

## הלוגיקה בין אפיסטמולוגיה למתודולוגיה

### א

ג'ורג' בול ביצע את הצעד החשוב הראשון להתנתקות הלוגיקה מן האפיסטמולוגיה. הלוגיקאי המסורתי היה מחויב לתמונת עולם שלמה שכללה בין השאר הנחות אונטולוגיות על הרכב ההווה והנחות אפיסטמולוגיות לפיהן ניתן לדעת אונטולוגיה זו בוודאות. מהנחות אלו נגזרו הנחות מטא-לוגיות על סך המונחים המותרים בשימוש, סך הפסוקים שבהם עוסקת הלוגיקה, סך ההיסקים וכדומה. למשל, הלוגיקה המסורתית הייתה תורת שיפוט, כלומר עסקה בהיסקים מבוססים בלבד, רק בהיסקים משיפטים. במילים אחרות, הלוגיקאי המסורתי סירב לטפל בהיסקים מהנחות שקריות, או אף בהיסקים מהשערות, מחשש שמעשה זה חסר שחר. לעומתו הלוגיקאי המודרני אינו מחויב להנחה שערך האמת של הפסוקים הוא מטפל בהם ידוע כאמת, ידוע כלל, או אפילו ניתן לידיעה. הישג זה הוא תוצאת מאבק מתמשך שהחל אצל בול, המשיך אצל פרגה וראסל, ונסתיים רק עם שילוב הסמנטיקה הפורמלית של אלפרד טרסקי עם תורת המדע של קרל פופר.<sup>1</sup>

מהיבט זה בול מתקדם יותר מפרגה, שנחשב בדרך כלל כאביה של הלוגיקה המודרנית. פרגה במוצהר הניח שהלוגיקה שלו עוסקת בשיפטים בלבד, כלומר רק בהנחות הנטענות כאמת, וטען כי היסקים שהנחותיהם השערות ואלו שהנחותיהם שקריות הם מחוץ לתחומה.<sup>2</sup> אפילו ראסל היה פחות שיטתי מבול בנקודה זו שכן בעקבות פרגה הוא הציג את הרדוקציו אד אבסורדום כטענת תנאי (אם לא־א אז

<sup>1</sup> תהליך ההשתחררות של הלוגיקה מן האפיסטמולוגיה, שהחל בול, הסתיים אצל טרסקי שכונן לראשונה את הסמנטיקה כתחום פורמלי טהור, בלתי תלוי בידיעותינו על העולם ובתורות משמעות המתנות משמעותיות של מונחים בידיעתנו את העולם. פופר היה הראשון שהטמיע אל תוך פילוסופיה שלמה את העובדה שהמדע במיטבו אינו יותר מאשר השערות. פופר אף הציע (כעשר שנים לאחר טרסקי ובהשפעתו) בנייה של הלוגיקה במסגרת הנחות מינימליות (Popper 1947). למעשה ההנחה המעניינת היחידה שהשתמש בה שם הייתה ההנחה שבמסגרתה ניסח את הלוגיקה ישנו תיחום בין מונחים עובדתיים לצורניים (או לכל הפחות שישנה השערה על תיחום שכזה) וגם הנחה זו ניסח לרכך בסיוע אוסף הגדרות אינטואיטיביות. לייבסקי (Lejewski 1974) הראה כי הלוגיקה שהציע פופר מתאחדת בקלות עם הסמנטיקה הפורמלית הטרסקיאנית שכן הלוגיקה הפופרית היא מעין פישוט של הלוגיקה הטרסקיאנית (בהיותה במכוון פחות פורמלית ומיוסדת על הגדרות אינטואיטיביות). כך נתקבע מעמדה המודרני של הלוגיקה כבלתי תלויה בידיעותינו על העולם.

<sup>2</sup> בייקר והקר (Baker & Hacker 1984, pp. 37–39) אספו מספר לא מבוטל של ציטוטים שאינם מניחים מקום לספק בנקודה זו.

אפשרי לעשות זאת, ולהודות בכך פירושו להודות בכך שיש לנסח בבירור ובבהירות מהם כללי חיפוש האמת ומהם כללי מציאתה. למיטב ידיעתנו אפלטון מעולם לא עשה זאת. לכל היותר הדגים את פיתוחו שלו את השיטה הדיאלקטית – הדיהירסיס (dialysis) – בדיאלוגים "סופיסטן" ו"מדינאי". במבט לאחור, קל לראות היום שאין זו דרך בטוחה למציאת האמת ועל כן שאינה מהווה תשובה מוצלחת לביקורת הסופיסטית. הראשון שנענה לאתגר הסופיסטי במפורט היה אריסטו, ותשובתו להם היא ניסוחה הידוע הראשון של הלוגיקה. אכן, אבי הלוגיקה מעיד כי הרעיון לניסוחה עלה בו כחלק מנסיונו להעמיד אלטרנטיבה עדיפה לשיטתו של אפלטון ולהכשיר את תלמידיו להתמודד עם הסופיסטים מחד גיסא ועם תלמידי האקדמיה האפלטונית מאידך גיסא.<sup>3</sup> ספריו הראשונים בנושא עוסקים בתורת ההפרכה ובאוסף כללי-אצבע (rules of thumb) להתמודדות עם כשלי הסופיסטים. החלק המרכזי של הלוגיקה שלו הוא ניסוח כמה מכללי הדוקציה במסגרת תורת הסילוגיזם. זהו הישג חסר תקדים לאדם יחיד המקים באחת תחום מדעי שלם, כמעט יש מאין. גולת הכותרת שלו היא השימוש במשתנים לשוניים כתחליף למונחים. השימוש במשתנים הוא שהופך את הלוגיקה לדיון המופשט הראשון בהיסקים, דיון המתמקד בצורות לוגיות ולא בדוגמאות קונקרטיות גרדא (כאלו שבהן השתמשו זנון, סוקרטס ואפלטון).

חשוב לענייננו כי אריסטו מעולם לא הציג את הסילוגיזם כתורת ההיסק התקף, אלא כתורת ההיסק המבוסס בלבד. תורת הסילוגיזם מסבירה כיצד לגזור אמיתות הכרחיות מאמיתות הכרחיות ותו לא. היא אינה דנה בהיסקים מהשערות או מהנחות שקריות (וזאת למרות העובדה התמוהה שבקורפוס האריסטוטלי השלם, אך לא בכתביו על הלוגיקה, דווקא מופיעים מקרים של רדוקציו אד אבסורדום, כגון ההוכחה הידועה שאין שורש רציונלי ל-2). יותר מכך: אריסטו אינו מבטא מודעות של ממש להבדל העמוק שבין היסקים תקפים למבוססים, כלומר לעובדה שמבחינה לוגית היסק תקף שהנחותיו אמת והיסק שהנחותיו שקריות שניהם תקפים אם הם בעלי אותה צורה לוגית.<sup>4</sup>

עיקר הנטל האפיסטמולוגי מונח על הטענות המכוננות בטעות "הנחות" הסילוגיזם. אלו אינן הנחות כלל, אלא הגדרות ונגזרותיהן (כך הן מוסברות בטקסט האריסטוטלי). סילוגיזם, על פי הגדרת אריסטו, הוא זוג הגדרות מהותיות שמסקנה הכרחית מעט פחות נגזרת מהן. מעמדן של ההגדרות המהותיות הוא המאפשר את חלולה של האפיסטמולוגיה האריסטוטלית ללוגיקה האריסטוטלית. ואכן, כמה

<sup>3</sup> הדיון המפורט ביותר בנוקדה זו הוא עדיין המחקר הקלאסי (Chemiss 1944), עמ' 1-64 ובייחוד עמ' 18-19, 27-33.

