לוודאי האישה האינטלקטואלית המעמיקה ביותר שצרפת הפיקה אי פעם מעצמה. ואולם, עד כמה שהדבר עשוי להישמע מוזר, כשהגיע הפקיד הממשלתי כדי להוציא תעודת פטירה לחברה הדגולה, שהייתה שותפה למהוללים שבין חברי האקדמיה הצרפתית למדעים, הוא תיאר אותה כאישה לא נשואה, ללא מקצוע, ולא מתמטיקאית. וזה עוד לא הכל. כאשר נבנה מגדל אייפל ב-1883 נחרטו שמותיהם של 72 מלומדים על המבנה הנישא, אבל דווקא שמה של הגאונית סופי זרמן, שמחקרה תרמו כה רבות לייסוד תיאורית האלסטיות של מתכות, לא נמצא ביניהם. האם היא

הורחקה מן הרשימה בשל אותה סיבה שבגללה הייתה אגנסי פסולה מלהיות חברה באקדמיה הצרפתית, כלומר, בשל היותה אישה? קרוב לוודאי שזו הסיבה. ואם כך באמת היו פני הדברים, גדולה היא חרפתם של האחראים לכפיות הטובה שהופגנה כלפי האישה שהשיגה כה רבות במדע, ואשר הישגיה מקנים לה מקום מעורר קנאה בהיכל התהילה".

### עדה אוגוסטה קינג: תכנות המחשבים הראשון

מצרפת אנו ממשיכים מערבה וחוצים את התעלה לאנגליה, שם אנחנו פוגשים את עדה אוגוסטה קינג, הרוזנת לאלבייס. תשאלו ודאי: "עדה אוגוסטה מי...?" (זה נכון גם לגבי היפאטיה או מריה אגנסי, אבל חכו להמשך...). אם הייתי כותב ששמה לפני נישואיה (כן, סוף־סוף מתמטיקאית שמתחתנת) היה עדה אוגוסטה ביירון, תגידו "אה, הבת של המשורר האנגלי המפורסם. אבל אני לא כותב על האב, מה גם שאמה, אן, נטשה את בעלה, שניהל פרשיית אהבים עם אחותו למחצה, זמן קצר לאחר לידתה של עדה ב-1815. בהיותה בת שמונה מת אביה ההרפתקן מקדחת בעת שהצטרף למלחמת השחרור של היוונים.

עדה הייתה ילדה בעלת סקרנות רבה לחקור ולהבין כיצד פועלים כלים מכניים שהיו בשימוש באותה תקופה. במקביל להתעניינותה האינטלקטואלית אהבה עדה לרקוד, לרכוב על סוסים והייתה מוסיקאית מחוננת בנגינה על כינור ופסנתר. נוסף לכך היא הייתה אישה נאה ומושכת שאהבה להשתתף בפעילות החברתית של מעמד האצולה האנגלי (שימו לב למשותף בינה לבין היפאטיה, למרות ההבדלים). לקראת גיל 18 החלה להתעניין במתמטיקה, אולי בהשפעת אמה. נשים לא הורשו ללמוד באוניברסיטה ואת השכלתן בהתפתחויות המדע רכשו בקריאת ספרות רלוונטית ובחוגי בית של המעמד הגבוה. במסגרת מפגשי הרצאות אלו פגשה עדה את המתמטיקאית מרי סומרוויל, ששימשה לה מודל לחיקוי ולהזדהות.

באחד המפגשים בשנת 1834 הזדמן לביתה של סומרוויל המתמטיקאי צ'רלס בכג' שהמציא מכונת חישוב שעתידה להיות אב־טיפוס למחשב המודרני. בכג' בנה אב־טיפוס מעבדתי ל"מנוע האנליטי" שהמציא, ואף קיבל מענק ממשלתי לבנות דגם בגודל מלא לשימוש מסחרי. אולם הטכנולוגיה של אותה תקופה לא יכלה לספק את החלקים המתאימים, כמו גם את מקור האנרגיה להפעלת מכונה. באותו מפגש סיפר בכג' לעדה על המכונה האנליטית והיא, שהתעניינה במכונות ובמתמטיקה, הוקסמה מהרעיון. עדה הייתה אחד האנשים הבודדים באותה תקופה שהבינו את הפוטנציאל האדיר הטמון באותה מכונה. היא השקיעה את זמנה הפנוי בהעמקת הידע בנושא תוך שמירת קשר מכתבים עם בכג'. שנה לאחר מכן התחתנה עדה עם הרוזן ויליאם קינג ונולדו להם שלושה ילדים. הרוזן עודד את עדה להמשיך ולהתפתח בתחומי התעניינותה ולהמשיך את הקשר המדעי עם בכג'.

בשנת 1842, בעקבות הרצאה של בכג' בטורינו, פרסם הגנרל האיטלי מנברה מאמר ובו תיאר את התיאוריה ואת הפעולות של המכונה האנליטית. המאמר נכתב בצרפתית ובכג' ביקש מעדה לתרגמו לאנגלית. היא נענתה לבקשתו ולתרגום שלה הוסיפה הערות והסברים משלה. המסמך שכתבה, הארוך בשלושה עמודים יותר מהמאמר המקורי של מנברה, הוא כתב היד



היחיד של עדה שהשתמר עד היום והוא מהווה את התיאור הטוב ביותר של מכונה דמוית מחשב, שנכתב עד אמצע המאה העשרים.

