

"תוכנית רוטשילד-ויצמן למצוינות בהוראת המדעים"
במימון של קרן קיסריה אדמונד בנימין דה רוטשילד

קידום יוזמות חינוכיות - כימיה תשע"ו

נושא היוזמה: קידום מקצוע הכימיה - שילוב פעילויות
חדשניות בהוראה על ידי שיתוף והנחיה
של מורים בשטח

תת-נושא II:

פרויקט המדגיש אספקטים של RRI בהוראה

תיכון ע"ש קציר רחובות

מגישות: רונית ברד

תיכון עתיד טירה

פאדיה חטיב

בהנחיית פרופ' רון בלונדר



פיתוח והפצה של יחידת לימוד ייחודית:

האם לאפשר שילוב של תאים סולאריים על חלונות בית הספר?

מגישות: רונית ברד

פאדיה חטיב

בהנחיית פרופ' רון בלונדר

בשנת תשע"ו הסתיים פיתוח של יחידת לימוד ייחודית: האם לאפשר שילוב של תאים סולאריים על חלונות בית הספר? ביחידה מודגשים אספקטים של RRI (יושרה ואתיקה במדע וחדשנות) בהוראת הכימיה.

יחידה ייחודית זו עוסקת בהיבטים חברתיים של מחקר ופיתוח עכשווי. ביחידה התלמידים מתבקשים לקבל החלטה - האם ובאילו תנאים הם יאשרו שילוב של טכנולוגיה חדשנית של תאים סולאריים על החלונות בבית ספרם. כדי לקבל את החלטה התלמידים לומדים את הנושא המדעי. במסגרת היחידה התלמידים:

- ◆ עורכים סיור מודרך בגן המדע בנושא אנרגיות מתחדשות
- ◆ לומדים כיצד פועל תא סולארי ומבצעים ניסויי חקר (רמה 2 מלא) בו הם בונים תאים סולאריים
- ◆ לומדים על עופרת ורעילותה לאדם ולסביבה
- ◆ בוחנים היבטים חברתיים וסביבתיים הנוגעים למחקר עכשווי העוסק בפיתוח תאים סולאריים
- ◆ מקבלים החלטה כיצד לנהוג עם הטכנולוגיה החדשה שהוצעה לבית הספר.

את כל התהליך שעוברים התלמידים הם מציגים בתערוכה שהם בונים, בעזרתה הם יסקפו לעמיתיהם בבית הספר ובבתי ספר נוספים אשר ישתתפו בתוכנית את הידע הרלוונטי לדעתם בנוגע לסוגיה המדעית חברתית בה עסקו. היבטים טכניים: השתתפות בפרויקט מצריכה למידה של המורה המוביל את הכיתה, וכוללת יום מלא במכון ויצמן. הפעילות מתאימה לתלמידי כיתות י"ב, לדוברי עברית או ערבית.

ביחידה מודגשים שישה ממדים של RRI (Responsible Research and Innovation) (יושרה ואתיקה במדע וחדשנות).

RRI כולל שישה ממדים אשר נגזרים מתפיסת האחריות ההדדית שיש למגוון השחקנים בחברה בכל הנוגע למחקר וחדשנות מדעית:

1. מחויבות ומעורבות (engagement) של כל בעלי התפקידים בחברה. כל המעורבים יהיו שותפים לתהליכי המחקר ופיתוח, באופן שהבעיות ופתרונות יוגדרו על בסיס אתי-חברתי מוסכם.
2. שוויון מגדרי (gender equality) המאפשר לממש את מלוא הפוטנציאל האנושי. נשים צריכות להיות בעלות ייצוג הולם בתהליך של פיתוח ומחקר מדעי.

3. חינוך מדעי (science education) - יש לצייד את דור העתיד - מדעני המחר- בידע ובכלים הנדרשים לגיבוש תפיסת עולם במונחים של RRI. חוקרים צריכים להשקיע מאמץ בהעברת הידע שלהם והמחקר שלהם לדור הבא ולציבור הכללי, ולהדגים את דרך קבלת ההחלטות שלהם.
4. נגישות למידע (open access) - שקיפות ונגישות הינן תנאי הכרחי ל-RRI, המחייב גישה למידע, לפרסומים ולתוצאות מחקרים.
5. אתיקה (ethics) - על מנת להיענות לאתגרים חברתיים, יש לפעול על בסיס של ערכים משותפים ועל פי סטנדרטים גבוהים של אתיקה.
6. פיקוח (governance) - מטריית-העל אשר תבטיח מודל הרמוני המשלב בין כל שאר הממדים. הפיקוח יבקר ויפקח על שילוב ראוי בין כל 5 הממדים האחרים של RRI וימנע התפתחויות לא אתיות במחקר.

עבודה על היחידה כללה העמקת ידע תכני, פיתוח מודעות והבנה לנושא יושרה ואתיקה במדע וחדשנות ופיתוח יחידת התערבות ובה פעילויות להפעלה בקרב מורים ותלמידים והפצתן, בניית מוצג המתאים לנושא הפרויקט להצגה וללימוד בסיוור בגן המדע.

היחידה מוכנה להפעלה בכיתות. בשנת תשע"ו התקיימו ימי עיון בנושא הפרויקט ובוצעה הערכה של הפרויקט ובדיקת השפעתו על המורים ותלמידיהם. התקבל משוב ממורים נסיינים בשטח. זוהי יחידת התערבות ובה פעילויות להפעלה בקרב מורים ותלמידים והפצתן, בניית מוצג המתאים לנושא להצגה וללימוד בסיוור בגן המדע.

עסקנו הפעלת פעילויות בימי העיון, בהכנת חומרי למידה ובשיפור של פעילויות קיימות, הרחבה של מעגל המורים המשלבים מדע, חברה וסוגיות אתיות בהוראתם.

לדוגמה, רונית ברד פיתחה חומרים למורים ותלמידיהם בנושא העופרת, המלווים את המצגת בנושא זה. פאדיה חטיב נתנה הרצאות בימי עיון בערבית.

במסגרת פיתוח היחידה רונית ברד יצרה קשר עם מורים שהשתתפו בהשתלמות הקיץ ומעוניינים להעביר מודולה אחת או יותר בכיתות שלהם. כהקדמה לכל מודולה יש ללמד את מימדי RRI באמצעות סיפור העופרת. התעורר הצורך להנגיש את המצגת למורים ולכן הכנתי מסמך מלווה למצגת שמפרט את כל האינפורמציה, הדגשים ואפשרויות ההרחבה לכל שקף. בתחילת השנה פניתי במייל לכל המורים שגילו התעניינות בלקיחת חלק בפרויקט. בכיתה הפרטית שלי ליווית קבוצת תלמידיהם בתחרות נסויי חקר בנושא השפעת ננו-חלקיקים של זהב ונחושת על התפתחות חיידקים, תוך שילוב מימדי RRI.