<sup>4</sup> סיכום סטנדרטי של סוגיה זו נמצא בנספח ל-Patzig 1968. ישנם הסבורים שכוונת אריסטו הייתה לא לעסוק בהיסקים אלא בשיפוטים שהם טענות-תנאי טאוטולוגיות; את האבחנה שאריסטו הציג תורת ביסוס ולא תורת היסק ניתן לנסח בלשונם של פרשנים אלה כך: באורגנון אין הכרה מפורשת בטאוטולוגיות שהרישא שלהן אינה אמת הכרחית.

א) או א), בהעדר תורת היסק של ממש. (שלא כטרסקי ופופר, הן פרגה והן ראסל קיבלו למעשה היסק לגיטימי אחד ויחיד: המודוס פוננס). מטרתו היא להסביר כיצד עשתה הלוגיקה המודרנית את צעדה המשמעותי הראשון. צעד זה היה סילוק האסנציאליזם האריסטוטלי שנתאפשר בזכות עקרון האקסטנסיונליות המזהה כל אוסף איברים כקבוצה לגיטימית. עוד אטען, כי מטרתו של בול בעקרון האקסטנסיונליות הייתה לפשט את הייצוג של בעיית האינדוקציה, בניסיון לפותרה. הדבר לא עלה בידו, ולכן, לצד פרגה ובדומה לו, תרומתו העצומה להתפתחות הלוגיקה היא חלק בלתי נפרד מאי יכולתו לפתור את מכשוליה של האפיסטמולוגיה.

## ב

מטרת האפיסטמולוגיה המסורתית הייתה תיאור ידיעות אינפורמטיביות ודאיות, דרכי השגתן, וכן הקריטריונים לזיהוין. מטרה זו נתפתחה במידה רבה כתגובה לאתגר הספקני. פחות ידועה היא העובדה שהלוגיקה המסורתית שימשה כלי בשירות האפיסטמולוג המסורתי בתשובתו לספקן. לשם כך, היה עליה להיות מהולה באפיסטמולוגיה. במונחים אנכרוניסטיים מעט ניתן לתאר את מצבה של הלוגיקה המסורתית כך: היא הייתה הרבה יותר ממתודולוגיה בלבד, כלומר הרבה יותר מדרך חיפוש אחר האמת שאינה מבטיחה בהכרח תוצאות חיוביות. באורח מעורפל משהו, הייתה הלוגיקה המסורתית גם דרך חיפוש מפורטת אחר האמת המבטיחה את מציאתה. מתודולוגיה שכזו מהולה באפיסטמולוגיה. היא כוללת גם ערביות להצלחת חיפוש האמת, גם הצדקה של ערביות אלה, וגם תוצאות של החיפוש אחר האמת. למשל, הדיאלקטיקה: לפי המקובל היא האמנות הראשונית שממנה צמחה הלוגיקה. אצל זנון היא משמשת בבירור ככלי להוכחת טענות. הוא הוכיח בעזרתה את תורת פרמנידס על ידי הפרכת מתנגדיו, כלומר הוא הוכיח את התורה הפיסיקלית/ מטאפיסית שלפיה אין תנועה ואין שינוי באמצעים שאחר כך יכוננו אמצעים לוגיים. בניגוד לו, אצל סוקרטס, אותו אמצעי משמש ככלי הפרכה בלבד. זנון זיהה הפרכה לוגית עם ההוכחה של שלילת הטענה המופרכת, ואילו סוקרטס לא ראה בהפרכה יותר מאשר הפרכה (ועל כן לא סבר שידיעתו חורגת מידיעתו את בורותו). אם כן, זנון ראה בדיאלקטיקה מתודולוגיה במונח המסורתי ואילו סוקרטס היה "מודרני" מבחינה זו: הדיאלקטיקה עבורו היא דרך חיפוש אחר האמת שאינה מבטיחה את מציאתה. לעומת שניהם ניצבו אותם סופיסטים שלימדו דיאלקטיקה ככלי להשגת עוצמה ופרסום תוך התעלמות משאלת האמת, משום שסברו שניתן להוכיח כל טענה ואחר כך גם להפריכה. אם ניתן להוכיח כל טענה ואחר כך גם להפריכה, אזי, אולי, איזו לדיאלקטיקה כל ערך ככלי לחיפוש אחר האמת ולבטח אינה כלי למציאתה המובטחת. אם כן, כיצד אפשרי המדע? אפלטון סבר שאין מנוס אלא להשיב לדיאלקטיקה את עוצמתה ככלי הוכחה. הסופיסטים הראו שאין זה קל למצוא את האמת ואולי אף בלתי

בתורת אריסטו, שכן הוא כולל את המונח "סוקרטס" המציין יש פרטי ולא מהות). אך כיצד מכריעים אילו מונחים מציינים מהות? לפי אריסטו המונחים "אדם" ו"זאב" לגיטימיים אך המונחים "לא אדם", "לא זאב" "אדם זאב", "אדם או זאב", אינם לגיטימיים. מהי ההבחנה המבדילה ביניהם? התשובה מצויה בבולוגיה ובמטאפיזיקה של אריסטו, הקובעות, למשל, כי אין מהות משותפת לקבוצת הלא-זאבים. לכן הערך שמשנתנה עשוי לקבל בלוגיקה האריסטוטלית מותנה באינטואיציות אונטולוגיות מרחיקות לכת. ככלל, הלוגיקה האריסטוטלית תלויה לעצם אפשרותה בפירוט מסקנות המטאפיזיקה והמדע האריסטוטליים.