בשנת 1843 פרסמה עדה, בעידודו של בבג', שהיה פרופ' למתמטיקה בקמברידג', מאמר מדעי המסביר את תהליך התכנות. המאמר פורסם לא בשמה האמיתי אלא בראשי תיבות A.A.L. (התחיליות של שמה לאחר הנישואים), כי באותה תקופה לא היה יאה לאשת מעמד האצולה להציג את שמה בפומבי. במהלך 30 השנים הבאות לא ידע איש מי כתב את המאמר, שהיה הראשון מסוגו להסביר את תהליך התכנות.

כתיבתה שילבה חשיבה יצירתית בצד חשיבה אנליטית והיא הסבירה בצורה ברורה, תוך ראייה חדה ומעמיקה, את מהות המכונה והפוטנציאל הגלום בה. במאמרה הזהירה עדה לא לתלות תקוות מוגזמות ביכולתה של המכונה, שכן אין באפשרותה להמציא בעצמה דברים ורעיונות חדשים.

עדה הבינה שהמנוע האנליטי אינו אלא קופסה ריקה מתוכן, שאינה עושה דבר באורח עצמאי. המכונה תוכל להוציא לפועל תוכניות רק אם האדם יגדיר לה במדויק את סדר הפעולות ואת הנתונים הנחוצים לתהליך מסוים. תפישה זו של הפעלת מכונה הייתה די מהפכנית באמצע המאה ה-19. עדה הגיעה במאמר זה גם למסקנה שהמכונה תהיה מסוגלת לעבד לא רק נתונים מספריים אלא גם נתונים המובעים בסמלים אחרים. היא ניבאה את יכולתו של המנוע האנליטי ליצור מוסיקה, להפיק ציורים ולשמש אמצעי רב-עוצמה בתחומים מעשיים רבים.

כהמשך למאמר כתבה עדה את תוכנת המחשב הראשונה. התוכנה פתרה נוסחה ידועה המחשבת סיכויים להתרחשות אירוע על סמך נתונים ידועים מראש – נוסחת ברנולי. עדה לא יכלה להריץ את התוכנה ורק מאה שנה לאחר מכן, עם ייצור המחשבים, הריצו את התוכנה והיא פעלה בהצלחה. עדה נחשבת למתכנת הראשון בהיסטוריה (אני כותב בכוונה בלשון זכר שמה יפרשו שהיא האישה הראשונה לתכנת ולפניה היו גברים). בנוסף, יש לה זכות ראשונים על המצאת מעגלי ביצוע חוזר של הוראות במחשב, ה-loops, המהווים כיום בסיס לכל תהליך תכנות.

ב-1845 שלחה עדה מכתב לבבג' ובו כתבה שאף אחד לא יכול לשער מה רבה העוצמה שטמונה במערכת מכנית קטנה זו לפיתוח החשיבה האנושית, ושעדיין לא פותחה. עקב הברלי אופי וסגנון – בבג' הבוהמי, הרשלן, ולעומתו עדה המסודרת והקפדנית, נוצר ביניהם מחסום שגרם להפסקת שיתוף הפעולה ביניהם. עדה המשיכה במחקריה באורח עצמאי ובין השאר פנתה לחקור את תפקוד המוח האנושי. היא שאפה לגלות חוקיות בפעילותן ההרדית של מולקולות המוח. אפשר לראות במחקר זה מעין ניסיון לעשות אנלוגיה בין תכנות המחשב לבין מחשבת האדם, רעיונות שהקדימו בהרבה את זמנם.

בצד עיסוקה האקדמי הייתה עדה מכורה למרוצי סוסים, היא גם אהבה לרכוב על סוסים, וכן הייתה מכורה לסמי הרגעה, שאותם אולי קיבלה בילדותה כדי להפחית את פעילותה הנמרצת. היא פיתחה מערכת חישוב מתמטית לניחוש תוצאות מרוצים והאמינה ביכולתה להמר בצורה מדויקת. גם בעלה הרוזן הצטרף בהתלהבות להימורים הראשונים, אך הפסיק

לאחר הפסדים מצטברים. עדה לא הפסיקה להמר ושקעה בחובות גדולים שאילצו אותה למשכן את נכסי המשפחה ואת תכשיטיה.

עדה נפטרה מסרטן הרחם ב-1852, בהיותה בת 36 בלבד – הגיל בו מת אביה המשורר, שכתב לה לפני מותו: "אני מקווה שאלוהים יעשה אותך לכל דבר בעולם חוץ מאשר משוררת, כיוון שמספיק אחד כזה במשפחה". למרות זאת, ניסתה עדה למצוא את השילוב בין עולם המדע ועולם הפואטיקה והפיוט. בשנות השלושים שלה כתבה לאמה: גם אם אינך יכולה להעניק לי פואטיקה, האם תאפשרי לי לעסוק ב"מדע פואטי"? ההבנה המתמטית שלה הייתה עשירה בדמיון יוצר ובמטאפורות (Yount, 1999).

כאות הוקרה קרא משרד ההגנה האמריקני ב-1979 לתוכנת מחשב שפיתח, על שמה: שפת Ada.

### סופיה (סוניה) קובלבסקי: מינוי ראשון לפרופסור

מאנגליה נעשה "לופ" ונחזור מזרחה, נחצה את צרפת, איטליה, יוון וטורקיה (יוון העתיקה) ונגיע לרוסיה, שם נולדה סופיה (סוניה) קובלבסקי בשנת 1850 למשפחה מכובדת ומשכילה. אביה היה גנרל בחיל התותחנים ולאחר פרישתו מהשירות עברה המשפחה לאחוזה מבודדת ליד ליטא. בני הבית כיסו את הקירות בניירות ציפוי, ומשגמרו ה"טפטים" הדביקו בחדרה של סופיה דפי הרצאות במתמטיקה שנשארו מתקופת הלימודים של האב.

