



שיעורי היסטוריה להוראת השיטה המדעית : תפקידן של תיאוריות שגויות

מעובד לפי:

Carmen J. Giunta, *Journal of Chemical Education*, Vol 78 No.5 May 2001, pp 623-627

השימוש בהיסטוריה של המדע להוראת השיטה המדעית

תלדות המדע רצופות סיפורים שמהווים דוגמה ומופת לאופן שבו עובד המדע. סיפורים אלה חביבים על המורים, ואפשר ללמד באמצעותם, למשל, את "השיטה המדעית". לצד מעלותיה של גישה זו, יש לה גם מגרעות. להלן נציג שתי מלכודות

אפשריות ונדגים כיצד אפשר להימנע מהן.

אחת המלכודות היא "פולחן גיבורים". ההיסטוריונים והפילוסופים של המדע מקדישים למדענים מצליחים תשומת לב רבה יותר מאשר למדענים בינוניים, להתפתחויות חשובות יותר מאשר למחקרים שהגיעו למבוי סתום. בדומה, גם השימוש הפדגוגי בחומר היסטורי נוטה להתמקד בהצלחות בלבד. מציגים בפני התלמידים את קבוצת המדענים המהוננים יותר מן המדען הממוצע, ואת התגליות שחשיבותן עולה לאין ערוך על מה שמדען ממוצע עשוי לפגוש במהלך עבודתו. תמונת המדע הנוצרת אצל התלמיד היא מסולפת - כאילו מדענים לעולם אינם טועים, ותגליות מוצלחות הן עניין של מזל ושכל ולא של שנות עבודה רצופות תהיות וכישלונות.

גם מושג "השיטה המדעית" הוא בעייתי. מעצם השם משתמע כאילו יש שיטה אחת, ורק אחת. עשוי להיווצר גם הרושם, שהעבודה המדעית היא תהליך אלגוריתמי, מכני, אוטומטי כמעט. נעלם, בין היתר, התפקיד החשוב של היצירתיות, הדמיון הפורה והביקורתיות. אמנם המושג "השיטה המדעית" עדיין שימושי לתיאור השתלשלות התהליכים "תצפית, השערה, ניסוי" שכרוכים לעתים קרובות בהתפתחויות מדעיות, אך גם המילה "השתלשלות" מטעה. מילה זו מרמזת על התפתחות מסודרת, ולא, למשל, על האפשרות שקבוצת חוקרים אחת תגלה תופעה וקבוצה אחרת, אפילו מתחום מחקר אחר, תעלה השערות ותבצע ניסויים לבחינת התופעה. המדע אינו מצעד מסודר בדרך סלולה. גם רגשות, תחרות ומריבות מלווים מחקרים מדעיים. אם מדען מפריך תיאוריה מקובלת שנבנתה על-ידי מדען אחר, יש סיכוי

גם בארץ נכתבה תוכנית במסגרת לימודי מוט"ב (מדע וטכנולוגיה בחברה), המדע כישות מתפתחת מאת ד"ר רחל ממלוק, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע. כמו כן, נכתבת יחידת לימוד ששמה כימיה במנהרת הזמן, במסגרת התוכנית החדשה לכיתה י', בהוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

טוב שהאחרון לא ימהר לאמץ את התיאוריה החדשה, ויגן על זו שלו במה שנקרא "עימות מדעי", שלא תמיד נערך בצורה תרבותית ומכובדת. חקר ודיון בצעדים מוטעים או בשגיאות מדעיות עשוי להיות חינוכי ומועיל, ואף להמחיש באופן אמיתי ומדויק יותר את "השיטה המדעית" ותוצאותיה.

