בדיקות אל-הרס – רדיוגרפיה, מושגי יסוד (1110) – Non Destructive Testing – Basics of Radiography

מרץ 2020

בדיקות רדיוגרפיה תעשייתיות מתבססות על קרינות חודרות תוך צילום רדיוגרפי של החלק הנבדק.

קיימות שתי סוגי בדיקות רדיוגרפיות – בדיקות באמצעות קרינת רנטגן ובדיקות באמצעות קרינת גמא. שתיהן קרינות חודרניות מייננות של קרינה אלקטרומגנטית.

קרינה אלקטרומגנטית

גלים אלקטרומגנטיים נוצרים משדות חשמליים ומגנטיים, נעים ומשתנים בזמן ומקושרים זה לזה.

קרינה אלקטרומגנטית הינה גלי אנרגיה שעוברים דרך חומר בלי להזיז את מרכיביו של החומר. דוגמה לסוג העברה כזו הינה פרפר שיושב על המים. הגלים של המים מרימים ומורידים את הפרפר, אך אינם מזיזים אותו לכיוון שהם נעים בו.

פרפר על גלי מים. מקור התמונה: National Aeronautics and Space Administration, Science Mission Directorate. (2010). Anatomy of an Electromagnetic Wave. Retrieved Marth 2, 2020, from NASA Science website: http://science.nasa.gov/

הקרינה האלקטרומגנטית עוברת בצורת פוטונים שהם מנות אנרגיה (קוונטים - quantum) ללא מסה, ויש להם תכונות גם של חלקיקים וגם של גלים. מאפיינים את הקרינה האלקטרומגנטית, כמו גם סוגי גלים אחרים, באמצעות אורך הגל ותדירות התנודות שלו. היחידה לתדירות הינה הרץ (Hertz) – מספר התנודות בשנייה.

האנרגיה של הקרינה משתנה בהתאם לאורך הגל והתדירות – עם עליה בתדירות הגל עולה גם האנרגיה של הקרינה האלקטרומגנטית.

בתמונה הבאה מוצגים סוגים של קרינה אלקטרומגנטית ושימושים עיקריים בהם.

סוגים של קרינה אלקטרומגנטית

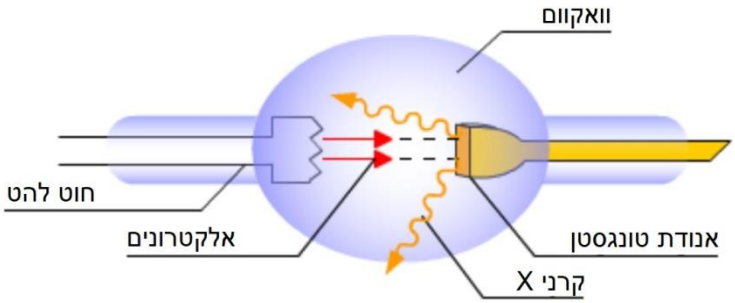
© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

מקור התמונה: Encyclopedia Britannica. Electromagnetic Spectrum [Updated]. https://www.britannica.com/

את הקרינה האלקטרומגנטית ניתן ליצור באמצעות זרם חשמלי במכשירים חשמליים או תוך פירוק גרעיני של חומרים רדיואקטיביים.

קרינת רנטגן נוצרת במכשיר חשמלי שמאיץ אלקטרונים לאנרגיה גבוהה ועוצר אותם בפתאומיות. בעת העצירה חלק מאנרגיית התנועה של האלקטרונים הופכת לפוטונים של קרינת רנטגן (קרני X).

להלן איור סכמתי ותמונתה של שפופרת רנטגן.

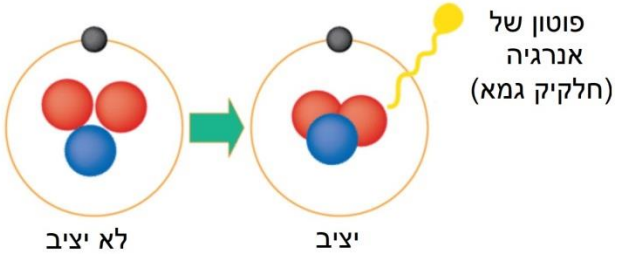


צורה סכמתית של שפופרת קרני X. מקור התמונה: NDT Resource Center. X-ray Generators [Updated]. https://www.nde-ed.org/

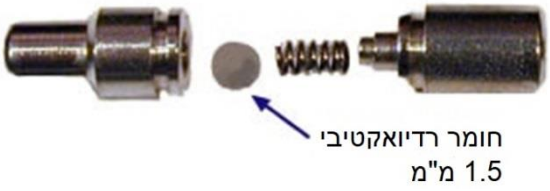
שפופרת קרני X. מקור התמונה: High Voltage and X-Ray Experiments. 2005 − 2008 Henning Umland https://www.celnav.de/

לעומת זאת, קרינת גמא היא קרינה גרעינית והיא נוצרת בעת פירוק גרעין האטום של חומר רדיואקטיבי. קרני גמא נוצרות בתוך הגרעין, כלומר נפלטות על ידי איזוטופים רדיואקטיביים, והן נוצרות מעודף האנרגיה המשתחררת כאשר הגרעין הלא יציב מתפרק במאמציו להגיע למצב יציב.

להלן איור סכמתי של היווצרות קרני גמא מגרעין ותמונה של קפסולה עם חומר רדיואקטיבי פולט קרינת גמא.