העניינים מסתבכים כאשר עוברים ממונחים יחידים להגדרות (שכן האחרונות הן ביטויי היחס שבין מושאי המונחים). כיצד מוצאים הגדרה מהותית? כיצד מפרידים אותה מן האמת המקרית? זוהי שאלת יסוד בלוגיקה האריסטוטלית, אשר בול היה הראשון לקרוא עליה תיגר ולשים לה קץ. הגדרה, במובן המודרני של המילה, היא כל פסוק זהות או שקילות של ביטויים אשר צדו האחד מכונה "הביטוי המגדיר" והאחר "הביטוי המוגדר". אך באופן מסורתי, הגדרה מסוג זה נראתה כחסרת ערך משום שהיא מילולית גרדא. לעומת זאת, הגדרה שהמסורת העריכה היא ההגדרה המהותית, השואפת למצות את היש באמצעות מניית מאפייניו המייחדים. לכן תורת ההגדרה המסורתית מבטאת את השאיפה למנות את אוסף הקריטריונים שיבטיח שהחיפוש אחר הגדרות מהותיות יסתיים בהצלחה. למעשה מדובר בחמש הנחיות עיקריות: (א) הימנע ממצעגליות (כגון בהגדרה: "אדם הוא אדם"). (ב) הימנע מרגרסיה לאינסוף (כלומר מהגדרת מונחים בעזרת מונחים חדשים ולא מוכרים הזקוקים בתורם להגדרה בעזרת מונחים חדשים לא מוכרים וכן הלאה). (ג) חלק את המוגדר לחלקים ברורים ומוכתנים, בייחוד הימנע ממצב שבו המונחים המגדירים חופפים זה את זה ולו חלקית (כגון בהגדרה "האדם הוא חיה אנושית רציונלית חושבת ומדברת"). (ד) הימנע מהגדרת מונח בעזרת מונחים עמומים ממנו. (ה) הימנע מביטויים שמשמעותם כשל הביטוי "וכו", ומהגדרות על דרך המנייה, שנוזקקות לביטויים שכאלה (לדוגמה: "חיה היא כלב, או חתול או סוס או חמור...וכו" וכו').

ההבדל העיקרי בין תורת ההגדרה המסורתית למודרנית אינו בקבלה או בדחייה של כללי ההגדרה האמורים, אלא בקביעת תפקידן של ההגדרות: התורה המודרנית מתירנית והמסורתית מתמירה: התורה המסורתית באה לקבוע קריטריונים מהותיים לזהותם העצמית של ישים, ואילו המודרנית מתירה לכל משוואה או שקילות להיות הגדרה (טובה יותר או פחות) בלי להתייחס לטיבם של מושאיה. גם זו הייתה תרומת בול.

תורת ההגדרה המסורתית נועדה להבחין בין פסוקים דמויי הגדרה להגדרות ממש על ידי מציאת מאפיינים המייחדים הגדרות מהותיות. אריסטו חילק את ההגדרות למהותיות ולמקריות. נתבונן בשתי הגדרות: (א) "האדם הוא חיה רציונלית". (ב) "האדם הוא הולך על שתיים חסר נוצות". בהנחה ששתיהן אמת יש לשאול, מה ההבדל ביניהן?

מהקטעים העמומים ביותר ב"אורגנון" של אריסטו מוקדשים להסבר האופן שבו מתגלות ההגדרות המהותיות. אריסטו מצטייר כאן כמי שמבקש לנצל כל תורת ידיעה אפשרית כדי להשקיט את הספק בדבר אפשרות הגישה אליהן. כמעט בכל פעם שעולה השאלה הוא משיב עליה באופן שונה ובשל כך נבללו התשובות השונות זו בזו. בייחוד קובע אריסטו, כי את ההגדרות המהותיות מגלים הן באמצעים לוגיים ממש, כגון באמצעות הפרכות דיאלקטיות, והן באמצעים שמעמדם בעיני אריסטו אינו ברור דיו אך שבדיעבד נמצאו חוץ לוגיים ושייכים לאפיסטמולוגיה, כגון תורת האינדוקציה ולצידה גם תורת אינטואיציה שמעמדה בכתביו חציו לוגי וחציו מיסטי. אגב, תורת האינדוקציה של אריסטו (האפגוגה) אינה תורת אינדוקציה נאיבית ופשוטה. היא כוללת אלמנטים לוגיים טהורים וגם אלמנטים חוץ לוגיים ומיסטיים: מדובר בתורה של הסקת מסקנות כלליות ממסקנות כלליות פחות באמצעות אוסף מגוון של טכניקות. היא משלבת כללי דדוקציה בסיסיים, כגון כללי הפרכה דיאלקטית, עם כללי דיון מטאפיסיים על ההגבלות שיש להטיל על כל דיון בדוגמאות, וסופה רמזים על תהליך ההתמזגות של ההוגה והנהגה עם האמת - תהליך הקורה לאחר הליך ארוך של ביעור שגיאות מקובלות. היא שילוב חמקמק של תורת ההפרכה (בדדוקציה) של טענות כלליות על יסוד טענות פרטיות, אך היא גם הכללה (באינדוקציה) של מקרים פרטיים לכדי טענה כללית, ואפילו הכללה (באינטואיציה) של טענה כללית ברמה אחת לכדי טענה כללית ממנה. יותר מכך: לא ידוע באיזו מידה הבחין אריסטו בין הפרכות להכללות, אם הבחין כלל, משום שכנראה ראה את שני התהליכים במובן כזה או אחר כאנליזה של דוגמאות וכמתאחדים זה עם זה (שהרי דוגמה, הנמצאת בדיעבד כדוגמה נגדית, היא הפרכה).

אך נחזור להגדרות המהותיות. אריסטו ראה את קיומן כהכרח שבלעדיו תורת הסילוגים היא חסרת ערך, ואולי אף חסרת מובן. כדי להצדיקן ייבא אל תוך הלוגיקה את תמונת העולם הבעייתית המכונה אסנציאליזם אריסטוטלי. עניין זה דורש מספר הבהרות. מטרת הלוגיקה האריסטוטלית הייתה בראש ובראשונה לאפשר הצגת מערכת מיון (טקסונומיה) של המציאות. על מנת שמיון זה יהיה מוצלח היה צורך לנסחו במסגרת הגדרות מהותיות. המיון השלם יתן בידנו מעין טבלה גדולה שאינה אלא מדע הטבע בשלמותו. יופיעו בו משבצות המתאימות למהויות כאלה ואחרות ותת-משבצות המייצגות את התכונות שהן כוללות בהכרח. רק בעקיפין הלוגיקה היא גם תורה המטפלת בהיסקים ומונה צורות מבוססות ובטלות. תפקידה העליון הוא למיין את תוצרי הביולוגיה והמטאפיזיקה האריסטוטליים. למשל, ישנן דרישות מוקדמות קפדניות שכל מונח המבקש להיכלל בסילוגים אמור לעמוד בהן, כדי להבטיח שתהיה בידנו רק טקסונומיה אחת, מערכת מיון אחת. הוא חייב לציין מהות, שאחרת הטיעון הכולל אותו אינו קביל. (אפילו הטיעון הקלאסי "כל היוונים הם בני תמותה, סוקרטס הוא יווני, לכן סוקרטס הוא בן תמותה" אינו טיעון לגיטימי

תובנתו העמוקה של יום באופן פורמלי וכהנחת יסוד של הלוגיקה: הוא היה הראשון שהראה כי רק הטאוטולוגיות הן אמיתות הכרחיות וכי כל שאר האמיתות הן מקריות. הוא הצביע על כך כי הכרעת מעמדן של האמיתות המקריות היא תמיד עניין הוץ לוגי, הגם שהאמין שהכרעת מעמדן אפשרית בעזרת הלוגיקה.

