מבוא לגוף האדם הבריא – קורס מספר 96116

מבוא לדימות רפואי

Introduction to Medical Imaging

מבוא, קרינת רנטגן 1

פרופ' רחל כץ-בריל

אגף הדימות, הדסה עין-כרם

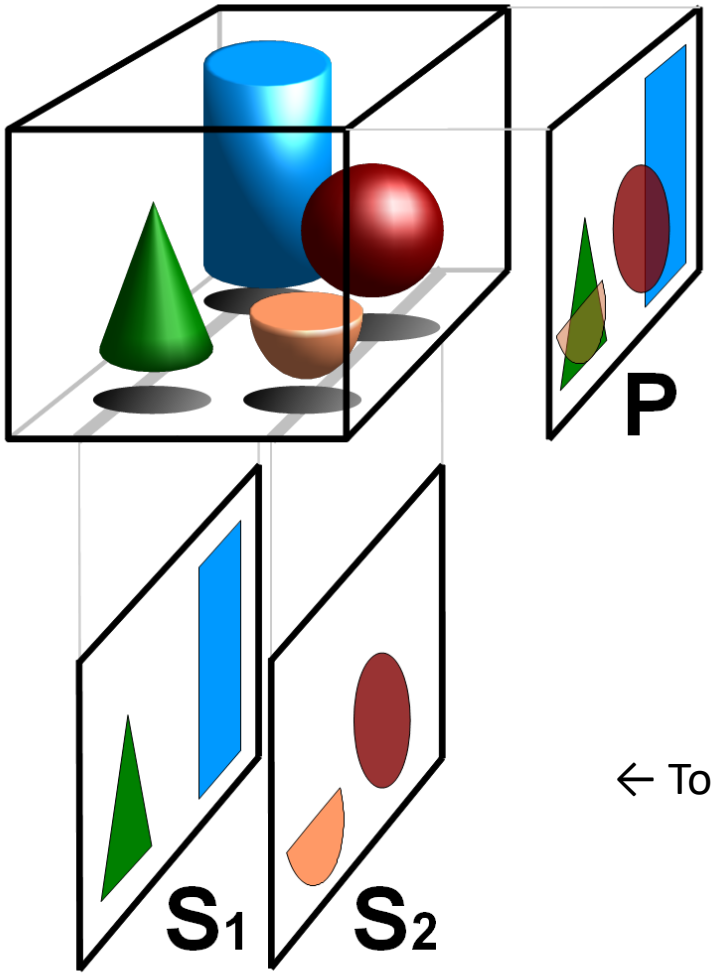
הפקולטה לרפואה, האוניברסיטה העברית

לתשומת ליבכם

- הקורס מיועד לתלמידי ותלמידות שנה א' רפואה, רפואה צבאית ורפואת שיניים בפקולטה לרפואה של האוניברסיטה העברית .
- חוץ מהמצגות קיימים עוד חומרי למידה רבים במוודל.
- המצגת מכילה חומר בהגנת זכויות יוצרים.

בהצלחה!