פליטה של קרינת גמא. מקור התמונה: CK12. Gamma Decay [Updated]. https://www.ck12.org/



קפסולה עם חומר רדיואקטיבי פולט קרינת גמא. מקור התמונה: NDT Resource Center. Radio Isotope (Gamma) Sources [Updated]. https://www.nde-ed.org/

קרינה מיננת

כאשר קרינה מיננת עוברת דרך חומר כמו אוויר, מים או רקמות חיות, היא מפקידה מספיק אנרגיה כדי לייצר יונים (אטומים או מולקולות עם מטען חשמלי) על ידי שבירת קשרים מולקולריים בתוך החומר. כתוצאה מכך מתבצעת עקירה של אלקטרונים מהאטומים או המולקולות. התהליך ניקרא יוניזציה (ionization) או יינון.

אנרגיה גבוהה כזאת קיימת בחלקיקים שנפלטים מגרעין האטום בעת תהליך פירוק גרעיני, ביניהם חלקיקי אלפא, חלקיקי בטא, נויטרונים, פרוטונים או אלקטרונים שנעים במהירות גבוהה. כמו כן, אנרגיה כזאת קיימת גם בקרינה אלקטרומגנטית בעלת תדירויות גבוהות מאוד – קרינת רנטגן וקרינת גמא.

מקורות של קרינה מיננת

כעיקרון ניתן להבדיל בין שלושה מקורות לקרינה מיננת:

א. מכשירי חשמל שמיועדים לייצור קרינת רנטגן על ידי הפעלת מתח חשמלי גבוהה. מכשירים אלה פולטים קרינה רק כאשר מופעל מתח חשמלי. כאשר המכשיר לא דלוק הוא אינו מקור לקרינה;

ב. מקורות קרינה מחומרים רדיואקטיביים. ניתן לסווג אותם לשני סוגים:

ב1. מקורות קרינה פתוחים – החומרים שנמצאים במצב פתוח וקיימת אפשרות לפיזור החומר בסביבה – זיהום רדיואקטיבי. מקורות כאלה מהווים סכנה גם כמקורות לחשיפה חיצונית כאשר המקור נמצא מחוץ לגוף האדם וגם כמקורות לחשיפה פנימית כאשר החומר הרדיואקטיבי נמצא בתוך גוף האדם;

ב2. מקורות רדיואקטיביים חתומים (sealed). מקורות קרינה כאלה בנויים כך שבתנאי שימוש רגילים אין אפשרות לפיזור של חומר רדיואקטיבי לסביבה.

ברדיוגרפיה תעשייתית משתמשים רק בשני סוגים של מקורות:

א. לייצור קרינת רנטגן משתמשים במכשירים חשמל;

ב. לייצור קרינת גמא משתמשים במקורות קרינה חתומים.

באת ביצוע רדיוגרפיה תעשייתית אין תנאים לזיהום רדיואקטיבי. החשיפה של עובדים ועוברי אורח לקרינה מיננת עלולה להתרחש רק כחשיפה חיצונית.

מושגים עיקריים להערכת החשיפה לקרינה מיננת

להערכה של עוצמת הקרינה משתמשים במושג "**חשיפה**" (exposure).

להערכת רמת הנזק לגוף האדם הנגרם על ידי קרינה מיוננת משתמשים בערך שמתאר את כמות האנרגיה שהגוף מקבל - מנת הקרינה או "**מנת קרינה נבלעת**" (absorbed dose).

המרחק שהקרינה חודרת לתוך הגוף משתנה על פי הקרינה. לחלקיקי אלפא מרחק החדירה קטן מאוד לעומת קרינה אלקטרומגנטית שהחדירה שלה עמוקה. ספיגה של אותה כמות אנרגיה למרחק חדירה קטן גורמת לנזק גדול יותר בהשוואה לחדירת אנרגיה לעומק רב יותר בתוך הרקמה של הגוף.

בכדי להעריך את הנזק לגוף החי עקב חשיפתו לקרינה מיוננת, עושים שקלול של מנת הקרינה הנבלעת בהתאם לסוג הקרינה. הערך המשוקלל נקרה "**שקול מנה**" (dose equivalent). כדי לחשב את שקול מנה משתמשים במקדם שנקרה "גורם האיכות" (quality factor), בו מכפילים את הערך הנמדד של הקרינה. לקרינת אלפא גורם האיכות הינו 20, כאשר לקרינות רנטגן וגמא גורם האיכות שווה 1.

נזק בריאותי עקב חשיפה לקרינה מיוננת

חשיפה לרמות קרינה גבוהות יכולה לגרום לתופעות בריאותיות חריפות כמו כוויות בעור ותסמונת קרינה חריפה ("מחלת קרינה"). כמו כן, חשיפה כזאת יכולה גם לגרום לתופעות בריאותיות ארוכות טווח כמו סרטן או מחלות לב.

חשיפה לרמות נמוכות של קרינה אינה גורמת להשפעות בריאותיות מיידיות, אך גם היא תורמת לסיכון לחלות בסרטן.

לקרינה מיוננת יש אנרגיה מספקת כדי להשפיע על האטומים בתאים החיים ובכך לפגוע בחומר הגנטי שלהם (DNA). למרבה המזל, התאים בגופנו יעילים במיוחד לתיקון נזק זה. עם זאת, אם הנזק לא מתוקן כראוי, תא עלול למות או בסופו של דבר להפוך לתא סרטני. חשיפה לקרינה מגדילה את הסיכוי לחלות בסרטן והסיכון עולה ככל שרמת החשיפה עולה [1].

ביבליוגרפיה

1. United States Environmental Protection Agency (EPA) . Radiation Health Effects. https://www.epa.gov/radiation/radiation-health-effects