

## רשימות

### רוברט אופנהימר על נילס בוהר

יעקב לורד

בחדשי שהותי בפרינסטון השתתפתי מזמן לזמן מן בפגישות עם חוקרים שהומנו להרצות לפני חבר המורים במחלקה להיסטוריה. הפעם עמד לפנינו ב"מועדון הפאקולטה" אדם שהוא רחוק מן ההיסטוריה וקרוב אליה כאחת — רוברט אופנהימר. מר. זמן קצר קודם לכן התפטר מראשות "המכון ללימודים מתקדמים" בפרינסטון, אך הוסיף לעמוד בראש המחלקה לפיסיקה תיאורטית באוניברסיטה של פרינסטון. אופנהימר עצמו הוא שיזם את הפגישה שכן היה ברצונו לדבר בעיקר על אדם אחד ועל בעייה אחת שהיו קרובים ביותר ללבו: על ניהולם בוהר, הדני הגאוני, ועל בעיית האנרגיה האטומית ביחסה לשלום העולם. והנה עמד לפנינו, קומתו שוחחה כלשהו, ודיבורו איטי וזהיר עד מאוד. במשפטים בנויים היטב שוחח אתנו, כמי שנתנסה בראיונות עם עתונאים ועם ועדות חקירה, שלא חסכו כזכור אף חלקה קטנה מחייו האינטימיים ביותר. קולו חרישי והוא כמ"שוחח עם עצמו. רשמתי לי אז מקצת דבריו.

אביו של נילס בוהר היה פיסיולוג נודע והוא העניק לבנו תחושה ערה לבעיות תכלית החיים, ועורר בו התעניינות עמוקה בפיסיולוגיה ובכימיה של החיים ובעיות פילוסופיות שיש להן זיקה לביולוגיה. בוהר היה תלמיד אטי, מודאג מן הבעיות שלא באו על פתרוןן והטריד לא מעט את מוריו לפילוסופיה. בפיסיקה היה תלמיד מצטיין.

בשנת 1911 נסע בוהר לבריטניה להסביר לתומפסון את השגיאות שגילה בעבודותיו — מבצע בלתי מוצלח בסופו של דבר. אולם בו בזמן נפגש עם ראתרפורד אשר אז גילה את גרעין האטום, והלה התרשם מן הלהט ומן האינטואיציה של בוהר.

בלי לחזור על ציוני-הדרך העיקריים בפרשת גילויי של מבנה האטום, יצויין שמכאן ואילך הקדיש בוהר את כוחו לתחום זה. הוא הזמן לעבוד בבריטניה, אבל דחה את ההזמנה וחזר לדנדי, שם בנו בשבילו את המכון הגדול בעולם למחקר האטום. כל אותו הזמן עמד בקשרים עם לורד

ראתרפורד, שהיה עסוק בפיתוח מכשירים לגילוי צוללות. בשנת 1918, אחרי המלחמה, כותב בוהר לראתרפורד: "לא תהיה עוד מלחמה כזאת".

אופנהימר עצמו, שנפגש עם בוהר לראשונה בשנת 1926, היה בשנת 1927 תלמיד האוניברסיטה בגטינגן אשר בגרמניה ועסק שם בחקר התנהגותם של אטומי מימן בשדה חשמלי. הוא ניסה לתאר מצבים סטאטיים, אולם גילה שאין מצבים כאלה בנמצא. תוצאות עבודה זאת סייעו לשלושה פיסיקאים בכירי התנהגות של חלקיק, והביאו בסופו של דבר להכרה שחלקיקים בעלי מטען נמוך מסוגלים לחדור לגרעין. מכאן ועד בעיית מקור האנרגיה של הכוכבים — בעייה הפתוחה עד היום — לא היתה אלא פסיעה קטנה.

