

המצב הנוכחי של מדעי הטבע

מ ב ו א

לפני שאנו באים לבירור שאלת היחס בין מדעי הטבע ובין האמונה עלינו להגדיר תחלה את המושגים היסודיים של מדעי הטבע, ביחוד באותם השטחים שבהם התנגשו שני העולמות הללו: עולם המדע ועולם האמונה.

בראש וראשונה נצייר בקוים כלליים את הקוסמוס לפי מסקנותיו של המדע בימינו: תיאור החומר לפי החימיה והפיסיקה המודרניות, מספר נושאים מתוך תורת ההיגיינה והרפואה והנושאים העיקריים שבביאולוגיה.

מובן מאליי, שמן הנמנע לתת כאן תיאור מפורט וממצה של כל הנושאים שבמדעי הטבע. נתעכב רק על התגליות הגדולות והתיאוריות החשובות ביותר באסטרונומיה, חימיה, רפואה ובפרט בביאולוגיה. הקורא המתעניין באופן מיוחד באחת הפרובלימות הללו, יוכל למצוא את מבוקשו בספרים הנזכרים בביבליוגרפיה הניתנת בעברית, אנגלית וגרמנית בסוף הספר.

§ א. אסטרונומיה

כיום שלטת באסטרונומיה השטה ההיליוצנטרית, שהיא נגודה של השיטה הגיאוצנטרית. עד המאה ה-16 בערך חשבו רוב בני אדם שהארץ עומדת במרכזו של העולם ומסביב לה מסתובבים הלבנה, השמש, כוכבי הלכת ויתר הכוכבים במסלולים קבועים או בספירות, והנה בא קופרניקוס ומצא, לפי דבריו בספריהם של הקדמונים,

ה' תר"ח קרי"ג ג' י"א אלול 5700 384000
 י"א תמוז ה' א' - 29.5 נמ"מ

שיש גם ביאור אחר לתופעותיהם של הגרמים השמימיים. הוא הצלה את השיטה ההליוצנטרית, המלמדת שלא כדור הארץ כי אם השמש עומדת במרכז, וכל כוכבי הלכת מסובבים אותה. הוא וחבריו אחריה באו לידי מסקנה שעולם הכוכבים אינו מסובב אותנו, כפי שהדבר נראה לנו, אלא שכדור הארץ מסתובב סביב צירו פעם ב-24 שעות. לפי התיאור של קופרניקוס ושל קפלר מסובבים כוכבי הלכת, מרקור ווינוס, את השמש במסלול יותר קטן מאשר מסלולו של כדור הארץ. מרס, יופיטר, סטורן ואג'ן מסובבים את השמש במסלולים יותר גדולים מאשר במסלול כדור הארץ. לפי חשבונותיהם מגיע המרחק בין מרקור לשמש ל-60 מיליון ק"מ בערך. המרחק בין וינוס לשמש למאה ועשרה מיליון ק"מ בערך. המרחק בין כדור הארץ ובין השמש הוא מאה ארבעים ותשעה מיליון ק"מ. מרקור מסובב את השמש ב-88 יום (בדיוק ב-87,97 יום), וינוס מסובב במאתים ועשרים וארבעה יום; כדור הארץ, כידוע, ב-365 ורבע יום בערך; יופיטר מסובב את השמש ב-11 שנים ועשרה חדשים; סטורן ב-29 שנים וחצי; אג'ן ב-83 ושלושת רבעי שנה. במאות האחרונות נתגלו עוד שני כוכבי לכת: נפטון ופלוטו. הראשון מסובב את השמש ב-164 ושלושת רבעי שנה, והשני ב-248 שנים. המרחק שבין פלוטו ובין השמש הוא פי מאה מהמרחק שבין מרקור לשמש.

מצאו ג"כ שהלכנה מלווה את כדור הארץ במסלולה סביב השמש ובו בזמן היא מסובבת את כדור הארץ במשך החודש העברי. גם לכוכבי לכת אחרים יש "לכנות" המלוות אותם במסלולם סביב השמש, לאחדים מהם יש יותר מלכנה אחת, למשל, ליופיטר אפילו 11 לכנות. כבר אמרנו שכדור הארץ מסתובב פעם סביב צירו במשך עשרים וארבעה שעות וכך מתהוות התופעות שאנו רואים בשמים: זריחת השמש, שקיעתה, זריחת הלכנה, הופעת הכוכבים ושקיעתם. כוכבי לכת אחרים מסובבים ג"כ סביב צירם

אבל בזמנים שונים, למשל, סטורן ויופיטר מסתובבים בעשר שעות. האסטרונומיה המודרנית הביאה הוכחות לכך שכל הכוכבים הקבועים (לא כוכבי הלכת) הם שמשות. אחת השמשות הקרובות לנו ביותר הוא הכוכב הידוע סיריוס. חישבו שהמרחק בינו ובין מערכת השמש שלנו הוא 8,6 שנות-אור – שנת אור הוא המרחק שהאור עובר במשך שנה אחת דהיינו 9.461.000.000.000 ק"מ – הכוכב-השמש הקרוב לנו ביותר הוא פרוקסימה-צנטורי הנמצא במרחק של 4,1 שנות אור. יש שמשות (כוכבים) שהם נמצאים במרחק של אלפי שנות אור. אנחנו צריכים לתאר לעצמנו שהכוכבים הללו שלחו את אורם בזמן שאברהם אבינו התהלך בארץ והאור מגיע רק היום אלינו.

כל מי שהסתכל בערב בהיר בשמים ראה את „שביל-החלב“, בשביל-החלב מצטופפים מיליונים כוכבים. משערים שגם מערכת השמש שלנו היא חלק משביל החלב הזה. לפי החשבונות של החכמים, הדיאמטר של שביל החלב הוא מאתיים וחמשים אלף שנות אור. חושבים גם שכל שביל החלב מסתובב פעם במאתים וחמשים מליון שנה. המהירות של הכוכבים הקיצוניים בסיבוב זה היא מאתיים ועשרים וחמשה ק"מ בשניה. כדור הארץ מסובב את השמש במהירות של שלשים ק"מ לשניה. מהירות הסיבוב של כדור הארץ עצמו שונה במקומות שונים בארץ; סמוך לקו המשוה גדולה המהירות הרבה יותר מאשר אצלנו; אצלנו עושה הוא בערך שלש מאות שבצים וחמשה מטר לשניה. עלינו לזכור כי הסבובים האלה מורכבים הם; ראשית מסובב כדור הארץ את צירו ממערב למזרח, שנית מסובבת הארץ את השמש ושלישית נוסעת כל מערכת השמש במהירות גדולה של 400 ק"מ לשניה בחלל הקוסמוס, וז"א לפחות שלש תנועות מהירות בבת אחת ובלי ספק יש עוד יותר. רגילים בני אדם לחשוב שהשיטה ההליוצנטרית נתגלתה ע"י קופרניקוס, קפלר, גליליי וניוטון. אין ספק שהם תרמו הרבה

לביסוס התיאוריה, אך היסודות שלה ידועים היו מלומדים להרבה מבין היוונים הקדמונים וגם בימי ביניים. הפיתגוריים, אריסטרכוס מסמוס והרבה מלומדים אחרים שבאלכסנדריה הכירו שיטה זו והתנגדו לשיטה הגיאוצנטרית של פתולומיאוס ואריסטו. אפילו בימי הביניים היו מלומדים, למשל רל"ב¹ וניקולאוס מקוזה, שקבלו את השיטה ההליוצנטרית עוד לפני קופרניקוס¹. חסידי אריסטו ופתולומיאוס חשבו, שלארץ יש צורה פחות או יותר שטוחה, אבל בין היוונים היו כמה מלומדים שחשבו שצורת הארץ היא כדורית. כנראה שגם בין היהודים היו דעות מעין אלו; בגמרא ירוש' ע"ז פרק ג. הלכה א. נזכר פעם הביטוי כדור הארץ וגם המשורר אבן גבירול מזכיר את המלה „כדור“ בתיאור הארץ בשירו הנהדר „כתר מלכות“². יש הרבה הוכחות שאפילו המצרים והאשורים הקדמונים ידעו משהו על הצורה הכדורית של הארץ. הם ידעו לחשב כמה מרחקים אסטרונומיים, וגם הרבה פרטים במקצוע הזה. הפיסיקה המודרנית ידעה לקבוע, אם בכוכבים אחדים ובשמש שלנו נמצאים אותם החמרים שעל פני כדור הארץ. החקירות של האסטרופיסיקה הוכיחו, כי כפי הנראה נמצאים על הכוכבים הרבה יסודות (אלמנטים) מאלה הנמצאים על כדור הארץ. כידוע נתגלה הגז הליום בשמש ע"י הספקטרו-אנליזה לפני שנתגלה על כדור הארץ. מעניין היה אילו יכולנו להוכיח שהשמש וכוכבי הלכת וכדור הארץ וגם הכוכבים בנויים מאותם היסודות החימיים. כנראה, שדבר זה קרוב לוודאי הוא.

הפילוסוף קנט והפיסיקאי לפלס בנו תיאוריה שלימה על התהוות הקוסמוס. תיאוריה זאת נשתנתה הרבה במאות האחרונות

1 פרטים מעניינים על ניקולאוס אפשר למצוא ובספר „מדעי הטבע, אמונה ומציאות“ במאמרו של צ'רלס סינגר „היחסים ההיסטוריים בין מדעי הטבע והאמונה“.

2 דרפר כותב שלסרצינים בספרד בתקופה ההיא היו ידיעות יסודיות באסטרונומיה ומושג די ברור על כדור הארץ והיקפו.

ע"י תגליותיה של האסטרונומיה המודרנית, בפרט ע"י התיאוריות של קנופף, ג'ינס, אדינגטון, צ'מברלין ומולטון. בקוים כלליים מתארים כולם את התהוות הקוסמוס לפי מהלך זה: מקודם היה חלל הקוסמוס מלא גזים; המולקולות התפזרו במרחק עצום בכל החלל. חושבים שהסלילים הערפליים שרואים בשמים בהירים מאד בלילה בעזרת הטילסקופים המצוינים הם עוד במצב הזה, כלומר, ששם מתפשטות המולקולות של הגזים על פני מרחקים עצומים. ע"י כוחות הדחיפה והמשיכה מתחילים הגזים האלו להתכווץ עד שהם מהווים שמש עצומה. היקפה של שמש זו היא כהיקפה של כל מערכת השמש שלנו. אח"כ מתכווצת השמש הזאת ומתחילה להסתובב במהירות גדולה. לפי דעת כמה חוקרים נוצרה לו טבעת מסביב לחלק המרכזי, המתנועע במהירות הגדולה ביותר (כמו הטבעת של סטורן) ומטבעת זאת נוצרו כוכבי לכת, המסובבים את השמש שהיא ממשיכה עוד להתכווץ. למרות זה שהמלומד פלטאו הביא הוכחה אכספרימנטלית לתיאוריה הזאת, חושבים רוב המלומדים היום שהתהוותם של כוכבי הלכת במערכת השמש היתה בדרך אחרת. יש משערים, שגופים שעפו בחלל הקוסמוס נתפסו ע"י כח המשיכה של השמש ונכנסו למסלולה. התיאוריה המודרנית של צמברלין-מולטון רוצה לאחד את שתי התורות האלו; היא משערת, כי שמש אחרת עברה על יד השמש שלנו. אז התהוו גלים חזקים ותנודות חזקות של החומר הנזול בשמש שלנו; לפעמים היה נזול זה נמשך ע"י כח המשיכה של השמש העוברת עד שנוצר גוף בצורת "סיגרה". הסיגרה הזאת נשברה לחתיכות והחתיכות האלו היו לכוכבי לכת. לפי התיאוריה הזאת היו כוכבי הלכת האמצעיים צריכים להיות הגדולים ביותר ואלה הקרובים ביותר לשמש ואילו הרחוקים ביותר מן השמש—הקטנים ביותר, כשם שהסיגרה עבה היא באמצע ודקה יותר בשתי הקצוות. אולם זה אינו מתאים למציאות ונשארו איפוא קשיים רציניים בשיטה.