להלן נכנה בשם "טעות", או "שגיאה", קביעות שבימינו הוכרו, בשיטות אובייקטיביות, כמוטעות, אך בזמן אולי לא היה אפשר להימנע מהן. דוגמאות כאלה מוכיחות לתלמידים, שבשיטה המדעית אין מגיעים לאמת באופן אוטומטי, ושגם תלמיד מתחיל יכול כיום לחשוף את השגיאות בתיאוריות שנחשבו בזמן לאשיות המדע. בדרך כלל מתעוררת, בשלב זה, אצל התלמידים השאלה המתבקשת: "האם מודל האטום, כפי שאנו לומדים אותו היום, הוא המודל האמיתי?" ומותר לנו להודות, שאולי יימצא בעתיד מודל טוב יותר (ולא ליפול בפח שמציבים התלמידים: "אז למה אנחנו לומדים אותו אם לא הכל בטוח?").

תיאוריות שגויות

הטעויות הניכרות ביותר בתולדות המדע הן תיאוריות שהיו מקובלות מאוד בעבר, ושכיום אין כל ספק שהן שגויות. דוגמה מצוינת היא תיאוריית הפלוגיסטון. היסטוריונים ומורים מרבים להשתמש בתורת הפלוגיסטון כרקע לניסויים ולהסברים שהחליפו תורה זו. אפשר להשתמש בה כמבוא לניסויים ולהסברים שתמכו בה - למשל, ניסויי של פריסטלי. מהלך הניסויים חשוב לעתים לא פחות מאשר תיאור הניסויים שהפריכו את התיאוריה. בעיה פדגוגית עלולה להיווצר בסוג מקובל של שיעורים, שבו חלק מהתלמידים מקבלים תפקיד להגן על התיאוריה השגויה. לעתים קשה לגרום לתלמידים חסרי ניסיון בכימיה "לא לזכור, לא לדעת ולא להפנים" דווקא את התיאוריה השגויה, שאותה התאמצו כל כך להצדיק בפני הכיתה.

סיפורים היסטוריים עוזרים לנו להראות לתלמידים, שכאשר צצה תיאוריה טובה יותר, היא מחליפה באופן אוטומטי את התיאוריה הקיימת. תיאוריית הפלוגיסטון היא דוגמה מצוינת לכך. פריסטלי דבק בתיאוריה זו עד סוף חייו, גם אחרי שאנטואן לבואזיה פרסם שורה של ניסויים שסתרו לחלוטין את תיאוריית הפלוגיסטון.

מדוע אם כן, למרות הראיות והטענות שכנגד, דבק פריסטלי בתיאוריה זו עד סוף ימיו? לא מפני שהיה פחות אובייקטיבי, או פחות פתוח לרעיונות חדשים מלבוואזיה. בסוף המאה ה-18 כתב פריסטלי ללבוואזיה: "שום אדם אינו חייב להכפיף את שיפוטו לשום בר סמכא, מכובד ככל שיהיה". גם המלגלגים שכינוהו "ד"ר פלוגיסטון", לא הזיזו את הכומר, השייך לזרם היוניטרי, מדעותיו העצמאיות. אמונתו הדתית התנגשה עם הדעות שהיו מקובלות אז

על הכנסייה האנגליקנית. במאמר שפרסם, בו הוא משווה בין סוקרטס לישו, מדגיש פריסטלי את תהליך ההשחתה של הנצרות ואת הפגיעה בחופש הדת.

האדה שרחש להפכות, באמריקה ואחר כך בצרפת, לא חיבבה אותו על שכניו, שביום הבסטיליה, בשנת 1791, אף טרחו להרוס את ביתו שבברמינגהם. פריסטלי עקר מאנגליה לארצות הברית. גם בביתו החדש בפנסילבניה המשיך להחזיק בתיאוריית הפלוגיסטון.