הפעילות במכון ויצמן על תאים סולריים וממדי RRI מצריכה הכנה מוקדמת לתלמידים, ולכן במסגרת הפרויקט הכנו שתי מצגות: הראשונה מסבירה את ממדי ה-RRI והשנייה מדברת על העופרת ועל סכנותיה. הכנה זו מאוד חיונית וחשובה.

אני כמורה הכנתי את שלושת הכיתות י"א כימיה לפני שהגיעו לפעילות במכון. בהתחלה דיברתי על הסדר, מה נעשה במכון ויצמן, ואז התחלתי בהכנת התלמידים להבנת ממדי ה-RRI, מה המשמעות של כל ממד - עם דוגמאות.

לבסוף השתמשתי במצגת על העופרת לשתי מטרות :
הראשונה - אינפורמציה על העופרת, על יתרונותיה וחסרונותיה,
השנייה - מודל מצוין כדי ליישם את ההבנה של ממדי RRI.
שתי המצגות אשר שימשו אותי בהסברים היו בשפה העברית, אבל הסברתי את הכל בשפה של
הערבית. לוויית שלוש קבוצות לפעילות במכון ושם הבנתי כמה ההכנה המוקדמת הייתה חיונית.

חומר עזר למורה למצגת סיפורה של עופרת ומימדי RRI

שקף 1 - כותרת

שקף 2 - כותרת

שקף 3 - עוסק בתכונות העופרת ומכיל רשימה של תכונות. ניתן להרחיב בנושא מתכות מעבר
באופן כללי.

ניתן להתייחס לתהליך הקורוזיה של עופרת. שכבת העופרת החמצנית שנוצרת בשטח הפנים
כתוצאה מהתהליך מהווה שכבת הגנה שנצמדת לשריג המתכתי ומונעת את המשך הקורוזיה
בשריג.

דעיכה רדיואקטיבית - באמצעות התכונה הזו המופיעה בשקף ניתן לחזק ולהרחיב בנושא
התפרקות רדיואקטיבית ספונטאנית, פליטה של חלקיקי אלפא או בטא. שרשרת ההתפרקות
הרדיואקטיבית של אורניום ותוריום עד לאיזוטופים יציבים של עופרת מופיעה בשקף 4.

שקף 4 - דעיכה רדיואקטיבית של אורניום ותוריום.

שקף 5 - עופרת בטבע.

שקף 6 - תהליך הפקת העופרת מהגלנה. ניתן להתייחס לתהליכים המופיעים ולבדוק אם הם
תהליכי חמצון-חיזור ולחזור או להרחיב בנושא חמצון-חיזור.

שקף 7 - לעופרת צפיפות גבוהה ולכן היא משמשת חלק מצידוד המגן להגנה מפני קרינה היא
משמשת גם בייצור משקולות.

שקף 8 - הרומאים היו טובים מאד בבניית צנרת ובהובלת מים וביוב. את הצנרת הם הכינו
מעופרת ולכן השימוש בעופרת היה נפוץ מאד באימפריה הרומית.

שקף 9 - מתוך השקף ניתן להבין שהרומאים אכלו או שתו יוני עופרת. במהלך הצגת השקף ניתן
להתייחס לתהליך היצירה של PbO, לתגובת הסתירה בין העופרת החמצנית (יון חמצני כבסיס)
לחומצה האצטית ביון. להסב את תשומת הלב למושג "סוכר עופרת" לחומר יוני שנוצר בתהליך
הסתירה.

שקפים 10-11 - במאה הראשונה לספירה הבחינו שיש אנשים שדעתם משתבשת, וייחסו זאת
לשימוש בעופרת. זה לא רעיון מופרך, יתכן וזה קרה בגלל עודף העופרת. אנשי האצולה והקיסרים
השתתפו בהרבה משתים, שתו הרבה יין בכלים עשויים עופרת, הכינו ממתקים מיין על ידי כך
שהיו מאדים את היין בכלי העופרת עד שהיה נוצר נוזל סמיך ששימש כממתק.

שקף 12 - עופרת ותעשיית הצבעים בעולם. בשקף הזה מתקדמים 1800 שנים קדימה. ב 1892
באוסטרליה מדווחים על הרעלת עופרת. ניתן להרחיב ולהסביר איך מגיעים למסקנות במחקר
מסוג זה. ניתן לתת לדוגמא את פרשת רמדיה שהייתה אצלנו, רופאה אחת בבית החולים לילדים
חיפשה ומצאה את המשותף בין הילדים שהגיעו עם אותם תסמינים בתקופה קצרה יחסית.

בצד שמאל למטה מופיעה הנוסחה של עופרת לבנה. ניתן להתייחס לחומרים יוניים ולמבנים שלהם. להרחיב על כך שחומרים יוניים בנויים מיותר מסוג אחד של יונים שליליים וסוג אחד של יונים חיוביים (בכיתה התלמידים לומדים רק על חומרים יוניים הבנויים מסוג אחד של יוני חיוביים וסוג אחד של יונים שליליים).

שקף 13 - לאט לאט התחיל להצטבר מידע על הרעלות בעקבות חשיפה לעופרת לבנה. צבע לבן היה מאוד נפוץ לקירות, רהיטים, מעקות וכו'. הבינו שהעופרת הלבנה אחראית על ההרעלות לסוגיהן ואסרו את השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים בלבד. השקף מציג את השנים שבהן נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים במדינות שונות. אפשר להסב את תשומת לב התלמידים שיש פער של 17 שנים בין האיסור בצרפת לבין האיסור בבריטניה.

רעילות של עופרת:

רבים מן האנזימים בגוף מכילים מתכות כגון אבץ וסידן. במצבים של חסר באבץ או סידן, יכולה העופרת להחליף אותן במבנה החלבון, והחלבון מאבד את פעילותו הביולוגית, כלומר, פעילות האנזים נפגמת.

החלפת הסידן בתעלות הסידן בעופרת, מונעת מעבר של אותות עצביים וגורמת להפרעות קוגניטיביות.