מתוך השטח העצום של מקצוע זה נביא רק שלשה נושאים:
 (1) מבנה המולקולה והאטום, (2) דבר-מה על הבייחמיה, (3) הפרמקור-
 חימיה. נראה תחילה: מה הוא החומר שממנו בנוי כל הקוסמוס,
 כדור-הארץ, הצמחים, בעלי החיים והאדם? מהו חומר זה לפי
 הפיסיקה והחימיה המודרניות?

הפילוסוף היוני דימוקריטוס אמר כבר כ-400 שנה לפני
 ספח"נ, שכל העולם כולו מורכב מחלל ריק וחלקים קטנטנים במספר
 בלתי מוגבל הנבדלים זה מזה בצורתם וגדלם. ע"י תנועות של
 צירוף ופירוד גורמים הם ליצירת גופים שונים ומחוללים את כל
 השינויים בגופים החמריים הללו. אפשר כי תורה זו קדמה
 לדימוקריטוס, אלא שהוא נסח אותה והיא נקראת על שמו.

דימוקריטוס התעמק במהות החומר וביחוד העסיקה אותו
 השאלה אם ניתן לחלק את החומר בלי הגבלה אם לאו. החוקרים
 הסבורים, כי יש סוף וגבול לחלוקת החומר, נקראים אטומיסטים.
 אטום זוהי פרודה אחרונה שאינה ניתנת יותר לחלוקה. מעניינת
 היא העובדה שתורה זו קמה שוב לתחיה אחרי תקופה של
 למעלה מאלפיים שנה. נראה עוד כמה שינויים נכנסו בשיטה זו
 דוקא במאות האחרונות.

אצל הקדמונים לא נצחה הדעה האטומיסטית. אריסטו,
 הפילוסוף המפורסם שהיקיף בידיעותיו את כל מדעי הטבע, נלחם
 בתורה זו והשפעתו נמשכה בכל ימי הביניים. אריסטו הכחיש את
 קיומו של החלל הריק; לפי דעתו היה החומר ממלא את כל חלל
 הקוסמוס; הוא קבל את דעתו של הפילוסוף אמפדוקלס (495—435
 לפסח"נ), שקבע כי ישנם ארבעה יסודות (אלמנטים), וכל הגופים
 מהווים תרכובת של ארבעת יסודות אלו: אויר, מים, אדמה ואש.
 כדאי לציין, כי החומר הראשון דומה למצב הגזי, החומר השני

למצב הנוזל, השלישי למצב המוצק של החומרים, כך שהיסודות של אמפדוקלס-אריסטו דומים לשלשת מצבי הצבירה שבפיסיקה המודרנית. יש אומרים, שבמושג „אש“ לא נתכוונו לאש דווקא, כי אם לצורת אנרגיה המחברת ומפרידה.

כידוע נכנסה התפיסה הזאת של האלמנטים גם לספרות היהודית. הרמב"ם מתאר אותה בהלכות יסודי התורה פרק ג' י' ובפרק ד'. גם המשורר אבן גבירול ופילוסופים אחרים חשבו שקיימים ארבעה אלמנטים. בין היונים הקדמונים היו גם כאלה אשר חשבו, כי קיים רק אלמנט יסודי אחד. ט"ס חשב שהמים הם החומר האלמנטרי הקדמון ביותר; אנכסימנס אמר שהאוויר הוא היסוד של כל היסודות; הירקליטס חשב שהאש ממלאת תפקיד זה. בעיני הפיתגוריים היה הכל מתבטא במספר; כל יסודות הגוף ותכונותיו, המהות האמיתית של החומר נקבעת ע"י המספר. המספר הוא יסוד היסודות, המהות היסודית האמיתית.

האלכימאים בימי הבינים חשבו שקיימים שלשה יסודות שמהם מורכבים כל החומרים שבעולם והם: מלח, גפרית וכספית. לדעתם נבדלות המתכות זו מזו רק בכמות הגפרית והכספית השונה בכל אחת מהן. תיאוריה זאת נשארה בתקפה על יד התיאוריה של אריסטו על ארבעת היסודות עד שרוברט בוילה פרסם ב-1661 את ספרו „החימאי הספקן“.

רק בסוף המאה השמונה עשרה בא השינוי הגדול בפיסיקה ובכימיה, שהוביל אל התפיסה המודרנית של מולקולות ואטומים, התגליות של החוקר השוודי שיליה, של האנגלים פריסטלי וקונדיש, ובפרט של הצרפתי לבואסיה גרמו לשינויים עצומים במהלך המחקר החימי. את התרומה ההשובה ביותר תרם לבואסיה, בקבעו שהמשקל והמאזנים הם אבני היסוד של החקירה החימית. הוא קבע שמשקל של תרכובת חימית שווה למשקל של החומרים שמהם בנויה התרכובת; כדי ליצור שמונה עשר גרם מים נחוצים ששה עשר גרם חמצן ושני

גרם מימן; וכשמפרידים את שמונה עשר גרם המים מקבילים שוב ששה עשר גרם חמצן ושני גרם מימן.

מזה הסיקו את המסקנה שהחומר אינו נפסד ואינו נוצר מחדש. חוק זה נקרא בשם: „חוק נצחיות החומר” ונשאר בתקפו עד היום, למרות מה שהמדידות המדויקות לא אשרו אותו. מדידות אלו קבעו שחומר יכול לעבור לצורה אחרת: אנרגיה. נשאלת השאלה אם מותר עדיין לדבר על „נצחיות החומר”.

האנגלי פראוסט הראה, שאם שני יסודות נותנים בהרכב-תם שתי תרכובות שונות כמו אצל חמצן ומימן, היחס של כמות החמצן בשתי התרכובות הוא כאחד לשנים; במים יש על אותם שני גרם מימן ששה עשר גרם חמצן, במים מחומצנים (פראוקסיד) יש על כל שני גרם מימן שלשים ושנים גרם חמצן, וז"א שהיחס בין הכמויות חמצן בשתי התרכובות הוא ששה עשר לשלשים ושנים או אחד לשנים.

לפי ההשערה של אבוגדרו נמצא בליטר מימן או בליטר חמצן, בתנאים שווים, אותו מספר מולקולות וכל מולקולה גזית של היסודות בנויה משני אטומים.

באופן כזה הוכיחו שבכל התרכובות מתחבר אטום אחד עם מספר שלם (אחד, שנים או שלשה) של אטומים מסוג אחד. בדקו ומצאו שאלמנט פחמן שוקל פי שנים עשר מהאלמנט מימן, אטום של אלמנט חנקן שוקל פי 14, אטום של אלמנט חמצן שוקל פי 16 מאטום מימן; מכאן הסיקו, שהמימן הוא אלמנט יסודי וכל שאר האלמנטים הם רק רבוי או הכפלה של האלמנט הזה. את זה הביע פרוט בראשונה.

כשנתברר שחוק זה אינו מדויק כל כך והמשקל האטומי של הכלור לא היה בדיוק 35,0 כי אם 35.5 ושל האבק-65.4 גרם הדבר שוב לקשיים בתורת האטומים. היום שולטת דעה, כי קיימים

שני מיני כלור שהם פחות או יותר שוים בסגולותיהם החימיות אך נבדלים במשקל האטומי שלהם. יש כלור בעל משקל אטומי 35 וגם של משקל אטומי 37; הכלור שלנו הוא תערובת של שני מיני כלור אלו.

דלטון הכניס את המושג אטומים מרכבים, ו"א בנגוד לאטומים פשוטים שהם מרכבים מאטומים מאותו הסוג קיימים גם אטומים שהם מרכבים מאטומים מסוגים שונים. אח"כ הכניסו את המושג מולקולה ו"א פרודה (= אטום מרכב). כל פרודה נושאת את תכונות החומר והוא יכול להיות בנוי מאטומים ממין אחד או ממינים הרבה, כגון המים שהם בנויים משני אטומים מימן ואטום אחד חמצן. יש חמרים הבנויים רק מאטומים ממין אחד, כמו למשל חנקן, ברזל, גפרית. לעומת זה סבורים שהמולקולות של חלבונים בנויים ממאות אטומים.

במאה ה 17 תאר פיארגסנדי את מבנה האטומים באופן זה: כל מולקולה בנויה מאטומים קשורים זה בזה ע"י ווים ואנקולרים. חשבו אח"כ שלאטום אחד של חמצן יש שני ווים ולכל אטום של מימן וו אחד. כך יצא ששני אטומים מימן התחברו עם אטום אחד של חמצן, כדי ליצור מולקולה מים. היום סבורים אנו שפועלים כאן כוחות חשמליים; לחמצן יש 2 כוחות שליליים ולמימן כוח אחד חיובי. ובאופן זה מתחברים מימן וחמצן במהירות. אולם נשאר הקושי כיצד מתחברים שני אטומים מימן, שלשניהם מטען חיובי. למולקולה אחת של מימן? (כידוע נמשכים שני חמרים בעלי מטען חשמלי נגדי אחד לשני ודוחים שני חמרים בעלי מטען שווה איש את רעהו).

בסוף המאה הסודמת בא שנוי עצום בתפיסה של המושג אטום. המלומד בקרל והזוג קירי גילו את החמרים הרדיואקטיביים השולחים בלי הפסק את קרני אלפא, ביתא וגמא. במחקר התבהר שקרני ביתא היו אלקטרונים, ז"א יחידות חשמל שליליות וקרני אלפא הם גרעיני הליום (אחד מהגזים האצילים שאינם מתחברים בנקל עם

חמרים אחרים, ושנתגלה בשמש ע"י הספקטרל-אנליזה, כפי שהוזכר
לעיל, עוד לפני שנתגלה על כדור הארץ. המחקרים של בקרל
וקירי הוכיחו, שחמרים בעלי משקל אטומי גבוה מאד נהפכו באופן
ספונטני לחמרים בעלי משקל אטומי קטן יותר. אחרי שירדו במשקל
האטומי נהפכו סגולותיהם של החמרים האלה כליף. עד הזמן ההוא
חשבו שכל אלמנט הוא דבר קבוע שאי אפשר לשנותו ודוקא קביעות
זאת היא שמציינת את מהותו של האלמנט, והנה הרגישו לפתע שאותו
עיקרון של האלחמימאים מימי הבינים קם לתחיה! האלחמימאים הרי
חשבו אף הם שכל יסוד (אלמנט) עלול ליהפך לאלמנט אחר.

החמרים הרדיו-אקטיביים אשר שולחים את קרני אלפא, ביתא
וגמא נהפכו לבסוף לאלמנטיים הידועים לנו יפה. אחד מהחמרים
הסופיים שנוצר ע"י הרדיו-אקטיביות היא העופרת, אבל העופרת
הזאת שונה במשקלה האטומי מהעופרת הרגילה, אף על פי ששתיהן
שוות בתכונות החימיות.