הדפים מלאי הסימנים המוזרים הנוסחאות והמשוואות גירו את סקרנותה של הילדה בת ה-6. בספר זיכרונות שפרסמה סופיה ותורגם לאנגלית ב-1895, כתבה שנהגה להתבונן במשך שעות בסמלים המתמטיים שעל הקירות כדי לפענח את הכתוב ולגלות את סדר הדפים. אביה אסר עליה ללמוד מתמטיקה, שנחשב אז למקצוע שאינו יאה לעיסוקן של נשים באמצע המאה ה-19. הווה אומר, אין חדש תחת השמש...

מספרים שכדי למנוע מאביה לדעת שהיא מתעמקת ב"טפטים", סיגלה לעצמה סופיה מנהג: היא נהגה לקפוץ על הרצפה תוך כדי קריאת הדפים כדי שיחשבו שהיא משחקת. לימוד המתמטיקה בסתר, מזכיר במידה מסוימת את דרך הלימוד של סופי ז'רמן, וגם ההמשך דומה אך לא זהה:

בתחילת שנות העשרה לחייה, הביא ידיד המשפחה, שכנראה ידע על התחביב של סופיה, ספר פיסיקה, אותו קראה בשקיקה. היא הבינה שחסר לה רקע מתמטי בטריגונומטריה, ובהיותה בת 14 רכשה בלימוד עצמי את העקרונות הבסיסיים של ענף מתמטי זה. אותו ידיד משפחה, פרופ' טירקוב, התלהב מיכולתה של הנערה ושכנע את אביה לשלוח אותה לבית ספר תיכון פרטי בסן פטרבורג, שהייתה מרכז אקדמי חשוב ברוסיה.

לאחר סיום לימודיה בתיכון רצתה סופיה להמשיך בלימודיה, אך האוניברסיטאות ברוסיה היו חסומות בפני נשים. במספר מדינות באירופה, כמו איטליה, היו אוניברסיטאות שפתחו את שעריהן בפני נשים, אולם אליה וקוץ בה, נשים לא נשואות ממשפחות מכובדות לא הורשו לצאת בגפן לארץ אחרת. הפתרון נמצא בדמות נישואים פיקטיביים. סופיה הכירה בעזרת

אחותה, סטודנט לגיאולוגיה בשם ולדימיר קובלבסקי והעלתה בפניו את הרעיון. הם נישאו ב-1868 ושנה לאחר מכן נסעו להיידלברג שבגרמניה. האוניברסיטה שם לא אפשרה לנשים להירשם ללימודים, אך לא מנעה מהן להשתתף בהרצאות וכך למדה סופיה במשך שנתיים מתמטיקה ופיסיקה. כעבור שנתיים, ב-1871, נפרדו דרכיהם של ולדימיר ושל סופיה למרות שהאהבה ביניהם החלה לפרוח. סופיה החליטה לעבור לאוניברסיטת ברלין שם הרצה אחד המתמטיקאים המבריקים, קארל וירשטראס.

אותו וירשטראס זכור לטוב ממאמרי על מתמטיקה ושירה (גזית, 2008), בכך שסיים את לימודיו האקדמיים במשפטים ובראיית חשבון בלי לקבל את התואר. הוא עבר ללמוד במוסד להכשרת מורים, עסק בהוראה ואת הדוקטורט קיבל בעקבות פרסום מאמר על נושא מתמטי חדשני. מייחסים לו את האימרה הבאה: "מתמטיקאי שאין בו שמץ מהמשורר לא יהיה לעולם מתמטיקאי מושלם" (גזית, 2004). סופיה עצמה כתבה סיפורים ושירים. היה בזה מכנה משותף בינה לבין וירשטראס, שגם כתב שירים בצעירותו. הוא הסכים לתמוך במאמציה לרכוש השכלה אקדמית, לאחר שהצליחה לפתור בעיות מתמטיות שרק הטובים מבין תלמידיה הצליחו לפתור. סופיה וקארל נפגשו בדירתו בימי א' וכאשר לא הצליחו להיפגש, החליפו מכתבים. למרות שההתכתבות בין הרווק בן ה-55 לצעירה בת ה-20 עסקה בעיקר במתמטיקה לא נעדר ממנה האלמנט הרגשי. ארבע השנים בהן למדה סופיה אצל וירשטראס הביאו את סופיה לרמה גבוהה של ידע בתחום המתמטיקה השימושית. בשנת 1874 היא פרסמה שלושה מאמרים שזיכו אותה בתואר דוקטור מאוניברסיטת גטינגן והיא הייתה לאחת הנשים הראשונות באירופה שזכו לתואר זה באורח רשמי.

אולם התואר המכובד לא עזר לה לקבל משרת הוראה באוניברסיטה והיא החליטה לחזור לרוסיה, שם התאחדה מחדש עם בעלה ולדימיר. אולי כריאקציה למצב החליטה סופיה לעשות פסק זמן מהמתמטיקה ובארבע השנים הבאות פיתחה את כישוריה הספרותיים. בתקופה זו פרסמה בעיתונות המקומית מאמרים, שירה, סיפורים קצרים וביקורות. היא גם אהבה את חיי הבוהמה העליזים והאינטלקטואליים אותם זכרה מבית אביה. ב-1878 ילדה את בתם שכינויה היה "פופה", וב-1880 התעוררה בה שוב תשוקתה למתמטיקה ובעקבות התכתבות עם וירשטראס היא החליטה לחזור לברלין לבדה.