ילדים מתחת לגיל 6 רגישים יותר להרעלת עופרת משום שבגילאים אלו יכולה העופרת לחדור את המחסום דם-מוח. באופן דומה היא יכולה לחצות את השליה ולגרום להרעלה בעוברים בזמן ההיריון. הרעלת עופרת בשלבים אלו עלולה לגרום לירידה במנת המשכל (IQ), לפיגור שכלי ולבעיות קשב וריכוז.

שקף 14 - חוזרים אחורה בזמן - השקף מציג את הסיפור של בנג'מין פרנקלין. השקף די ברור, אבל לגבי זגגים כדאי לציין שהזכוכית עצמה מכילה עופרת חמצנית. היא חשובה במיוחד בקריסטלים כי היא משפרת באופן משמעותי את הברק של הזכוכית.

שקף 15 - בשקף הזה מומלץ לעשות חיבור עם שקף 13. בצרפת ב-1909 כבר אוסרים על השימוש בצבעים של עופרת, ובארה"ב ב-1908 עוד מפרסמים דוחות. באוסטרליה ב-1914 אוסרים את השימוש בעופרת לבנה ובארצות הברית עדיין ממשיכים לחקור. ולקראת השקף הבא...אך מגיבה תעשיית הצבעים האמריקאית.

שקף 16 - תעשיית הצבעים מגבירה את הפרסום ודוחפת לשימוש בצבעי עופרת. מומלץ להסב את תשומת הלב לפרסומת מימין שמציגה את הצבעים כדבר טעים למרות שיש כבר מחקרים שמראים שילדים שנגסו בצבע הורעלו מעופרת. גם הפרסומת משמאל בשנת 1923...תנו לעופרת לשמור על הבריאות. ומראה את כל המוצרים שעשויים מעופרת.

שקף 17 - השקף מציג חוברת צביעה לילדים. חלקו חוברות צביעה לילדים המספרות כמה טוב השימוש בצבעים המכילים עופרת לבנה. צריך ללחוץ על התמונה על מנת להפעיל סרטון שמציג את חוברת הצביעה.

שקף 18 - בתקופה זו כבר מבינים שהחשיפה של ילדים לעופרת היא הרסנית כי העופרת משפיעה על המוח ומשפיעה בעיקר בשלבים שהמוח מתפתח.

שקפים 19-20 - השקפים מלמדים על הליך התקינה. היום מקובלת התקינה של 1991. מעניין להרחיב את הדיבור על תקנים ועל שינויים בתקינה. לעורר את השאלות: איזה גוף אחראי על התקינה? מי קובע את התקנים? למי יש אינטרס להשפיע על הליך התקינה? האם זה קורה גם

היום? (בזמן האחרון משנים בארץ את גבולות הנורמה לסוכרת וללחץ דם...אולי בהשפעת חברות התרופות על מנת להגדיל את צריכת התרופות?).

שקפים 21-22 – בשקפים אלה עוברים למה שקרה עם תעשיית הדלק. שימוש בעופרת היה נפוץ מאוד בתעשיית הדלק. אפשר לעורר שאלות כמו: מה הקשר בין עופרת לדלק? מה זה אומר דלק נטול עופרת? בשקף 22 מספרים את הסיפור של טרה אתיל עופרת. ניתן לפתח דיון ערכי על התנהלותו של תומאס מינגלי. הוא ידע שהתרכובת בעייתית ולא בריאה, ובכל זאת שתק וקיבל את המינוי לסמנכ"ל החברה.

מתוך הספר "לא על הברוס לבדו" מאת ד"ר מירי קסנר, עמ' 23-17: מלחמת העולם הראשונה והשנים שלאחריה הביאו להתפתחות ניכרת בתעשיית המכוניות בעיקר בארצות הברית. השימוש ההולך וגדל במכוניות הביא לפיתוח מנועים חזקים יותר וזאת על ידי הגברת הדחיסה של האוויר והדלק. שינוי זה גרם להיווצרות תופעת "נקישות במנוע" שנבעה מהצתה עצמית של הדלק וגרמה להורדת יעילות פעולת המנוע.

נמצא כי הוספת חומרים מסוימים לדלק עשויה להקטין את תופעת הנקישות ועל ידי כך לפרוץ את הדרך לפיתוח מנועים יעילים יותר ומכוניות מהירות יותר. החומרים הראשונים שהוצעו היו יקרים מידי או לא יעילים מספיק. ב-1922 הוכיחה חברה אמריקאית את יעילותה של התרכובת עופרת ארבע אתילית $Pb(C_2H_5)_4(l)$ שמחירה הזול יחסית עשה אותה למבוקשת ביותר. לרוע המזל נתגלתה בעיה חמורה ביותר, יחד עם בעירת הדלק מתרחש חמצון העופרת הארבע אתילית ומתקבל המוצק $PbO(s)$ ששוקע על חלקי המנוע ומשבש את פעולתו. המחקר התמקד בחיפוש אחר חומרים שימנעו את שקיעת העופרת החמצנית, יתרכבו עם העופרת ויצרו תרכובות נדיפות שתוכלנה לצאת יחד עם שאר גזי הפליטה. באופן כזה הגיעו לבסוף ל-1,2 דו ברומו אתאן $CH_2BrCH_2Br(l)$ או בקיצור EDB, היוצר תוך כדי שריפתו תרכובות עופרת נדיפות למשל $PbBr_2(s)$, $PbBr_4(s)$, בשנים שלאחר מכן הלך וגבר השימוש ב-EDB והגיע לשיאו בשנות השבעים. מדינות רבות הקימו מפעלים לייצור החומר והוא הפך לתרכובת הברוס החשובה ביותר לשימוש.

בסוף שנות ה-70 הוכח שתרכובות עופרת רעילות ביותר לאדם, ובמיוחד אותן תרכובות עופרת הנפלטות יחד עם גזי הפליטה בתהליך שריפת הדלק במנועים. המודעות ההולכת וגוברת לבעיות זיהום האוויר הביאה לפתיחת מאבק ציבורי למניעת השימוש בתרכובות עופרת כתוספת לדלק.

שקף 23 - קלייר קמרון פטרסון וסיפור העופרת. יש ללחוץ במרכז התמונה להפעלת הסרט. הסרט מספר את כל הסיפור. הסרט ערוך והאורך שלו 11 דקות.