כדאי להדגיש את השינוי העצום במהלך המחשבה של החוקרים.
מקודם קבעו שהמשקל של האלמנט קובע את תכונותיו, ז"א שהמשקל
הוא הקריטריום של האלמנט ועכשיו באו למסקנה שקיימים שני
חמרים בעלי משקל אטומי שונה שהם בכל זאת מהוים אלמנט אחד.

על סמך המחקרים האלו ועל סמך מחקריהם של נילס בור
ורדרפורד באו למסקנה שמבנה האטום דומה למבנה מערכת השמש.
בתוך האטום, במרכזו, נמצא כמעט כל המשקל מרוכז בגרעינו.
סביבו סובבים האלקטרונים (יחידות חשמל שליליות) את הגרעין
במסלולים קבועים. אצל אטום מימן יש מסלול אחד ואצל אטומים
אחרים יש כמה מסלולים ובכל מסלול מספר אלקטרונים.

התוצאה מגילוי זה היא שהחומר הוא למעשה ריק! רק
החלק המרכזי תופס מקום. מובן שהאלקטרון שהוא רק $\frac{1}{1835}$ מהמסה
של האטום מימן כמעט שאינו תופס מקום. קשה לצייר לנו שמים.

למשל, הבנויים מולקולות שהם למעשה חלל ריק. עוד יותר קשה לתאר לנו את אבני הקיר או השיש בנויים מאטומים מעין אלו. ה"מסה" של אטום מימן היא כה קטנה עד שבגרם אחד מימן נמצאים $6 \times 1.000.000.000.000.000.000.000$ אטומים!

עד כאן דובר על אבני הבנין של החומר הדומם. אולם אבני היסוד של כל הגופים בטבע שוים הם לעולם הדומם. עולם החי והצומח מורכב מאותם החמרים הנמצאים באדמה ובאוויר. היסודות הנמצאים באדמה ובאוויר נבלעים לתוך הצמחים והצומח בונה מהם את גופו. בעל־חיים ובני־אדם אוכלים את הצמחים ובונים את גופם מהם מאותם אבני היסוד. בסוף חזור הכל למקומו. עד שובך אל האדמה כי ממנה לקחת כי עפר אתה ואל עפר תשוב. (בראשית, ג' יט). החומר הדומם שבא מן האוויר והאדמה נהפך בגוף האורגני לאבני בנין של הגוף החי. אבני בנין אלו מתחברות עם גופו של בעל החיים עד שהם חלק בלתי נפרד מגופו של החי והצומח. ובאופן כזה נהפך החומר האנאורגני לאורגני מדומם לבעל חי. במחקר חומר חי זה עוסקת הביאולוגיה.

אחת התגליות הגדולות של הביאולוגיה המודרנית היא בודאי תגלית הפרוטופלסמה, החומר היוצר הממלא את התאים של הצומח והחי. המחקר של הפרוטופלסמה קשה מאד הואיל ואין ביכולתנו לחקור את הפרוטופלסמה החיה. כל מה שאנו בודקים הוא חומר מת. חומר שכבר אכד את התכונות של החומר החי. אנו יודעים מה שנכנס לפרוטופלסמה, מה שהופרש ע"י הפרוטופלסמה, אך מה שבתוך הפרוטופלסמה קשה מאד לקבוע. יש לנו רק מעט ידיעות ברורות על פעולות הפרוטופלסמה החיה הנמצאת בתוך התאים.

מזמן שיוסטוס ון-ליביג קבע את שלושת החמרים העיקריים המהווים את גוף החי, — החלבונים, הפחמימות והשומנים, — חקרו הרבה את תכונות החומר המת. בלי ספק יש לפחמימות, לחלבונים ולשומנים תכונות אחרות בזמן שהם מחוץ לתא מאשר בזמן שהם

נמצאים בתוך התאים. עלינו לדעת היטב שלמרות כל המחקרים המצויינים ביותר ידוע רק מעט מאוד על החומר במצב פעיל וחי.

מצב הפרוטופלסמה החיה דומה למצב קולואידלי. את המושג קולואיד הכניס טומס גראהם. הוא הראה שהרבה חמרים אינם נמסים בקלות במים, אינם מתגבשים ואינם עוברים (או במהירות קטנה מאוד) ממברנים אורגניים (קלף, שלפוחית או צלופן). סגולות החמרים הסולואידליים הן בניגוד לסגולות המלחים, החומצות והמימות. לחמרים קולואידליים שייכים למשל: דבק, עמילן, חלבון הביצה, ג'לטין ועוד. בין החמרים האלו תופסים החלבונים (פרוטאינים) מקום בראש. הם בונים את הפרוטופלסמה. הפרוטופלסמה מורכבת מחלבונים (פרוטאינים), שהם הכרחיים בשביל הגידול ובשביל תיקון הנוזקים של הגוף החי.

במובן החימי בנויים החלבונים ממולקולות ענקיות, כפי שקבע החוקר אמיל פישר. הוא קבע שהמולקולות האלו בנויות מחומצות אמינו, דהיינו חומצות אורגניות שונות המכילות קבוצות אמינו (NH_2). כנראה שהחומצות השונות יכולות להתרכב באופנים שונים ואז נוצרו כל מיני חלבונים. מובן מאליו שלא כל חומר חלבוני מכיל אותן החומצות. מכאן ההבדלים העצומים אשר בחלבונים שונים. משערים שקיימים מיליונים ומילירדים מיני חלבון, יש אפילו סברה האומרת שלכל אדם יש חלבון מיוחד או חלבונים מיוחדים. דבר זה יובן אם נתאר לעצמנו כמה הן קומבינציות האפשריות מארבע אותיות א-ב-ג-ד. אפשר לסדר אותן ולקשר אחת עם השניה באופן כזה:

א-ב-ג-ד.

או: א-ב-ד-ג.

או: א-ג-ב-ד.

או: א-ד-ג-ב.

אם בכל אות נסמן חומצת אמינו אחרת נוכל לראות שארבע חומצות אמינו יכולות להתרכב בכמה אופנים וליצור ששה עשר

חלבונים שונים. יש עוד אפשרות אחרת: לפעמים חסרה חומצת
אמינו אחת ואז אנחנו מקבלים את הקומבינציות האלו:
א-א-ב-ג. או: א-א-ב-ב.

חוץ מהקומבינציות האלו ישנן אפשרויות אחרות של סדור
חומצות אמינו בתוך המולקולה של החלבון. עלינו לדעת שחלבוני
הגוף בנויים לפחות משש עשרה חומצות אמינו יסודיות (יתכן שישנן
יותר). ברור ומובן, שהצרוף והסדור של שש עשרה חומצות אלו
מאפשרים קומבינציות רבות מאד.

כל החומצות אמינו בנויות מאטומים פחמן, חנקן, חמצן ומימן.
עלינו לתאר לעצמנו שכל אטום בנוי מגרעין קטנטן ביותר
שסביבו מסתובבים האלקטרונים.

נשאלת השאלה כיצד עלינו לתאר לעצמנו שהאטומים האלו
יכולים לשאת את תכונות החי. ליצור מערכת קוואידלית חיה, אשר
בה נעשות כל הפעולות המרובות והמסועפות של החי? אנו יודעים
שבתוך הפרוטופלסמה נעשות כל הפעולות של הנשימה, של הגידול,
של חלוקת התאים, של יצירת חמרים שונים ועוד ועוד.

אי אפשר לעבור על כל סעיפי הסעיפים של החימיה; מקצוע
זה התפתח עד כדי כך שאפילו חימאי אינו יכול להקיף את כל
המקצועות המשניים של החימיה, יש חימאים העוסקים רק בחימיה
אנאורגנית (של הגופים הדוממים); אחרים עוסקים רק באנליזה של
החמרים; ושוב אחרים בסינטיזה של החמרים האורגניים. אם נביא
בחשבון כי כרגע ידועים יותר מארבע מאות אלף חמרים שונים, נבין
שאי אפשר להקיף את כל העושר הזה בסקירה שלפנינו, ולכן נתעכב
רק במקצת על הפרמקו-חימיה.

הפרמקו-חימיה עוסקת בהכנת רפואות בכמה דרכים. בראש
וראשונה היא מפיקה חמרי רפואה מתוך הצמחים או מבעלי חיים
ורק במקצת מן העולם הדומם. כאשר סרטור נר גילה את המורפין

מהאופיום הניח את היסוד לפרמקוחימיה המודרנית. הוא גילה שבהרבה צמחים נמצאים חמרים אורגניים שקראו אותם אלקלואידים. חמרים אלה יש להם פעולה פיסיולוגית חזקה על גוף החי והאדם. על פי רוב יש לכל אלקלואיד פעולה מיוחדת וספציפית. יש מהם המשקיטים כאבים, אחרים מרדימים את האדם, ואחרים מסוגלים לרפאות מחלות מסוימות. האטרופין עוזר הרבה בבדיקת העינים על ידי הרופאים, כי בכוחו לפתוח את האישון ולהרחיבו כדי שהרופא יכוד לראות כל פרטי הפרטים אשר ברשתית העין. לכל האלקלואידים האלו בעלי הפעולה התועלתית, יש לפעמים פעולה צרדית שהיא מזיקה במקצת. החוקרים הצליחו להכניס שינויים קטנטנים במבנה המולקולה של האלקלואידים האלו וקבלו באופן כזה חמרים אשר להם הפעולה המבריאה והמרפאה בלי הפעולה המזיקה. לפעמים הצליחו להכניס שינויים קטנים בתוך המולקולה ואז היה לחומר כוח מרפא גדול יותר. חוץ מהאלקלואידים נמצאו הרבה גליקוסידים, גם להם פעולה פיסיולוגית חשובה וספציפית. אחדים מהם משפיעים למשל על פעולת הלב והצילו מיליונים בני אדם מהמות בזמן מהלת לב או התקפת לב, למשל דיגיטליס; יש גם חמרים משפיעים על התהליך הפיסיולוגי של הלידה וכל התופעות הקשורות בה. חוץ מאלו נמצאו גם השמנים האתריים. שמוציאים אותם מהרבה צמחים. גם להם פעולה ספציפית פיסיולוגית על גוף החי. פעמים שהם משמשים לחיטוי קל, פעמים לריפוי. כדאי להזכיר את הצמחים מנטה, קומלה (בבונג), ופניקולום. בזמן האחרון נתגלה חומר רפואי חשוב מאוד המופק ממין עיפוש: הפניצילין, שהציל את חייהם של חרבה חיילים מבנות הברית. ההיסטוריה של התגלית הזאת מעניינת אף היא; יותר מעשרים שנה ידעו שלתמצית של עיפוש יש פעולה הרסנית על חיידקים מיוחדים. תגלית זאת נתגלתה במקרה ע"י חוקר שחפש בכוון לגמרי אחר, אולם עירנותו היא שגרמה לכך כי הוא הרגיש בדבר והבין את משמעותו. בכל זאת עברו הרבה

שנים עד שהתגלית קבלה את שימושה ברפואה המעשית.
על התגליות החשובות של הפרמקווימיה יש להוסיף גם את החמרים
הסינתטיים שהורכבו במאה האחרונה בהרבה מעבדות. כדוגמא
נוכר רק את הסכרין, החומר הממתיק הניתן במקום סוכר לחולי
דיאבטס, ואת הסולפנילאמיד (ספטאמיד), שמשמשים בו נגד
אינפקציות בהצלחה מרובה.

