



מה זה קרינה?

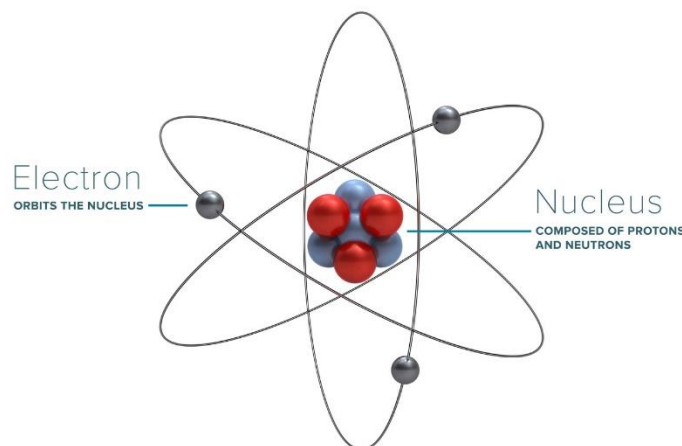
קרינה היא התהליך שבו אנרגיה נפלטת כחלקיקים או כגלים. במובן הרחב, קרינה יכולה לקבל צורה של צליל, חום או אור. עם זאת, לרוב, האנשים משתמשים במונח זה בכדי לתאר קרינה מגלים אלקטרומגנטיים, החל מגלי רדיו, גלי אור החל מספקטרום האור הנראה לעין ועד גלי גמא.



אטומים וחלקיהם

עיקר הדיון על קרינה, אופן פעולתה, ומה השפעותיה מצטמצמים למפגש של קרינה עם אטומים (ומולקולות) איתם היא באה במגע. האטומים מהווים את אבני הבניין הבסיסיים של כל חומר. הם מורכבים מגרעין, העשוי מפרוטונים טעונים באופן חיובי (ולעיתים נייטרונים טעונים באופן נייטרלי), ומענן חיצוני של אלקטרונים, שיש להם מטען שלילי. המטען החיובי של פרוטון בודד שווה למטען השלילי של אלקטרון בודד.

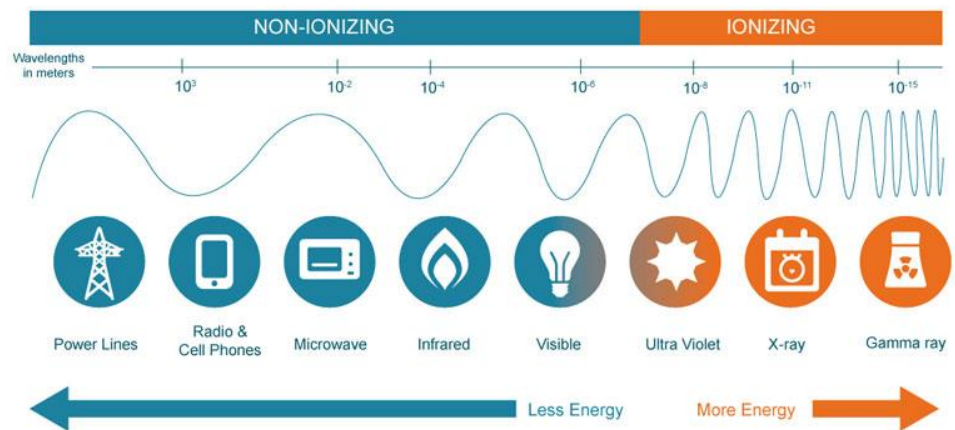
לפרוטונים ולנייטרונים יש גודל יחסית גדול ומשקל אטומי, ואילו האלקטרונים הם קטנים וקלים במיוחד בהשוואה אליהם. בשל אופי המטענים ההפוכים המושכים, אטומים נוטים להיות בעלי מספר שווה של פרוטונים ואלקטרונים, ומשאירים את האטום בכללותו עם מטען נטו של אפס. עם זאת, אם האטום מאבד או מקבל אלקטרון, הוא הופך להיות יון ונושא מטען והוא מחפש קשרים עם חלקיקים טעונים אחרים על מנת לחזור לאיזון נייטרלי, מה שעלול להוביל להיווצרות מולקולות חדשות.





קרינה מייננת לעומת הקרינה שאינה מייננת :

קרינה מסווגת בדרך כלל כמייננת או לא מייננת, בהתבסס על האם יש לה מספיק אנרגיה בכדי לנתק אלקטרונים מתוך אטום או היא באה במגע, כמו גם היכולת לגרום נזק באנרגיה נמוכה כמו על ידי שבירת קשרים כימיים במולקולות. קרינה מייננת, הנגרמת על ידי אטומים לא יציבים המפיצים אנרגיה בכדי להגיע למצב יציב יותר, מהווה יותר איום בריאותי לבני אדם מכיוון שהוא כרוך בשינוי המבנה הבסיסי של האטומים בתאים, ליתר דיוק, מולקולות ה-DNA -שבתוך התאים. נדרשת מנה מאוד גבוהה של קרינה כדי לפגוע משמעותית במבנה התא, מכיוון שיכולים להיות טריליוני אטומים בתא יחיד.



סולם הקרינה האלקטרומגנטית, המחולק לקטגוריות של קרינה מייננת ולא מייננת

רוב הקרינה הלא מייננת, כמו אנרגיה רדיו ומיקרוגל, נחשבת כמזיקה רק למידת כמות אנרגית החום שהיא מעבירה לכל מה שהיא פוגעת. זו למעשה, הדרך שבה מכשיר מיקרוגל מבשל אוכל. תאורת UV היא ייחודית בכך שהיא אמנם לא מייננת, אך יש לה יכולת לגרום להשפעות מזיקות בדומה למה שקרינה מייננת יכולה ליצור, כמו סיכון מוגבר לסרטן כתוצאה מפגיעה במולקולות ה-DNA

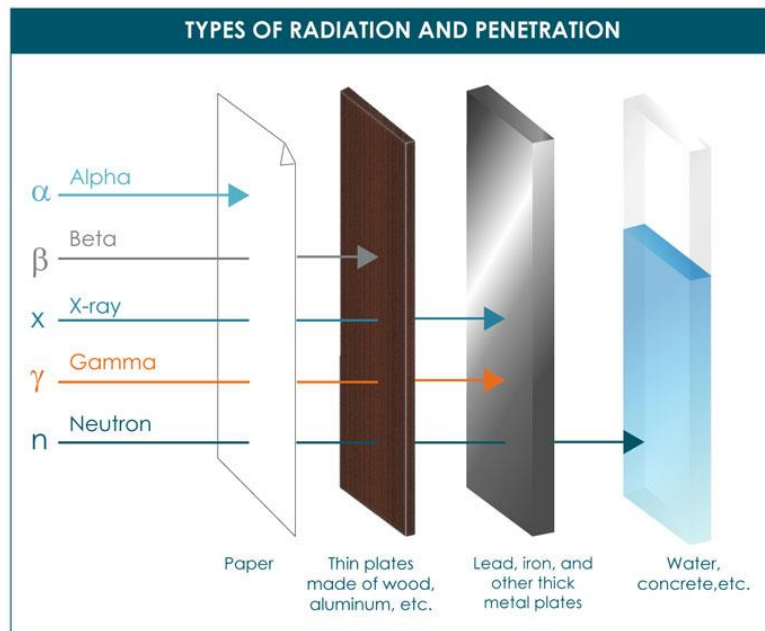
כיצד נמדדת קרינה רדיואקטיבית?