התפיסה החדשה עודדה בניית מאיצים: ב-1927 החל לוקרופט (Lockcroft) בבניית מאיץ בקמברידג', שהופעל ב-1932. באותה שנה כתב ראתרפורד לבוהר שהפגות אטום של ליתיום מן הדין שתביא להפקת שני חלקיקי  $\alpha$ , תוך ראקציה אכסתורמית. באותה שנה נתגלה גם הפוזיטרון. בעקבות תגליות חדשות של פרמי (Fermi) ועוזריו, שעסקו בחקר ניטרונים, הגיע בוהר למסקנה שהאנרגיה מוגבלת היטב, הואיל ובשעה שנלכד ניטרון, נבלעת האנרגיה בגרעין כולו. ב-1938 מצא האן (Hahn) כי באורניום שהוקרן נמצא בריום — תגלית "אלכימית" לכאורה, אשר האן עצמו לא ידע להסבירה. ל. ל. שטראוס, בספר זכרונותיו המרתק, מספר על פגישה עם האן בדמטצבר 1955, שבה זקף את כל ההישג שבגילוי תופעת הביקוע באטום הרדיום לזכותה של ליוה מייטנר. "כאשר קיבלנו את התוצאות, לא יכלנו להבין איך נתגלה בריום בחומר שנבדק. הרי לא היה לנו בריום כאשר התחלנו בבדיקה. כתבתי לליוה, והיא השיבה במכתב חתום על ידה ועל ידי דודנה אוטו פריש (Frisch). המכתב עודנו שמור בידי, חרוך במקצת: הוא אָחד השרידיים המעטים ששרדו מארכיון המכון אחרי ההפצצות של בעלות-הברית. במכתב הסבירה כי מה שקרה הוא שביקענו את אטום האורניום. סבורני שבאותו מכתב מופיע המונח 'ביקוע' בפעם הראשונה".

על התגלית הגורלית ההיא, ששותפיה כימאי גרמני ושני פיסיקאים יהודיים שנמלטו מגרמניה ומצאו מקלט בשבדיה, שמעו חוקרים אמריקניים בפעם הראשונה מפי ניהלס בוהר. כעבור שבו-

הפצצות של מטוס-קרב בריטי. אופנהיימר סיפר שנתנו לבוהר מסכת-חמצן לעת הטיסה, אלא שחילה-האוויר המלכותי לא היה מנוסה בראשים כה גדולים; המסכה לא פעלה ובוהר איבד את הכרתו.<sup>3</sup>

מארחו הבריטי, צ'אדוויק (Chadwick), תל-מידו של ראתרפורד וראש מעבדת קאוונדיש, מסר לבוהר על מהלך המאורעות. בעיני בוהר היה המיבצע האמריקני, שהבריטים נטלו בו חלק מכריע, בגבול הדמיוני. בשיחתו באוניונו עמד אופנהיימר במיוחד על חלקם של הבריטים בכל הפרשה. גם בבריטניה היה לפליטי העריצות מן היבשת מקום נכבד בהעלאת הבעיה לדיון דחוף (אופנהיימר הזכיר את ר. פיירלס (Peierls) "הבטחון והאמונה שבהם התייחסה ממשלת ברי-טניה להצלחת המיבצע של פיתוח נשק אטומי היו גורם מכריע בריכוז המאמץ האמריקני וב-חישולו, מפעילות של ועדות שונות שפעלו בסודיות הדדית המונעת התקדמות של ממש ועד מיבצע רחב-מידות".<sup>4</sup> בהמשך דבריו באותו ערב הביע אופנהיימר וחזר והביע את צעריו, שחל-קם של אנשי-מדע בריטיים בפיתוח הממשי של פצצת האטום נשמר בסוד ימים רבים מאד ולא נודע ברבים אלא בשנת 1949, וגם אז למורת רוחם של האמריקנים. "אילו השכילו לפרסם זאת קודם לכן", אמר, "לא היתה מתפתחת בארצות-הברית תחושה זו של כלי-יכולת אשר פשטה כאן במידה יתירה". לא קשה היה להבין את הרמוז ואת המרירות שהובלעה בו. הן עמד לפנינו האיש אשר היה חדשים רבים טרף לשיסווי השחצני של הסנטור מקארתי ונושאי כליו.

זמן קצר לפני שהגיע בוהר לבריטניה חתמו צ'רצ'יל ורוזוולט, בפגישתם בקויבק, על הסכם לשיתוף-פעולה במחקר האטומי בארצות-הברית ובקנדה, והסכימו לקיים התייעצויות ביניהם בעני-ינים פוליטיים וצבאיים. לפיכך קיווה צ'אדוויק לשכנע את בוהר שיצטרף לצוות הבריטי שפעל בארצות-הברית. לאחר שהגיע בוהר לארצות-הברית — כך סיפר לנו אופנהיימר — ושאל להי-קפה של העבודה הנעשית בלוס אלמוס, היה גור-רל השלום בראש דאגותיו. באותה שעה, בשנת 1943, עדיין היה השלום מרוחק. בוהר ידע היטב

עות אחדים הגיע לארצות-הברית אנריקו פאָר-מי — הוא בא ישר מסטוקהולם, מטקס הענקת פרס נובל — ובידו אותן ידיעות, אשר עליהן הר-צה באוניברסיטת קולומביה. בוהר בא לפרינסטון לעשות חדשים מספר בחברת ידידו אלברט איינ-שטיין (בבית הסמוך למקום פגישתנו עם אופנ-היימר). בוהר עצמו הוא שקבע כי הביקוע כשמו כן הוא.