Tomography - imaging by sections or sectioning

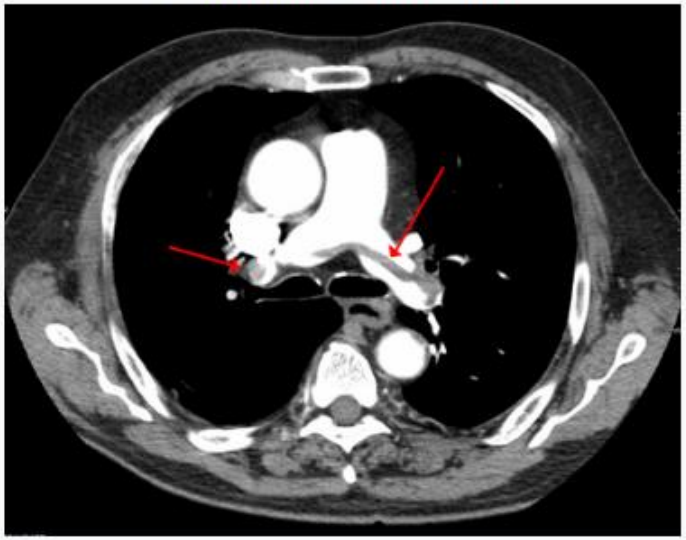


←Projected image

← Tomographic cross sections

תסחיף ריאתי PE

Pulmonary embolism



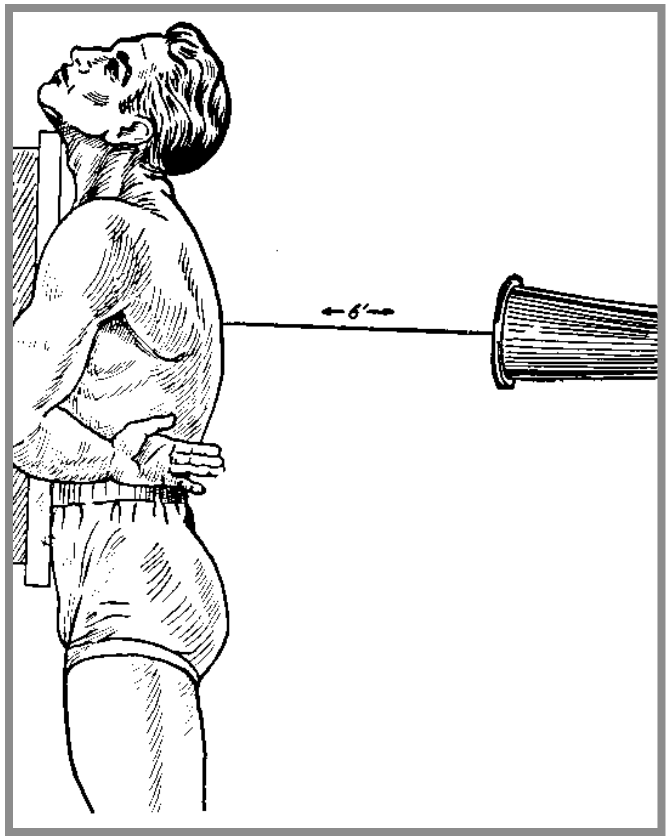
Chest spiral CT scan with radiocontrast agent showing multiple filling defects both at the bifurcation ("saddle" pulmonary embolism) and in the pulmonary arteries.

Source: wikipedia

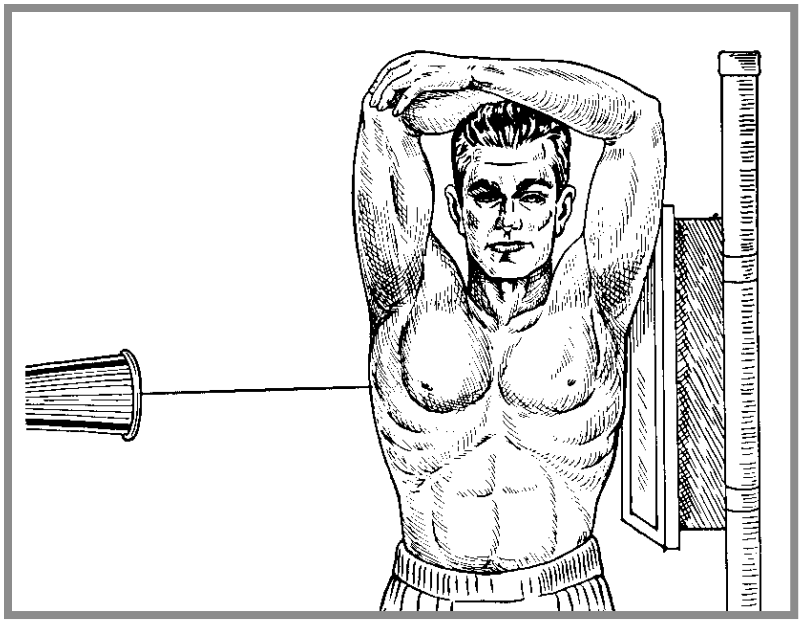
תמונה בעזרת קרני רנטגן
טומוגרפיה
חתך אקסיאלי

An image using X-rays
Tomography
An axial slice

Making a Chest X-Ray



PA (Posteroanterior)



LAT (Lateral)