הרדיואקטיביות של חומר, או עד כמה הוא "פעיל" רדיואקטיבית, נמדדת בשני מדדים, או מדד Curies (Ci) או Becquerel (Bq). שניהם מדדים למספר ההתפרקות בשנייה, או באיזו תדירות אטום במדגם נתון יעבור פרוק רדיואקטיבי ויפלוט חלקיק או פוטון של קרינה. 1 Curies (Ci) שווה לכ-37,000,000,000 פרוקים בשנייה, נקרא על שם מארי ופייר קירי, והוא שווה בערך לפעילות של גרם רדיום אחד, אותו הם חקרו. Becquerel היא יחידת SI לרדיואקטיביות. Bq אחד שווה פרוק אחד בשנייה. ה-Bq הוא יחידת SI, אם כי ה-Curies נותר בשימוש נרחב בתעשייה.

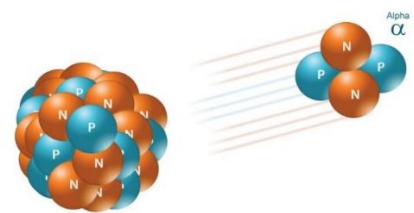


סוגי הקרנה מייננת

קרינה המייננת מופיעה בכמה צורות: חלקיקי אלפא, בטא, חלקיקי נויטרונים, גמא וגם קרינת רנטגן. כל סוגי הקרינה נגרמים על ידי אטומים לא יציבים, שיש להם עודף אנרגיה או מסה (או שניהם). שעל מנת להגיע חזרה למצב יציב, עליהם לשחרר את האנרגיה או המסה הנוספת בצורת קרינה.



קרינת אלפא

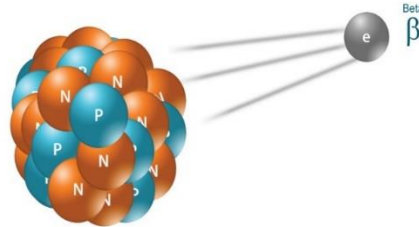


קרינת אלפא: פליטה של חלקיק אלפא מגרעין האטום

קרינת אלפא מתרחשת כאשר אטום עובר דעיכה רדיואקטיבית, ומשחרר חלקיק (המכונה חלקיק אלפא) המורכב משני פרוטונים ושני נויטרונים (בעיקרו הגרעין של אטום הליום - ^4He), ומשנה את מבנה האטום לאטום של יסוד עם מספר אטומי הקטן ב 2 ומשקל אטומי הקטן ב 4 מהאטום המקורי. בשל המטען והמסה שלהם, חלקיקי האלפא מתקשרים חזק עם החומר, ועוברים רק כמה סנטימטרים באוויר. חלקיקי אלפא אינם מסוגלים לחדור לשכבה החיצונית של תאי עור מתים, אך הם מסוגלים, אם חומר הפולט אלפא נבלע במזון או באוויר, לגרום לנזק תאי קשה. אלכסנדר ליטווינקו הוא דוגמה מפורסמת. הוא הורעל על ידי פולוניום -210, חומר פולט אלפא, שהוכנס לתוך כוס התה שלו.



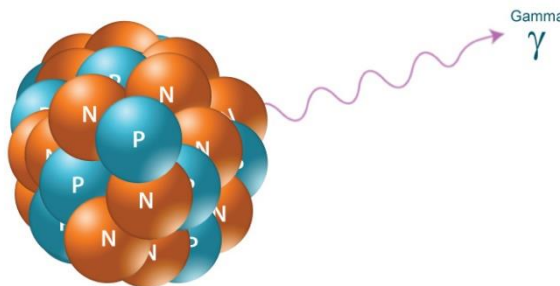
קרינת בטא



קרינת בטא: פליטת חלקיק ביתא מגרעין האטום

קרינת בטא נעשית בצורה של אלקטרון או של פוזיטרון (חלקיק בגודל ומסה של אלקטרון, אך עם מטען חיובי) הנפלטים מאטום. בגלל המסה הקטנה יותר, הוא מסוגל לנוע למרחק גדול יותר באוויר, עד כמה מטרים, וניתן לעצור אותו על ידי פיסת פלסטיק עבה, או אפילו צרור של ניירות. חלקיק זה יכול לחדור לעור כמה סנטימטרים, ומהווה סיכון בריאותי חיצוני מועט. יחד עם זאת, האיום העיקרי הוא עדיין בעיקר מפליטה פנימית כלומר, מחומר שנבלע.

קרינת גמא

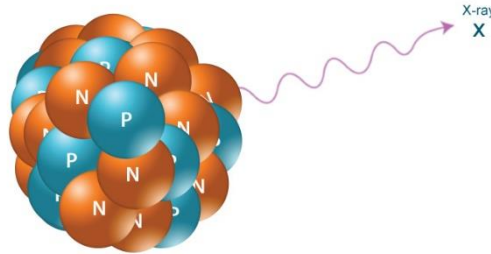


קרינת גמא: פליטה של גל אנרגיה גבוהה מגרעין האטום

קרינת גמא, שלא כמו אלפא או בטא, אינה מורכבת מחלקיקים כלשהם, אלא היא מורכבת מפוטון אנרגיה הנפלט מגרעין לא יציב. בלי להיות בעלת מסה או מטען, קרינת גמא יכולה לנוע דרך הרבה יותר ארוכה באוויר מאשר אלפא או בטא, ולאבד (בממוצע) מחצית האנרגיה שלה לכל 200 מטר. ניתן לעצור את גלי הגמא על ידי שכבה מספיק עבה או צפופה מספיק, כאשר חומרי המיגון הם בעלי מספר אטומי גבוה כמו עופרת או אורניום מדולדל, אלו מהווים את סוג ההגנה היעיל ביותר.



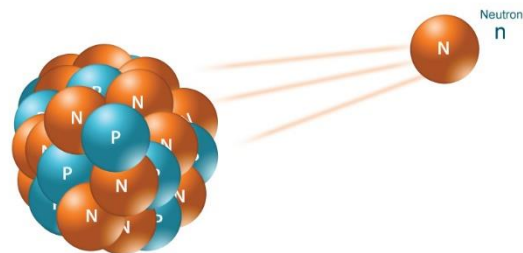
קרני רנטגן



קרינת רנטגן: פליטה של גל אנרגיה גבוהה מענן האלקטרונים של האטום.