§ ג. היגיינה ורפואה

הישגי ההיגיינה המודרנית הם עצומים. לה חייבים אנו תודה
על הירידה הגדולה שבאחוז התמותה בדורנו. כדאי להזכיר כיצד
הגיעו בני האדם להצלחות אלו. סמלויס, רופא הונגרי שעבד
בוינה, בא לידי מסקנה שהסטודנטים לרפואה הם שהיו מעבירים
את גורמי קדחת-היולדות מילדת אחת לחברתה בבית החולים.
הוא דרש בכל חוקף שיתנו פקודה לסטודנטים ולרופאים שירחצו
את ידיהם באופן יסודי לפני שהם נגשים לבדיקת היולדות.
במקום לנסות אמצעי פשוט זה, רחיצת ידיים יסודית,
גרשו את סמלויס מבית החולים האוניברסיטאי. בינתיים המשיכו
הנשים למות. עברו הרבה שנים עד שסמלויס הצליח לשכנע את
עולם המדע בצדקת קביעתו. כיום מקפידים בכל מחלקת יולדות
על היסודות שהניח סמלויס: רחיצה ונקיון קפדני.

הרבה שנים לפני שסמלויס גלה את תגליתו, בנה אנטוני ון
לויבנהוק את המיקרוסקופ וראה במו עיניו הרבה חידקים, מוצילים
ומזיקים, ביניהם הרבה המאיימים על חיי האדם. תגליתו של
ון לויבנהוק לא נוצלה עד שרוברט קוך ולואי פסטר עשו את
מחקריהם החשובים שהניחו את היסוד לבקטריולוגיה. המודרנית.
בספריו „צידי חידקים“ ו„הלוחמים במות“ מתאר פאול דה-קרואי
את הסבל הגדול של החוקרים האלו ואת התנגדותם הנמרצת של
רוב הרופאים בזמנם. רק עקשנותם והמתמדתם של שני הגאונים

האלו הצילו את בני האדם מצפוני המחלות הממאירות. הם מצאו שהרבה מחלות מדבקות מועברים באמצעות החידקים. על ידי בדוד גמור ונקיון קפדני, אפשר למנוע את התפשטותן של המחלות המדבקות הללו. ביחוד נהנו מתגליותיהם התינוקות. בודאות גמורה נוכל לקבוע, כי הירידה העצומה באחוז התמותה אצל התינוקות באה הודות לתנאי הנקיון ואמצעי חיסון שחוקרים אלה ותלמידיהם הנהיגו. בשורה ראשונה יש להעלות את תגליתו של ון בירינג נגד הדיפטריה (אסכרה).

דבר זה יובן לנו יותר בזכרנו, כי התינוק הנולד הוא סטריילי. בו ברגע שהוא יצא מרחם אמו לאויר העולם מתקיפים אותו מיליונים חידקים הנמצאים באויר ובאבק, ועדיין חסרים לתינוק כוחות מספיקים לעמוד נגד התקפה כזאת. על ידי נקיון קפדני אפשר למנוע את התקפתם של החידקים המזיקים וע"י בדוד במקרים של מחלות מדבקות אפשר למנוע בעד התפשטותה של המחלה.

עד שקוף ופסטר הוכיחו את העברת המחלות ע"י חידקים היה כל נתוח בחזקת סכנה רצינית. בעקבות תגליתו של פסטר בא הכירורג האנגלי לייסטר לידי מסקנה שיש לעשות חיטוי יסודי של חדר הנתוח ומכשירי הנתוח. על ידי אמצעי חיטוי פרימיטיביים, כגון קרבויל ועוד, הגיעו כבר הרופאים לידי הפחתה ניכרת באחוז התמותה בשעת הנתוח. אחרי שהומצאו אמצעי חיטוי יותר טובים ואחרי שהכניסו את הסטריליזציה של המכשירים באה שוב הטבה יסודית. בינתיים הושיטה הפרמקוחימיה הרבה אמצעי הרדמה חדשים, כמו כלורופורם ואתר, גורמים שעזרו הרבה לשפור תנאי הכירורגיה.

בקשר לכך כדאי להזכיר את ההמצאה של האנאסטטיקה: קוקאין ואחרים. חמרים אלה המופקים מצמח דרום-אמריקאי הוכנסו אל הרפואה בזמן האחרון. הכמרים — הכוהנים של פירו העתיקה

ידעו יפה את שמושם של צמחים אלה. הם ספרו שמריחה של תמיסת עלים או לעיסת העלים גורמות לחוסר הרגשה גמור במקום המריחה או הלעיסה. ועדה רפואית ממלכתית באנגליה קבלה פקודה לחקור את הדבר ובאה לידי מסקנה שאין בו כל ממש. למזלו של העולם חזרו שני מלומדים צעירים בוינה על הנסיונות האלה והוכיחו באופן ברור שלחומר זה יש פעולה פיסיולוגית חשובה, שתוק כל הרגש במקום המריחה או הזריקה. באופן כזה עשו קולר ופרויד שרות עצום לאנושיות.

כדוגמה בולטת להתקדמות הרפואה בשטח אחר נזכיר את המצאת קרני רנטגן. המלומד רנטגן עסק במחקרים פסיקליים ומצא שאם מעבירים זרם חשמלי דרך צנור ריק מאויר מופיעות קרניים מיוחדות, קרני קטודה. אם אלו פוגעות במתכת שולחת המתכת קרני רנטגן ולהן סגולות טפוסיות ומיוחדות. תכונתן האופיינית של קרני רנטגן היא הסגולה לחדור דרך עור ובשר וגופים אטומים אחרים. על ידי צלומי רנטגן ניתן לקבוע אם יש שבר בעצמות, מקום השבר וצורתו. אפשר גם לגלות על ידי קרנים אלו דלקות מיוחדות או מציאותם של גופים זרים בפנים תגוף של בעל חי או אדם. מחקר זה התרחב כל כך עד שהיום יש מומחים מיוחדים העוסקים אך ורק במקצוע זה. חוץ מזה יש לקרני רנטגן סגולות של רפוי בכמה קחלות קשות ביותר. ידוע הוא השמוש בקרני רנטגן בצירוף עם רדיום במקרה של מחלת הסרטן. דבר טרגי ביותר היה שאותן קרני רנטגן, אשר בכוון לרפאות מקרים מסויימים של סרטן, גרמו לתופעה מיוחדת של סרטן-הרנטגן אצל הרופאים שעסקו ברפוי זה. כיום שומרים הרופאים בקפדנות שהם בעצמם והאחיות המטפלות בחולים יהיו מוגנים היטב נגד השפעתן המזיקה של קרנים אלו.

כאן צריכים אנו להרחיב את הדיבור מכיוון שמקצוע זה הפך לאבן נגף ביחסים שבין המדע והאמונה. בראש וראשונה נתאר בקצור את המסקנות של המחקר הפיסיו-לוגי העוסק בתופעות החיים. אחת התגליות החשובות בפיסיולוגיה המודרנית היתה זו של הרווי שגילה את מחזור הדם; הוא הבין את תפקידו של הלב, העורקים והורידים ואת מהלך הדם בכל הצינורות האלה. אולם עלינו לדעת שדיאוגנס מאפולוניה ידע כאלפיים שנה לפני כן את היסודות שגילה הרווי.¹

בפיסיולוגיה של הצמחים עשה סטיפן הלס, תגלית חשובה ביותר. הוא קבע שהצמח סופג מים מהאדמה, המים עולים דרך הגזע ומתאדים דרך העלים. הוא קבע גם שהאוויר נכנס לצמח לא רק דרך העלים, אלא גם דרך הקליפה.

חוקר זה הורה כבר דברים ברורים בדבר לחץ הדם והניח על ידי כך את היסוד למדידות ששימושן נפוץ כל כך ברפואה של ימינו; הוא גם קבע שיש לחץ נוזל בצמחים. הרווי והלס נחשבים כמניחי היסודות של הפיסיולוגיה המודרנית. מגדולי הפיסיולוגים היה גם אלברכט פון-הלר, שקבע לראשונה כי חיים קשורים עם תנועה, התכווצות השרירים ורגישות. ביחוד עסק חוקר זה בתנועות האורגנים הפנימיים: הלב והמעיים. הוא העריך גם את החשיבות של המוח המאריך וחוט השדרה.

אחריו בא החימאי יוסף פריסטלי שגילה את הפרשת החמצן על ידי צמחים במים בתנאים מסויימים. באותו זמן גילה ין אינגנהוס, מהנדס הולנדי, תגלית חשובה מאד. הוא הראה שצמחים ירוקים יכולים לטהר את האוויר מדו-חמצנת

1 פרטים מעניינים על כך ימצא הקורא בספרו של טשרלס סינגר: "קצור ההיסטוריה של מדעי הטבע".

הפחמן, ועמד אף על כך, כי פעולה זו אינה נעשית על ידי בליה. להפך, בליה הם מפרישים החוצה דו-תחמוצת הפחמן בדיוק כמו בני אדם ובעלי חיים. הוא הראה שחיי עולם החי תלויים לגמרי בחיי עולם הצומח. בלי צמחים ירוקים לא היתה אפשרות קיום לאדם ולבעלי חיים. דו-תחמוצת הפחמן המופרשת על ידנו היתה מחניקה אותנו, ורק פעולתם של הצמחים הירוקים באור ובעיקר באור השמש מטהרת את האויר מדו-תחמוצת הפחמן. בזמנו לא האמינו בני אדם בתגלית עצומה זאת, עד שהחימאי יוסטוס ון ליביג הוכיח באופן ברור שאינגנהוס צדק והראה שקיימים מחזורים שונים בטבע.

וּן-לִיבִיג קבע נוסף על מחזור הפחמן גם את מחזור החנקן. הצמחים לוקחים מלחי חנקן מהאדמה, בונים מהם חלבונים. בעלי חיים או בני אדם אוכלים את הצמחים והופכים את החלבונים האלה, אחרי שנתפרקו בצנור העיכול, לחלבון גופם הם. אחרי כן נרקבים החלבונים שוב וחוזרים לאדמה, שם נהפכים על ידי חידקים למלחי חנקן.

תגלית חשובה מאוד נעשתה על ידי החוקר הצ'כי פורקניה בגלותו את הפרוטופלסמה, החומר היוצר הממלא את כל תאי הגופים. הוא ובפרט תיאודור שוון פיתחו את תורת התאים המודרנית. תיאודור שוון ושלידן קבעו שכל בעלי חיים וצמחים בנויים מאותו יסוד, התא. עצמת התגלית שלהם היתה בזה שהם ראו, חרף השינויים וההבדלים העצומים, את הצד השוב שבכל התאים. קשה לתאר את ריבוי הצורות השונות והנבדלות של התאים. יש תאים מוארכים, אליפטיים, מרובעים, עגולים, גדולים, קטנים והרבה צורות-ביניים מורכבות ביותר. בכל זאת הבינו הם שכל הריבוי המגוון הזה יש דבר אחד יסודי ומשותף והם קבעו, כי התאים הם אבני הבנין של הרקמה ובכן גם אבני הבנין של הגוף כולו.

אחד הגדולים בחקירת התאים היה רוד'לף וירחוף, פרופסור בברלין אשר הורה, כי הרבה מחלות אפשר לראותן מנקודת מבט של שינוי חולני בתא ושל שינוי המבנה והסטרוקטורה של התא. הוא קבע גם שכל תא נוצר מתא אחר.