את דבקו בתיאוריה הצדיק ביחסו משקל שונה לראיות השונות, וכך הגיע למסקנות משלו. לדוגמה, הניסוי המכריע של מתנגדי הפלוגיסטון היה חימום כספית באוויר, שנתן תחילה תחמוצת (תחמוצת מתכת נקראה אז קלקס, calx), ובחימום נוסף נתן בחזרה את הכספית. הם טענו, שעצם העובדה שקלקס שוקל יותר מהמתכת, ושניתן לקבל את המתכת בחזרה מהקלקס בלי להוסיף מגיב אחר, נובעת מכך שהכספית היא חומר פשוט, והקלקס הוא תרכובת שלה עם אחד ממרכיבי האוויר. פריסטלי לעומתם, הדגיש את העובדה, שכדי לקבל את המתכת מקלקס של מתכות רבות אחרות, צריך להוסיף עוד מגיב (כגון מימן, פחם, ברזל). מכאן, שהמתכת היא תרכובת של קלקס ומרכיב נוסף - הפלוגיסטון, שמקורו מהמגיב האחר. אחד הנימוקים של מתנגדי הפלוגיסטון היה, שאי אפשר לשקול אותו. פריסטלי ענה, שיש עוד מרכיבים, כמו אור וחום, הנחשבים כחומר ואינם ניתנים למדידה. פריסטלי הציע פרשנויות פלוגיסטוניות לניסויים, שלדעת מתנגדי הפלוגיסטון, הוכיחו דווקא את התיאוריה שלהם (כולל סינתזה ואנליזה של מים). הוא הציג ניסויים אחדים, שלא ניתן להסביר את תוצאותיהם (וכללו, מן הסתם, תגובות לוואי ו/או אי ניקיונות, שאליהם לא התייחס כלל) באמצעות התיאוריה האנטי פלוגיסטונית. דבקו של פריסטלי בתיאוריית הפלוגיסטון מוכיחה, שגם מדען חכם, חושב ובעל "ראש פתוח", עלול לטעות כמו כולנו.

גם ההסברים והמסקנות של לבואזיה על תהליכי שריפה, שהתקבלו מניסויים שנערכו בסוף שנות ה-70 של המאה ה-17, לא היו חפים מטעויות. במאמר שפורסם לראשונה בשנת 1780, לבואזיה דוחה את תיאוריית הפלוגיסטון, אך לא את הנוזל החמקמק "חומר האש". הוא מציג אותו כחומר בעל תכונות ביניים, בין אלה שיוחסו לפלוגיסטון לבין אלה שיוחסו אחר כך לקלוריק:

"חומר האש או האור, הוא נוזל חמקמק ביותר, אלסטי מאוד, שאופף את כל חלקי הפלנטה שאנו מאכלסים, שחודר לגופים שעשויים ממנו, למי יותר ולמי פחות בקלות, ושנמצבו החופשי הוא נוטה להיות בשיווי משקל בכל דבר עם חומר האש או האור. לצירוף זה חבים נוזלים אוויריים את האלסטיות שלהם, את הקלות הספציפית שלהם, את נדירותם ואת כל התכונות האחרות שעושות אותם כמו נוזל האש".

עד שכתב לבואזיה את ספרו 'Traite elementaire de chimie', הוא כבר נתן ל"חומר האש" את השם קלוריק. גם את האור וגם את הקלוריק הוא כלל זמנית בטבלה של החומרים הפשוטים. הרעיון, שהקלוריק הוא נוזל חומרי של חום, החזיק מעמד עמוק אל תוך המאה ה-19. מדעני התקופה האמינו, שמעטפת הקלוריק של מולקולות הגז מונעת מהן להתמזג. מודל זה היה אחד המכשולים שהפריעו להתקבלותה של השערת אבוגדרו בדבר קיומן של מולקולות דו-אטומיות של גזים.

אם מחפשים, אפשר לגלות תופעות חדשות

טעות אחרת של לבואזיה יכולה להמחיש את אחת האסטרטגיות המקובלות בחקר מדעי ואת המלכודת שבה היא עלולה ליפול. מאמר שפרסם לבואזיה על טבעם המורכב של המים, כולל תיאור ברור של ניסויים, שבהם מים התקבלו בתגובה בין מימן לחמצן והתפרקו במעבר דרך צינור ברזל לוהט. בהמשך הוא מציין, שפירוק מים מתרחש גם בתמיסה של מתכות בחומצה וכן בתהליך תסיסה כוהלית.