קרינת רנטגן דומה לקרינת גמא, כאשר ההבדל העיקרי הוא שמקורה בענן האלקטרונים. בדרך כלל נגרמת כתוצאה משינויי אנרגיה באלקטרון, כמו מעבר מרמת אנרגיה גבוהה יותר לאנרגיה נמוכה יותר, הגורם לשחרור האנרגיה העודפת. קרני הרנטגן הם באורך גל ארוך יותר (בדרך כלל) והאנרגיה שלהם נמוכה יותר מקרינת גמא.

קרינת נויטרון

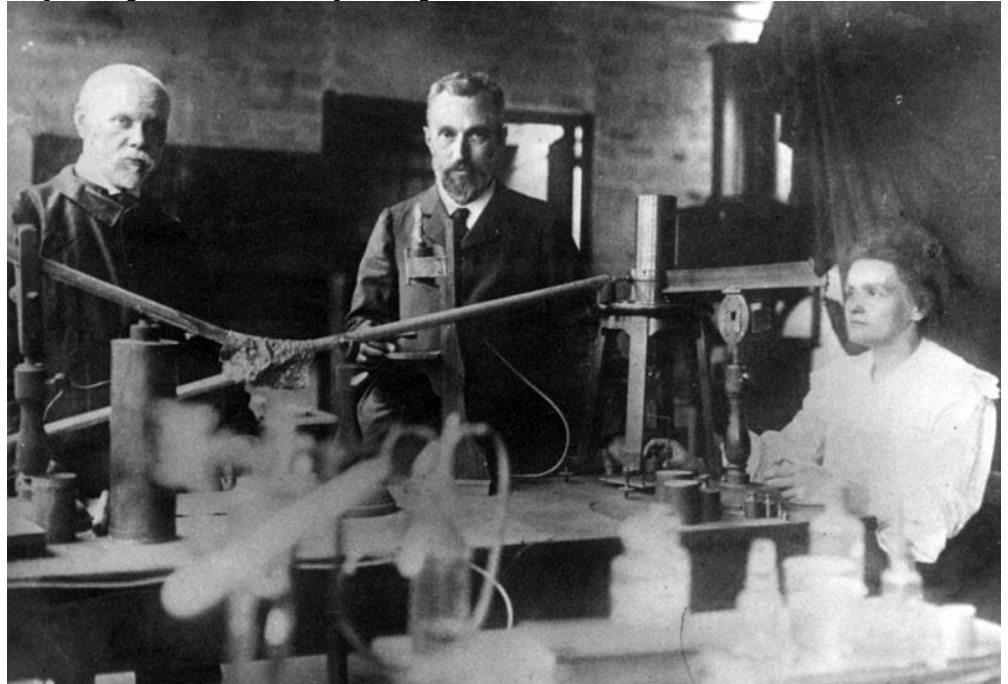


קרינת נויטרון: פליטה של נויטרון מגרעין האטום

לבסוף, קרינת הנויטרון מורכבת מנויטרון חופשי, הנפלט בדרך כלל כתוצאה מביקוע גרעיני ספונטני או הנגרם באופן מלאכותי. חלקיקים אלו מסוגלים לנוע מאות או אפילו אלפי מטרים באוויר, אולם הם יכולים להיעצר ביעילות אם ייחסמו על ידי חומר עשיר במימן, כמו בטון או מים. בדרך כלל הם לא מסוגלים ליינן אטום ישירות בגלל היעדר מטען, הנויטרונים בדרך כלל מייננים בעקיפין בכך שהם נספגים באטום יציב, ובכך הופכים אותו ללא יציב וסביר יותר שיפלוט קרינה מייננת מסוג אחר. הנויטרונים הם, למעשה, סוג הקרינה היחיד המסוגל להפוך חומרים אחרים לחומרים רדיואקטיביים.



מעט היסטוריה : מארי קירי, אנרי בקרל, וילהלם רנטגן



מארי ופייר קירי עם אנרי בקרל

תהליך המחקר המודרני של קרינה מייננת החל בשנת 1895 עם וילהלם רנטגן. תוך כדי ביצוע ניסויים שונים ביישום זרמים ממקורות שונים על צינורות ואקום, הוא גילה שלמרות שכיסה את אחד הצינורות במסך כדי לחסום קרני אור, היה נראה כי קרניים חודרות דרכו ואף נתקבלה תגובה עם תמיסת בריום על גבי מסך שהניח בסמוך. לאחר מספר ניסויים, כולל צילום השלד הראשון (של כף היד של אשתו ועצמות השלד שלו) עם הקרניים החדשות, הוא כינה אותם "צילומי רנטגן" באופן זמני כציון של משהו לא ידוע, שם זה נשאר עד היום.

" זה נראה בהתחלה סוג חדש של אור בלתי נראה. זה היה בבירור משהו חדש, משהו שלא היה מוכר עד כה ... " - WILHELM RÖNTGEN

בשנת 1896 נוספה תגלית נוספת בעקבות התגלית הראשונה של אנרי בקרל, בתגלית זו נצפה כי מלחי אורניום הוציאו קרניים דומות לקרינת רנטגן, באופן טבעי. למרות שבמקור חשב אנרי בקרל כי הקרניים נוצרו על ידי מלחי אורניום זרחניים לאחר חשיפה ממושכת לשמש, הוא בסופו של דבר זנח את ההשערה הזו. באמצעות ניסויים נוספים הכוללים אורניום שאינו זרחן, הוא הגיע למסקנה שהחומר עצמו הוא שהפיק את הקרניים.

אף על פי שאנרי בקרל גילה את התופעה, דוקטורנטית בשם מארי קירי, הוא שקראה לקרינה זו: רדיואקטיביות. היא המשיכה לעשות הרבה יותר עבודות חלוציות בחומרים רדיואקטיביים, כולל גילוי של אלמנטים רדיואקטיביים נוספים: תוריום, פולוניום ורדיום. היא קיבלה את פרס נובל פעמיים, פעם בפיזיקה לצד הנרי בקר ובעלה פייר על עבודתם ברדיואקטיביות, ושוב שנים לאחר מכן בכימיה בגילוי הרדיום והפולוניום. היא



גם ניהלה עבודות חלוציות ברדיולוגיה, פיתוח ופריסה של מכונות רנטגן ניידות לשדות הקרב של מלחמת העולם הראשונה.