הודעת בוהר חוללה תגובת-שרשרת בחוגי ה-מדענים המקורבים לדבר, אולם הוא עצמו לא היה בין אלה שחזו את האפשרויות-להרע הטמו-נות בתגלית החדשה. במכתב שכתב לל. שטראוס אחרי שובו לדניה כתב בין היתר:

"הלאי ויכולתי לשוחח עמך ביתר פרטים על האפ-שרויות והסיכויים הטמונים בשליטה על האנרגיה האטומית, כפי שהיא מתגלה לפנינו לאחר ביקוע אטום האורניום. כפי שאמרת, סבורני כי לאחר שהובררו התכונות השונות עד מאוד של האיזוטופים השכי-חים והנדירים של האורניום, שוב אין סכנה מיידית של שימוש מסוכן באנרגיה גרעינית. לעומת זה נול-דה התקוה לשימוש מועיל באנרגיה זאת למטרות מעשיות, ואולי לשימושים רפואיים מיוחדים...".<sup>2</sup>

גדולתו של בוהר כאדם, אשר אופנהיימר הד-גיש אותה בדבריו, באה לידי ביטוי הן בדבקות בשלום והן בפרשה אחרת שמתאר שטראוס: בוהר תרם את מדליית הזהב שקיבל יחד עם פרס נובל לקרן סיוע לפליטים מפינלנד שנמלטו לדנ-יה, והימים ימי מלחמת רוסיה-פינלנד. עתה, מש-החליט גם מכוון פרנקלין להעניק לבוהר מדליית זהב, כתב שאם אין התנגדות לכך מבקש הוא למכור את המדליה ולמסור תמורתה לקרן שהוק-מה בארצות-הברית לשם סיוע לקרבנות המלחמה בפינלנד. אבל המדליה כבר נשלחה לבוהר; ועד שהחזרה לארצות-הברית ב-1939 כתרומה לקרן, נחתם חוזה השלום בין רוסיה לפינלנד.

משחזר בוהר בשנת 1939 מביקורו בארצות-הברית לדניה, המתין לו המכון והמתינו לו מכ-רים שהיו לפליטי חרב והשליכו עליו כל יהבם. ואולם בתוך שנה נסגר המכון. עברו שנים, וה-קרקע נתלהת תחת כפות רגליו, והסכנה לחופש ולחיים גברה. בעזרת המחתרת הדנית הוברח בסירה קטנה לשבדיה ומשם הוטס לאנגליה בתא

R. Oppenheimer, Niehls Bohr and Atomic Weapons, New York Review of Books, Dec. 17, 1964 6-8.

<sup>4</sup> כנ"ל.

יש לו תכניות אחרות לקידום שיתוף-הפעולה הבין-לאומי אחרי המלחמה.

בבריטניה היו לבוהר פגישות שונות. הפגישה עם צ'רצ'יל, כך סיפר אופנהיימר, נכשלה לחלוטין: יועצו המדעי של צ'רצ'יל, לורד צ'ארלס אל (או, כשמו הקודם פרופ' לינדאמאן) לא הכין את ראש-הממשלה לפגישה, ובשעה שישב בוהר במחיצת השניים, באו הללו בריב. בוהר היה נבוך; דעתו לא היתה סובלת סכסוכים, לא כל שכן בנסיבות כאלו: בתום לב הקדים וכתב לצ'רצ'יל שהוא מביא ידיעה מנשיא ארצות-הברית. אופנהיימר לא ידע אם נתקבלה תשובה למכתב זה.

בוהר חזר לארצות-הברית באותה שנה, ואחרי שמסר על-ידי השופט פרנקפורטר אגרת לנשיא רוזבלט עשה דרכו הלאה ללוס אלאמוס. בשלהי אוגוסט נפגש עם הנשיא רוזבלט, וחזר מעודד מאוד. להלן כמה מן הדברים שרשם בוהר לאחר הפגישה:

"אות מבשר-טוב הוא, כי התקוות לשיתוף-פעולה בין-לאומי אשר הובעו על ידי כל האומות המאוחדות, עולות בקנה אחד עם האפשרויות היחידות-במינן שנפתחו לפני האנושות עקב התקדמות המדע".