תוך כדי הקרנת הסרט מומלץ לכתוב על הלוח שמות מרכזיים וסוגיות משמעותיות מתוך הסרט, ולאחר הקרנת הסרט, לחזור ולהסביר את מה שכתוב על הלוח. דוגמאות:

פטרסון - חקר את גיל כדור הארץ. מקבל מלגה למחקר ממכון הנפט האמריקאי. (הוא חיפש את גיל כדור הארץ באמצעות חישוב כמויות העופרת מכיוון שהמטאוריט הראשון היה עשוי אורניום ועופרת היא תוצר ההתפרקות הרדיואקטיבית של אורניום.)

ד"ר רוברט קיהו - חברת GM שוכרת אותו על מנת לעורר ספקות ולערער את האמירה שהסיבה לכל התופעות זה עופרת.

ריכוז העופרת במעמקים מאוד נמוך.

ריכוז העופרת במים הרדודים מאוד גבוה.

זהו המקום שממנו מגיע הכסף.

הלחץ החל.

הגיע הזמן שתחקור יסודות נוספים.

במהלך השינוע של TEL מטפלים בו כפי שמטפלים בנשק כימי.

חשבתם על הנזק שזה יכול לגרום לנו ולילדנו?

לפני תחילתה של המהפכה התעשייתית.

אדמונד מאסקי - יו"ר ועדת הסנט לזיהום אוויר ומים.

הדיונים נקבעו למועד שבו פטרסון נמצא עם משלחת מחקר באנטרקטיקה.

לפי פטרסון - "הרמות שמדדנו הן אופייניות אבל הן לא טבעיות".

נתונים זהים מובילים למסקנות שונות.

לא כשהמטרה היא למכור עופרת.

שקף 24 - מה קורה בעקבות מחקריו של פטרסון

שקפים 25-26 - השקפים מכילים שלוש שאלות לדיון.

שקף 26 הוא שקף, מוסתר שהתוכן שלו :

שאלות לדיון בעקבות המצגת:

בסיפור העופרת מוצגים מחקרים מדעיים ופיתוחים טכנולוגיים - ננסה למנות אותם.

האם במהלך המחקר והפיתוח נחצו קוים אדומים? מה הם קוים אדומים? אלו קוים אדומים

נחצו בסיפור העופרת? (האם יש כאן פעולות המערערות את היושרה המדעית - זיוף נתונים,

שימוש סלקטיבי בנתונים, ניצול בני אדם?)

מה יכולה להיות הסיבה לכך שנחצו קוים אדומים? מהי התמונה הכוללת שממנה נגזר סיפורה של

העופרת? מה ההקשרים אשר הניעו את החוקרים / את התעשייה? (כלכליים, פוליטיים,

חברתיים...? מי מממן את המחקר? האם הציבור מקבל את מה שהוא מצפה מן הפיתוח? האם

היה צריך להציב גבולות? באיזה שלב של המחקר, ואיך קובעים גבולות?)

מהן ההשלכות של חציית הקווים האדומים? (מה ההשלכות של השימוש בעופרת? כיצד ישפיע

המידע על הציבור? האם שימוש מושכל עשוי לפתור את הבעיות שהתעוררו עם השימוש בעופרת?)

לאחר הדיון בודקים אם התלמידים מכירים סיפורים דומים... דוגמאות: סיגריות, אסבסט, צבעי

מאכל, תרופות, חומרים משמרים, אתרי איסוף פסולת, לוחמי השיטת בנחל הקישון, עובדים

בכור הגרעיני, טלפונים סלולריים, זיהום אוויר באזור חיפה.

לשאול את השאלה: מה צריך לעשות כדי להימנע מתופעות דומות בעתיד? להכין על הלוח רשימה

של כל הדברים שהתלמידים יגידו (זה בדרך כלל מוביל מצוין למימדי ה-RRI).

שווה לברר עם התלמידים את המושגים: אתיקה, קיימות וצרכים חברתיים.

אתיקה - הפילוסופיה של המוסר. ענף של הפילוסופיה העוסק בשאלות "מהו המעשה הראוי

שחובה לעשותו?" ומהי ה"מידה הטובה"? מה מסייע בהבחנה בין טוב לרע? (מתוך ויקיפדיה)

המוסר הוא מערך עקרונות, אמונות, מחויבויות ומידות אשר צריכים להנחות ולאפיין את

ההתנהגות הראויה והטובה של האדם. האתיקה היא כללי ההתנהגות הראויה, כלומר, היישום

ואופן הביטוי הפרקטי של האדם, לאור עקרונות המוסר שהאדם קיבל על עצמו.

האתיקה קשורה למסגרת מערכות יחסים שהאדם קיבל על עצמו ובהקשר מסוים של זמן, חברה או תרבות, כמו גם יחסים בתחום המקצועי.....(מתוך האתר "מתקוונים לאתיקה"). קיימות - היכולת להמשיך לקיים תהליך או מצב לאורך זמן.

שקף 28 - השקף שממנו מתחיל העיסוק במימדי ה-RRI. חשוב להדגיש שמימדים אלו נקבעו על ידי ועדה וגם הם נתונים לשינוי וויכוח.

לאחר הצגת מימדי ה-RRI יש להפעיל את התלמידים בקבוצות.

ההנחיות לעבודה מופיעות בשקף 37 במצגת.

כרטיסיות העבודה המתאימות לפעילות נמצאות באתר של איריסטיבל

קישור לאתר

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/IRRESISTIBLE/password.html>

לסיכום:

אין תשובה ברורה להרבה שאלות שמתעוררות. אבל זה שאין תשובה חד משמעית לא אומר שאנחנו לא צריכים לדון בזה ולחשוב על זה.