"אסור לשכוח שכאשר התגלה רדיום איש לא ידע שהוא יתגלה כמועיל בבתי חולים. היצירה הייתה מדע טהור. וזו הוכחה שאסור להתייחס לעבודה מדעית מנקודת המבט של התועלת הישירה בה. זה חייב להיעשות למען עצמו, למען יופיו של המדע, ואז תמיד קיים הסיכוי שתגלית מדעית עשויה להיות כמו הרדיום, תועלת עבור האנושות. " - מארי קירי

מארי קירי מתה בשנת 1934 מאנמיה א-פלסטית, שהתפתחה, ככל הנראה, מחשיפה נרחבת לחומרים רדיואקטיביים שונים, שהסכנות שלהם הובנו רק לאחר הרבה שנים ולאחר שכבר נחשפה לכמויות גדולות של קרינות שונות. למעשה, עדיין, עד היום, נפלטת קרינה רדיואקטיבית ברמות גבוהות מתוך המסמכים שלה (ואפילו ספר הבישול שלה) ורבים נחשבים עד היום כלא בטוחים לשימוש, הם מאוחסנים בתיבות מוגנות וטיפול בהם דורש ציוד הגנה למען הבטיחות.

מלאכת צביעת מחוגי השעונים ברדיום.

אחד האירועים המרכזיים הראשונים שהדגישו את הסכנות הקיימות בקרינה מייננת היה המקרה של "בנות הרדיום", שתפקידן היה לצבוע מחוגי שעונים עם רדיום. אף שהיה מספיק חשד להשפעות של קרינה מייננת בכדי שהנהלת החברה תנקוט באמצעי זהירות, הם הוצעו כלל לעובדות. הסתבר כי רבים מהם היו מלקקים את המברשות שלהם כדי לעצב אותם כראוי. מכיוון שגוף האדם מתייחס לרדיום כאל סידן, התאפשרה חדירתו אל תוך עצמותיהן של העובדות, דבר אשר הוביל למחלות קרינה. לא ידוע כמה מהן מתו מחשיפה לקרינה זו.



צבעיות מחוגי השעונים בעבודה.

לאחר שחמישה מהעובדים תבעו את החברה (רדיום ארצות הברית), והפרסום שבא בעקבות כך, מתוך כך גם הסיכונים הבריאותיים של חשיפה לקרינה הובאו לידיעת הציבור. האינטרס הציבורי והזמינות של מערך דגימה גדול (עד 4000 איש הועסקו אצל יצרני השעונים לאורך השנים) הובילו למחקר הראשון על חשיפה לקרינה לטווח הארוך. אשר הסתיים בשנת 1993, מחקר זה סיפק שפע של מידע על ההשפעה ארוכת הטווח של חשיפה לקרינה. המקרה עורר שינויים דרסטיים הן בתחומי הבטיחות והאחריות במקום העבודה והן בתחום הפיזיולוגיה הבריאותית, העוסק בהשפעות הבריאותיות ובבעיות הבטיחות הכרוכות בעבודה עם חומרים רדיואקטיביים.



פרויקט מנהטן והמלחמה הקרה.

פרויקט מנהטן, מחקר בזק שנערך במלחמת העולם השנייה לפיתוח פצצת האטום הראשונה, הוביל ישירות את המחקר השני לטווח הארוך אחר השפעות חשיפת הקרינה לטווח הארוך, כלומר, המחקר על ניצולי הפצצות בהירושימה ונגאסאקי. הפצצות, שהרגו יותר מ-150,000 (עם הערכות מסוימות, שהסכום היה קרוב יותר ל-245,000 ומעלה), הותירו גם יותר מ-600,000 ניצולים (היבקושה, פשוטו כמשמעו "אנשים שנפגעו בפיצוץ"), רבים מהם היו נושא למחקר מאז ועד יום מותם. מתוך הממצאים היה עלה כי הייתה עלייה במומים מולדים אצל אלה ששרדו את הפיצוצים. עם זאת, היו כ-1900 מקרי מוות מסרטן שניתן לייחס ישירות להפצצות.



מבחן השילוש הקדוש (המבחן הראשון של נשק אטומי) התפוצץ שתי שניות לאחר ההפעלה.

מאז הייצור והפיצוץ של פצצות האטום התחילה ה"תקופה האטומית", הרבה השתנה בהבנתנו וביישום הקרינה והחומר הרדיואקטיבי. במהלך כל המלחמה הקרה נערכו ניסויים משני הצדדים בתכונות ושימושים של חומר רדיואקטיבי בכורים לבדיקה ובאתרים קשורים שונים, רובם של ניסויים אלו היו במטרה לרתום הן את הכוח הפוגעני בעל הערך האסטרטגי של חומר רדיואקטיבי לכלי נשק גרעיניים והן את השימושים הפוטנציאליים החשובים בתחומים אחרים. כמו רפואה, רדיוגרפיה ואחרים.

קרינה רדיואקטיבית בסביבה הטבעית שלנו



חומר רדיואקטיבי הוא די נפוץ בטבע, ובדרך כלל איננו מזיק במצב זה. חשוב להבין מהי כמות החומר הרדיואקטיבי שאדם סופג ביום נתון מהסביבה הטבעית אשר סביבו.

בננות

אחד המקורות הנפוצים ביותר לקרינה טבעית הוא אחד שרבים אינם חושדים בו. בננות, שהן עשירות מאוד באשלגן, מכילות כמות גבוהה מהרגיל של אשלגן -40, איזוטופ רדיואקטיבי. למעשה, המונח "מינון שווה ערך לבננה" נכנס לשימוש די נפוץ כנקודת ייחוס להעברת חשיפה לקרינה.



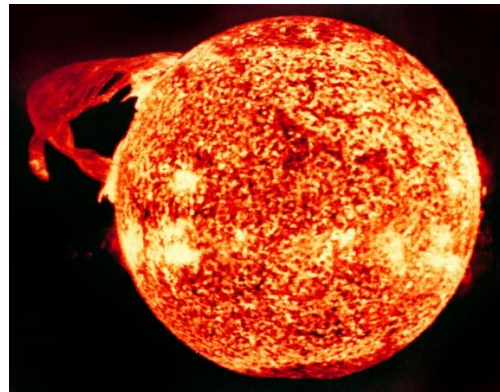
בננות: בגלל תכולת האשלגן הגדולה שלהם, מזון עם רדיואקטיביות (יחסית)

מזונות נפוצים אחרים המכילים רמות גבוהות של יסודות רדיואקטיביים כוללים את הגזר ותפוחי אדמה לבנים, הנושאים רמות מעט נמוכות יותר של אשלגן -40. בפולי לימה יש כמעט 50% יותר אשלגן -40 מאשר בבננות, וכמויות קטנות מאוד של ראדון -224. המזון עם הריכוז הגבוה ביותר של יסודות רדיואקטיביים, במקרה זה רדיום, הוא האגוז בברזיל. יחד עם זאת, הרמות נמוכות ביותר ואינן נחשבות כמזיקות וכמעט אף אחד מהחומרים הרדיואקטיביים הנצרכים בזמן אכילתם של אחד מהם לא נשמר בגוף. תכולת השומן של אגוזי ברזיל עלולה להיות סיכון בריאותי הרבה לפני הקרינה בהם.