בספרו 'Traite elementaire de chimie' חוזר בו לבואזיה מהמסקנה, שתסיסה מפרקת מים: "אז הנחתי שמים קיימים בתוך הסוכר, מוכנים לפירוק, ואילו כעת אני משוכנע שהסוכר רק מכיל את היסודות המרכיבים את המים".

הוא המשיך להאמין שהמסת מתכת בחומצה מפרקת מים: "בדרך דומה ניתן לקבל גז מימן על ידי המסה של ברזל או אבץ בתמיסה של חומצה גופרתית מהולה. שתי מתכות אלה מפרקות מים בקושי ובאיטיות, אך עושות זאת בקלות ובמהירות בנוכחות חומצה גופרתית". קל להבין את שיקוליו, שכן הוא כבר גילה שמתכות חמות מפרקות מים ומתקבל מימן, וגם בתהליך הזה התקבל מימן.

זוהי דוגמה טובה למהלך מחשבתו של מדען. מרגע שרעיון חדש קנה לו ביסוס (אפילו אם רק במוחו של החוקר, ולא בקהילייה המדעית), טבעי יהיה לחפש לו הוכחות וחזזוקים. לבואזיה מצא תהליך אחד לפירוק מים, וחיפש תהליכים נוספים שבהם המים יכולים להתפרק.

אסטרטגיה זו יכולה להניב פירות רבים, כמו בארבע הדוגמאות הבאות, שכולן מסוף המאה ה-19:

- הנרי בקרל חיפש אחרי משהו דומה לקרניים, שזה עתה גילה וילהלם רנטגן (קרני x). ניסויים אלה הובילו אותו לגלות את הרדיואקטיביות.
- מרי קירי חיפשה את התופעה החדשה בחומרים נוספים, מלבד מלחי אורניום. היא מצאה עוד יסוד מוכר הפולט קרינה זו, וגילתה עוד שני יסודות רדיואקטיביים חדשים.

- כשנודע לווייליאם רמזי על קיומם של שני יסודות אדישים (ארגון והליום), הוא החל לחפש ומצא שלושה נוספים.
- לאחר אפיון קרני הקתודה כקרן אור המורכבת מחלקיקים שליליים (אלקטרונים), חיפש תומסון עוד דוגמאות לחלקיקים כאלה. בתוך שנתיים הוא זיהה ואפיון את קרני β כדוגמה נוספת לזרם של אלקטרונים.

מה ניתן ללמוד מדוגמאות אלה? חיפוש אחר דוגמאות נוספות לתופעות חדשות הוא אסטרטגיה יעילה, משום שהוא עשוי גם להוביל לגילוי תופעות חדשות ושונות. מובן, שקיים גם סיכון באסטרטגיה זו, משום שלעתים רוצים כל כך למצוא משהו, עד שמוצאים אותו בין אם הוא קיים ובין אם לאו. דוגמה לכך היא האפיזודה של מציאת קרני N, שתוארה והוגדרה כ"מדע פתולוגי". אפילו לבואזיה לא היה נקי מנטייה זו.

שגויה בפרטים, אך עדיין יעילה ומועילה: התיאוריה האטומית של דלטון

אפילו תיאוריות או הסברים המקובלים כיום, הם לעתים רחוקות יציר עבודתו של מדען אחד בלבד. כשמסתכלים על תיאוריה מוצלחת, רצוי להתחיל מההצעה הראשונית, לעבור על שלבי ההתפתחות, לבחון את הטעויות שנעשו וכיצד תיקנו אותן. לעתים, כדי למצוא את הטעויות, יש לחפש בספרות המקורית. כשמציגים בספרי הלימוד התפתחויות היסטוריות חשובות בבייית תיאוריות, רק לעתים רחוקות מזכירים את הטעויות. לעתים אף משמיטים מהקטעים המצוטטים את המשפטים והפסקאות הכוללים שגיאות.