Chest radiograph

Intervention

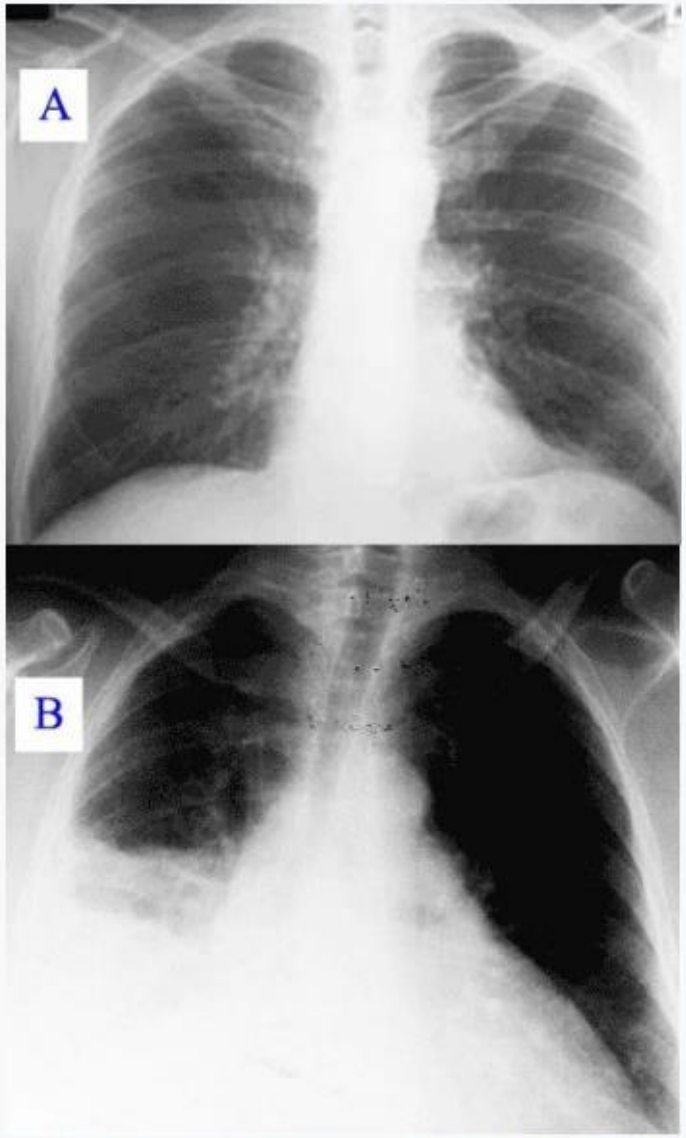
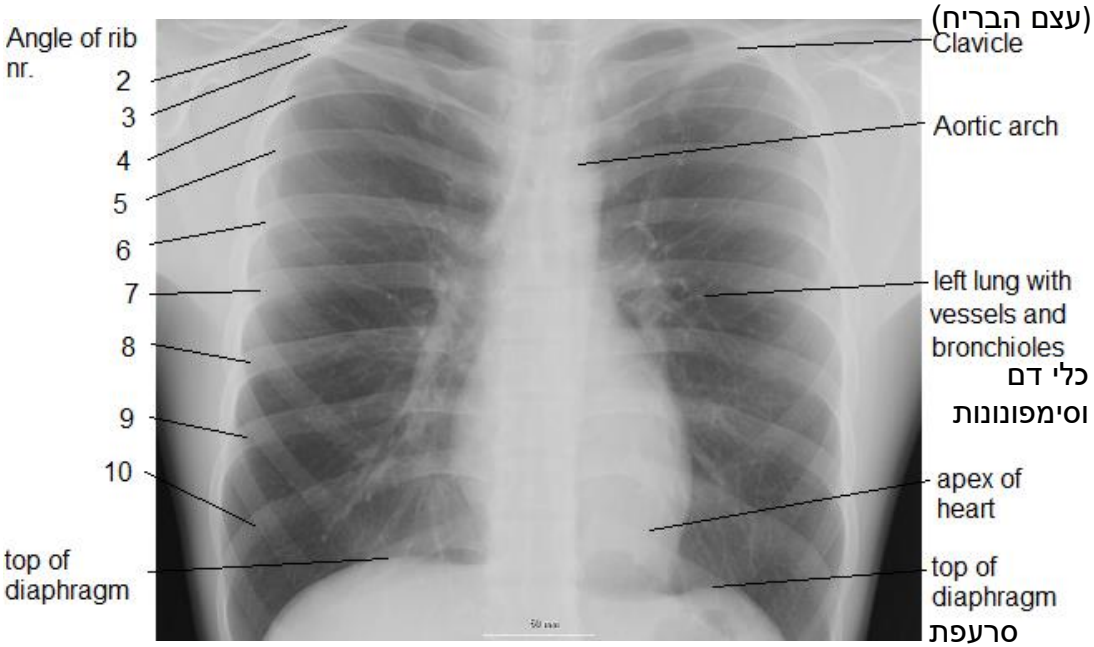


Image A: A normal chest radiograph. *Image B*: Q fever pneumonia.