והנה, נקודת-השיא במאמציו של בוהר להביא לידי שיתוף-פעולה בין הבריטים והאמריקנים ובין הרוסים, היא גם נקודת-השפל בפרשה. צ'רצ'יל ורוזוולט נפגשו בספטמבר 1944 לשיחות ממושכות. בין היתר שוחחו גם על בעיות הכרוכות באטום ועל תכניותיו של בוהר. מאותה שעה נשאר זכרון-דברים, החתום על ידי שני המדינאים, ובו שלוש מסקנות.

1. יש לדחות את הצעתו של בוהר כי ההתקדמות בתחום זה תתפרסם ברבים (אופנהיימר טען כי בוהר לא הציע זאת, ושכל ההנחה יסודה בטעות: בוהר לא גרס אלא זאת, ששיחה בין רוזוולט וסטאלין על בעיות העתיד אפשר תהיה בה תועלת). המבצע כולו צריך להישמר בסוד כמוס. כשתהיינה הפצצות מוכנות אולי ישתמשו בהן, אחר שיקול-דעת מדוקדק, במלחמה עם יפאן.

2. יש לתכנן פיתוח בריטי-אמריקני משותף בעתיד.

3. יש לקיים פיקוח קפדני על בוהר, לבל ימסור סודות לרוסים!

התרגשותו של אופנהיימר בשל העלבון הזה לא פגה במרוצת השנים, וניכרה היטב למרות די-

את הנעשה בשדה הפיסיקה בברית-המועצות: היו לו שם ידידים קרובים, יפה, קפיצה, לנדאו, ואחרים. לפי מה שהיה ידוע לו, לא היה ספק בלבו, כי הברית של ימות המלחמה לא תתקיים בעת השלום, והוא חזה מירוק-זיון שלא היה כמו-הו. אבל הוא ראה גם את הסכנות הטמונות בניצול ריאקציות תרמונוקליאריות בייצור פצצות.

בהעלותו את טובת האנושות על הכל, החליט בוהר לעשות למען שיתוף-פעולה בין-לאומי ולמען ביטול הסכנה של מירוק-זיון בלתי מרוסן. בכל מאוודו האמין כי שימוש באנרגיה האטומית לצרכי שלום ייתכן רק בתנאים של מחקר חפשי בעולם פתוח. דרך-עקרון גרס, שכל דבר העלול לסכן את שלום העולם, מן הדין שיהא פתוח לפני האנושות כולה.

לא היו לבוהר אשליות, והוא השכיל לראות שבתנאי הימים ההם לא ישישו הסובייטים להטות שכם ליצירת עולם חפשי. אולם באופטימיות הגדולה שלו סבר, שהסיכוי להגיע לשיתוף-פעולה וכן התועלת שתצמח ממנו לרוסים עשויים לשכנעם.

מטרת בואו של בוהר לארצות-הברית בשנת 1943 היתה לקדם את שיתוף-הפעולה הבין-לאומי אחרי המלחמה; הסיבה הרשמית והסודית היתה סיוע בפיתוח הפצצה. הוא נפגש עם השגריר הבריטי לורד האליפאנס ועם שגרירה של ממשלת דניה (שלא היתה קיימת), שוחח עם השופט פרנקפורטר, אשר האזין לטענותיו של בוהר ברחשי כבוד; ואחר-כך בא עם בנו ללוס אלאמוס.

"בוהר היה נפלא. הוא התעניין בעירנות בכל הבעיות הטכניות. אולם, לדידי, היה תפקידו העיקרי במחיצתנו לא בתחום הטכני: בוהר הביא לנו תקות. הוא הציג את היטלר ללא כחל ושרק וחשף את תכניותיו לשעבד את אירופה אלף שנים. כולנו חפצנו להאמין יחד אתו בנצחון הסופי של שיתוף-פעולה במדע".

בראשית 1944 שוחח השופט פרנקפורטר עם הנשיא רוזוולט על דעותיו של בוהר. הנשיא הקשיב בעניין, ונענה בדברים של עידוד. כעבור זמן-מה, באפריל 1944, חזר בוהר לבריטניה. המזכיר הראשון של השגרירות הסובייטית מסר לו מכתב מאת קאפיצא (אשר עבד בשעתו בקמברידג') והיה חביב על רותרפורד; לימים לא הרשוהו הרוסים לצאת מן הארץ. קאפיצא הזמין אותו לבוא לרוסיה, שם מובטחת לבוהר ריעות טובה בקרב בני-אומנותו. אולם בוהר השיב כי