סיפורה של העופרת

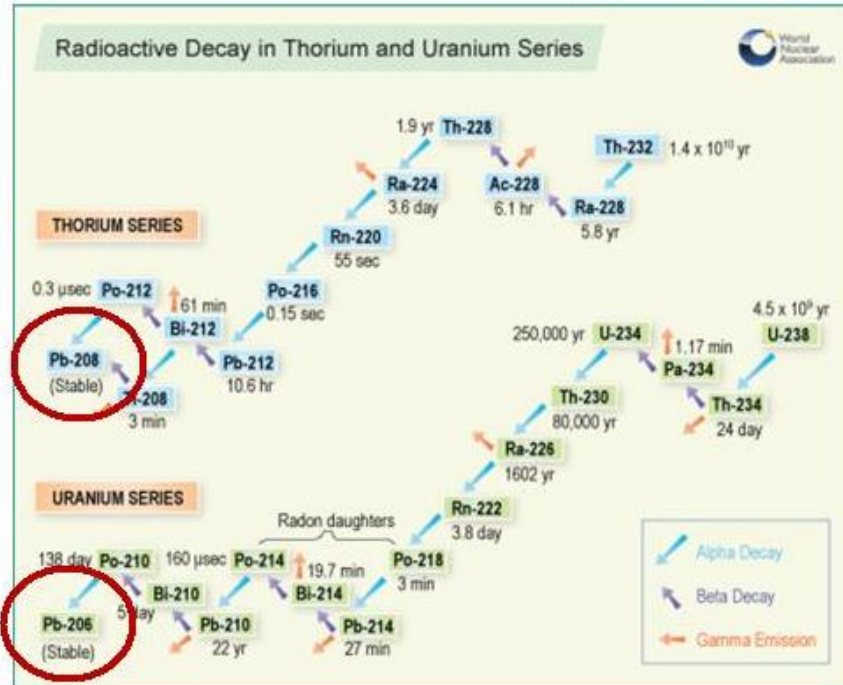


118.7 [At] 85 ²¹⁵ At 7.3439	82 Pb Lead 207.2 [Hg] 6p ² 7.4167	83 Bi Bismuth 208.980 [Hg] 6p ³ 7.2
--	--	--

עופרת - תכונות

- מתכת בצבע אפרפר תכלכל
- רכה, וקלה לריתוך ולהלחמה
- ניתנת לעיבוד בקלות
- כלי עופרת אשר באים במגע עם האויר מוגנים מפני שיתוך (קורוזיה), בזכות שכבת תחמוצת העופרת ($PbO(s)$) אשר נוצרת כתוצאה מתגובה בין השכבה החיצונית של העופרת והחמצן שבאוויר.
- איזוטופים של עופרת הינם תוצר הדעיכה הסופי של יסודות רדיואקטיביים רבים כגון אוראניום U, רדיום Ra, פולוניום Po, ותוריום Th.
- מוליכות חשמלית נמוכה
- מוליכות חום נמוכה
- בעלת יכולת לחסום קרינה מייננת.

דעיכה רדיואקטיבית של אורניום ותוריום



עופרת בטבע

נדיר למצוא בטבע עופרת בצורתה הטהורה נפוצה בעפרות לצד מתכות כגון זהב, כסף, אבץ ונחושת. עופרת העופרת הנפוצה ביותר היא הגלנה (Galena) – PbS

עפרות אחרות:

מינים (minim)
Pb₃O₄



צרוסיט (cerussite)
PbCO₃

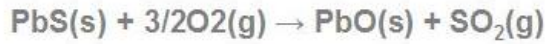


אנגליזיט (anglesite)
PbSO₄

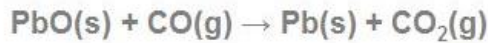
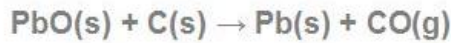


הפקת עופרת

את הגלנה - PbS - מחממים לצורך הפרדת הגופרית מהתרכובת:

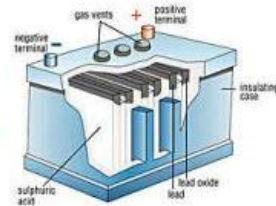
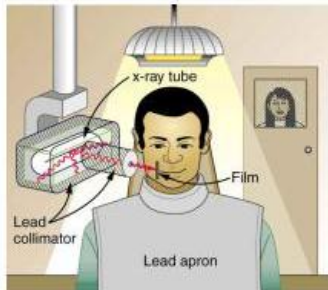


את התחמוצת המתקבלת שורפים עם פחם לקבלת עופרת טהורה:



5

שימושים בעופרת



▪ לוחות בתוך מצברים ובחלק מהסוללות

▪ ציפוי עמיד לקורוזיה

▪ משקולות לצלילה ולדייג

▪ ציפוי כבלי חשמל

▪ ציפוי ובניית קליעים לרובים

▪ ציוד מגן בפני קרינה מייננת בבדיקות רנטגן ובכורים גרעיניים

▪ שימשה בעבר כבסיס לצבעים, לייצור לכות ומוצרים קוסמטיים

6

האימפריה הרומית: 500 לפנה"ס – 300 לספירה

הראשונה שעשתה שימוש נרחב בעופרת

כל כלי האוכל, כוסות היין והמיכלים לשימור מזון היו עשויים עופרת



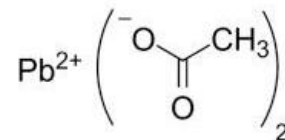
כל מערכת הביוב והובלת המים היתה עשויה מעופרת
עופרת בלטינית – plumbum
ומכאן המילה שרברב - plumber

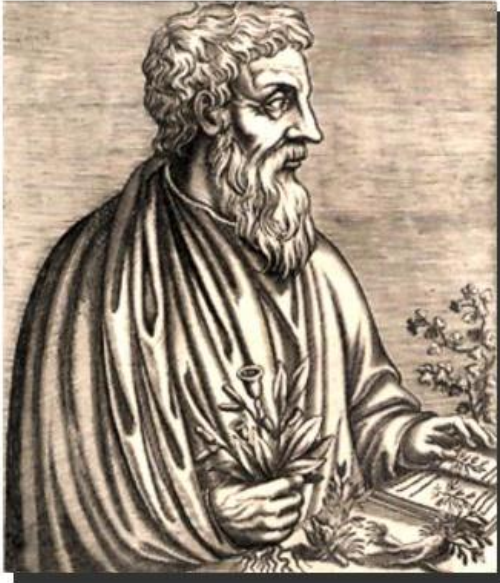


- אנשי האצולה הרומית נהגו להרתיח יין בכלי עופרת.
- חימום עופרת מתכתית באוויר מייצר עופרת חד – חמצנית (PbO – litharge).
- עופרת חד-חמצנית מגיבה בתגובת סתירה עם החומצה האצטית שביין (תוצר תהליך



- התסיסה של אתאנול) – בכך היא שמרה על טעמו של היין.
- תוצר תגובת הסתירה הוא "סוכר עופרת" (עופרת אצטט) - מלח קל תמס שטעמו מתקתק.
- "סוכר עופרת" שימש כממתיק במאכלים וביינות, וכחומר משמר ליין.





המאה הראשונה לספירה –
עדויות מתועדות ראשונות על
רעילותה של העופרת.

פדניוס דיוסקרידס)
Dioscorides) – רופא יווני שחי
בתקופתו של נירון הקיסר
הרומי – הצביע על העופרת
כגורם רעיל, וייחס לה תופעות
של איבוד דעת.