אחרי שהות קצרה בברלין עברה סופיה לפאריס ושם, לפי המלצתו של וירשטראס, חקרה את בעיית מעבר אור דרך גבישים. היא הציגה בכנס שנערך בפאריס את המאמר שכתבה בנושא וזכתה להתקבל ל"חברה המתמטית" – האגודה המקצועית של המתמטיקאים. ב-1883, בעקבות התאבדותו של בעלה עקב השקעת כספים לא מוצלחת, היא נאלצה לחפש לעצמה משרה תוך כדי התמודדות עם רגשות האשם. למרות הדוקטורט, המאמרים ופרסומה, הייתה סופיה זקוקה להמלצותיו של וירשטראס כדי לקבל מינוי של מרצה למתמטיקה באוניברסיטת שטוקהולם. עם הגעתה לאוניברסיטה נערכו לכבודה מסיבות וטקסים והעיתונות השוודית כינתה אותה: "נסיכת המדעים". סופיה לימדה מתמטיקה ומשנת 1883 גם פיסיקה. היא הייתה לאישה הראשונה שזכתה למינוי פרופסור, והמחזאי השוודי סטרינדברג הצהיר אז, ש"אישה פרופסור היא מפלצת..."

סופיה נהנתה מההוראה אך הרגישה משועממת בחברת השוודים בעלי המטען החברתי השמרני. היא חזרה לכתוב מחזות, סיפורים, שירים ורומן בשם "האחיות רייבסקי", שזכה להצלחה ותורגם לשוודית ולרוסית.

האקדמיה הצרפתית למדעים הציעה את הפרס היוקרתי הניתן לאיש מדע, "עייטור בורדין", למאמר הטוב ביותר שיתאר את תנועתו של גוף מוצק סביב לנקודה קבועה. סופיה חקרה את הנושא באחד המאמרים שזיכה אותה בזמנו בדוקטורט. היא הגישה מאמר לתחרות ובהתאם לתנאי התחרות רשמה משפט מזהה במקום את שמה, במעטפה כפולה, כדי למנוע הטיות. השופטים בחרו מבין 15 המאמרים שהוגשו לתחרות את המאמר שהמשפט המזהה בו היה: "אמור מה שאתה יודע, עשה מה שעליך לעשות, יקרה אשר יקרה". זה היה המאמר של סופיה שזיכה אותה בפרס היוקרתי. בנימוקי חבר השופטים צוין שהמחבר השכיל להציג פתרון מדויק ואלגנטי. האקדמיה הצרפתית התלהבה ממאמרה והחליטה להעניק לסופיה עוד 2000 פרנק, בנוסף ל-3000 של הפרס המקורי. שנה לאחר מכן, ב-1889, כתבה את המאמר מחדש וזכתה ב-1500 קרונות שוודיים מטעם האקדמיה למדעים בשטוקהולם. מאמרה נחשב לאחד המאמרים המפורסמים ביותר בתחום הפיסיקה המתמטית של המאה ה-19. כאות הוקרה על תרומתה התקבלה סופיה כחברה לאקדמיה הרוסית למדעים בסן-פטרבורג.

באותה שנה שבה זכתה בפרס, התאהבה סופיה בהיסטוריון הרוסי מקסים קובלבסקי, שהיה בן משפחה רחוק של בעלה הראשון. קיימות שתי גרסאות סותרות בעניין המשך הקשר ביניהם: לפי גרסה אחת היתנה קובלבסקי את נישואיהם בכך שתעזוב את עבודתה המדעית. סופיה סירבה, סבלה מדיכאון ומצאה נחמה בחזרה לכתוב פרוזה. היא השלימה את ספר זיכרונות הילדות שלה. לפי גרסה אחרת, המשיכו סופיה ומקסים ברומן סוער ואף בילו את חופשת חג המולד של 1891 בצרפת. לא משנה מהי הגירסה הנכונה, זמן קצר לאחר מכן, לקתה סופיה בדלקת ריאות ומתה בתחילת 1891 והיא רק בת 41.

סופיה הייתה מתמטיקאית רב-גונית שניחנה בכישרון מיוחד להעמיק ולחקור בתחומי המתמטיקה החדשים לתקופתה. היא עסקה בעיקר בסדרות אינסופיות, אך תרמה גם תרומה חשובה לחישובי אינטגרלים, לפתרון משוואות דיפרנציאליות ולהבנת קבוצת הפונקציות שגילה המתמטיקאי הנורווגי הגאון אבל (Abel).



בולים שיצאו לזכרה של סופיה

## אמי נתר: "המתמטיקאית המחוננת היצירתית המשמעותית ביותר"

ואיך אפשר לקנח תערוכת מופלאה זו של נשים מקשת רחבה של עמים ותקופות, שתרמו נכבדות למתמטיקה בלי לכתוב על נציגה בת-ברית – אמי (Emmy) נתר היהודייה, שנולדה בגרמניה.