Source: wikipedia

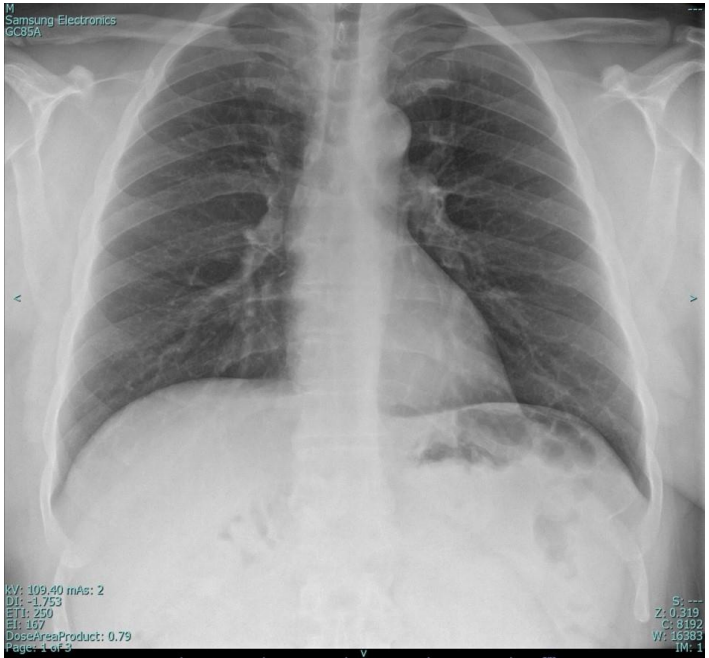
צילום חזה
PA: posteroanterior

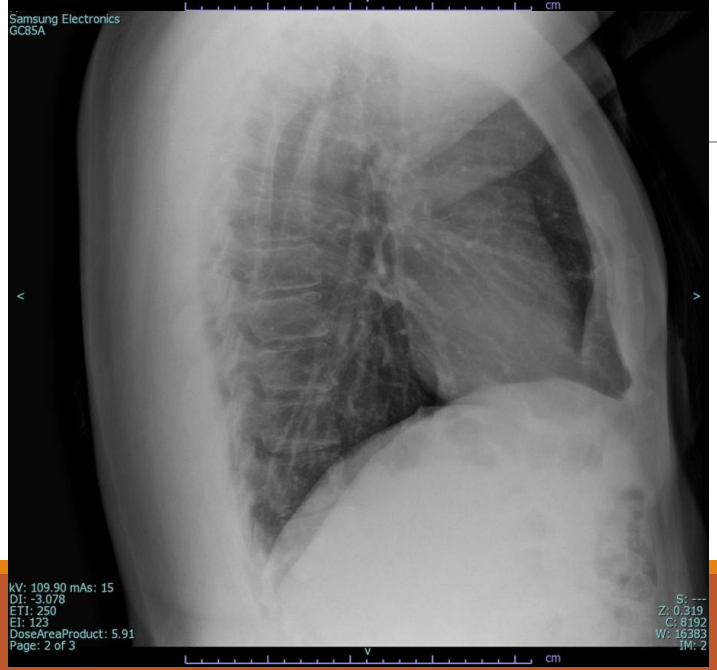
Right Left



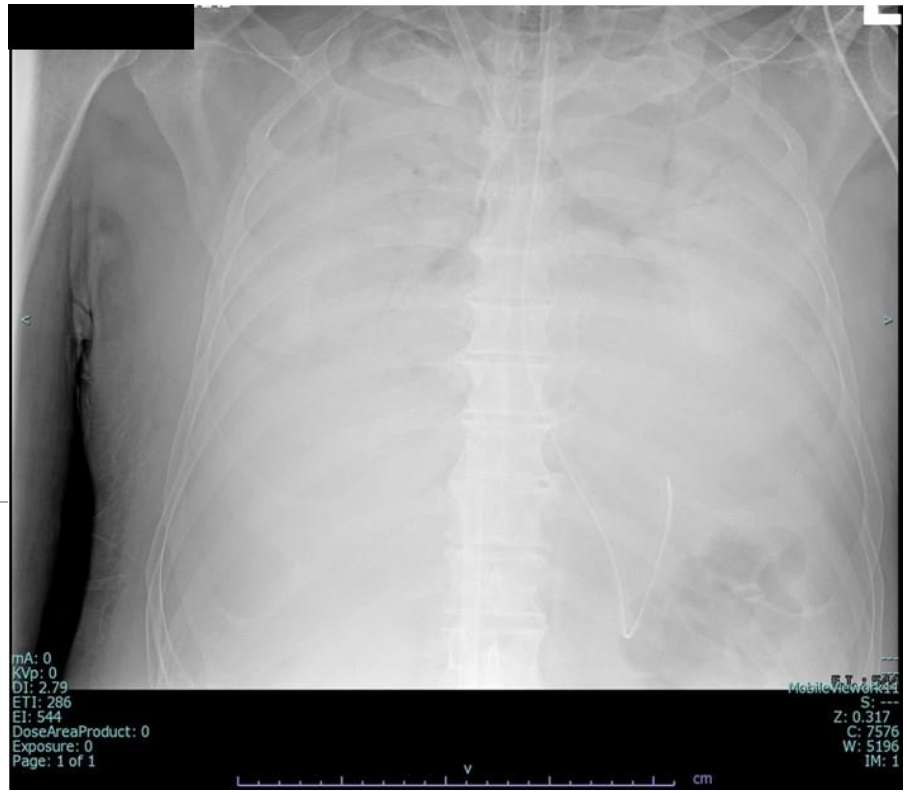
תמונה בעזרת קרני רנטגן

Normal

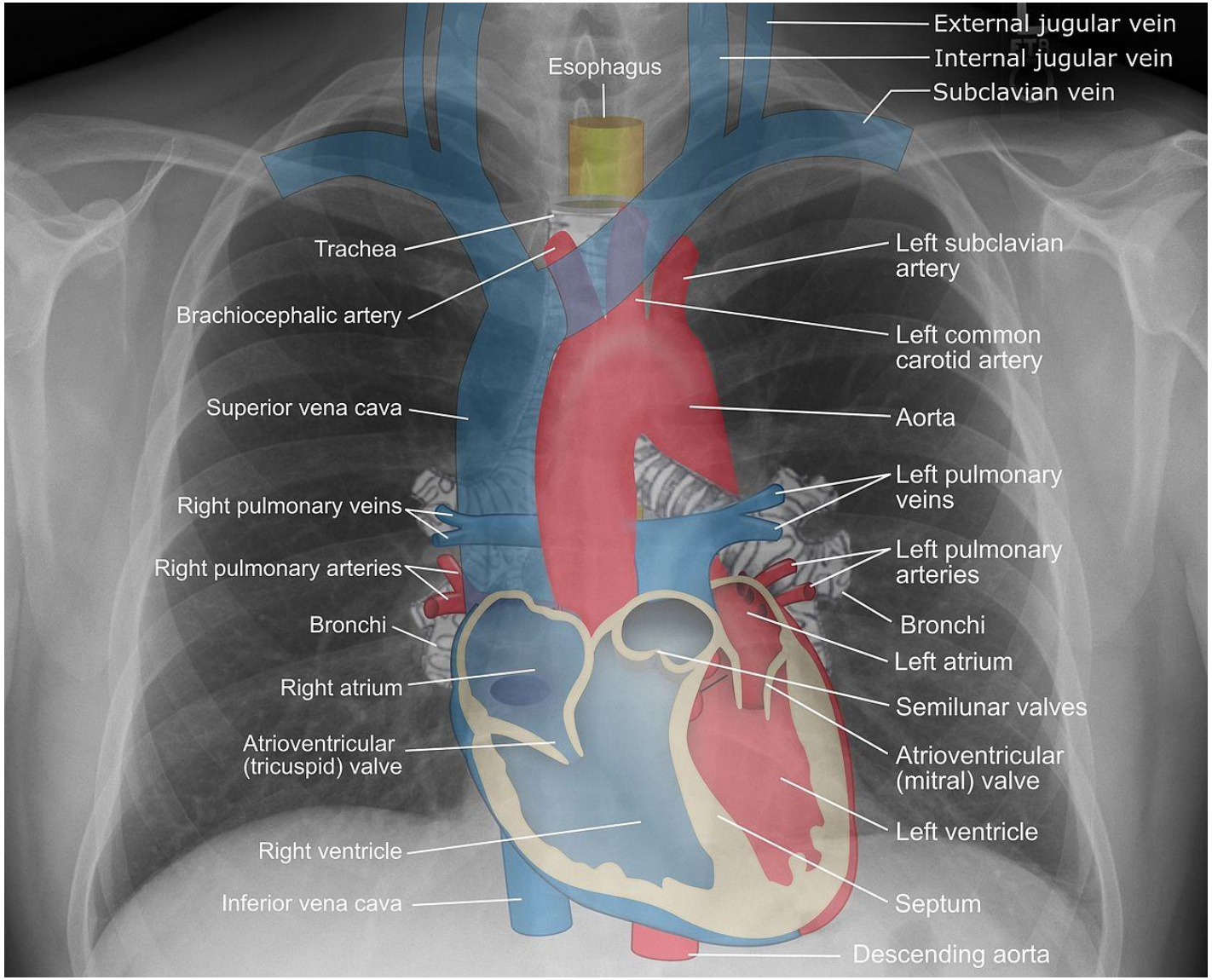




Covid-19



Courtesy of Prof. Jacob Sosna, MD
Hadassah Medical Center



Projection imaging

Source: wikipedia

צילום חזה

שמות נוספים: צילום רנטגן של בית החזה, רדיוגרפיה של בית החזה, צל"ח

צילום רנטגן של החזה הוא בדיקת דימות ותיקה (יחסית לבדיקות הדמיה אחרות) ונפוצה מאוד. זו בדיקה בלתי פולשנית הכרוכה בחשיפה למינון נמוך של קרינה מיוננת.

צילום חזה מספק תמונה של איברי הפנים שבחזה - הלב, הריאות, חלל המייצר (מדיאסטנום), אבי העורקים וכלי דם גדולים אחרים בחזה, הצלעות, עצמות גדולות שמסביב לבית החזה, קנה הנשימה, והסרעפות.