מורי הכימיה עשויים לגלות, שאפילו מהשגיאות אפשר להפיק תועלת חינוכית. התיאוריה האטומית של ג'ון דלטון היא דוגמה טובה לכך. דלטון ידוע בשל שפע הרעיונות החדשים והחשובים שפיתח. התיאוריה שלו על תרכובות דומה מאוד לזו המקובלת בימינו: אטומים של יסודות שונים נקשרים יחד. חוק היחסים הקבועים וחוק המנות הכפולות נבעו מן התיאוריה האטומית שלו. התיאוריה של דלטון היוותה שיפור ניכר על פניו של ניוטון (החומר הרציף), בכך שהתמקדה בתכונות של אטומים ואפשרה גם חקר אמפירי, מציאת המסות היחסיות שלהם. בעקבות התיאוריה של דלטון, התאפשר לאחר מכן, למצוא את המסות היחסיות של אטומים ושל תרכובות.

אך גם בתיאוריה מוצלחת זו היו כמה טעויות. דלטון האמין, שאטומים של אותו היסוד זהים לחלוטין. בתחילת המאה ה-20 הוכח קיומם של איזוטופים, והנחת היסוד הזו של דלטון התגלה כשגויה. דלטון האמין שאטומים אינם ניתנים לחלוקה. גם הנחה זו נמצאה שגויה, ואנו יודעים שאטומים ניתנים לחלוקה לאלקטרונים וגרעין. הגרעין אף הוא ניתן לחלוקה, ונראה שכך גם מרכיביו.

דלטון התבסס על הנחות שרירותיות, והציע נוסחאות למולקולות של יסודות ושל תרכובות. חוסר הדיוק של השיטות האנליטיות באותה תקופה גרם קושי בזיהוי הטעויות. לדוגמה, דלטון הציג נתונים על מים, אמוניה וחנקן חמצני (אוויר חנקתי, כהגדרתו) שלהם ייחס את הנוסחאות HO , NH ו- NO בהתאמה. מנתונים אלה ניתן לחלץ את המסות היחסיות של חנקן וחמצן בשתי דרכים: ישירות מאנליזה של SO , או על ידי השוואת המסות של NO ו- SO המתקבלות מאנליזה של מים ואמוניה. בשיטות האנליטיות של היום, היו מתקבלות כמובן, בשתי צורות החישוב תוצאות שונות לחלוטין, אך בתנאים של אותה תקופה, אי ההתאמה בין התוצאות הייתה קרובה מאוד לשגיאה הניסויית.

גם השערות נכונות נדחו: השערת אבוגדרו

זמן קצר לאחר שדלטון פרסם את התיאוריות שלו, הציע אמדיאו אבוגדרו תיקונים לרבות מהנוסחאות. במאמר שפרסם, הוא מסביר את חשיבות המעקב אחר ספרות מדעית בכימיה. התוצאות שאליהן הוא הגיע, מתבססות על עבודתם של דלטון ושל גיי-לוסק. גיי-לוסק מצא, שגזים מתרכבים ביניהם ביחסי נפח פשוטים וקבועים. דלטון מצא, שאטומים מתרכבים ביניהם ביחסים פשוטים וקבועים. גיי-לוסק לא קישר בין תצפיותיו ובין התיאוריה האטומית. דלטון מצדו, יצא מגדרו כדי לדחות את התוצאות של גיי-לוסק, אף שיכלו לחזק את התיאוריה שלו.