את כל הצוות של אנית מלחמה בן שנייה אחת... כלי-הירי החדשים מעניקים לכדורים כוח-חדירי רה כה עצום, עד שכדור יחיד מסוגל לפלח גוף-פוחיהם של ארבעה בני אדם... הכוננות למלחמה היא מקיפה כל-כך, והמלחמה עצמה נוראה ועקובה מדם כל-כך, עד שהמלחמות הן כמעט בלתי מציאותיות לחלוטין... "על שפתי אופנהיימר עלתה בת-צחוק, בת-צחוק מבויישת וילדותית כל-שהו, אך מיד הרצין שוב. אני סבור, אמר, שלולא השתמשו בפצצות ביאפאן, לא היו המעצמות נמנעות מן השימוש בפצצות הללו במשך כל השנים שעברו מאז, כפי שאירע באמת. הנשק הרתיע רק אחרי שאימתו הודגמה למעשה. "מה היתה תגובתך הראשונה, כאשר נודע לך שהפצצה הוטלה ביאפאן?" שאל אחד הנוכחים. "אחד מחברי הקיאו", השיב אופנהיימר, "ואני סבור שזאת היתה התגובה הנכונה".

בצאתו מעם הנאספים, הוסיף: "לאמתו של דבר, לא הספקתי לספר לכם כי כל מה שהתעקשתי עליו שיעשה — כוונתי לשכלולים הטכניים בבניית הפצצה — היה למעשה מיותר".

אדם רזה וקרח, הילוכו איטי, וכפות רגליו הגדולות מפושקות לצדדים קצת למעלה מן המידה — כך יצא מאתנו; 'ראש-ביצה' מובהק, כאמרת האנגלים, המקפל באישיותו ובפרשת חייו פרקים גורליים בתולדות האנושות בת-זמננו. ומי שידע משהו מסערות הרוח אשר פקדו אותו, אותם פרקים כאובים בחשבון-הנפש של איש-המדע עם מצפונו במכלול יחסיו עם חברים ומעבידים, ועל הכל עם האנושות, לא יתפלא מה ראה אופנהיימר להיאחז בנילס בוהר כדמות עתירת השרא, אה, המסמלת את הטוב והיקר באדם, ומדוע יצא ללמד ברבים את הלקח הצפון בחיי איש-המדע הדני.

בורו האיטי והשקט. אכן החסידה תקעה את מקורה עמוק מדי ללוע האריה! ואף על פי כן המשיך בוהר במאמציו, והשפעתו והשפעת תומכי גינתו לא אבדה. כשמת רוזולט היה עמו בכתובים נאום — שלא זכה עוד לשאתו — ובו הן בעצמה החדשה של המדע במלחמה, ובהכרח השלום בעולם. לא הכל סמכו ידם על הקריקטורה שהזכיר אופנהיימר: ילדה שואלת את אמה, מה הוא המיתקן המוצג בטלוויזיה; "זוהי פצצה חדשה", משיבה האם, "לתועלת האנושות!".

בסיום שיחתו הסכים אופנהיימר להשיב לשאלים. "האם ההחלטה להשתמש בפצצה כנגד יאפאן היתה פרי ביטוי ליחס שונה אל אסיאנים מאשר אל אירופים?" אופנהיימר השיב בשלילה מוחלטת. רבים מאנשי המפתח אשר עמלו בפיתוח הפצצה היו פליטים מאירופה הנאצית. שאיפתם הגדולה מכל היתה להציל את אירופה ואת ארצות-הברית מן הסכנה הנאצית, ואין ספק שהיו משתמשים בפצצה גם נגד גרמניה — אילו היתה מוכנה בעוד מועד. היה מי ששאל על חלקם של מרגלים בהצלחת הפעילות הסובייטית בתחום האטום. לדעת אופנהיימר לא היה הריגול בגדר גורם מכריע: לרוסיה היתה דעת מספקת ודי פסיקאים מזהירים (הוא הזכיר את קאפיצא ולנדאו), והעבודה יכלה להתנהל ולהתקדם בלי ידיעות שהושגו על ידי מרגלים. לעומת זה, אמר, הפיצוץ עצמו, כלומר ההוכחה שאמנם ניתן הדבר להיעשות, העניק לרוסים תכליתיות ובטחון שנמנעו מן האמריקנים והבריטים אשר גיישו באפלה. בשיחה על נושא זה הבאתי לפני אופנהיימר קטע מכתב-העיסור בפרס האקדמיה הצרפתית שניתן למ. רבלון על מסתו "על המלחמה". הפרס הוענק בשנת 1892 ובמסה כתוב בין היתר: ציירו לעצמכם טורפדו המסוגל להשמיד