אמי נולדה ב-1882 למשפחה יהודית בעיר האוניברסיטאית ארלנגן. אביה מקס היה פרופסור למתמטיקה, ואמה אידה לבית קאופמן הייתה מוסיקאית מוכשרת. אחיה פריץ עסק גם הוא במתמטיקה. אמי החלה ללמוד בבית ספר מקומי והצטיינה בלימודי שפות. בהיותה בת 18 עברה מבחנים ממשלתיים באנגלית ובצרפתית שאפשרו לה ללמוד מקצועות אלו. אך אמי הוקסמה מהמתמטיקה, אולי בעקבות אביה, והחליטה ללמוד את המקצוע באוניברסיטה. אולם כמו בימי סופיה, עדיין אסור היה לנשים להירשם לאוניברסיטה ואמי שמעה הרצאות באורח חופשי בין השנים 1900-1902. אחר כך עברה לשמוע הרצאות באוניברסיטת גטינגן היוקרתית עד 1904, שנה בה נפתחו שערי אוניברסיטת ארלנגן לנשים.

אמי חזרה לעיר הולדתה והמשיכה את לימודיה במתמטיקה כסטודנטית מן המניין, כאשר היא שומעת בעיקר הרצאות של אביה ושל חבר משפחה. אותו חבר, פול גורדן, התמחה באלגברה של ערכים בלתי משתנים (ואין זה חשוב אם אתם יודעים במה מדובר, כי גם אני לא מבין הרבה בזה למרות הרקע המתמטי שלי. העיקר שאנחנו יודעים שזה קשור למתמטיקה ולאמי נתר...). אמי עשתה את הדוקטורט בתחום זה וקראה לנושא עבודתה: "ג'ונגל של נוסחאות".

היא קיבלה את הדוקטורט בהצטיינות יתרה ב-1907 ובמשך שמונה השנים הבאות שימשה אסיסטנטית לאביה. לפעמים גם החליפה אותו בהרצאות ללא תשלום וללא קרדיט להתקדמות באקדמיה, מאחר שכאישה לא יכלה לקבל מינוי של מרצה. באותה תקופה גם ערכה מחקרים, פרסמה מאמרים בנושא הערכים הבלתי משתנים ופיקחה על סטודנטים במהלך עבודת הדוקטורט שלהם. היא הצטרפה לארגונים מתמטיים בינלאומיים וקיימה הרצאות בכנסים שנערכו בגרמניה ומחוצה לה.

מחקריה ומאמריה הרשימו שניים מטובי המתמטיקאים באותה תקופה, דויד הילברט ופליקס קליין, שפעלו והרצו באוניברסיטת גטינגן. הם פנו לסנאט האוניברסיטה והמליצו לאפשר לאמי לקבל משרת מרצה, אולם הסנאט סירב. זה היה בתקופת מלחמת העולם הראשונה, והסירוב נומק בטענה: "מה יחשבו החיילים-הסטודנטים שיחזרו מהחזית ויגלו שעליהם ללמוד מפי אישה?" הילברט לא נשאר חייב וענה: "אני לא רואה את מינו של המרצה כנימוק הנוגד את העסקתו. הסנאט אינו בית מרחץ ציבורי".

בסופו של דבר הוסכם שאמי תרצה ללא תשלום ובלא שיירשם שמה כמרצה בקורס. במערכת השעות היה רשום שהמרצה הוא הילברט...

רק לקראת 1919, לאחר ליברליזציה מסוימת במעמדה החברתי-מקצועי של האישה בגרמניה, התאפשר לאמי לקבל מינוי של מרצה מן המניין אבל בדירוג הנמוך ביותר. פירושו של דבר שהיא קיבלה את התשלום ישירות מהסטודנט ולא כמשכורת רשמית מהאוניברסיטה.

ב-1922 קיבלה אמי קידום לדרגת פרופסור, אך עדיין במעמד מיוחד ורק שנה לאחר-מכן

החלו לשלם באמצעות מלגה – תשלום נמוך עבור עבודתה. מחקר־יה של אמי נתר, לפני שקיבלה את המינוי הרשמי כמרצה, תרמו לעבודתו של מדען יהודי אחר, הלוא הוא אלברט איינשטיין. המתמטיקאי הרמן וייל, שהיה ידידה של אמי אמר מאוחר יותר: "היא העניקה ניסוח אוניברסלי מזהיר לשניים מההיבטים היותר משמעותיים של תורת היחסות. איינשטיין עצמו, שהעריך מאוד את כישוריה של אמי, כתב ב-1918 לפליקס קליין: "בקבלי את עבודתה החדשה של העלמה אמי, אני שב ומוצא אי־צדק גדול בכך שהיא מנועה מלהרצות באופן רשמי. אני מצדד מאוד בנקיטת צעדים נמרצים במיניסטריון" (לביטול התקנה המונעת מנשים לקבל מינוי).

בגלויה ששלח איינשטיין להילברט שנה אחר־כך הוא כתב: "לא היה מזיק לשומרי החומות בגטינגן, אילו היו לומדים ממנה (מאמי) דבר או שניים. היא בהחלט יודעת מה היא עושה" (קלפרייס, 1996).

תרומתה הגדולה של אמי הייתה בתחום חדש יחסית שנקרא "אלגברה אבסטרקטית". תחום זה פותח על ידי המתמטיקאי והמשורר רואן המילטון, שהגדיר מספרים היפר־מורכבים המכילים שילוב של מספרים ממשיים ודמיוניים. אמי המשיכה לפתח את התחום תוך שהיא מגלה ומוכיחה עקרונות חדשים וקשרים חדשים בקבוצות המספרים האלה. במאמריה הוכיחה שאותם חוקים מתמטיים פועלים בענפים השונים של המתמטיקה.