לעיל הזכרנו כבר את עבודתו של גראהם, שהבדיל בין קולואיד ובין גבישים. אחר מהפיסיולוגים הגדולים היה החוקר הצרפתי קלאוד ברנרד, שקבע כי הכבד בונה מהמוזנות אשר הובאו אליו ע"י הדם כמה חמרים הנשארים לשמירה לשעת הצורך, כמו למשל הגליקוגן. הוא קבע גם שהגוף יכול לפרק חמרים מסובכים ולבנות חמרים מסובכים. בזמנו חשבו שלכל אורגן יש תפקיד מסוים והוא ממלא אותו באופן עצמאי. ברנרד הצביע על יחסים הדדיים מסוימים בין כל חלקי הגוף. וירחוף קבע כבר שהגוף הוא מדינת תאים וחשב אפילו שמחלה היא מלחמת אזרחים הנגרמת ע"י כוחות מבחוץ. ברנרד שכלל את הרעיון הזה שכל האורגנים צריכים להיות מותאמים ולעבוד מתוך שיתוף מלא. מחקר חשוב עשה ברנרד על פירוק החמרים בצנור העכול.

צד אחר מהמחקר ביצעו החוקרים ג'וני וולטה, שניהם איטלקים, שעסקו במחקר החשמל ומצאו, כי בגוף החי יש תופעות חשמליות. הרבה עסק בחקירות אלה הפרופסור אמיל דו-בוס-רימונד, לפניו כבר מצא סיר טשרלס בל שבתוצאות העצבים ישנם שני חוטים מובילים, אחד המעביר את הגרוויים והשני את הפקודות המוטוריות. מעניינת העובדה שהתגלית הזאת שנעשתה לפני מאה שנה בערך היתה ידועה לאריסטרכוס מקיוס, שהורה באלכסנדריה, כאלפיים שנה לפני בל.

§ ה. סיסטמטיקה

אחרי שגילו בני אדם את אמריקה ואת המזרח הרחוק ואחרי שליבנהוק המציא את המיקרוסקופ, גדל הרבה מספר הצמחים ובעלי החיים שהיו ידועים לבני אדם. החוקר השוודי קרל לינאוס חפש שיטה לסדר ולמייין את כל הצמחים ובעלי החיים שהיו ידועים לבני אדם בזמן ההוא באופן קל ונוח. הוא קבע מינים; כל הצמחים הדומים ביותר זה לזה בכל הסימנים החיצונים מהווים מין¹. אלה הנבדלים מהמין הזה במקצת הכניס למין אחר אבל לאותו סוג שאליז שייך המין הראשון. זאת אומרת הסוג מקיף כמה מינים. את הסוגים, איחד לינאוס למשפחות, את המשפחות למערכות ואת המערכות למחלקות. את כל המחלקות הכניס לממלכות: ממלכת החי וממלכת הצומח. בצמחים הוא קבע את האבקנים כאבן-יסוד. כל הצמחים שיש להם אבקן אחד קבע במחלקה מיוחדת, כמובן אלו שיש להם שני אבקנים וכו'. את החד-אבקנים חלק לפי הצורה והמספר של העלים.

את בעלי החיים סדר לפי: יונקים, עופות, זוחלים, דגים, חרקים ותולעים. ארבעת הראשונים נכנסו על ידי אריסטו לקבוצה אחת כ"בעלי חיים בעלי דם אדום". אנו רגילים לקרוא אותם היום "בעלי חוליות". הקושי העצום היה בקביעה מה זה מין בצמח ומין בבעל חי; וקושי זה קיים עד היום. הרבה חפשו למצוא שיטה יותר טובה ויותר מתאימה בשביל חלוקת עולם החי והצומח. למרות כל החפושים מוכרחים

1 כיום מחפשים קריטריונים אחר כדי לקבוע את המין. אינם רוצים להסתפק בסימנים מורפולוגיים. לכן דורשים שכל בני מין יכולים להזדווג, לפרות ולרבות זה עם זה, אבל אם מקבלים חנאים פיסיולוגיים אלו נשארו בכל זאת קשיים לקבוע מהו מין. יש מינים אשר לפי הסימנים החיצוניים נבדלים זה מזה ובכל זאת פרים ורבים ביניהם ולהפך. יש מינים קרובים זה לזה לפי הסימנים החיצוניים ובכל זאת אינם פרים ורבים זה עם זה.

אנו להודות שאותם היסודות שהניח לינאוס נשארו עד היום.
 נביא כאן דוגמה למיון בעלי חיים וצמחים: מכניסים את
 כל מיני החתולים למשפחת החתולים, אולם גם הדומים להם
 במבנה גופם, את האריות, הנמרים, הברדלס, היגואר ואת הפומה,
 הנמצאים רק באמריקה, מכניסים לתוך משפחה זו. את משפחת
 החתולים, הצבועים, הכלבים, הנמיות, הגירית והדובים מאחדים
 למערכה אחת: מערכת הטורפים. אולם עלינו להדגיש שלא
 לכל בעלי חיים שנכנסים למערכה זאת אותם הסימנים, יש
 שמוכרחים להכניס למערכה איזה בעל חי השונה במקצת בצבצו,
 בתכונותיו, במהלך חייו ואפילו במבנה גופו משאר בעלי חיים
 במערכה זו.

את מערכת הטורפים מאחדים עם יונקים מרפרפים ועם
 הקופים, עם המכרסמים ועם זוגי האצבעות ויונקים דגיים ועוד
 רבים אחרים במחלקת היונקים.

חוא הדין בעולם הצמחים: כרוב לבן, כרוב אדום,
 כרובית, קולרבי, ועוד ועוד מאחדים למין כרוב. את המין כרוב
 עם המין חרדל ועם עוד רבים אחרים מכניסים למשפחת המצליבים.
 את משפחת המצליבים מאחדים עם הרבה משפחות אחרות לדו -
 פסיגיים וכו' וכו'.

כיום מרבים לדבר על השטה הטבעית, שלפיה מסדרים את
 הצמחים ובעלי החיים לפי קרבה משפחתית ולפי מוצא משותף.
 שתי משפחות אינן קרובות זו לזו מפני שיש להם הרבה סימנים
 משותפים (מספר האבקנים, העלי, מספר עלי גביע או צורת
 העלים וכו'), אלא הם, כביכול, ממוצא אחד, היינו שלשניהם אבות
 משותפים. כמיסדיה של הסיסטימטיקה המודרנית הזאת יש לראות
 את דה קנדרול ואנגלר.

לא רק לינאוס אלא גם קובייה קבל את הרעיון שהמינים
 הם קבועים, כך היו מעולם ולא ייווצרו מינים חדשים. (מובן

מאליו, שגם הם ידעו יפה שמופיעים כל פעם בתנאים שונים מודיפיקציות, זנים חדשים, וריאיטיטים חדשים בתוך המין. בזמנו של קובייה הופיע רציון חדש בביוֹלוגיה – רציון הטרנספורמיסם.

§ ו. הטרנספורמיסם

הטרנספורמיסם מלמד שהמין אינו קבוע, שממין אחד יכול להווצר מין שני. באופן כזה נוכל לתאר לנו, שיווצרו מינים חדשים לגמרי שלא היו ידועים כלל לקדמונים. נקודה זאת היתה לסלע המחלקות בין קוביה וג'אופרי סנט-הלר. הציר של הויכוח ההרף היתה השאלה אם המינים הם קבועים או שיש אפשרות של מעבר ממין אחד למין שני. אף שיש מניחים, כי כבר הפילוסוף קנט והמשורר גיטה היו נוטים לרציון הטרנספורמיסם, ספק גדול בדבר אם הם הגו רציון זה בצורה שהובע ע"י הביאולוגיה המודרנית. הרציון הזה בצורת תורת ההשתלשלות והתפתחות כבש את העולם המדעי ושולט בו כמעט שלטון גמור. הראשון שנסח אותו היה למרק.

למרק ותלמידיו סבורים, כי השפעתה של הסביבה על בעל החי חזקה כל כך, עד שהיא משנה שנוי יסודי את תכונותיו של בעל החי. כל אחד יודע שבעלי החיים מתאימים באופן מפליא לתנאי חייהם. בלעדי זה לא היתה להם אפשרות של קיום. והנה טוען למרק שע"י שנוי התנאים בסביבה משתנים בעלי חיים ועל ידי אימון והתאמה לתנאים יתקיים בעל החי. הוא חשב גם שעל ידי הסתגלות יכול בעל חי לשנות את צורתו. כך נוצרו השינויים הגדולים שאנו רואים הן אצל בעלי החיים והן אצל הצמחים. הדוגמה הקלאסית לכך היא הדוגמה של הגמל הנמרי, הג'ירפה. הלמרקיסטים מתארים כי איזה בעל חי הניזון מן העלים חיפש תדיר את מזונותיו בעלי עצים גבוהים וע"י זה הוארך צווארו עד שלבסוף אחרי הרבה דורות התפתח בעל חי עם הצוואר הארוך. מלבד

זה קובעים הלמרקיסטים, כי אותן תכונות חדשות הנרכשות על ידי בעל חי עוברות בירושה לצאצאיהם. למרות מה שלא הובאה עד היום אפילו ההוכחה הקטנה ביותר לדעות אלו, יש ביאולוגים רציניים המקבלים דעה זאת. כיום קיים עוד בית מדרש גדול של ניאולמרקיסטים. מסתמכים הם על העובדה הידועה, כי הצמח מתפתח באופן שונה בתנאים שונים. אולם הרוב המכריע של החוקרים מוכרח להודות, כי השינויים הקטנים הללו המתהווים בשינוי התנאים, אין באפשרותם להסביר ההתהוות של מינים חדשים לגמרי. מובן מאליה כי מין חדש צריך שיהא נבדל הרבה בתכונות חיצוניות ופנימיות, מורפולוגיות ואנטומיות ממינים קודמים לו. למרק וחסידיה עדיין לא הצליחו לשכנע את העולם המדעי בזמנם. הזכות הזאת ניתנה לדרוין.

§ ז. הדרויניסם

הדרויניסם זכה להצלחה שאין דוגמתה בעולם המדע. רעיון ההשתלשלות של עולם החי והצומח ורעיון ההתפתחות נפוצו ע"י הדרויניסם עד כדי כך, שקשה למצוא ספר מדעי או שיטה מדעית שבהם אינו שולט רעיון זה. טשרלס סינגר בספרו החשוב „קצור היסטוריה של מדעי הטבע“ נותן מקום רחב ומכובד לרעיון זה ומתארו כגולת הכותרת של כל מדעי הטבע. הוא כותב: „הספר הזה, „התהוות המינים“ של דרוין, הוא אחד מהספרים הגדולים (הטובים) שבעולם והוכיח כבר את חשיבותו לכל פעולה תרבותית.“ למרות זה אנוס אף הוא להודות ש„הנמוקים בספר הזה הם לעתים קרובות לקויים“. גם בספרו של דמפיר „היסטוריה של מדעי הטבע“ ניתן מקום רחב ביותר לתורה זאת. דרוין זכה בשיטתו לשבח, שאין כמעט בדומה לו בעולם המדע.

לפני שאנו באים להסביר את השיטה נעבור בקיצור נמרץ את מהלך חייו של מחוללה. דרוין למד תחילה רפואה, ואחר כך תיאולוגיה וביאולוגיה. הוא לא סיים את חוק למודיו בשום מקצוע

מהמקצועות האלו. לא יכולנו אף למצוא שהוא קבל איזה תואר אקדמי שהוא. בכל זאת הצליח האדם להחדיר את רעיונו לכל המדעים, למן האסטרונומיה ועד הפסיכולוגיה, מן הגיאולוגיה ועד הפדגוגיה. הוא נקבר בכבוד מלכותי; אחרי מטתו הלכו באי כוח העולם המדעי ובאי כוחם של הרבה ממלכי אירופה. ועתה נגש לתיאור שיטתו.