### ג

כל הישגיו של בול הושגו על רקע שני הישגים מטאפיסיים עיקריים הכרוכים זה בזה. ההישג הראשון הוא העתקת מודל האב של הלוגיקה מתחום הביולוגיה לתחום המתמטיקה. ההישג השני הוא קידום התפיסה האקסטנסיונלית של הלוגיקה באמצעות העיקרון הקובע שהלוגיקה היא מדע היחסים האקסטנסיונליים. היום קל לראות את הקשר האמין בין שני הישגים אלה, שכן אחרי בול אין כמעט לוגיקה או מתמטיקה שאינה פורמלית ואקסטנסיונלית.

במסגרת מודל האב המתמטי הלוגיקה אינה מוגבלת עוד למונחים המציינים (בהנחה או למעשה) סוגים טבעיים או ישויות מוחשיות. מכיוון שכך אין עוד חשיבות לקריטריונים מהותיים ביולוגיים ומטא-ביולוגיים בהכרעת מידת הלגיטימיות של קבוצות, בהכרעת הלגיטימיות של המונחים המציינים אותן או בהכרעת הלגיטימיות של היחסים ביניהן. כל קריטריון המקבץ אוסף איברים כלשהו הוא לגיטימי וכל מונח המציין קריטריון זה הוא לגיטימי. לכן, לראשונה בהיסטוריה, כל קבוצה היא לגיטימית והזיווג של כל שתי קבוצות הוא לגיטימי, ובפרט הקבוצה הריקה, הקבוצה המשלימה ותחום השיח (המכונה לעתים גם "יקום השיח" או "הקבוצה האוניברסלית") הם כולם קבוצות לגיטימיות.

הישג זה הוא המכונה כאן עקרון האקסטנסיונליות של בול. זוהי הטענה כי כל קבוצה היא לגיטימית מכיוון שקבוצה אינה אלא אוסף איברים כלשהו. הטענה מופיעה כעקרון יסוד כבר בשורות הפתיחה של ספרו הראשון של בול על אודות הלוגיקה ('האנליזה המתמטית של הלוגיקה' 1847). כמעט כל חידושו של בול ללוגיקה וכמעט כל תרומות שותפיו וממשיכיו הם פריטה של הגלום בעיקרון זה לסוגיות מעשיות שונות. בייחוד שלושת מושגי היסוד החדשים שהציג בול – הקבוצה הריקה, הקבוצה המשלימה ותחום השיח – הם כולם פתרונות לבעיות קונקרטיות באכיפת האקסטנסיונליזם במסגרת הלוגיקה. הנה בקצרה מדוע: אם כל קבוצה היא לגיטימית אזי גם קבוצה שאיבריה נבחרו בעזרת קריטריונים אינקונסיסטנטים היא לגיטימית. לכן, לראשונה בהיסטוריה, הקבוצה חסרת האיברים היא לגיטימית, ומונחים המציינים אותה (כגון "קבוצת הראשונים הגדולים ביותר") הם לגיטימיים. אם כל מונח הוא לגיטימי אזי גם מונחים הנוצרים על ידי הוספת המילה "לא" (או כל סימן שלילה אחר) לכל מונח הם לגיטימיים והקבוצה שאיבריה הם כל האיברים שאינם חברים בקבוצה אחרת אף היא לגיטימית. אם כל קבוצה היא

הראשונה היא הגדרה מהותית והשנייה מקרית, יאמר אריסטו. אך מהו הנימוק להבחנה זו? שתי ההגדרות עומדות בחמשת הקריטריונים המסורתיים, כלומר אין הקריטריונים מסייעים בהבחנת המהותי מהמקרי. אריסטו טען, למשל, כי אפשר שיהא האדם הולך על ארבע או בעל נוצות אך אין זה מן האפשר שיהא חיה שאינה רציונלית. זהו הזיווג המסורתי של הלוגיקה האסנציאלית והמודאלית: המהות אמורה לתאר את ההכרחי, וכללי מציאת ההכרחי הם כללי מציאת המהות. אך מהם כללי מציאת ההכרחי? אין לנו עד היום תשובה מניחה את הדעת לשאלה זו.

כדאי להדגיש: כל ההגדרות הן קודם כל מקריות. מתוך קבוצת כל ההגדרות המקריות נבחרת, או אמורה להיבחר, קבוצת עילית הכוללת אך ורק את ההגדרות המהותיות ההכרחיות. במילים אחרות, כל הגדרה מהותית היא גם מקרית, אך גם הרבה יותר מכך. מהו שבעטיו ההגדרה המהותית מוערכת כל כך? מדוע דווקא היא ההכרחית? כאן נכשלת תורת ההגדרה המסורתית. הלוגיקאים המסורתיים מאריסטו ועד המילטון, בן זמנו של בול, הניחו כי ישנו פתרון לוגי לבעיה זו וכי הבהרה של הפעילות הלוגית תסביר מדוע מצויה בידנו טבלת המדע הגדולה ומדוע הלוגיקה היא יותר מתורת ההיסקים התקפים, ובייחוד שהיא גם כלי ראשון במעלה בשירות האפיסטמולוגיה. בדיעבד ניכר כי לא הייתה בכך יותר מאשר הודאה באולת יד שמקורה בכך שהלוגיקה תוכננה בין השאר ככלי להצדקת מעמד ההגדרות המהותיות, שאין להן הצדקה למעשה, ולשם כך נעזרה בתמונת עולם מהותנית כיסוד אפשרותה של הלוגיקה.

העוזע הראשון לתפיסה שלפיה יש קריטריון לוגי לתיחום ברור בין האמיתות המקריות למהותיות הגיע מכיוון מפתיע ביותר: מהדטרמיניזם הבלתי מתפשר של שפינוזה. לפי שפינוזה, כל האמיתות הן הכרחיות מנקודת מבטו של האל. לכן עצם התיחום בין ההכרחי למקרי, כך טען, הוא סימן לבורותנו. בעצם מדובר ברעיון ישן שבוטא כבר בידי הסטואים, אלא ששפינוזה הבהיר אותו באופן שאי אפשר היה שלא לראות שהוא מתנגש ביסוד האמונה הנוצרית ברצון חופשי.