בשנת 1926 פרסמה אמי את מחקרה החשוב ביותר על האלגברה האבסטרקטית בה התמחתה. פרסומיה ותגליותיה פרצו גבולות והיא הוזמנה להרצות כפרופסור־אורח באוניברסיטת מוסקבה בשנים 1928-1929 ובאוניברסיטת פרנקפורט בשנים 1931-1932. ב-1932 זכתה אמי נתר בפרס מתמטי מכובד על תרומתה למתמטיקה, ובאותה שנה הייתה לאישה הראשונה שהוזמנה להרצות את ההרצאה המרכזית בכנס בינלאומי למתמטיקה.

עם עליית הנאצים לשלטון ב-1933 נאלצה אמי, היהודייה הפציפיסטית בעלת הנטיות הסוציאליסטיות, לעזוב את אוניברסיטת גטינגן יחד עם עוד חמישה פרופסורים יהודים. היא שוכנעה על ידי ידידה לצאת מגרמניה כל עוד אפשרי הדבר ובאותה שנה עברה להתגורר בארה"ב. היא קיבלה משרת מחקר בפנסילבניה וכן עבדה עבור המכון למחקר מתקדם בפרינסטון. בשנת 1935 נותחה אמי להוצאת גידול לא ממאיר מגופה. הניתוח היה שגרתי ועבר ללא סיבוכים, אך ארבעה ימים לאחר מכן התפתח זיהום מלווה בחום גבוה, היא איבדה את הכרתה ונפטרה.

במכתב ששלח אלברט איינשטיין לעיתון "ניו יורק טיימס" כתב: "אמי נתר היא המתמטיקאית המחוננת היצירתית המשמעותית ביותר שחיה עד היום, מאז החלו נשים לזכות בהשכלה גבוהה" (קלפרייס, 1996).

## אז איפה הן המתמטיקאיות ההן...?

מעמדה של האישה, באקדמיה בפרט, אך מבחינת שוויון הזכויות בכלל, הוא טעון ובעייתי עד עצם היום הזה. נוכחנו בזאת בסקירה כאן על שש המתמטיקאיות הבולטות, שדרך לא הייתה

סוגה בשושנים, בלשון המעטה. ההתנגדות לעיסוקן במתמטיקה על ענפיה השונים עברה כחוט השני מהמשפחה לקהילה ועד לחברה שיוצגה על ידי הדת והממשל.

היפאטיה הוצאה להורג על ידי שליח הנצרות בתואנה של "עבודת שטן"; מריה אגנסי אמנם בחרה לעזור לנזקקים במקום לעסוק במתמטיקה לאחר מות אביה, אך כל נשכח את "המכשפה של אגנסי..."; סופי ז'רמן נאלצה להתחפש לגבר ומתה כ"אישה חסרת מקצוע"; סופיה קובלבסקי נאלצה להתחתן בנישואים פיקטיביים וזכתה לתואר "מפלצת"; על תלאותיה של אמי נתר לקבל מינוי רשמי לא אכביר מילים, ומה עם עדה ביירון? היא לא יכלה ללמוד באורח פורמלי באוניברסיטה ובאורח פרדוקסלי גם לא לפרסם בשמה האמיתי ולא דווקא מסיבות אקדמיות.

המשפחה מהווה גורם אמביוולנטי לעניין מעמד האישה: אצל סופי ז'רמן וסופיה קובלבסקי התנגדו ההורים בתחילת הדרך, אך לאחר שראו את הנחישות, הפכו לתומכים בשאיפה. ואילו אצל היפאטיה, אגנסי ונתר, היו ההורים-האבות שעסקו בתחום – גורם מניע כמו גם אולי אצל עדה ביירון שאמה נמשכה למתמטיקה.

שש נשים מהבולטות בתחום המתמטיקה לענפיה השונים, מייצגות את מגדרן ואינן יכולות להוות מדגם סטטיסטי לקבלת מסקנות. אך אם נתייחס אליהן כאל אירוע מוגדר, אפשר לראות עוד כמה מאפיינים המושכים את העין: ארבע מהן לא נישאו, אחת – סופיה קובלבסקי התחתנה פיקטיבית כדי להגשים את חלומה. רק אחת – עדה ביירון התחתנה בהתאם למקובל והנישואין לא עמדו בדרכה לעסוק במחקר.

רק אחת מהן, אגנסי, מתה בשיבה טובה בגיל 81; היפאטיה הומתה בידי המון מוסת בהיותה בת 45; ארבע מהן מתו בגיל צעיר יחסית ממחלה: סופי ז'רמן מתה מסרטן בת 55; עדה ביירון מתה מסרטן בגיל 36; סופיה קובלבסקי מתה מדלקת ריאות בת 41, ואמי נתר מתה מזיהום לאחר ניתוח בגיל 53 (הערה: יש האומרים שהעיסוק בחשיבה, ולא חשוב באיזה תחום, מאריך חיים ולראיה, ששוב אינה סטטיסטית, אפשר להתרשם מקבוצה של מתמטיקאים יוונים בולטים מלפני 1800-2500 שנה, כשתוחלת החיים אז הייתה קרובה יותר לגיל הפטירה של חמש מהמתמטיקאיות שהוזכרו ורחוקה משנות חייה של אגנסי – 81. תאלס חי בין 80 ל-90 שנה לפי מקורות שונים; פיתגורס האריך חיים עד גיל 80; ארכימדס נהרג בהיותו בן 75, וארטוסטנס התאבד בהיותו בן 80. על מצבתו של דיופנטס חקוקה חידה שפתרונה נותן את שנות חייו: 84. גם ספרים העוסקים בתולדות המתמטיקה אינם עושים חסד עם הנשים. ספרו של בל (Bell, 1965), נחשב לאחד הבולטים בתחום זה: Men of Mathematics. מעצם השם נודף ניחוח גברי, למרות שבתרגום חופשי "אנשי המתמטיקה", אמור להכיל את שני המגדרים (התרגום האלטרנטיבי: "גברי המתמטיקה" הוא עוד יותר מצ'ואיסטי בנוסח: מקהלת גברי השריון...).