השמש

פעילות השמש היא למעשה תגובה גרעינית מתמשכת, מפתיע מעט שהשמש מאבדת לא מעט קרינה. יש גם מעט טוב מהקרינה הקוסמית שמקורה במקורות מחוץ למערכת השמש. אך למזלם של החיים על פני כדור הארץ, מרבית האנרגיה הזו ניספגת על ידי המגנטוספירה של כדור הארץ ושכבת האוזון.



התלקחות סולרית שצולמה על ידי תחנת החלל Skylab בשנת 1973 עם זאת, הקרינה הקוסמית מהווה אחוז קטן (כ-13%) מכלל קרינת הרקע השנתית שאדם חשוף לה במהלך שנה. שיעור חשיפה זה מוגדל מעט על ידי מגורים בגבהים גדולים, וביתר שאת בעת ריבוי בטיסות. צוותי טיסה בטיסות בגובה רב, צפויים לחשיפה לקרינה שנתית בכ-30% יותר מהאדם הממוצע.

האדמה שעליה אנו ניצבים (רדיום, אורניום וראדון הבאים מכרייה או מנפט)

המקור העיקרי האחר לקרינה טבעית הוא ממינרלים וחומרים הקבורים באדמה. הנפוצים ביותר הם אשלגן-40, אורניום-238 ותוריום-232, שלכולם יש תקופת חיים ארוכה למדי. בנוסף, ישנן כמויות קטנות של חומרים קצרי-חיים, כמו רדיום-226, שהוא מוצר ריקבון של U-238, וכמובן גז הרדון-222, שהוא תוצר של Ra-226, ראדון, בהיותו גז, יכול להפוך לבעיה בחלק מהבתים ובבניינים אחדים, הוא מחלחל בדרך כלל דרך סדקים ביסודות או מרתפים, ומצטבר בחדרים עם אוורור לקוי. בארצות שונות קיימת בעיה זו של ריכוז הראדון, בגלל מרבץ גדול יותר של אורניום בסלע באזורים הללו.



כך נראה גז רדון אשר הגיע מירידת עפר רדיואקטיבי באזורים שונים בכדור הארץ, הוא יכול לחלחל דרך האדמה או לסדקים בבסיסי הבניין.



תחום נוסף בו קרינה הבאה מתוך האדמה יכולה להפוך לסוגיה בעייתית, הוא בענף כריית הנפט והגז הטבעי, חומר זה מכונה חומר רדיואקטיבי טבעי, או במונח לועזי NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) לעתים קרובות, ניקוים חומרים אלו בצינורות תוך תהליך הכרייה, אלמנטים רדיואקטיביים כמו רדון ורדיום נקשרים עם מולקולות בנוזל המשמשים את ציוד הכרייה, אשר יביאו את אותם חומרים אל פני השטח, חומרים אלו יכולים לזהם צינורות, מכלים וציוד אחר.

בתוכנו !

הנושא עשוי להפתיע אנשים מסוימים, אך מכיוון שגוף האדם מורכב מהרבה מאותם אטומים ואלמנטים שנמצאים בסביבת החיים שלנו על פני האדמה, אחוז מסוים מאותם אטומים שאנו מורכבים מהם, הם רדיואקטיביים. הנפוצים ביותר הם פחמן 14-, מכיוון שהחיים מבוססים על פחמן, ואשלגן 40-, מכיוון שאשלגן מהווה חלק חשוב ממולקולות ה-DNA



אשלגן ופחמן ב-DNA ותאים של בעלי חיים המכילים אחוז מסוים של איזוטופים רדיואקטיביים, העוברים ריקבון מעת לעת.

נוכחותו של פחמן 14- רדיואקטיבי באורגניזמים חיים מהווה למעשה בסיס לתיארוך רדיואקטיבי של חומר אורגני, בשל העובדה שרמות ה-C-14 בצמחים ובעלי חיים תואמים לרמות הסביבה באטמוספירה בזמן מותם. אך לאחר מכן, ה-C-14 מתפרק (עם תקופת חיים של בערך 5730 שנה) כך שעל ידי מדידת הכמות שנותרה, והשוואה בין כמויות ידועות או מחושבות בתקופות השונות. ניתן לקבוע באופן די מדויק את גיל המדגם של עד 45,000 שנה.

קרינה רדיואקטיבית מעשה ידי אדם



מלבד מקורות קרינה טבעיים, ישנם תהליכים מעשה ידי אדם המייצרים חומר רדיואקטיבי שאדם הממוצע יכול לבוא איתם במגע על בסיס קבוע. הרמות עדיין נמוכות למדי, מידת החשיפה השנתית הנובעת ממקורות מלאכותיים זהה בערך באותם ערכים למינון המתקבל ממקורות טבעיים.

נמנה כמה מהם :

משטחי גרניט וחומרים אחרים המשמשים את תעשיית המשטחים אחד המקורות לחשיפה לקרינה שנוצרה באופן מלאכותי, אם כי חלשה יחסית ועם השפעה נמוכה ביותר, הוא פשוט משימוש באלמנטים מעשה ידי אדם. גרניט מכיל עקבות של אורניום, אך דגימות מסוימות יכולות להכיל בריכוז גבוה מספיק של אורניום בכדי שיהיה ניתן למדידה עם ציוד איתור.



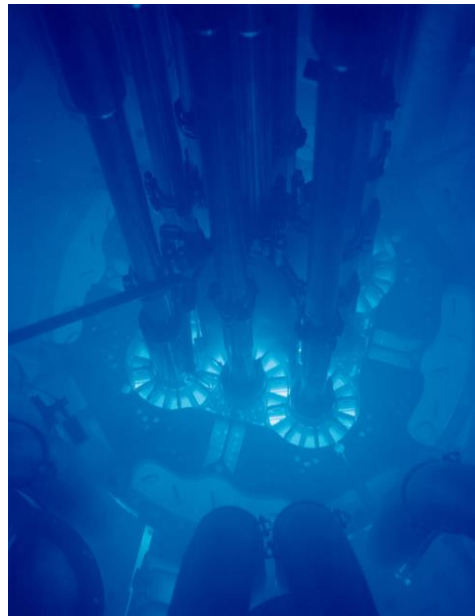
משטחי גרניט יכולים לפעמים להכיל עקבות של יסודות רדיואקטיביים

מקומות אחרים בהם ניתן למצוא חומר רדיואקטיבי בסביבה הביתית הם בכמה סוגים של קרמיקה וינטאג' (או בכל כלי חרס אדום מזוגג משנות ה-40-60) בעבר השתמשו באורניום בכדי להשיג את הצבעים הבהירים בזיגוג. כיום במוצרים המודרניים משתמשים בצבעים מלאכותיים כדי להשיג את אותם הצבעים.