לייבניץ זיהה כאן אתגר חשוב שבהדרגה הפך לאחד המרכזיים בחייו: פישור בין נצרות לדטרמיניזם. הוא טען כי אם מעשיו של האדם כולם הכרחיים אין רצון חופשי: לכן אם אין אמיתות מקריות, המתארות למשל בחירות לא הכרחיות, אזי אין איש יכול להיחשב אחראי למעשיו משום שאינו ממש בוחר בהם, שכן הוא חייב לעשותם מתוך הכרח (אלוהי). לייבניץ השקיע את כל גאונותו בחיפוש אחר קריטריון הבחנה לוגי אשר יפשר בין יקום דטרמיניסטי למוסר נוצרי. כשלונו היה עקרוני. בדיעבד אפשר לומר כי יום סיכם את הסיבה לכישלון זה: יום הראה כי כל האמיתות הריקות מתוכן ורק הן ניתנות להוכחה. די בהבחנה זו למוטט את עצם אפשרותו של הפרויקט הלייבניציאני שביקש להוכיח כי אמיתות אינפורמטיביות הן שוויונות אלמנטריים. טענתו של יום מביאה אותי לעיקר דברי כאן, והוא חשיבותה הפילוסופית של הלוגיקה הבוליאנית הנעוצה בכך שכול היה הראשון שביטא את

זולת הצורניות. לכן אימוץ האקסטנסיונליזם כתורת המשמעות הרשמית של הלוגיקה מהווה מהפכה קופרניקאית של ממש: הטענות שנתפסו כחסרות טעם וריקות מתוכן (השוויונות הצורניים) הפכו לראשונות בחשיבות ומעלה (טאוטולוגיות) ואילו ההגדרות המהותיות, גולת הכותרת של המטאפיסיקה המסורתית, הפכו בלתי ניתנות להכרעה באמצעות מכשירים לוגיים (קונטינגנציות). למען הדיוק ההיסטורי חשוב להדגיש כי בול עצמו עדיין היסס באשר לתפקידה המיועד של הלוגיקה ובעיקר הכין עבור ממשכיו את הקרקע לגילוי שהלוגיקה היא מתודולוגיה במובן המודרני בלבד. מצד אחד, בעקבות יום הוא מכריז מפורשות כי רק האמיתות הלוגיות ניתנות להוכחה לוגית. מצד שני, בעקבות היואל הוא עדיין סבור כי אמיתות אינפורמטיביות ניתנות להוכחה שהיא כמעט מושלמת. בול סבור היה שאמיתות אינפורמטיביות ניתנות להוכחה כמעט מושלמת באינדוקציה וכפי שאטען להלן הייתה תקוותו זו יסוד פעילותו הלוגית ויסוד דבקו בעקרון האקסטנסיונליזם. ההבחנה השלמה בין מתודולוגיה במובן המסורתי למתודולוגיה במובן המודרני הובחנה בידי טרסקי ופופר: הראשון בעקבות הפרדתו בין הסמנטיקה הפורמלית ליישומיה האפשריים עבור המדעים האמפיריים, והשני בעקבות ראייתו המהפכנית את תורות מדעי הטבע כהשערות.

האקסטנסיונליזם מאפשר להדגיש דמיון פורמלי בין היסקים שקודם לכן הדמיון ביניהם היה מובחן אינטואיטיבית או שלא היה מובחן כלל. היסקים אשר על פני השטח נדמו כשוניים נחשפו באנליזה הבוליאנית כבעלי מבנה לוגי משותף; לדוגמה, היסקים שתקפותם מיוסדת על יחסים בין שמות עצם מיוצגים באמצעות אותן נוסחאות שמתארות היסקים דומים שתקפותם נעוצה ביחסים בין טענות שלמות. זאת משום שאותן נוסחאות בוליאניות משמשות תחת אינטרפרטציות שונות לייצוג מושאים שונים. מקרה בולט הוא הטענה  $x+(1-x)=1$ . היא מייצגת שתי אמיתות מובחנות ראשונות במעלה. (א) תחום הדיון הוא צירוף של כל מונח ושלילתו. (ב) דיסיונקציה של טענה ושלילתה היא אמת לוגית. גם כאן ימשיך פרגה קו שבו החל בול ויטען כי טענות אינן אלא שמות עצם. העצמים שמציינות טענות הם האובייקט 'אמת' והאובייקט 'שקר'. בכך יאחד את המובנים השונים בדרכו המיוחדת.

האקסטנסיונליזם סיפק לבול את היסוד לבניית מערכת תאורטית אלגברית שתייצג בעיניו את הדקדוק האוניברסלי של כל השפות. ההצרנה האלגברית של כל טענה מן השפה המדוברת אמורה הייתה לחשוף את מבנה העומק הלוגי שלה. תוכנה של כל טענה זוהה עם הוראתה וכך ניתן היה להשוות את תוכניהן של טענות זה מול זה ולהכריע מתי זוג טענות מבטא אותו תוכן בדיוק. כמובן, במבט לאחור כל זה עשוי להיראות פשטני מעט, אך לא כך היה בימיו של בול, כפי שמעידה הצעתו של בן זמנו, ג'ון סטיוארט מיל, להוכיח את הטענה  $4=2+2$  על יסוד מנייה פשוטה של מקרים. כך ביטאה הלוגיקה הבוליאנית יומרה לייצוג של השלד והתוכן של כל הניתן להבעה

לגיטימית אזי הקבוצה המשלימה את הקבוצה הריקה היא לגיטימית וזהו תחום השיח. אצל הלוגיקאי האריסטוטלי המסורתי האמיתות מתחלקות למהותיות הכרחיות (כגון "האדם הוא חיה רציונלית") ולמקריות (כגון "האדם הוא הולך על שתיים חסר נוצות"). הדגמתי כאן בקצרה כמה מכבידה הייתה שאלת התיחום ביניהן מאז ימי אריסטו ועד ימי בול. בדיעבד קל לראות מדוע. הטענות שנתפסו כהכרחיות היו למעשה השערות אמפיריות (וחלקן אף השערות אמפיריות שגויות) והטענות שנתפסו כמקריות היו אף הן השערות אמפיריות. זאת משום שבסיכומו של דבר מטרת אריסטו הייתה לבסס מדע טבע של ממש ולא אוסף הגדרות מילוליות. הטענות הנתפסות כיום כהכרחיות – הטאוטולוגיות – נתפסו במסורת כזניחות ובלתי מעניינות בדיוק משום שנתפסו כריקות מתוכן.

יום גילה כי, מנקודת מבט לוגית, הטענות ההכרחיות היחידות הן חסרות כל תוכן וכי טענות אינפורמטיביות אינן הכרחיות. גילוי זה היה מהעזוועים העמוקים ביותר שידעה הפילוסופיה. קאנט קיבל אותו כאתגר הגדול של שיטתו המטאפיסית. האתגר היה להפריך את יום על ידי מציאת שיטת הוכחה לוגית חדשה שתאפשר להראות שהאמיתות האינפורמטיביות הן הכרחיות. לכן חילק את כל ההגדרות המהותיות לשתיים, מילוליות ואינפורמטיביות. והתאים לכל קבוצה לוגיקה משלה אשר, לטענתו, תאפשר את הוכחתה. להגדרות המהותיות המילוליות, האנליטיות, הריקות מתוכן, הוא התאים את הלוגיקה המסורתית, ולהגדרות המהותיות הסינתטיות, האינפורמטיביות, הוא התאים את הלוגיקה הטרנסצנדנטלית. מטרת הלוגיקה הטרנסצנדנטלית הייתה להסביר כיצד מוכחות האמיתות האינפורמטיביות, שעתה הובחנו כיאות מן המילוליות. אילו הצליח קאנט, היה בידינו קריטריון מעניין ביותר להבחנת אמיתות אינפורמטיביות הכרחיות (אלו שמוכיחה הלוגיקה הטרנסצנדנטלית), אמיתות מילוליות הכרחיות (המוכחות בלוגיקה המסורתית) ואמיתות אינפורמטיביות מקריות (שאינן מוכחות כלל). אך כידוע הוא נכשל (כישלון מפואר): המונח "לוגיקה טרנסצנדנטלית" אינו מציין יותר מאשר יומרה גאונית: אין ולא היו אקסיומות וכללי גזירה טרנסצנדנטליים.