אבל מדוע להתווכח עם סמנטיקה כאשר בספר הפותח בפרק על ארכימדס (212-287 לפנה"ס) ומסיים בפרק על המתמטיקאי קנטור (1845-1918) אין אפילו פרק אחד על אישה. המתמטיקאית היחידה לה מוקדש חלק באחד הפרקים היא סופיה קובלבסקי בהקשר לקארל ויירשטראס ושם הפרק הוא: "Master and Pupil". לא קשה לנחש מי התלמיד(ה)...

ספר המתמטיקה בסדרת "לייף" (1970) יצא תחת עינם הפקוחה של יועצים מתחומי מדע ונשים, ועם זאת אין בו התייחסות למתמטיקאיות למעט כמה שורות על היפאטיה, כסיום הולם למתמטיקה היוונית. הדגש בהקשר אליה מושם על מותה האכזרי ולא על תרומתה. המעניין הוא לקרוא את ההקדמה לספר: "מאז ומתמיד טענה המתמטיקה לכתר של **מלכת המדעים**. על טענה זו שנישאה ברמה בפי מתמטיקאים, קראו תיגר לא רק מדענים מתחומים אחרים שביקשו לראות את מקצועם בראש הסולם, אלא גם אלה שלדעתם רק המקצועות ההומניסטיים מראים תכונות משיכה נשיות כאלו, המזכות אותה לתואר זה..."

ואילו ספר כחול־לבן "על מתמטיקה ומתמטיקאים" (שישא, 1977), אינו משפר את המצב. הוא מזכיר את היפאטיה שלוש פעמים, אך רק פעם אחת בהקשר לתרומתה למתמטיקה, ומספר המשפטים שהוא מקדיש לה עיקרם עוסק בסופה הטראגי. סוניה (סופיה) קובלבסקי מקבלת בספר זה כעמוד על קורות חייה, אבל זאת שוב בהקשר לקרל ויירשטראס: "תיאור קורות חייו של ויירשטראס יהיה לוקה בחסר, אם לא יוזכר שמה של תלמידתו, המתמטיקאית המפורסמת..." כבר היינו בסיפור הזה... ספרו של שישא בנוי על שיחה בין מיכה המהנדס, נכדו אורי הלומד בטכניון, ויעקב, הלומד משפטים, ידידו של אורי. ושוב אנו נתקלים רק בדמויות גבריות... כאשר בפרק הסיום של הספר אומר מיכה לשני האחרים שיזכרו שבסיפורו על תולדות המתמטיקה הוא ציין בנוסף לאמי נתר, שתי מתמטיקאיות בולטות נוספות – היפאטיה וקובלבסקי. הוא ממשיך ואומר: "למעשה ההיסטוריה של המתמטיקה מזכירה שמות של שש נשים כיצירות בתחומי המתמטיקה עד המאה שלנו (הכוונה עד המאה העשרים – א.ג.). אולם במאה העשרים נתפרסמו נשים רבות כמתמטיקאיות מחוננות וגם זה אופייני לדורנו, שבו גוברת והולכת התעניינות של נשים במתמטיקה" (שם, 1977).

אולי נוח לשישא להתעלם מסיבה חשובה אחרת לאי פרסומן של נשים, אבל מעבר לכך, כנראה שהמידע שהיה מצוי בידינו על נשים מתמטיקאיות עד למאה העשרים לא היה שלם. אם נוסף לשלוש המתמטיקאיות שהוא מזכיר את סופי ז'רמן ואת מריה אגנסי, בהנחה שהתכוון אליהן כחלק משש המתמטיקאיות, הרי שיש כבר חמש מתמטיקאיות. המתמטיקאית מרי סומרוויל הוזכרה בהקשר לעדה ביירון. שתיהן לא רכשו השכלה פורמאלית במתמטיקה אך לשתיהן תרומה חשובה. עדה תרמה לתחום המחשבים הדורש ידע מתמטי ברמה גבוהה, ואילו מרי כתבה ארבעה ספרים:

1. תרגמה לאנגלית את ספרו החשוב והלא קל להבנה של לפלס, "המכניקה השמימית", תוך הוספת ביאורים משלה.
2. כתבה ספר על הקשר בין המדעים הפיסיקליים כמו אסטרונומיה, מטאורולוגיה, חשמל, מגנטיות, אופטיקה וכיו"ב.
3. כתבה ספר בגישה חדשנית על גיאוגרפיה פיסיקלית.
4. כתבה ספר על המדע המולקולרי-מיקרוסקופי המתייחס לגיאולוגיה, לפיסיקה ולביולוגיה. ספר זה פורסם בהיותה בת 89, דבר שמראה שלעולם לא מאוחר וגם אולי "סותר" את מה שנכתב קודם על שנות חייהן של מתמטיקאיות.