תחנות כוח גרעיניות

כוח גרעיני הוא אולי הדבר הראשון שעולה בראש כששואלים משהו על מקורות קרינה מעשה ידי אדם. באמצעות תגובות ביקוע באורניום כדי להפוך מים לאדים ולהניע טורבינת ענק, תחנות כוח גרעיניות מייצרות כמויות אדירות של חשמל. חלק גדול מהארצות המפותחות בעולם מקבל חשמל מתחנות כוח גרעיניות.



ליבת כור מתקדמת לצורכי מחקר, המעבדה הלאומית של איידהו
תחנות כוח גרעיניות עובדות תחת תקני בטיחות מחמירים ביותר, עם הגבלות מאד הדוקות הן לחשיפה לקרינה לעובדים והן לציבור. המינון הממוצע השנתי המותר לכלל הציבור מתחנות כוח גרעיניות, שווה בערך לכמות הנוצרת באופן פנימי כתוצאה מפליטת חומרים רדיואקטיביים הנמצאים בגוף באופן טבעי. למעשה, בגלל נוכחותם של אורניום רדיואקטיבי ותוריום באפר הנישא באוויר משריפת פחם, תחנות כוח בוערות פחם מפזרות יותר קרינה לסביבה, בדרך כלל, מאשר תחנת כוח גרעינית.

טרור, אסון, מלחמה

פיצוץ הפצצות האטומיות בהירושימה ונגסאקי, יחד עם ניסויי הנשק הגרעיני בשנות ה-50 וה-60, העלו לאטמוספירה כמות מסוימת של נשורת רדיואקטיבית. אמנת ההגבלה בשימוש בנשק אטומי משנת 1963 שמה, על פי רוב, קץ לרוב הניסויים, אף כי צרפת וסין המשיכו בניסויים גם ב-1974 ו-1980, מכיוון שהן אינן חתומות על האמנה. הפיצוץ ב-1986 בתחנת הכוח הגרעינית בצ'רנוביל באוקראינה תרם גם לעליית רמות עולמיות של חומר רדיואקטיבי אל האטמוספירה, עם השפעה רבה בהרבה באזורים המידיים כתוצאה מגורמים כמו סטרונטיום-90 ויוד-131, מה שהוביל לעלייה בשכיחות של סרטן בלוטת התריס.



משגר טילים מסוג Topol-M תוצרת רוסיה, מוצג במסגרת מצעד צבאי.
למרות כל הסוגיות הבריאותיות האפשריות הנובעות מהגברת הקרינה באטמוספירה כתוצאה מנשורת רדיואקטיבית הנגרמת מניסויים גרעיניים ותאונות, היה תחום אחד שבו בעיית הנשורת נתנה יתרון מפתיע. הרשויות האחראיות על מניעת הרג של פילים עבור שנהב, גילו שאפשר לדעת אם השנהב הוא מצייד שנעשה לאחרונה, או "עתיק" על סמך נוכחותם של יסודות אלה, מכיוון שהם נקלטים בעצמותיהם של פילים חיים. כך שנהב שמתיימר להיות בן מאות שנים, המכיל רמות גבוהות של סטרונציום-90, למשל, הוא למעשה שנהב מהרג עכשווי אשר הוא למעשה בלתי חוקי.

קרינה לעומת זיהום

תפיסה שגויה נפוצה היא הרעיון שחשיפה אקראית לקרינה הופכת מישהו לרדיואקטיבי. בדרך כלל זה לא המקרה. חשוב אפוא להבין את ההבדלים בין קרינה לזיהום רדיואקטיבי.

מה פירוש הדבר זיהום רדיואקטיבי?

אומרים כי אטום הוא "רדיואקטיבי" אם הוא לא יציב בגלל עודף האנרגיה או המסה, ולכן צפוי להתפרק בשלב מסוים ולפלוט קרינה. אומרים כי חומרים הם "רדיואקטיביים" אם הם מורכבים או מכילים כמות גדולה של חומר רדיואקטיבי. חומרים רדיואקטיביים אלה, כמו בננות, זיגוג האורניום במוצרי קרמיקה עתיקים, או חומרים רדיואקטיביים הנוצרים בתהליך חיפושי הגז הטבעי, פולטים קרינה לאורך זמן כאשר האטומים הרדיואקטיביים בהם מתפרקים.



עופרת אורניום, חומר רדיואקטיבי טבעי.



עם הזמן, ככל שמספר האטומים הלא יציבים פוחת, החומר הופך להיות פחות רדיואקטיבי. זמן זה נמדד על ידי "אורך מחצית החיים" של גורמים רדיואקטיביים שונים. זה פרק הזמן שלוקח למחצית מהאטומים במדגם נתון להתפרק ולהפיץ קרינה. לדוגמה, לפחמן-14 יש אורך חיים של 5730 שנה, כך שאחרי פרק זמן זה, כמות של 100 אטומי C-14 הייתה הופכת ל-50 אטומי C-14 ו-50 אטומי חנקן-14. אירידיום-111, איזוטופ רדיואקטיבי המשמש ברפואה כחומר סימון, אורך חיים של 2.8 שעות; ואילו איזוטופ נוסף בקצה השני של הסקאלה הוא אירידיום, לאירידיום 115 יש מחצית חיים של 441 טריליון שנים. בדרך כלל נהוג לומר שמדגם של חומר רדיואקטיבי יעלם לחלוטין לאחר 7 מעגלי "מחצית החיים", אם כי לאחר הזמן הזה יישארו בערך 0.78%, במידה והמדגם התחלתי הוא גדול מספיק, יהיה עדיין משמעותי. עבור דגימות קטנות יותר כמו אלה המשמשות בדרך כלל ברפואה, זה עדיין כלל אצבע טוב.

מהו זיהום רדיואקטיבי ?

במילים פשוטות, **זיהום רדיואקטיבי הוא הימצאותו של חומר רדיואקטיבי איפה שהוא לא אמור להיות**. זה יכול להיות כל דבר, החל מנשורת גרעינית או מפצצה מלוכלכת (שכל מטרתה הייתה לפזר מזהם רדיואקטיבי), עד לעובד מעבדה המתז מעט ממיכל חומר רדיואקטיבי על מכנסיו שאיתם הלך הביתה. המקור השכיח ביותר לזיהום הוא מטעויות או תאונות בייצור רדיונוקלידים, כמו אלה המשמשים בתחום הרפואי.



את העיירה Prip'yat שבאוקראינה היה צורך לנטוש לאחר תאונת צ'רנוביל בגלל הכמות הגבוהה של הזיהום הרדיואקטיבי.