דרוין נסע באניה „ביגל“ נסיעת מחקר סביב כדור הארץ. הוא מצא כמה בעלי חיים באיים מרוחקים מדרום אמריקה שהיו דומים הרבה לבעלי חיים שראה בדרום אמריקה. הוא חשב ששניהם ממוצא אחד הם. פעם היו איים אלה מחוברים עם דרום אמריקה, אחר כך נפרדו ובעקבות שינוי הסביבה בה גם שינוי בתכונותיהם של בעלי חיים אלו. הוא הורה כי השינויים האלה באו על ידי הברירה הטבעית, הברירה הסכסואלית ומלחמת הקיום. לפי דעתו מברר הטבע את הטובים והמוכשרים ביותר בין בעלי חיים. הטבע ממלא תפקיד דומה למגדלי צאן או גננים. הם יכולים לברר את הטובים (המועילים) בעלי סגולות מיוחדות) ואת השאר הם משמידים, על כל פנים בשאר אינם מטפלים. דרוין חשב שגם בטבע יש גורמים כאלה המבררים מתוך השאר את המוכשרים ואת הטובים ביותר. רק אלה שיש להם תכונות חדשות המתאימות ביותר לתנאי הסביבה נשארים בחיים. השאר אינו יכול להתקיים. הברירה הסכסואלית מאפשרת לזכרים החזקים ביותר להתגבר על מתחריהם ולכבוש את הבעלות על הנקבות. באופן כזה מולידים רק החזקים ביותר או אלה המושכים את בן זוגם או בת זוגם באמצעים מיוחדים כגון צבעים חדשים ויפים או ריחות מסויימים. לאחרים, שאין להם סגולות אלו, לא ניתנת האפשרות להוליד וללדת ועליהם חל כרת וערירי. חוקר הכלכלה מלטוס הורה, כי בני אדם מתרבים במהירות גדולה מאוד, בו בזמן שמזונותיהם מתרבים לאט לאט, ולכן נוצרת

מלחמת קיום קשה מאוד. דרוין הושפע מאוד מתורתו של מלטוס. מרוב האנשים נעלמה העובדה כי הפילוסוף האנגלי הרברט ספנסר הביע רעיונות דומים לאלה של דרוין. והוא ביסס את תורת ההתפתחות מנקודת-מבט פילוסופית.

לפי צרלס סינגר לקח דרוין את הרעיון של השתלשלות והתפתחות מאת ליאל, גיאולוג מפורסם.

הדרויניסם מלמד בניגוד לתורת הבריאה כי כל בעלי החיים והצמחים יצאו והשתלשלו זה מזה. דרוין חשב שמקודם היו בעלי חיים פשוטים חד-תאיים ומהם נשתלשלו ע"י הגורמים שהזכרנו: הברירה הטבעית והסכסואלית ומלחמת הקיום, מינים חדשים. מהמינים החדשים נשתלשלו שוב מינים חדשים. וכך נוצרו בזה אחר זה אמבים, פלגלטים, כוכבי ים, ורדי ים, אלמוגים, שבלולים, חרקים, תולעים, דגים, זוחלים, עופות, יונקים עד שבסוף יצא הקוף. והוא הדין בעולם הצמחים שגם בו יש השתלשלות והתפתחות מתמדת.

מתחילה פקפק דרוין אם להמשיך את ההשתלשלות עד האדם. נראה שדתייתו היא שהשפיעה עליו להשאיר את האדם מחוץ למערכת הזאת. אחרי שנים מספר המשיך את ההשתלשלות של בעלי חיים וקבע שאף האדם מוצאו מבעל חי דהיינו: מהקוף, או שהאדם והקוף שניהם ממוצא אחד: בעל חי היפוטטי שהיה דומה לשניהם והיה אבי אבותיהם. יתכן מאוד שכאן השפיע עליו תומאס הנרי הקסליי, הזואולוג האנגלי הידוע. התורה של דרוין נפוצה ע"י התעמולה העצומה שעשו לה בגרמניה הפרופסור ארנסט היקל ובארצות האנגלו-סכסיות פרופסור הקסליי שקרא לעצמו „כלבו של דרוין“. בפרט ע"י ספריהם של בלשה, בוכנר והיקל נפוצו הרעיונות של דרוין בין הקהל ונהפכו ממש לאמונת ההמונים. כיום מקבלים רוב בני אדם את הרעיון, שקיימים

בעלי חיים גבוהים ונמוכים ושהגבוהים יצאו מהנמוכים. קשה למצוא ספר ביאולוגי שלא נתקבל בו רעיון זה.

אולם לא בשטח הביאולוגיה בלבד נתפשט הרעיון הדרוויניסטי, כי אם הורחב על כל המדעים. מנסים להסביר את התהוות הקוסמוס, את יצירת גרמי השמים לפי אותה שיטה. גם כאן רוצים להכניס את רעיון ההתפתחות מנמוך לגבוה, מצורה פשוטה לצורה מורכבת ועילית. כדי להדגים את התפשטותו של הדרוויניסם, כדאי להביא את העובדה שפרופסור פנקוק בספרו „המבנה המפליא של הקוסמוס“, נותן לדרוויניסם אותו כבוד שהוא חייב לקופרניקוס וקפלר. הדברים הגיעו לידי כך, שאחד מגדולי ההיסטוריונים במדעי הטבע כתב ברצינות גמורה שהביאולוגיה המודרנית היא ביאור על הספר „התהוות המינים“ של דרווין. בפרק השלישי נראה כמה הוכחות מדעיות אמיתיות וודאיות הובאו בדרוויניסם.

הפרופסור ההולנדי הוגו דה-פריס הביא תורה חדשה שהיתה מכוונת להיות הביאור של המכניזם של ההשתלשלות. הוא מצא שלפעמים מופיעים צמחים חדשים השונים במקצת מהצמח „אינוטרה למרקיאנה“ ובכל זאת שייכים הם לאותו מין. הוא היה יכול להוכיח שמהורעים של הצמח הנ"ל יצאו לפעמים צמחים השונים במקצת מאבותיהם. הוא בנה תיאוריה חדשה המלמדת שההשתלשלות של הצמחים ובעלי החיים אינה נעשית באופן אטי ומודרג, כי אם ע"י קפיצות (מוטציה). כיום יודעים שהרבה צמחים שדה-פריס קבל לא היו בר-קיימא. אחדים מהם נשברו כשנעצו בהם ובכלל נשאר מעט מאוד מהתורה הזאת. הצלחה יותר גדולה היו עם זבוב הבננות: דרוספילה, אבל גם שם כל השינויים שמקבלים ע"י המוטציות אינם משנים את המין.

§ ת. גיאולוגיה ופליאונטולוגיה. הגיאולוגיה עוסקת במחקר קרום האדמה, בשינויים הנגרמים על ידי

תופעות וולקניות או השפעת האוקיינוסים. הגיאולוגיה המודרנית קבלה את הורת ההשתלשלות וההתפתחות כיסודה. הזכרנו כבר לעיל שהגיאולוג ליאל הכניס אותו למדעי הטבע. בשעה שהגיאולוגיה באה לקבוע את הגיל של איזו שכבה גיאולוגית אין היא מתחשבת בסטרוקטורה או במבנה של אותה שכבה ואף לא בהרכב החימי שלה. אפשר למצוא שכבות שהן שונות בהחלט במבניהן, בסטרוקטורה שלהן או בהרכבן החימי ובכל זאת נחשבות הן לבעלות אותו גיל, ולהפך, יש שכבות גיאולוגיות מגיל שונה לגמרי בהבדל של מיליונים שנים ויותר, אפילו אם הם בנויים באופן שווה לגמרי.

הגיאולוגיה מתארת את קרום האדמה שהיא בנויה שכבות. את השכבות מאחדים לפרומציות ואת הפורמציות לתקופות. את הגיל של כל שכבה קובעים לפי השרידים שנמצאים בה. הפליאונטולוגים החוקרים את שרידי החיים המאובנים על האדמה הם הקובעים את גיל השכבה הגיאולוגית. לדוגמה: אם נמצאו בשכבה מסוימת שרידים של שבלולים—סימן שהשכבה היא קדומה מאד. אם נמצאים בה שרידים של יונקים (למשל, סוסים או פילים) סימן שהשכבה צעירה הרבה יותר. השכבה התחתונה היא הקמבריום, מעליה מופיעות שכבות אחרות כמו גיר, סילור, ג'ורה, פחם ועוד ועוד. לא רק שרידי בעלי חיים קובעים את גיל השכבה כי אם גם שרידים של צמחים. אם נמצאו אצות—סימן שהשכבה קדומה, אם נמצאו למשל שרידים של מיני אורן או ברוש סימן שהיא צעירה. השמות של הפורמציות נקראו לפי הקיום האלו: פרם נקרא על שם שטח מסויים של רוסיה, דיוון על שם דיבונסהיר באנגליה, ג'ורה על שם הרי ג'ורה בגבול שוויצריה-צרפת.

הקורא בספרי ביאולוגיה וגיאולוגיה מקבל את הרושם שקרום האדמה בנוי שכבות המסודרות יפה זו על גבי זו לפי

תקופות: פרימר, סקונדר, טרצייר וקוטרנר. השמות האלו מסמנים, כביכול את גיל השכבות: התקופה הפרימריית היתה הראשונה, בזמן שאך הופיעו חיים על־י אדמות. אחריה באה התקופה הסקונדרית השניה, שבה היו צורות בעלי החיים והצמחים מפותחות יותר. בתקופה הטרציירית, השלישית, היו צמחים ובעלי חיים גבוהים עוד יותר ובתקופה הקוטרנרית, הרביעית, הופיעו בעלי חיים הגבוהים והמפותחים וגם הצמחים המשוכללים ביותר.

מי שמביט בציורים המראים חתך דרך השכבות העליונות של הארץ רואה ברורות שאין השכבות נמצאות במצב אפקי אלא לפעמים ישנם קפולים מסובכים, ירידות, עליות, שקיעות צמוקות, בכלל שינויים עצומים בסדור האפקי של השכבות. הדבר יובן לנו אם נזכור את רעידות האדמה הפוקדות אותנו תכופות כל כך ומשנות את כל מהלך השכבות. גם התופעות הוולקניות שנתגלו בהרבה מקומות בכדור הארץ משנות לחלוטין את תמונת הסדור של השכבות.

המייסד של הגיאולוגיה המודרנית הוטון קבע, שכשאנו באים לבנות תיאוריה על התהוות כדור הארץ עלינו להביא בחשבון רק את הגורמים הידועים לנו. לפי דעתו צריך המדע הגיאולוגי להביא בחשבון אך ורק את הכוחות הידועים לנו יפה בלי להתחשב בשום כוח אחר שאין אנו יכולים להגדירו בצורה ברורה. הוטון התכוון בזה לאלה המביאים בחשבון כוח בריאה. אך הוא לא יכול לשער כמה מעט היה ידוע בזמנו, לפני 200 שנה, על הכוחות הפיסיקליים, הוולקניים, החשמליים, הרדיו-אקטיביים ועוד כוחות רבים אחרים שנתגלו אחרי שכתב את דבריו ושכלי ספק עתידים עוד להתגלות. מובן שגם לא ידע כמה מההנחות הבטוחות במדעי הטבע נעזבו בינתיים כליל או נשתנו שנוי גמור.