בלוגיקה הבוליאנית הבחנתו של יום מבוטאת ברובד היסודי ביותר: עקרון האקסטנסיונליות קובע כי כל הטאוטולוגיות ורק הן האמיתות ההכרחיות. בדיעבד, הבחנה זו כה יסודית שלוקח זמן למתבונן מודרני להבין באיזה זינוק אדיר מדובר: השוויון בין קבוצת "בני האדם", קבוצת "הולכי על שניים חסרי הנוצות" וקבוצת "החיות הרציונליות" הוא מקרי, פשוט מכוח המבנה החדש שקיבלה הלוגיקה: כל המשוואות המבטאות זאת אמיתות בחלק מתחומי השיח ושקריות באחרים. רק הטאוטולוגיות אמיתיות בכל תחומי השיח. על כן האקסטנסיונליות היא סופה של בעיית התיחום.

לעומת ההגדרות המהותיות, האמיתות הצורניות לא נתפסו במסורת כאמיתות כלל. אצל האינטנסיונליסט המסורתי הן מתוארות בדרך כלל ככפל מאמר חסר חשיבות ועל כן גם חסר משמעות. עבור האקסטנסיונליסט אין אמיתות הכרחיות

מספיקים. אפשר שהם עונים לשאלה, מדוע היה קל יותר לבול להצליח מאשר ללייבניץ? אך הם אינם עונים לשאלה, מדוע זכה בול בכל הקופה בעוד בני זמנו האחרים זכו לכל היותר בזכויות משניות? ביניהם היו מתמטיקאים בשיעור קומתו של בול. דה מורגן, למשל, ודאי לא נפל מבול במיומנותו המתמטית, או בהיקף מאמציו לפריצת המחסום האריסטוטלי. אמנם הצלחתו הייתה מרשימה אך בהשוואה לזו של בול היא מוגבלת וחלקית. מדוע הצלחתו של בול כה משמעותית בהשוואה לזו של דה מורגן? התשובה לכך נעוצה לדעתי במטאפיסיקה של השניים. כמטאפיסיקאי היה דה מורגן אפרורי מעט וחסר יומרות. הוא ניסה עדיין לקשר אינטנסיה ואקסטנסיה באותה מערכת לוגית וכתוצאה מכך נסתבך במטא-לוגיקה מיינונגית בעייתית שאסרה, למשל, על הכרה בקיומה של הקבוצה הריקה. לכן למרות הצלחתו המקומית הגדולה בתיאור היסקים הסתברותיים ובתיאור ראשיתה של לוגיקת יחסים, עדיין בוסס בבוץ האריסטוטלי. בול היה יומרני יותר ועקב כך אולי אף עיוור מעט או אפילו פשטני מעט. יומרתו הייתה לפתור את בעיית האינדוקציה אחת לתמיד. יומרה זו הייתה היסוד לדבקותו בעקרונות האקסטנסיונליזם וסוד חידושו.

## ד

לפי מיטב המסורת הבריטית, סבר בול שהחשיבה נעשית באמצעות מושגים. כיצד נוצרים מושגים במחשבה? לוק טען כי הם עולים בנו באופן טבעי בעת משא ומגע עם המציאות. לעומתו, ובניגוד לו, טען לייבניץ שהם מולדים. שתי התשובות אינן משביעות רצון. השאלה שענו עליה לוק ולייבניץ הייתה "כיצד נוצרים מושגים במחשבה?" ואילו השאלה שהטרידה אותם למעשה הייתה "כיצד נוצרים מושגים נכונים במחשבה?" עניין זה דורש הסבר. מתי מוצדק לראות מקרה פרטי כהדגמה של הכללה ואיזו מן הכללה הוא מדגים? מתי מדגים מושג אחד מושג אחר שהוא כללי ממנו? ברור כי כל מקרה פרטי ניתן להכליל תחת המשגות שונות. אותו מקרה פרטי עשוי אפילו להיות מושאן של הכללות מתחרות. אם כן, כיצד נבחר את ההכללה הנכונה? בחירה כאן חייבת להיות מיוסדת על קריטריון הבוחר את ההכללות הנכונות מן השגויות ואת המושגים המכונים נכונים מן השגויים. אך כיצד בוחרים קריטריון? קחו למשל את המושג ברבור. לוק טען שמושג זה הוא תוצאה טבעית של התקלותנו בברבורים. זוהי הנחת המבוקש, כמובן. השאלה היא על יסוד מה אנו מכריעים שפרט מסוים הוא ברבור? מדוע בחרנו דווקא במושג "הברבורים" ולא במושג "הברבורים של חצי הכדור הצפוני", "בעלי מקור לבנים", "יצורים בעלי יותר מכנף אחת", או במושג "הברבורים ורוחמה"? האם ישנן המשגות לגיטימיות יותר מאחרות? מדוע ומכוח מה? האם הלובן של כמה ברבורים מצדיק את ראייתנו "לובן" כחלק בלתי נפרד ממושג הברבור? לייבניץ טען שמושג הברבור הוא רשימת תכונות אפירוריות הכלולות בו (ובכלל זה לובנו). אך כיצד אנו בוחרים מהן התכונות

במסגרת כל השפות האפשריות: היא הייתה שפה אידאלית והמכנה המשותף שביסודה היה הרדוקציה של תכונות לאקסטנסיות (שנתפסו כפומביות ועל כן כשוות לכל נפש). נתבונן, למשל, בטענות: "כל המקומיים הם נאמנים", "כל הבוגדים זרים" ו"אין בוגדים מקומיים". כולן מבטאות אותו תוכן ולכן מבטאות באמצעות אותה נוסחה בוליאנית. לכל היותר יש להשתמש בעקרון הקומוטיביות של פעולת האיחוד על מנת להביא את ההצרנות לשוויון צורני מלא  $x(1-y)=0$  לעומת  $(1-y)x=0$ . אצל אריסטו קשה להכריע בסוגיה זו: מן הבחינה הלוגית הטהורה ברור כי הבחין באופן אינטואיטיבי בהינתנותן להמרה של הטענות הללו ואף הרשה את המרתן. ואולם אין בחינה לוגית טהורה בתורת אריסטו ולכן ההרשאה אצלו מוגבלת בהתחייבויות מטאפיסיות. המטאפיסיקה האריסטוטלית מחלקת את כל הביטויים החיוביים ולשליליים. הביטוי "נאמן" הוא חיובי. הביטויים "לא נאמן" ו"בוגד" הם שליליים. לכן הם נחותים ולא ייתכן שהם מציינים מהות. המטאפיסיקה האריסטוטלית כובלת את הלוגיקה האריסטוטלית על מנת להבטיח שרק טענות מסוג מסוים יכללו בתוצאות האפיסטמולוגיה האריסטוטלית. קשה לקבוע ידה של מי מאלו על העליונה, שכן הלוגיקה האריסטוטלית היא כוכור גם כלי מרכזי להשגת ההגדרות המהותיות ועל כן גם מכוננת של המטאפיסיקה האריסטוטלית וגם מושפעת ממנה. לכן השאלה אם הטענות הללו שוות תוכן או לא, ואם הן ניתנות להמרה או לא, נופלת בין התחומים השונים, בלי הכרעה ברורה.