זיהום פני שטח יכול להיות "קבוע" או "זמני". דוגמה לזיהום קבוע, או זיהום שלא ניתן להסירו, יכולה להיות במחזור מתכת: אם מקבץ של מתכות ממוחזרת שהוכנס להתכה, כלל מזהם רדיואקטיבי בתוכו, התוצר הסופי יכיל אותו חומר רדיואקטיבי מעורבב וחלק ממנו לצמיתות. זיהום זמני הוא כמובן זניתן להסרה, כמו אבקה מרחפת או משהו שניתן לנקות ולהיפטר ממנו בבטחה. סילוק פסולת רדיואקטיבית יכול להיות תהליך המורכב מתהליך של עיבודו מחדש לשימוש מסחרי, אם כי במקרים מסוימים בהם אין הדבר אפשרי, הפתרון הטוב ביותר הוא קבורתו בבטון, או בסלע, מכיוון שהדבר מסייע במניעת התפשטות הזיהום.



האם חשיפה לקרינה רדיואקטיבית הופכת אותי לרדיואקטיבי?
חשיפה לקרינה לא הופכת את האדם לרדיואקטיבי באופן מיידי. סוג הקרינה היחיד שמסוגל לגרום ישירות לחומר אחר להפוך לרדיואקטיבי הוא קרינת נייטרונים, שבדרך כלל נמצאת רק בתוך כורים גרעיניים או בפיצוץ גרעיני. כל מי שנמצא בתנאים האלה הוא, במילים פשוטות, חי בסביבה מסוכנת מאד.



סריקות CT ובדיקות רפואיות אחרות שבשגרת הבדיקות הידועות, חושפות את החולה לקרינה מבלי להשאיר אותו רדיואקטיבי.

יחד עם זאת, לבליעת חומר רדיואקטיבי יש פוטנציאל ליצור אדם המקרין קרינה רדיואקטיבית, לפחות באופן זמני. זה העיקרון העומד מאחורי השימוש הרפואי בחומרים רדיואקטיביים רבים, מכיוון שהוא מסייע בהדמיה, אבחון ותחומים נוספים. ערך מחצית החיים הקצר של היסודות המעורבים בתהליכי הבדיקה מותאם ליכולת הטבעית של הגוף להיפטר מרכיבים רדיואקטיביים רבים, הרדיואקטיביות האישית של האדם היא בדרך כלל קצרת מועד. עם זאת, סוגים מסוימים של זיהום, תלוי באיזוטופים המעורבים ובתכיפות הטיפול, יכולים לבסס חומר רדיואקטיבי באופן קבוע יותר באיבריו או בעצמותיו של אדם.

שימושים נוספים בקרינה רדיו אקטיבית

מלבד השימוש בכוח גרעיני ונשק גרעיני, נותר מגוון רחב של דרכים בהן חומר רדיואקטיבי והקרינה שהוא מייצר, משמשים אותנו בחיי היומיום של אנשים בכל רחבי העולם.

להלן כמה מהם:

גלאי עשן



מקור הנקרא Americium-241 משמש אותנו בגלאי עשן חלק מגלאי העשן משתמשים גם באלמנטים רדיואקטיביים כחלק ממנגנון הגילוי שלהם, לרוב Americium-241 המשתמשים בקרינה מייננת של חלקיקי האלפא בכדי לפעול ואז מודדים שינויים ביינון האוויר מיד סביב הגלאי. שינוי עקב עשן באוויר יגרום להישמע האזעקה.

רפואה



צילומי רנטגן הם אחד השימושים הנפוצים ביותר בקרינה ברפואה, ומספקים מידע רב ערך לרופאים ולאנשי מקצוע אחרים בנושא פציעות או מחלות.



בתי חולים משתמשים בקרינה במגוון רחב של דרכים. במכונות רנטגן, CT ו PET - משתמשים בקרינת רנטגן במכונות וקרינת גמא (PET) כדי לייצר תמונות מפורטות של גוף האדם, המספקות מידע אבחוני בעל ערך לרופאים ולחולים. רדיונוקלידים משמשים גם לטיפול ישיר במחלות, דוגמת יוד רדיואקטיבי אשר נועד לטיפול בסרטן או יתר פעילות של בלוטת התריס. גם באמצעות חומרים רדיואקטיביים צבועים, ניתן למפות במדויק אזור או מערכת מסוימים, כמו למשל בבדיקת כלי דם באזור הלב, אשר בה עושים שימוש באיזוטופ רדיואקטיבי כמו Technetium-99 כדי לזהות אזורי לב ועורקים מסביבו בהם זרימת הדם מופחתת.

רדיוגרפיה

גרסאות חזקות במיוחד של סוגים שונים של מכונות רנטגן המשמשות ברפואה ומצלמות רדיוגרפיה תעשייתיות, משתמשות בקרני רנטגן או אפילו במקורות גמא (כמו אירידיום -192, קובלט -60 או צזיום -137) כדי לבצע בדיקה במקומות שקשה להגיע או קשה לראות. זה משמש לעתים קרובות לבדיקת ריתוכים למניעת פגמים או סדקים בהם, או בדיקת חומרים אחרים לאיתור חריגות מבניות או רכיבים פנימיים בתוך קירות או מכונות.



מצלמת רדיוגרפיה תעשייתית המשמשת לבדיקת רתוך אחר פגמים.

רדיוגרפיה תעשייתית יעילה מאוד גם לסריקה מאובטחת ולא פולשנית במחסומי אבטחה, כמו שדות תעופה, בהם סורקי מזוודות רנטגן נמצאים בשימוש שגרתי. גרסאות גדולות יותר של אותן מכונות משמשות לרוב לבחינת מכולות משלוח בכל רחבי העולם.



בטיחות מזון



Radura הוא הסמל הבינלאומי המציין מוצרי מזון העומדים בתקנים הגבוהים ביותר. הקרנת מזון היא תהליך של שימוש במקורות רדיואקטיביים לעיקור מזון. הקרינה פועלת על ידי הרג חיידקים ווירוסים, או פגיעה ביכולתם להתרבות על ידי פגיעה קשה ב-DNA או ב-RNA שלהם. מכיוון שלא משתמשים בקרינת נייטרונים, המזון המוקרן לא הופך להיות רדיואקטיבי בעצמו, ומשאיר אותו בטוח לאכילה. שיטה זו משמשת גם לעיקור אריזות מזון, מכשור רפואי וייצור חלקים.

כיצד משפיעה הקרינה הרדיואקטיבית על גוף האדם?

ככל הנראה השאלה החשובה ביותר שיש לבני האדם בנוגע לקרינה רדיואקטיבית היא מה החשיפה לקרינה זו תעשה להם. זו אנרגיה בלתי נראית וחסרת ריח שיש בה הרבה מסתורין, ולכן פחדים וספקולציות הם די נפוצים. בעקבות אירועים כמו פוקושימה, הסיקור התקשורתי נוטה להציג מידע עובדתי רב, אך המידע הטכני, לעיתים לא פשוט להבנה, איננו עוזר להבהיר את העניין לצופה.