9

יש המייחסים את שקיעתה של האימפריה הרומית לנזק הנירולוגי שנגרם לתושביה
כתוצאה מחשיפה לעופרת אשר הביאה לטירוף שפקד קיסרים כנירון וקליגולה,
שהיו חובבי שתיית יין וצרכו דברי מתיקה ספוגי עופרת.

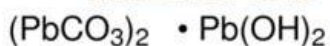


10

עופרת ותעשיית הצבעים בעולם



עופרת לבנה:



11

1892: הפעם הראשונה בה מדווחת הרעלת עופרת בקרב ילדים. ההרעלה אירעה באוסטרליה והממצא המשותף לכל הילדים שחלו היו צבעי עופרת בהן נצבעו מעקות המדרגות בבתיהם.

החל משנת 1904: הולך ומצטבר מידע המצביע על הרעלות עופרת בילדים.

1909: בצרפת, בלגיה ואוסטריה נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים.

1914: באוסטרליה נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים. בצרפת, בלגיה ואוסטריה 1922: נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים ביוון.

1926: נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים בשוויץ ובבריטניה.

1931: נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים בספרד.

עופרת ותעשיית הצבעים בעולם

איסור על שימוש
בעופרת לבנה
לצבעים ביתיים.



12

בנג'מין פרנקלין, מדינאי אמריקאי ומדען, כותב בשנת 1786 במכתב לחבר:

"...בביקורי האחרון בפריז, קיבלתי מחבר דו"ח מבי"ח על מחלה מיסתורית, המלווה בכאבי בטן. הדו"ח הכיל את רשימת החולים במחלה זאת עיסקם.

מתוך סקרנות עיינתי ברשימה, והופתעתי לגלות שרוב החולים במחלה עובדים באופן כלשהו עם עופרת. היו שם שרברבים, זגגים, צבעים וציירים. רק בקרב שתי קבוצות עובדים לא יכולתי למצוא את הקשר לעופרת – סתתי אבן וחיילים.

משהעליתי את השערת בדבר הקשר לעופרת בפני הרופא המטפל שלהם, הוא אמר שהסתתים משתמשים בעופרת מותכת באופן קבוע על מנת לתקן את מעקות הברזל באבן, והחיילים משמיעים ושוויה לטיורים תוך שהם מסייעים להם לטחון צבעים..."



13

עופרת ותעשיית הצבעים בארה"ב



מכתביו של בנג'מין פרנקלין, ומעדויות רבות אחרות עוד מן המאה ה-18, היה ידוע שמקומות עבודה בהם משתמשים בעופרת, הם ערובה למחלות.

1908: אליס המילטון, רופאה אמריקאית, חוקרת את מצבם הבריאותי



של מהגרים אירופאיים שעובדים בתעשיית העופרת.

היא מפרסמת דו"ח לגבי 23 מפעלים לייצור עופרת לבנה,

בהם אותרו למעלה מ-350 מקרים של הרעלת עופרת.

היא מתריעה על כך שמקור ההרעלה הוא אבק עופרת שנכנס לגוף העובדים בתהליך הנשימה.

1914: מתחילים להתפרסם דיווחים על הרעלות עופרת בילדים שנגסו במעקה

העריסה, ושל אחרים שקסו ציפורניים בהן היו לכודים חלקיקי צבע מן הקירות.

14



תגובת תעשיית הצבעים האמריקאית

למרות המידע המצטבר בדבר הרעלות עופרת שמקורן בצבעים, מגבירה תעשיית הצבעים האמריקאית את השימוש בתרכובות עופרת ("עופרת לבנה") בצבעים המיועדים לצביעה ביתית, פנימית וחיצונית.

קירות חיצוניים ופנימיים של בתים, רהיטים, אביזרי עץ, דלתות, משקופים ועריסות לתינוקות – כולם נצבעו בצבעי עופרת.

תוספת העופרת לצבעים נחשבה כציפוי מגן איכותי לצבע, הקנתה לצבע ברק שהדגיש את יופיו, וזרזה את תהליכי הייבוש של הצבע.

משך מספר עשורים מנהלות חברות הצבעים מסעות פרסום ושיווק המדגישים את יתרונותיהם וסגולותיהם של צבעי העופרת.



חברת הצבעים Dutch Boy יוצאת במסע פרסום: ספר צביעה לילדים משנת 1923



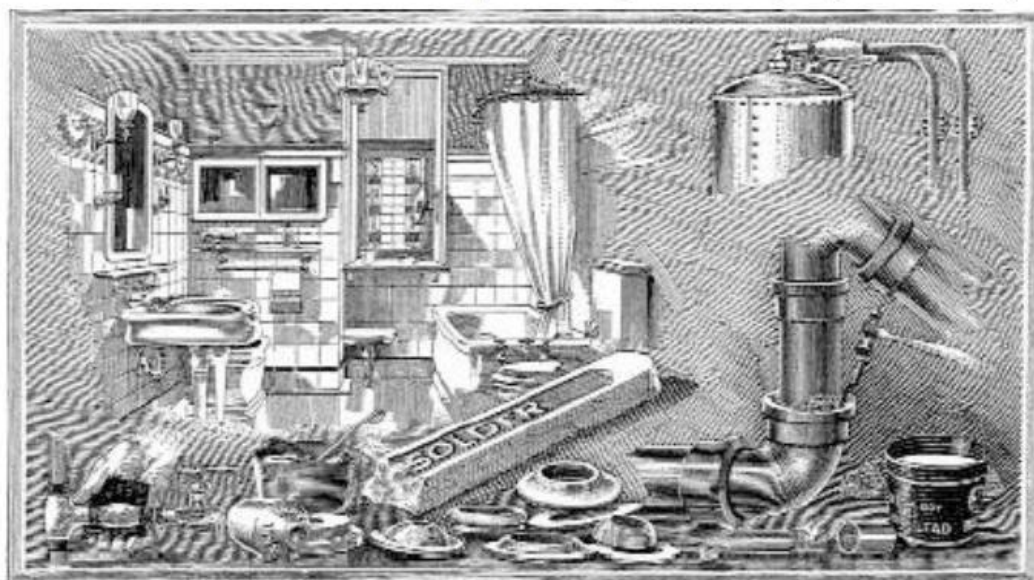


חברת הצבעים
מזמינה את
הצרכנים לא רק
לצבוע את
הקירות בצבעים
המכילים
עופרת, אלא גם
לטעום אותם...