שתי תיאוריות הובאו בכדי להסביר את יצירת קרום האדמה. הוולקניסם והנפטוניסם. הראשון חושב שכוח העיקרי

היוצר והפועל בהתהוות קרום האדמה הוא הכוח הוולקני הנראה לנו בהתפרצויות של הרי געש ורעידות אדמה חזקות. השני חושב שסלעי קרום האדמה התגבשו מהמלחים שנמצאו במים ובאוקינוסים.

הרבה גיאולוגים חושבים שכדור הארץ נוצר מחתיכת שמש על ידי כוחות צנטריפוגליים או על ידי כוח משיכה של איזה שמש גדולה שעברה במקרה על יד מערכת השמש שלנו. חתיכה זאת של כדור השמש התקררה. בזמן ההתקררות התגבשו ההרים והסלעים, מסביב התאדו המים אשר כסו את הכדור בצורת עננים, העננים נפלו כמים וכך נוצרו הימים והאוקינוסים.

תולדות היחסים בין הדת ומדעי הטבע

§ א. אצל היהודים

כל מי שבא לחקור בתולדות היחסים שבין האמונה והמדע פותח ביונים, ואפילו טשרלס סינגר, ההיסטוריון שהתעמק הרבה בחקירות אלה מקציב מקום מועט לעמים אחרים כגון הבבלים, המצרים והיהודים. מעט מאוד הוא מקדיש לתרבותם הגבוהה, אף על פי שהוא מוכרח להודות שגדולי היונים שאבו מן המקורות הללו: מהתרבות המצרית והבבלית-אשורית. אף שהוא מעריך במדת מה את קניני היהדות בכל זאת נמצאת התרבות היהודית מקופחת אצלו. לפי דעתו יש רק שני מקומות בספרות היהודית העתיקה, בכתבי הקודש, שאפשר לראותם כמקורות מדעיים. רק בפרק מ' של ישעיהו ובפרק ל"ח של איוב מוצא הוא יסודות מדע. לפני כן קשה לו למצוא ידיעות הטבע אצל היהודים, הוא כותב בפירוש שספר איוב נתחבר בזמן בית שני כארבע מאות שנה לפסה"נ. קודם לכן לא היתה השפעתם של היונים ניכרת אצל היהודים ומשום כך לא היה להם מדע.

אין איפוא להתפלא שלא מצאו התנגשות בין מדע ואמונה בספרות היהודית. גם בזמן בית שני אין סימן של התנגשות כזאת. חבל מאוד שלא ידע להעריך כראוי את הידיעות האלו ובא לידי מסקנה שמדעי הטבע לא היו מפותחים אצל היהודים. כאן ישנה שגיאה יסודית. עלינו לדעת שבכל ספרי הקודש יש למצוא ידיעות מדויקות ונכונות בטבע. ידיעות הטבע של קדמונינו אינן נופלות מאלו של הרבה עמים תרבותיים אחרים. תופעות הטבע הרגילות היו ידועות להם היטב. היהודים

לא ראו בהם שום פעולה אליילית, השמש לא היתה רוכבת במרכבה של אפולון. גם תופעות אחרות לא היו קשורות ברעיונות של עובדי אליילים. התורה דורשת ידיעות מפורטות בהרבה מדעים כדי לשמור על חוקיה. כשהיא מדברת על מעלי-גרה ומפריסי-פרסה דורשת היא ידיעה מסויימת בזואולוגיה. אחרת אי אפשר לקיים את החוקים האלו.

הרבה צמחים תרבותיים היו ידועים ליהודים כגון החטה, השעורה, הזית, התאנה ועוד רבים אחרים. צמחי בושם וצמחי רפואה היו ידועים להם, המושג רופא היה ברור להם. את מלאכת הרוקח ידעו. מעניינת העובדה, שבתנ"ך נזכרו מאה ושבעה עשר צמחים, שהם רובם ככולם גם היום צמחי תרבות וצמחי תועלת.¹ הם ידעו יפה את עבודם של כל מיני מתכות: זהב, כסף, נחושת. הם הכירו את היהלומים, המרגליות, האבנים היקרות, ומוצאם של כל אלה. הם הכירו את השנהב וידעו בלי ספק מניין הובא החומר הזה. גם בעלי חיים מארצות אחרות שאינם נמצאים בסביבות ארץ ישראל היו ידועים להם, כמו למשל הקופים.

כל זה מראה לנו שליהודים היו ידיעות יסודיות וחשובות במדעי הטבע ובעיקר במדעים השמושיים. הנביא ישעיהו מכיר הרבה שיטות רפואה, אולם עוד אלף שנה לפניו מצוה כבר תורתנו על נקיון יסודי ובדוד גמור במקרים של מחלות. עיקרי הדברים של ההיגיינה המודרנית היו כבר ידועים להם.²

בפל זאת לא מנעו ידיעות אלה את האומה מקבל את הרעיון המונטאיסטי, את יסודות המוסר והצדק. העם ידע לאחד את ידיעות הטבע ושמושם עם הכרה נכונה של יסודות הדת והאמונה.

1. פרסים רבים ימצא הקורא בספרו הגדול של הרב עמנואל לויב - הפלורה של היהודים.

2. במאמר שפורסם בסיני "ידיעות הטבע אצל הקדמונים" (מרחשון תש"ה) נתנו הרבה מאוד דוגמאות של ידיעות יסודיות ורחבות במדעי הטבע.

אצל הנביאים נמצאת תפיסה בריאה של הטבע וסינטיסה נכונה בין השקפת הטבע כיצירת הבורא ופעולתו וההשקפה הדתית המונוטאיסטית. לא רק אצל הנביאים היה הדבר כך, אלא גם אצל בן-סירא ובספר „חכמת שלמה“ נוכל לראות ברורות שיש יחס טוב, נכון ובריא בין תפיסתם את הטבע ובין ההשקפה הדתית שלהם.

§ ב. אצל היוונים והרומאים

אלה שבאים לפרוך את הדת והאמונה מצד מדעי הטבע של ימינו, רגילים להסתמך תמיד על היוונים והרומאים, ומביאים את הטענות שטענו אז בצדק המלומדים היוניים והרומאיים נגד הדת שלהם. משום כך עלינו לנתח את היחסים בין דת, אמונה ומדע בזמן ההוא.

כידוע היתה דתם של היוונים עבודת אלילים גסה ביותר. האלילים שלהם היו בצורת בני אדם מושחתים, שכורים, גנבים, רמאים, נואפים, זוללים וסובאים. מאליו מובן שפילוסוף רציני או איש מדע יוני אינו יכול להאמין בכל הספורים הבלתי מוסריים של הומרוס וסופרים אחרים. היתכן שחוקר המתעמק בשאלות המדע יאמין רגע אחד שזאוס האליל העליון שליט העולם הוא? החוקרים והפילוסופים הגדולים ביון, בפרט אפלטון ואריסטו, באו לידי מסקנות הדומות במקצת ליסודות היהדות. גם ביניהם היו שהבינו שיש בורא עולם, שליט ומסדר, אך לעצם הרעיון בטהרו קשה היה להם להגיע. אריסטו הסתפק לראות באלוהות רק את הכוח המניע הראשון, את סבת הסבות. אפלטון הכניס כעין מתווך בין האלוהות ובין העולם החמרי, כי לפי דעתו אין האלוהות יכולה לבוא במגע עם החומר. אולם אף לא אחד מטובי היוונים הגיע לרעיונות המונוטאיסטיים של היהדות.

שונה מזו היתה תמונת העולם אצל הפילוסוף אפיקורוס
 והמשורר לוקרציוס. הם רצו למצוא הסבר מטריאליסטי-מיכניסטי
 לתופעות שמים וארץ ואפילו להתהוות הקוסמוס, עולם הצומח
 והחי. הם הסתמכו על האטומיסטים דימוקריטוס ולוקיפוס, שאמרו
 שהכל חלל ריק ובתוך חלל ריק זה נמצאים אטומים, ועל ידי
 סידורם, צירופם והפרדתם נוצרו כל הגופים אשר בעולם. על ידי
 התנגשויות מקריות, דחיפות מכניות וכוחות משיכה נמשכו הגופים
 זה לזה או התרחקו זה מזה, וכך נוצרו דרך מקרה הגופים השונים,
 הדוממים והחיים. כך תיאר אמפדוקלס שבמקרה נוצרו זנבות,
 רגלים, ראשים או חלקי גוף אחרים. אם החלקים האלו נפגשו
 ברגע המתאים ובצורה מתאימה נוצר בעל חי שיכול להתקיים,
 ואם לא—הלך הכל שוב לאבוד, עד שאי פעם במקרה ייווצרו
 התנאים שיביאו לפגישה נכונה וטובה. מכאן אנו למדים שהרעיון
 המודרני של ביאור מיכניסטי-מטריאליסטי של תופעות הקוסמוס
 אינו חדש כל כך ואינו מודרני ביותר; עוד לפני אלפיים שנה
 הובעו על ידי החוקרים שהזכרנו בצורה הדומה ביותר לצורה
 שמשתמשים בה הכופרים שבין החוקרים המודרניים. הספר
 הקלאסי ביותר הנותן את הסך הכל של התפיסות האטומיסטיות
 הוא ספרו של לוקרציוס „על מהות הגופים“. בדעה אחרת החזיק
 פליניוס, שחשב כי כל הטבע הוא אלוקי ובכל מתבטאת
 האלוהות. מעניין מאוד שהוא כבר ביטא את המשווה: האל
 הוא הטבע. פליניוס התנגד לרעיון של השארות הנפש אחרי
 המות, לדעתו רק הפחד מפני המות הוא שהוליד את האמונה
 הזאת. בענין זה הסכים פליניוס לדעת לוקרציוס. הדמיון
 שבין רעיונות אלו והרעיונות אשר הופיעו בזמן החדש הוא
 ממש מפתיע.

בין היהודים קמו בזמן העתיק כמה אנשים שהתנגדו
 בתוקף לדעות אלו והגנו על יסודות האמונה. ביניהם תופס

מקום חשוב ביותר פילון האלכסנדרוני. הוא שואל מהרעיונות המדעיים של זמנו את אלה אשר אפשר להתאימם לרעיונות הדתיים של היהדות. ביחוד בספרו „על בריאת העולם“ נותן הוא תיאור של הבריאה, שהוא בהתאמה לתפיסת היהדות מצד אחד ולתפיסות של כמה פילוסופים יוניים, ובעיקר של אפלטון, מצד שני. גם הוא חשב שהאלוהות אינה באה במגע עם החומר ומשום כך יש צורך במתווך שיצמוד בין העולם העליון, הרוחני הנשגב ובין העולם החמרי, התחתון והשפל. פילון חי בתקופת הפריחה של המדע באלכסנדריה שהיתה אולי אחת התקופות המזהירות ביותר במדע. באלכסנדריה של אותה תקופה עסקו הרבה במדעי הטבע ובמדעים אחרים, כגון רפואה, אסטרונומיה ופיסיקה. ייתכן אפילו שיסודות הטכניקה היו ידועים להם כפי עובדה מוכחת ממכונות הקטור שבנה הירון מאלכסנדריה.