ניסוי מוקדם עם צילומי

רנטגן בשנת 1896, לפני שהובנו את ההשפעות וההשלכות של חשיפה לקרינה.



כיצד נמדדת קרינה רדיואקטיבית ?

קרינה רדיואקטיבית נמדדת בעיקר ב Rem וב Sievert (SI) והם מדד למינון הרדיואקטיבי שנספג ביחס להשפעותיו הבריאותיות האפשריות על הגוף. זה נקרא "המינון המקביל", ומשוקלל כדי להסביר את העובדה שאותו זמן בשדה קרינת אלפא, למשל, תהיה בעלת השפעות שונות לטווח הארוך באותו זמן חשיפה בשדה גמא בעל חוזק שווה.



מד קרינה קלאסי "מונה גייגר", המשמש למדידת שיעורי מינון של קרינה באזור נתון. REM מתחלק לקריאות יותר מדויקות למיליראם- (mrem) ומיקרוראם- (μrem), שהם הרמות שבדרך כלל מדברים עליהם. מונח נפוץ נוסף הוא קצב המינון, שמצוין ב rem/hr או mrem/hr , המהווה מדידה שימושית של חוזק השדה המוקרן באזור, תוך ציון כמה מהר מישהו יגיע לרמת מינון נתונה.

חשיפה קיצונית לעומת חשיפה מתמשכת.

גורם חשוב בקביעת השפעות החשיפה לקרינה רדיואקטיבית הוא האם היא "קיצונית" או "מתמשכת". חשיפה קיצונית היא מינון של קרינה שמתקבלת בבת אחת. דוגמאות לכך כוללות מינונים המשמשים בטיפול בסרטן. הדאגה המידית בחשיפה קיצונית תהיה היווצרות של "תסמונת קרינה קיצונית", שתתרחש בעת חשיפה של בין 150 REM עד 350 REM לערך, בהקרנה על הגוף כולו. כנקודת התייחסות, סריקת CT בחזה, שהיא אחד ממקורות החשיפה "הנפוצים" במינון הגבוה ביותר, מספקת כמות של 1 REM בלבד. נוסע בטיסה יקבל 4 mrem, או 0.004 rem.



אנדרטת השלום בהירושימה. בעוד שרבים סבלו מחשיפה לקרינה קיצונית מההתפוצצות הפצצה האטומית, מירב ההשפעות על אוכלוסיית הסביבה היו לטווח הארוך. אזור זה שימש לאחד המחקרים הגדולים ביותר על השפעות חשיפה לקרינה כרונית עד כה.



לעומת זאת, חשיפה מתמשכת הינה חשיפה לרמות חשיפה נמוכות לאורך תקופה ארוכה. דוגמאות לכך יכולות להיות חשיפה לרמות ראדון גבוהות במרתף, או מישהו שמתגורר בגובה רב וחשוף לקרינה קוסמית. תושבי הרי האנדים, למשל, מקבלים כ- 200 mrem מקרינה קוסמית מדי שנה, בערך פי 6 מהמוצע. חשיפה לקרינה מתמשכת, ברמות נמוכות, מהווה סיכון בריאותי מופחת בהרבה, מכיוון שהקרינה היא בכמויות נמוכות לאורך תקופות זמן ארוכות, ומאפשר לגוף לתקן כל נזק שנגרם לתאים. הדאגה הבריאותית העיקרית לחשיפה מתמשכת היא סיכון מוגבר לסרטן, כפי שנראה בעלייה בסרטן בלוטת התריס שנמצאה בבלארוס מאז אסון צ'רנוביל, כאשר בין 4000 ל 6000 מקרים ניתן לייחס ישירות לחשיפה לקרינה קיצונית, עם 15 מקרי מוות.

השפעה על הבריאות כתוצאה מחשיפה לקרינה

לחשיפה לקרינה יכולות להיות השפעות שונות, תלוי במינון שהתקבל ומה מידת החשיפה. באלמנטים מסוימים, כאשר החשיפה היא פנימית, הקרינה תתפזר באיברים או בעצמות שונות. יוד רדיואקטיבי נוטה לחפש את בלוטת התריס (מה שהופך אותו מועיל לטיפול בסרטן) ואילו סטרונציום-90, נוטה לחפש עצם או את מח העצם, ועלול להוביל לסרטן עצמות ולוקמיה.

בחשיפות קיצוניות ניתן לראות את ההשפעות הגופניות הראשונות בסביבות 25-50 rem, אשר מתבטאות בירידה בתאי הדם הלבנים של האדם. תסמונת קרינה חריפה מופיעה ב 150-350 rem, עם תופעות של בחילה, עייפות, נשירת שיער ואדמומיות בעור. הערך LD 30/50 מסמל את הנקודה בה 50 אחוז מהאנשים שנחשפו ימותו תוך 30 יום ללא טיפול רפואי, כאשר החשיפה היא בין 460 ל 600 rem. ב 1,000 rem 100% מהנחשפים ימותו תוך 60 יום.

כל אלה הם רמות גבוהות מאוד בהשוואה לחשיפה טיפוסית. אכילת בננה, למשל, היא 0.01 מילירם חשיפה. האדם הממוצע מקבל מינון של כ- 30 mrem מהתפרקות של אשלגן-40 בגופם מדי שנה. המינון המרבי מגורם חיצוני שתושבים באי Three Mile לאחר התאונה שהתרחשה שם, היה בערך 100 mrem, או 25% מהקרינה השנתית האופיינית.



קרינה באוכל ומים.

מקור נוסף לדאגה הוא הסיכוי לזיהום רדיואקטיבי במזון או במים. זה יכול להתרחש כתוצאה מזהמים רדיואקטיביים שנבלעים על ידי בעלי חיים המשמשים לאחר מכן למזון, כמו סטרונציום-90 שנמצא בחלב פרה אחרי צ'רנוביל, או מים שנספגו על ידי צמחים דרך מערכות השורשים. כך נהפכים אגוזי ברזל לרדיואקטיביים, בגלל מערכת השורשים שלהם סופגת רדיום מהאדמה.



אם פרות צורכות חומר רדיואקטיבי (כמו נשורת של סטרונציום-90 בצ'רנוביל), ייתכן שאנשים ייחשפו לחומר זה על ידי שתית חלב הפרות.

במצבים בהם זיהום פנימי של מזון מהווה מקור דאגה, איתור עם גלאים ניידים יכול להיות שימושי. עם זאת, במקרים כמו בשר או פירות ים מזהמים, או זיהום של מים או נוזלים אחרים כמו חלב, זה בדרך כלל דורש בדיקת דגימות באמצעות ציוד מעבדה כדי לקבוע את נוכחותם וכמותם של מזהמים כלשהם.



"כל הזכויות שמורות ©"
ל י.ח. פתרונות בתעשייה.

אין להעתיק, להפיץ או לפרסם מסמך זה ללא הסכמת בעליו.