לעומת זאת, אבוגדרו ראה את הקשר ואת השילוב של שתי התופעות. הוא הגיע למסקנה המתבקשת, הידועה בשם "חוק אבוגדרו": בנפחים שווים של גזים, אפילו שונים, נמצא אותו מספר של מולקולות. ממודל המתאר שבהתחברות אטום אחד של מימן לאטום אחד של חמצן מתקבלת מולקולה אחת של מים, ניתן היה לצפות שמנפח אחד של מימן ונפח אחד של חמצן יתקבל נפח אחד של מים. אולם, התצפית הניסויית הראתה, ששני נפחים של מימן מתחברים עם נפח אחד של חמצן ומתקבלים שני נפחים של מים. כדי להסביר תצפית זו, העלה אבוגדרו השערה נוספת: מימן וחמצן קיימים כמולקולות דו-אטומיות. היום אנו יודעים שאבוגדרו צדק, אלא שהקהילייה המדעית של אז דחתה את השערותיו (הנכונות).

זוהי דוגמה מצוינת, המראה כיצד תחרות בין מדענים עשויה לדחות תיאוריות נכונות. מתנגדיו של אבוגדרו טענו, שלהשערה על קיום של מולקולות דו-אטומיות לא הייתה הוכחה ישירה והוא הגיע אליה בדרך עקיפה. למעשה הייתה להם תיאוריה נגדית: האטומים בפאזה הגזית עטופים בשכבת קלוריק, המונעת מהאטומים מלהתחבר.

הרעיון, שאטומים של אותו היסוד מתקבצים לזוגות ולא ממשיכים להתקבץ לקבוצות גדולות יותר, לא נראה להם הגיוני. תיאוריית הקשר של ברצליוס (Berzelius), הייתה עוד "הוכחה"

שתיאוריית אבוגדרו שגויה. על פי תיאוריה זו, כוחות אלקטרוסטטיים הם הדבק שמחזיק אטומים בתרכובות. אי לכך, רק אטומים הטעונים מטענים מנוגדים יימשכו זה לזה וייצרו קשר. אטומים זהים אינם יכולים ליצור קשר, אלא צריכים לדחות זה את זה בשל מטעניהם זהים. לכן, לא ייתכנו מולקולות דו-אטומיות של יסוד.

רק אחרי כ-50 שנה התקבלה השערת אבוגדרו על ידי הקהילייה המדעית, וזאת הודות לקניזרו, שהציג והסביר אותה בצורה מנומקת ומסודרת. קניזרו ציין את היתרונות שבקביעת מסות אטומיות ומולקולריות, והוסיף הוכחות שתמכו בצורה נחרצת בהשערת אבוגדרו. קניזרו ציין במפורש, שרעיונותיו של ברצליוס היוו מחסום לקבלה של השערת אבוגדרו.

אבחנות מעורפלות: ניולנדס וסיווג היסודות

הדוגמה האחרונה אינה מייצגת עבודה שהייתה רבת השפעה למרות שגיאותיה. גם לא כזו שנדחתה אף שהייתה נכונה. כשם שהייתה אז, מעורפלת ולא ברורה, כך גם נשארה היום. אפשר להעזיז ולכתוב, שהרבה מהמחקרים המתפרסמים יכולים להיכלל בקטגוריה זו. אבחנות מעורפלות ולא ברורות יכולות להיות אבחנות נכונות, חשובות או מועילות, אך יכולות גם לכלול טעויות, חוסר התאמה או חסרונות אחרים. בדרך כלל, הקהילה המדעית אינה מתייחסת אליהן ברצינות.

הרעיונות של ג'. א. ר. ניולנדס, כימאי אנגלי מהמאה ה-19, ששם לב למחזוריות הכימית עוד לפני מנדלייב, משמשים דוגמה לאבחנה מעורפלת. באמצע שנות ה-60 של המאה ה-19, פרסם ניולנדס כמה רשימות קצרות על מיון יסודות, ושיבץ אותם בכמה משפחות. היסודות שהשתייכו לאותה הקבוצה היו דומים בתכונות הכימיות, והמסות האטומיות שלהם עלו בשיטתיות. בכמה מהקבוצות היו רווחים, שניולנדס ניבא כי יתמלאו על ידי יסודות שטרם התגלו. אחד מהיסודות שאותם ניבא היה גרמניום. במקרה זה הוא צדק, בכל השאר הוא טעה.