זוכרים את
הטעם המתקתק
של תרכובת
העופרת?

מודעת פרסום בנאשיונאל ג'אוגרפיק, נובמבר 1923.

"עופרת מסייעת לך לשמור על בריאותך"



"Lead helps to guard your health." The illustration for an ad in the November 1923 *National Geographic*, one of a series by the National Lead Company.

**מודעת פרסומת משנת
:1940**

**עובד מכרות העופרת
מספר על יתרונות
הצבעים המכילים
עופרת**

NEW FACES FOR OLD HOUSES - dress up your home by modern paint styling with pure white lead paint in contrasting colors that increase charm and beauty.

Let a miner tell you what lead means in PAINT!

I DON'T claim to be any expert on painting and decorating, but I sure know plenty about lead - and lead is great stuff in paint!

It's white lead I mean, made from the sturdy metal we dig down here in the mines. Lead, as you know, is one of the toughest weather-fighting metals there is.

White lead is hard-boiled, too, when it comes to resisting time, sun and rain. It puts gumption into paint, makes it stick tight without cracking and scaling, adds extra life to paint jobs.

That's why a white-lead-painted house holds its looks so well. The paint film wears down so slowly and evenly it doesn't have to be burned and scraped off when you finally repaint. That's a big saving, too.

If you want this money-saving long wear, be sure to find out how much white lead is in the paint you buy. It's a pretty safe rule to follow: *the higher the lead content, the better the paint!* You can't, for example, get a more durable paint than one containing one hundred per cent white lead. This is the kind good painters mix from lead-in-oil. It's also being sold now in many places in prepared ready-to-use form, in white and colors.

Any good painter or architect will tell you the same. They've learned from experience that using white lead paint is one case where the best is cheapest.

HOW MUCH SHOULD A GOOD PAINT JOB COST? You'll find the answer to this and many other important painting questions in free booklet "WHAT TO EXPECT FROM WHITE LEAD PAINT." Send postcard for free copy today.

LEAD INDUSTRIES ASSOCIATION
420 Lexington Avenue, New York, N.Y.

Saves money ahead when you paint with
White Lead

Agricultural Leader's Digest

עופרת בצבעים לשימוש ביתי - חקיקה ותקינה

שנות ה-40 וה-50 של המאה העשרים: מתגלים מקרים רבים של הרעלות עופרת בילדים. כולם קשורים לחשיפה לצבעי עופרת, ומאופיינים בתופעות של הפרעות נוירולוגיות, קשיים בלמידה ובהתנהגות, ועיכוב בהתפתחות השכלית.

1955: נחקק חוק להגבלת ריכוז העופרת בצבעים ל-1%.

1971: נחקק חוק אשר מגביל את השימוש הביתי בצבעי עופרת.

1971: ריכוז של 40 מיקרוגם/דציליטר עופרת בדם של ילדים נחשב כהרעלת עופרת.

1975: ריכוז של 30 מיקרוגם/דציליטר עופרת בדם של ילדים נחשב כהרעלת עופרת.

1978: ארה"ב אוסרת שיווק והפצה של צבעי עופרת לשימוש ביתי

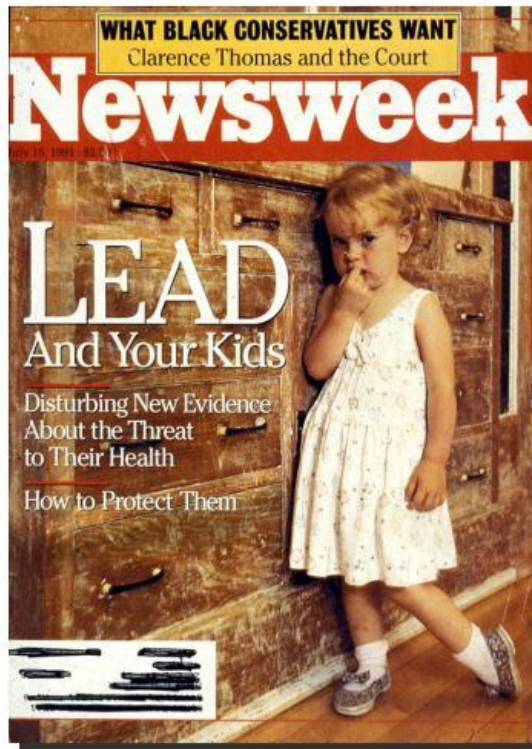
1985: ריכוז של 25 מיקרוגם/דציליטר עופרת בדם של ילדים נחשב כהרעלת עופרת.

1991: ריכוז של עד 10 מיקרוגם/דציליטר עופרת בדם של ילדים נחשב כריכוז תקין

אשר אינו מהווה חשש להרעלת עופרת.

כתבה משנת 1991
 CDC (המרכז לבקרת מחלות ומניעתן
 במחלקת הבריאות האמריקאית) חושף:
 עד לשנה בה נחקק החוק לאיסור
 השימוש בצבעי עופרת (שנת 1978),
 סבלו 3,000,000 ילדים אמריקאים
 מתחת לגיל 6 מהרעלת עופרת.

החדשות הטובות:
 הרעלת עופרת היא תופעה שניתן למנוע



21

עופרת ותעשיית הדלק בארה"ב



22

TEL – Tetra Ethyl Lead



בשנת 1854 נתגלתה ע"י כימאי גרמני מולקולה בשם טטרה אתיל עופרת (TEL). המולקולה לא היתה בשימוש מסחרי משום היותה רעילה ומשום שנמצא שהיא קשורה לאירועים של קשיי נשימה, הזיות, טירוף, מחנק ומוות.

67 שנים מאוחר יותר, בשנת 1921, גילה תומאס מידג'לי, מהנדס צעיר בחברת GM (General Motors) ש-TEL יעילה בהפחתת הנקישות (דפיקות) במנוע הבעירה הפנימית של כלי רכב. שנתיים לאחר מכן טען תומאס מידג'לי שעבודה עם החומר הזה פגעה בריאותיו ויש להפסיק לעבוד איתו.



בשנת 1923 החלה GM, בשת"פ עם "סטנדרט אויל", לייצר TEL כתוסף לדלק. תומאס מידג'לי הפך לסמנכ"ל בחברה.