עוד התפתחות חשובה שיש לייחס ליישומן של טכניקות מתמטיות אקסטנסיונליות היא זו: כללי המעבר האלגבריים של לוגיקת בול מתירים חופש רב בבחירת המסקנה שתיגזר מהנחה נתונה. במילים אחרות, הלוגיקה הפכה ממערכת מייצעת ומנחה למערכת הפעלה ניטרלית שבה פועלת האינטואיציה המתמטית הרגילה. זהו עוד אספקט של זניחת התפקיד האפיסטמולוגי לטובת המתודולוגי הטהור: הלוגיקה האריסטוטלית בחרה וקבעה עבור המשתמש מסקנה אחת לכל זוג הנחות באמצעות סכמות קבועות, ואילו לוגיקת בול מאפשרת לגזור כל אחת מאינסוף משוואות שקולות זו לזו מכל אוסף משוואות אחר. הלוגיקה הופכת לפתע לגן שבילים מתפצלים שהמשתמש רשאי לשוטט בהם כאוות נפשו, כל עוד הוא נשמר שלא לסטות מן השביל, ואילו הלוגיקה האריסטוטלית נותרת כמורה דרך קפדן המתיימר להדריך את ההולך בגן לעבר יעד נשגב.

אם כן, הישגיו המעשיים של בול הושגו על רקע מהפכה מטאפיסית שעיקרה החלפת מודל האב של הלוגיקה ויישומו המקיף של עקרון האקסטנסיונליות במסגרתה. כיצד צמח עיקרון כה מהפכני? מה היו מניעיו של בול ביצירתו?

נהוג להזכיר בהקשר זה כי בול היה מוצר של המהפכה האנליטית במתמטיקה של בריטניה באותה תקופה, שהתאפיינה במגמה חזקה לכיוון הפורמליזציה והייצוג האקסטנסיונלי של האלגברה ואפילו של הקלוקלוס. תיאורים אלה נכונים אך בלתי

להכריע את המושגים הנכונים או הלגיטימיים?" ובכך הפכה בעיית ביסוס הידע לפשוטה יותר: היא הפכה לבעיית התאמתם של מושגים באמצעות צפייה בפרטים, יהיו המשגותינו את הפרטים האלה אשר יהיו.

הצעתו של בול הייתה להשתמש בתורת הסתברות כדי להכריע בשאלה, איזו אלטרנטיבה היא התורה המדעית הנכונה. זו כמובן תשובה מסורתית ברובה, שכן הרעיון לפתור את בעיית האינדוקציה באמצעות כימות תצפיות לכדי הכללות הסתברותיות נדון והופרך כבר בידי יום. אך הפרכתו עברה כמדומה בלא התייחסות נאותה. מה שחדש ומקורי בהצעתו של בול נובע במישורין מעקרון האקסטנסיונליות: הוא היה ללוגיקאי הראשון המסוגל להכריז את המשפט המופשט "אם פרט כלשהו הוא בעל התכונה X (או בעל תכונה זו בקירוב) הרי הוא גם בעל התכונה Y (או בעל התכונה Y בקירוב)" וזאת בלי לפרט את התכונות עצמן ואף בלי להכנס ולו במעט לדיון המטאפיסי בטיבן של תכונות ובטיבה של ההוויה המאכלסת תכונות שכאלה. האסנציאליזם (הן האפלטוני והן האריסטוטלי) והנומינליזם הערימו כאן קשיים בלתי עבירים משום שהקדימו דיונים אונטולוגיים לדיונים אפיסטמולוגיים וערבבו את שני התחומים עם הישגי הלוגיקה. בכך כמו קבלת הכרעות מטאפיסיות על אודות הרכב העולם עוד בטרם החלה החקירה הלוגית. מהו ברבור? האם קבוצת הברבורים רוחמה טבעית? האם "ברבור סגול" הוא מושג לגיטימי? לפי האסנציאליסט המסורתי שאלות שכאלה היו חייבות בהכרעה בטרם החלה החקירה הלוגית-מדעית של העולם. בול אינו נזקק לכך. כאקסטנסיונליסט האונטולוגיה שלו מצומצמת עד למינימום הידוע כאפשרי. חישבו למשל על השאלה הבאה: האם על המתודולוגיה המדעית להניח מלכתחילה שאנו יודעים מהן תכונות לגיטימיות ומהן תכונות בלתי לגיטימיות? האם עליה להניח שאנו יודעים מהם סוגים טבעיים ומהם סוגים בלתי טבעיים? מהן מהויות ומהם מקרים? בול הוא הראשון שתורתו המטא-לוגית אינה נזקקת לתשובה חיובית לשאלות אלה. זו תרומת האקסטנסיונליזם לניסוח בעיית האינדוקציה.

הנומינליזם אף הוא לא קידם את הדיון בנקודה זו. בהיותו תחליף לאסנציאליזם גם הוא מניף את דגל האונטולוגיה עוד לפני תחילת הדיון באפיסטמולוגיה. הנומינליסט המסורתי אסר על אזכור של תכונות או אפילו של קבוצות משום שסבר שאין בנמצא תכונות וקבוצות. לכן נדרש הנומינליסט המסורתי לתורות אסוציאציה אפריוריות שיתפקדו כדבק הסודי של הפרטים באשר הם הבעלים של תכונה כלשהי. תורות אלו לא הודו במושגים כלליים כלל אלא לכל היותר בייצוג פרטי המתפקד כמושג כללי מכוח כללי האסוציאציה האפריוריים. כל זה היה בלתי מספק בעליל, שכן כללי האסוציאציה היוו למעשה פתרון מעגלי שקט לבעיית התהוותם של המושגים ה"נכונים" ואי התהוותם של ה"שגויים", שכבר הבחנו כאן שאינה אלא גרסה של בעיית האינדוקציה. אך כפי הנראה לא הייתה לאמפיריציסטים חלופה טובה ממנה. לכן, עבור הנומינליסט עצם קיום הלוגיקה מותנה בהצלחת תורת

הכלולות בהכרח במושג ומהן התכונות הכלולות בו במקרה? האם האסנציאליזם, על כל קשייו, מחכה מעבר לפינה והאם קבלתו היא בלתי נמנעת כאן? המחכה מעבר לפינה הוא בעיית האינדוקציה כמובן (האסנציאליזם הוא אך דרך מרכזית לגסות ולעקוף בעיה זו). אכן לוק ולייבניץ ביקשו אחר מקורות הידע במטרה הגלויה-למחצה לבסס את המדע, ובעיית האינדוקציה דנה לא במקור הידע האינפורמטיבי אלא בביסוסו. קל לגשר בין שאלת הביסוס לשאלת המקור. אפלטון הציע לפתור את בעיית ביסוס הידע בטענה כי מקור הידע המבוסס הוא הטוב ולכן המבוסס מבוסס מכוח מקורו האמין. אך, מאחר שלוק ולייבניץ מסכימים שייתכנו הפשטות מוצלחות ופסולות ואינם מסכימים בשאלת המקור האמין, עולה בעיית האינדוקציה מחדש, ואף באורח כפול: ראשית, כיצד ניתן להבחין בין מושגים מוצלחים לפסולים? שנית, כיצד אנו יכולים להבחין בין הפשטות טובות לרעות, למשל, בין טענות אמת כוללות על אודות יחסיהם של מושגים זה לזה (או על אודות מושאי המושגים הללו) לבין השקריות?