שנתיים מאוחר יותר, רשם ניולנדס את כל היסודות שהיו ידועים עד אז לפי מסה אטומית עולה. הוא שם לב, שתכונות כימיות חוזרות על עצמן כל שבעה יסודות (או כפולות של שבע) והציע את "חוק האוקטבות". על אף שניולנדס החליף את השיטה למיון יסודות לפי משפחות מבודדות בשיטה טובה יותר (שהייתה מעין מערכה מחזורית), הוא זכה לביקורת קשה בגלל חוסר היכולת לנבא את קיומם של יסודות חדשים. מה עוד, שבינתיים התגלו יסודות חדשים שלא נמצא להם מקום לפי השיטה החדשה. למרות הייחודיות של שיטת הניבוי שלו ושל חוק האוקטבות, הם לא התקבלו ולא הצליחו להשפיע על המדע. זאת בניגוד לשיטת מנדלייב שבא אחריה.

היו כמה וכמה שגיאות במקרה של ניולנדס. ראשית, חלק מהניבויים שלו לא התממשו. בנוסף, היו חסרונות רציניים בחוק האוקטבות. למרות שהצליח להציג באופן ברור את המחזוריות בתכונות הכימיות, הוא לא הצליח לנבא יסודות חסרים, דבר שמנדלייב הצליח לעשות כבר בטבלה הראשונה שלו. אך גם אצל מנדלייב נתגלו חסרונות, שכן גם הוא לא הצליח תמיד לנבא יסודות חדשים, או שהכניס אותם למקומות שגויים. הבעיה בעבודתו של ניולנדס הייתה, ששיטתו לא הייתה ברורה מספיק לציבור המדענים, ואף אלה שהאמינו כי "יש בה משהו", חיכו למנדלייב שיפשט ויסדר אותה טוב יותר.

סיכום

עידן התקשורת של ימינו חושף את הציבור, יותר מבעבר, להתרחשויות טכנולוגיות ומדעיות. בניגוד לדיווח שוטף על טעויות בתחום הטכנולוגי (פליטה של חומר כימי קטלני, תאונות גרעיניות...) רק לעתים רחוקות מדווחים בחדשות, או אפילו בתכניות מדע, על טעויות בתחום המדעי. כתוצאה מכך, רק לעתים רחוקות, נגלים לעיני הציבור הנתיבים השגויים שבהם פוסעים לא אחת המדענים. כאשר מפתחים רעיון בשלבים, בדרך כלל מביאים בפני הציבור רק את השלב הסופי, והוא נחשב כפריצת דרך במדע. הרעיונות שקדמו לו פשוט נשכחים. אך יש לזכור, שתוצאות מוטעות עשויות לסייע לאנשים אחרים להגיע למסקנות הנכונות.

התייחסות לצעדים מוטעים של מדענים גדולים מוכיחה שהם אנושיים, שאינם עובדים או חושבים כאוטומטים, ושהשיטה מדעית אינה תהליך אוטומטי או מכני. בהוראת מדע רצוי להביא סיפורי טעויות יחד עם סיפורי תגליות. סיפורי השגיאות, בפרט אם מעורבים בהם מדענים גדולים, מראים את הפנים האמיתיים של המדע. סיפורי הטעויות לפעמים משעשעים, מעניינים ומגוונים את הנושא הנלמד.



קראנו ואהבנו:

המדע נבנה מעובדות, כשם שבית נבנה מלבנים.
אבל ערימה של עובדות עדיין אינה מדע,
כשם שערמת לבנים אינה בית.

אנרי פואנקרה

במדע, חידוש נזקף לזכותו של מי ששכנע
את העולם באמיתותו, ולא לזכותו
של מי שהגה אותו.

פראנסיס דארווין