23

אתאנול כתוסף דלק לפתרון בעיית נקישות במנוע

מחקרים שנערכו באנגליה הוכיחו שכוהלים, וביניהם אתאנול, נחשבים לחומרים טובים ויעילים לבעיית הנקישות במנוע, וניתן לערבב אותם עם דלק לקבלת דלק מנוע מתאים. הניסויים הראו שאתאנול הוא תוסף מושלם לדלק. הוא יעיל, ואף אינו מלווה בפליטות עשן וריחות. למרות זאת, חברות הדלק האמריקאיות השמיצו את דלקי האלכוהול, והתאמצו להחניק את השימוש באתאנול.



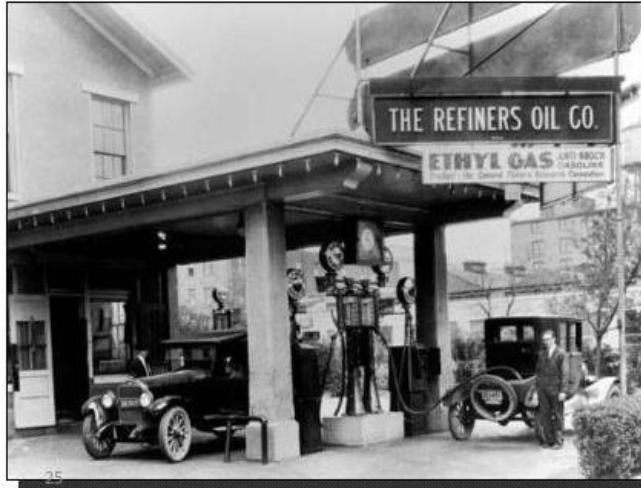
מה יכולות להיות הסיבות לכך?

- קושי בביסוס תשתיות שיספקו אתאנול בכמויות הנדרשות.
- על אתאנול לא ניתן לרשום פטנט, על TEL, לעומת זאת, אפשר.

24

TEL כתוסף דלק לפתרון בעיית נקישות במנוע

עם הקמתם של מפעלים להפקת טטרה אתיל עופרת – לקו רבים מן העובדים בהרעלת עופרת, ומספר עובדים קיפחו את חייהם. המקרים לא פורסמו בטענה שזה יזרע פאניקה בקרב הציבור.



בשנת 1925 שכרו חברות הדלק יועץ רפואי מיוחד – רוברט קיהו (Robert Kehoe) אשר טען שהנושא נחקר ולא נמצאו שום ראיות לסכנה מיידית לבריאות הציבור.

25

ספטמבר 1927

מודעת פרסומת בנשיונאל ג'אוגראפיק מפליגה בשבחי תוסף הדלק אך ללא איזכור כלשהו למילה עופרת.

Ride with **ETHYL**
and get the benefits of
High
Compression

ETHYL
ANTIKNOCK
COMPOUND

MORE than a million motorists are now enjoying the benefits of high compression through Ethyl Gasoline. In two ways:

- 1 Through high compression automobiles.** The advent of Ethyl Gasoline has at last given car manufacturers the opportunity mechanically to raise the compression of their engines. For cars now in use they can offer special high compression cylinder heads which greatly increase performance.
- 2 Through carbon formation.** By letting carbon form in the cylinders of a car of ordinary compression, you automatically increase compression. And since Ethyl Gasoline is a high compression fuel, those deposits which heretofore have meant "knocking" and power loss become a source of extra power and driving satisfaction.

Ethyl Gasoline is motor gasoline containing Ethyl brand of anti-knock compound, the ingredient which eliminates the "knocking" characteristics of ordinary gasoline and makes it a high compression fuel.

In terms of you and your car, high compression and Ethyl Gasoline mean a more powerful and flexible car, less gear-shifting, faster pick-up, less vibration and less metal depreciation. In short, a performance and economy impossible with ordinary compression and ordinary gasoline.

Ethyl Gasoline is distributed in the United States and Canada by responsible oil companies. *It has absolutely no ill effect on the motor or its parts.*

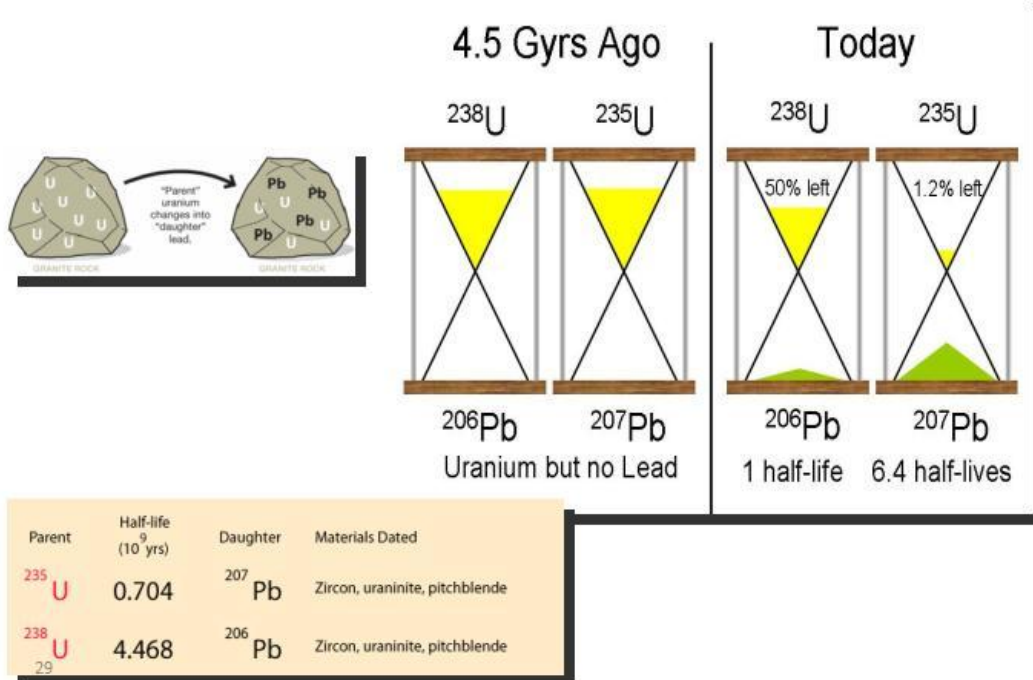
The first tankful will prove every claim. On sale at pumps which bear the "ETHYL" trademark shown on this page. There's one near you.

ETHYL GASOLINE CORPORATION
25 Broadway, New York City

ETHYL GASOLINE

26

תיארוך גיל כדור הארץ



קלייר קמרון פטרסון וסיפור העופרת