אם ניקח בחשבון את עדה ואת מרי, הרי שמדובר כבר בשבע מתמטיקאיות. אולם מעיון בספרה של יאונט (Yount, 1999), על נשים במדע ובמתמטיקה, אפשר לקרוא על עשר נשים יוצרות במתמטיקה, שפעלו לפני המאה העשרים. זאת בנוסף לתשע מתמטיקאיות נוספות שפעלו ופועלות במאה העשרים ואחת. אזכיר בקצרה את שלוש המתמטיקאיות המשלימות למניין:

אמילי דה שאטלה (1706-1749), מתמטיקאית ופיסיקאית צרפתייה אשר תרגמה את "עקרונות המתמטיקה" של ניוטון לצרפתית עם הערות משלה (מזכיר במידה מסוימת את עבודתה של אגנסי שספרה "יסודות אנליטיים" עוסק במתמטיקה של ניוטון אך עם דגש על הסבר ופירוש ולא על תרגום). גם אמילי מתה צעירה, בת 43, בעת לידה, ואחד ממעריצייה, שליט פרוסיה, כינה אותה: "ונוס-ניוטון".

קריסטין לאד-פרנקלין (1847-1930) פעלה במשך 30 שנה במאה העשרים, אך שאר תשע המתמטיקאיות של המאה העשרים נולדו באותה מאה. יש שתי סיבות טובות להצגתה: ראשית, היא אמריקנית ועד כה לא נדדנו מערבה מאנגליה למצוא מתמטיקאית, ושנית, כדי להראות שגם בארה"ב, ארץ החופש והשוויון לכאורה, לקראת סוף המאה התשע עשרה עדיין לא התקבלו נשים לאוניברסיטות בכמה מדינות. גם בסיפורה של קריסטין, כמו בסיפור של קובלבסקי, נמצא גבר בדמות המתמטיקאי סילבסטר, שהצליח להשיג עבורה "מעמד מיוחד" באוניברסיטה. היא למדה פסיכולוגיה ומתמטיקה – שילוב יוצא דופן, אך למרות שהשלימה את הדרישות לקבלת דוקטורט ב-1882, סירבו הרשויות להעניק לה את התואר. קריסטין קיבלה את התואר רק ב-1928, 46 שנים לאחר שסיימה את הלימודים, כשהיתה בת 79! (עוד דוגמה סותרת לאריכות ימים למרות עוגמת הנפש. היא חיה 83 שנים). חרף אי-ההכרה הרשמית בכישוריה, לא נפלה קריסטין ברוחה ובמחקריה תרמה לשני התחומים בהם שלטה: במתמטיקה היא תרמה לתחום הלוגיקה הסימבולית ואילו בתחום הפסיכולוגיה שילבה את המתמטיקה בחקר הפסיכולוגיה של הראייה.

אגנס שרלוט סקוט (1858-1931), גם היא כמו קריסטין נכנסת לתוך המאה ה-20 אבל בפירוש שייכת לקטגוריה של המאה ה-19. היא נולדה באנגליה והיגרה לארה"ב שם סיימה דוקטורט במתמטיקה ותרמה במחקר על הקשר בין גיאומטריה לאלגברה. נוסף לכך, וזה חשוב לעניין מעמד האישה באקדמיה, היא עמדה בראש המחלקה למתמטיקה של קולג' בפילדלפיה, שהכשיר נשים לדוקטורט במתמטיקה.

למרות שמעמד האישה באקדמיה השתנה במאה העשרים ובתחילת המאה העשרים ואחת, שוויון ההזדמנויות קיים לכאורה, והחברה – גם כשהיא מתקדמת בעקבות ספרי הגות ומוסר, מהפכות והצהרות כמו המדינות שחרתו על דגלן את החופש, השוויון והאחוה – עדיין היא מסתרת מאחורי דעות קדומות, צביעות ושמירה על מוקדי כוח.

אך כפי שאמר גלילאו גליליי, שנרדף גם הוא על דעותיו המדעיות ואולץ על ידי הכנסייה להתכחש לתנועת כדור הארץ סביב השמש: "ואף על פי כן נוע תנוע". המתמטיקה תמשיך לנוע ולהתפתח לעבר תגליות והישגים חדשים חרף המגבלות, האיסורים והמכשולים. נשים וגברים מכל הגזעים, האמונות, העמדות והנטייות, ימשיכו לרחף כפרפרים סביב הנורה הבוהקת של הידע המסקרן והמגרה, הטמון באותם מבנים מתמטיים מופלאים.

## ביבליוגרפיה

- ברגמיני, ד' (1970), מתמטיקה. הספרייה המדעית של לייף, הוצאת מעריב.  
גזית, א' (2004), **מצאתי...! על אנשים שאהבו לחשוב ולחשב**. הוצאת גייסט.  
גזית, א' (2008), מתמטיקה, שפה, שירה. **החינוך וסביבו**, כרך ל', מכללת סמינר הקיבוצים.  
סינג, ס' (2000), **המשפט האחרון של פרמה**. ידיעות אחרונות.  
קלפרייס, א' (1996), **כמו שאיינשטיין אמר**. הוצאת הד ארצי.  
שישא, א' (1977), **מתמטיקה ומתמטיקאים**, הוצאת מסדה.

Bell, E.T. (1965). **Men of Mathematics**, New York: Simon & Schuster.

Kingsley, C. (1857). **Hypatia: Or, New Foes with an Old Face**, Leipzig: Bernhard Tauchnitz

Yount, L. (1999), **A to Z of Women in Science and Mathematics**, New York: Library of Congress,

e-mail: avikam120@walla.com