כאן מקומו של בול ונסיונו החדשני לפתרון בעיית האינדוקציה. ראשית, טען בול, כל המושגים לגיטימיים במידה שווה, משום שמושג אינו אלא שם אחר לקבוצה וכל קבוצה היא אוסף איברים כזה או אחר (זהו עקרון האקסטנסיבניזם). לכן המושג "ברבור" לגיטימי בדיוק כמו המושג "ברבור סגול" או המושג "ברבורים ורוחמה". כל המושגים, לפחות בעיקרון, קבילים. שנית, טען, אנו מתבוננים בטבע ובוהנים את היחסים השונים בין פרטים לקבוצות אפשריות. למשל, אנו עשויים לגלות כי קבוצת הברבורים הסגולים היא ריקה, כי קבוצת הברבורים היא תת קבוצה של קבוצת הדברים הלבנים, ככל הידוע לנו, וכי קבוצת הברבורים ורוחמה היא כמעט תת קבוצה של קבוצת הדברים הלבנים, שכן, ככל הידוע לנו, רוב איבריה לבנים אך אחד מאיבריה ורדרד. בול לא עצר כאן. את הביטוי "רוב" וביטויים דומים לו הוא כימת במסגרת תורת הסתברות אשר מטרתה הייתה לקבוע באיזו מידה מתלכדים פרטיה של קבוצה א, כלומר של הפשטה טנטטיבית א, עם פרטיה של קבוצה ב, כלומר של הפשטה טנטטיבית ב. הוא סבר שכך יוכל להכריע בשאלה באיזו מידה לגיטימי לראות את המושגים המיוצגים על ידי הקבוצות כשווי משמעות. עוד הראה כי תורת ההסתברויות שפיתח אינה אלא פשר נוסף של הלוגיקה החדשנית שניסת. לבסוף טען כי הלוגיקה ("השלב הפרה-אינדוקטיבי של המדע" כפי שכינה אותה) אינה אלא תיאור של כללי החשיבה האוניברסליים.

בול גרס אפוא כי השכל פתוח, ולו עקרונית, לקבלתו של כל מושג כאפשרי וכל זיווג מושגים אפשרי עקרונית, כלומר כל השערה היא אמת אפשרית. עם זאת, המדע בורר את ההשערה הסבירה ביותר מבין סך ההשערות האפשריות באמצעות כימות תצפיות בעזרת חוקי החשיבה האוניברסליים.

הטענה שכל המושגים הם לגיטימיים חיסלה, במבט ראשון, את הבעיה "כיצד

האסוציאציה הבלתי מספקת. האם אפשר לראות באקסטנסיונליזם הבוליאני מעין גרסה בוגרת ומפוקחת של הנומינליזם? לא בדיוק. האקסטנסיונליזם הוא נומינליזם המתיר דיבור על קבוצות ותכונות כדי לבטל את קדימות המטאפיסיקה ללוגיקה, ואילו הנומינליזם הקלאסי יצא מסורתית מסוג כזה או אחר של מטאפיסיקה. האקסטנסיונליזם שובר את הטאבו שלפיו רק בוגרי המטאפיסיקה רשאים לגשת אל הלוגיקה. כך הופכת הלוגיקה לחקר חוקי המיון של קבוצות באשר הן.

כך נחלצה הלוגיקה הן מעמיתות מטאפיסית והן מתלותה בהכרעה מהן המהויות שהעולם מורכב מהן או בהכרעה מהם המושגים הלגיטימיים או הסוגים הטבעיים. הניסוח החדש של בעיית האינדוקציה היה זה: בהינתן שתי קבוצות פרטים, האם כל חברי האחת חברים גם באחרת? באיזו הסתברות? על פי עקרון האקסטנסיונליזם ניסוח זה שקול לניסוח: בהינתן שתי תכונות, האם היות בעל האחת גורר את היות בעלה של האחרת? באיזו הסתברות? באמצעות שילוב האקסטנסיונליזם בהנחה הפסיכולוגיסטית שחוקי הלוגיקה הם חוקי החשיבה, קיווה בול להחזיר ללוגיקה את מעמדה כאפיסטמולוגיה, שכן הוא קיווה כי הצליח להסביר כיצד מסיק השכל חוקי טבע מתצפיות. מובן שלא פתר את בעיית האינדוקציה. אין בעיה באינדוקציה. הגורם "לבעיה" (הנתפס מסורתית כקושי ואינו אלא עובדה יסודית) הוא יתרונו הגדול של השכל: היכולת לאגד נתונים במסגרת המשגות שונות, והיכולת לשער השערות מתחרות ולהחליף השערות באחרות בניסיון להסביר אוסף של נתונים. כיום בניגוד לשאיפתו של בול, אך בהשפעה ישירה של הישגיו, הלוגיקה היא מתודולוגיה ממש ולא אפיסטמולוגיה. לכן הצלחתו כלוגיקאי היא דוגמה להישג חלקי מרשים במסגרת הכישלון הכולל של האפיסטמולוגיה המסורתית.

אוניברסיטת חיפה

## ביבליוגרפיה

- Baker, G. P. & P.M.S. Hacker. 1984. *Frege: Logical Excavations*. Oxford: Blackwell.
- Boole, G. [1847] 1998. *The Mathematical Analysis of Logic*. Bristol: Thoemmes.
- Boole, G. 1914 and 1952. *Collected Logical Works*. 2 vols. Chicago: Open Court.
- Boole, G. 1997. *Selected Manuscripts on Logic*. Ed. I. Grattan-Guinness & G. Burnet. Berlin: Birkhauser.
- Cherniss, H. 1944. *Aristotle's Criticism of Plato and the Academy*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Lejewski, C. 1974. "Popper's Theory of Formal or Deductive Inference." In *The Philosophy of Karl Popper*. Ed. P.A. Schilpp. La Salle: Open Court.
- Lewis, C. I. and C. H. Langford [1932] 1959. *Symbolic Logic*. New York: Dover.
- Patzig, G. 1968. *Aristotle's Theory of Syllogism*. Dordrecht: Reidel.
- Popper, K.R. 1947. "Logic without Assumptions." *Proceedings of the Aristotelian Society* 47: 251–292.