במטרופולין מצרית זו פרחה האנטומיה ובלי ספק גם הפיסיולוגיה. ייתכן שטודוס הרופא שזוכר בתלמוד, למד באלכסנדריה. הוא ידע להבחין בעצמות שונות שהראו לו, אם הן שייכות לגוף אחד או לגופים שונים.

כמה מלומדים שעבדו וחקרו באלכסנדריה ידעו יפה את היקף כדור הארץ וכמה מרחקים אסטרונומיים. יש הרבה רמזים לכך (שמא מותר אפילו לדבר על הוכחות), שגם המצרים הקדמונים שבנו את הפירמידות ידעו הרבה מדות אסטרונומיות. ברור הדבר שברפואה ידעו, גם בזמנו של פילון, וגם המצרים הקדמונים כאלף וחמש מאות שנה לפניו, הרבה פרטים ופרטי פרטים, כפי שנתגלה בפפירוס איברס וכמה פפירוסים אחרים שנמצאו בזמן האחרון.

פילון האלכסנדרוני ידע יפה את כל השטות הפילוסופיות של היוונים והרומאים. בלי ספק ידע גם את המדע של זמנו,

אולם נשאר נאמן ליהדות והחזיק באמונתו.

והוא הדין אצל בן-סירא והמחבר של „חכמת שלמה“. בלי ספק היו בין חכמינו הרבה שידעו חכמת יון, בכל זאת היה רק „אחר“ (אלישע בן אבויה) היחידי שנפגע מחכמה זאת ועזב את היהדות.

טפוס מענין ביותר היה הרופא גלינוס מפרגמון שגר באסיה הקטנה ועבד אחרי כן כרופא בהצלחה גדולה ברומא. הוא שרת כמה קיסרים וגם את מרכוס אורליוס המפורסם. הוא היה חוקר מקורי שהתעמק הרבה באנטומיה ובפיסיולוגיה.

מעניינת מאד היתה עמדתו בפילוסופיה. בספרו „על השמוש של חלקי גוף האדם“ מנסה גלינוס להוכיח, שכל האורגנים שבגוף בנויים באופן מושלם ביותר בהתאם לתפקיד שלהם. אף הוא סובר כאריסטו שהטבע אינו עושה שום דבר לחנם, לכן חפש את התפקיד ואת התכלית בכל דבר. הוא חפש בכל האנטומיה והפיסיולוגיה את הגורמים התכליתיים. מעניין כי חוקר זה בא לידי מסקנה, שהטבע נברא על ידי עצם עליון במחשבה תחלה עם תכלית מסוימת ולפי תכנית קבועה. הוא חשב שהאלוהות פועלת לפי חוקים, חוקים טבעיים. עמדתו קרובה מאוד לעמדת הדתות: היהדות והנצרות.

§ ג. בימי הביניים

ימי הביניים לא הצטיינו הרבה בהתפתחותם של מדעי הטבע. המלומדים הגדולים ביותר מקדישים את עצמם לפילוסופיה. כמה מהם הצליחו לאחד ולמזג יפה את הרעיונות של היהדות, האיסלם והנצרות עם ההישגים של המדעים בזמנם. לדוגמא יוכל לשמש תומאס מאקווינו בשביל הנצרות והרמב"ם עבור היהדות. אצלינו לא היה הרמב"ם היחידי. כמעט כל גדולי היהדות ידעו

יפה את המדעים של זמנם, רבים מהם ידעו מתימטיקה, רפואה, אסטרונומיה ומדעים אחרים, רובם הכירו יפה את השיטות הפילוסופיות. לדוגמא נזכיר כאן רק את אבן-גבירול והרלב"ג.

מדעי הטבע נתקעו במקומם. רוב המלומדים קבלו את הדעות של אפלטון ואריסטו, וביחוד היה אריסטו השולט בכפה בימי הביניים. ברפואה נשאו בתקפן דעותיו של גלינוס; כאן לא היתה כמעט שום התקדמות. אחרי שהפילוסופים הדתיים אחדו את השקפת העולם המדעית של אריסטו ושל גלינוס עם השקפת הדת שלהם, קידשה הכנסייה הנוצרית-הקתולית את היסודות הללו כעיקרי הדת. בצורה כזאת נכנסו סיכומי המדע של העולם היווני לתוך הדת הנוצרית (בדומה לכך היה התהליך אצל המוסלמים ואף אצל היהודים). הכנסייה הנוצרית הקתולית הפכה את דעותיו של אריסטו ופטולמיאוס על כדור הארץ והקוסמוס לדוגמה דתית (לעיקרי אמונה). כאן נעשתה שגיאה עצומה והתוצאות שלה היו גורליות לכל הדתות, אף כי האיסלם והיהדות לא העמידו את התורות הללו כעיקריים דתיים.

בעקבות נסיעותיהם של מרקו פולו, קולומבוס ווסקו די-גמה באו בני אדם לידי הכרה, שהארץ איננה שטוחה אלא בעלת צורה כדורית. על ידי החקירות של קופרניקוס (שהיה בעצמו כומר נוצרי קתולי), קפלר וגליליי באו לידי מסקנה, שלא כדור הארץ, כי אם השמש היא שעומדת במרכז וסביב לה סובבים כוכבי הלכת, שכדור הארץ אינו אלא אחד מהם. לדת הנוצרית הקתולית היו קשיים עצומים בקבלת הדעות החדשות הללו, מפני שלפי הכנסייה קבוצ היה מקומו של הגיהנום כדבר שבממש מתחת לאדמה, כשם שהשמים הם איזה עולם עליון המרחף מעל פני הארץ. הם קבעו גם כעיקר דתי את השיטה המתארת את העולם שלנו כמרכז הקוסמוס שכל הגרמים השמימיים: השמש

והירח וכל מערכת הכוכבים לא נבראו אלא לשמשו, והנה נהפך
עתה עליהם הכל ונתערצרו עיקרי האמונה. משום כך התנגדה
הכנסייה הנוצרית הקתולית בתוקף ולא הסכימה בשום פנים להכניס
חידושים אלו במדע הואיל והם גוררים אחריהם בהכרח שינויים
מרחיקי לכת בהשקפת העולם הדתית.

מענינת בפראדוקסאליות שלה היא הדעה שמביאה פרופ.
ויטהד בספרו „מדעי הטבע והעולם המודרני“. הוא כותב:

הכנסייה אמרה: כדור הארץ עומד והשמש והכוכבים
מסובבים אותה.

גלילאי אמר: להפך. הארץ מסתובבת, והשמש והכוכבים
עומדים.

והנה באה תורת היחסות ומלמדת שאין הבדל בזה מי
מסובב. לפי תורה זאת לא הוכח מי צדק ואף לא נוכל להוכיח!
אין אנו יודעים אם המשבר החמור שעבר בזמן ההוא על
דת הנוצרית הקתולית על ידי הריפורמציה של לוטר וחבריו לא
מנעו את הכנסייה הקתולית מלשנות את העיקרים האלו. כי מוזר
הדבר שהכומר קופרניקוס נשאר דתי כל ימיו וגם קפלו וניוטון
היו דתיים. עוד לפנייהם הביע הקרדינל גיקולאוס מקוזה דעות
מצין אילו של קופרניקוס, ז. א. שבחיק הכנסייה היו דעות
אלו שכיחות.

בכל זאת כל הספרות הגדולה על ההתנגשות בין דת ומדע
במאות הקודמות מדברת על שאלה זו ומסבכים אותה.

מצד שני דבר לוטר באופן חריף ביותר על קופרניקוס
ולא רצה לשמוע מאומה מהתיאוריה החדשה.

היום משתמשים אנשי מדע רבים בעובדות אלו, כדי
להוכיח שהדת מפריעה להתפתחות המדע ושהאמונה עומדת

לשטן בדרכם של החוקרים. סוף זה ברור לעיני כל, שהרי גם קופרניקוס, קפלר וניוטון היו דתיים אדוקים. כולם האמינו באמונה שלמה ביסודות הדת שלהם. הכופרים המודרניים משתמשים בתגליותיהם של שלשת החוקרים האלו בו בזמן ששלשתם היו אנשי אמונה במלוא מובן המלה.

ניוטון רצה להסביר את כל תופעות השמים באופן אחיד וזהרה שכוח המשיכה, הגרביטציה, שולט בכל הקוסמוס. הוא אמר בפירוש שכך סידר הקב"ה את העולם! דווקא האחדות של הכוחות השונים בקוסמוס הראתה לו שיש כוח אחד ואחד והוא בטא את זה שהקב"ה סידר את החוקים האלו ומתערב רק בו ברגע שאחד מגרמי השמים אינו הולך בסדר!

§ ד. במאות הקודמות

על סמך מחקריו של ניוטון בנה הפילוסוף קנט ואחריו הפיסיקאי והאסטרונום לפלס שיטה, שהיתה צריכה להסביר את התהוות השמים באופן מיכני בלי התערבות כוחות מבחוץ. בתאר בקצור את שטת לפלס. לפלס חשב שהמולקולות של הגזים היו נפוצות במרחק עצום שהקיף את כל המסלולים של כוכבי לכת אשר במערכת השמש שלנו. על ידי כוח הגרביטציה נמשכו החלקים זה לזה ולבסוף נוצר גוף לוהט וחם, שמש עצומה. בהשתמשו בכמה כוחות פיסיקליים תאר לפלס כיצד שמש זו התחילה להסתובב ולבסוף נוצרה כעין טבעת מסביב ל"קו המשוה" של השמש, או השמש קבלה צורת אליפטית. על ידי הסבוב המהיר נזרקו מהשמש חתיכות גדולות וקטנות שאף הן התחילו להסתובב באותו כוון שהשמש מסתובבת. באופן זה, תאר לפלס, נוצרו כדורי הלכת המסובבים את השמש.

1 כך כוחב בפירוש דמפייר בספרו הגדול "היסטוריה של מדעי הטבע ויחסיהם אל אמונה ופילוסופיה".

הנה המלומד פלטאו הביא אפילו הוכחה אכספרימנטלית לתיאוריה זו. הוא שפך שמן לתוך כוהל, השמן הצטנף לכדור אחד. אח"כ הכניס בתוך כדור השמן מכשיר מיוחד שגרם לסבובים של כדור השמן. והנה כדור השמן התחיל להתכווץ בקו מאונך ולהתרחב בקו מאוזן. כאשר הגדילו את קצב המהירות של כדור השמן הופרדו ממנו טפות, שגם הן התחילו להסתובב סביב כדור השמן הגדול ובאותו כוון.

אבל אח"כ גלו, שהרבה לבנות במערכת השמש שלנו אינן הולכות באותו הכוון של כל כוכבי הלכת והשיטה של לפלס לא סיפקה יותר את רצון החוקרים. כיום הוכנסו כבר תקונים יסודיים לתוך תורה זאת והרבה אסטרונומים עזבוה לגמרי. פרט מעניין כדאי להוסיף כאן. כאשר הביא לפלס את ספרו „המיכניסם של השמים“ לנפוליון כמתנה הזמין אותו נפוליון לראיון, ואמר לו: קראתי את ספרך בעיון רב, אולם דבר אחד חסר בכל התיאוריה שלך: הבורא!

בגאווה גדולה ענה לו לפלס „אין אני זקוק להשערה זאת!“

ביום מותו אמר אותו חוקר, שרצה פעם להסביר את ההתהוות המיכנית של השמים והארץ בלי מציאותו של בורא: „כל מה שאנו יודעים הוא מעט מאוד. כל מה שאין אנו יודעים זהו רב ועצום עד למאוד“.