צילום חזה הוא בדיקה בטוחה, זמינה וזולה שמסייעת לאבחן מצבים רבים.

התמונה שמתקבלת הרבה פחות מפורטת מאשר בבדיקת דימות כמו CT חזה.

Chest X-ray, chest radiograph

A chest radiograph is a veteran imaging examination and very common. It is a non-invasive test that is associated with an exposure to a low dose of ionizing radiation.

The chest radiograph provides an image of the interior chest organs – the heart the lungs, the mediastinum, the aorta and other large chest blood vessels, ribs, large bones around the chest the trachea and the diaphragms.

The chest radiograph is a safe, inexpensive and available test that allows diagnosis of multiple conditions. The image is far less detailed than a chest CT.

EN

To understand what is X-ray irradiation and how MRI works:

Harmonic oscillator
↓
Waves
↓
Radiation
↓
Electromagnetic spectrum

HE

כדי להבין מהי קרינת רנטגן ואיך עובד MRI:

תנועה הרמונית
↓
גלים
↓
קרינה
↓
הספקטרום האלקטרומגנטי

EN

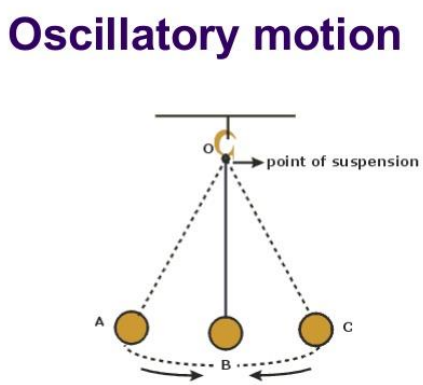
Harmonic motion

1. Amplitude, periodical motion
2. Period (back and forth)
3. Frequency – how many periods per second

HE

תנועה הרמונית

1. אמפליטודה, תנועה מחזורית
2. מחזור (הלוך ושוב)
3. תדירות – כמה מחזורים בשנייה



EN

Waves

Definition – progression of energy without progression of matter

Examples – wave in rope, a rock in water

HE

גלים

הגדרה – התקדמות של אנרגיה ללא התקדמות של חומר

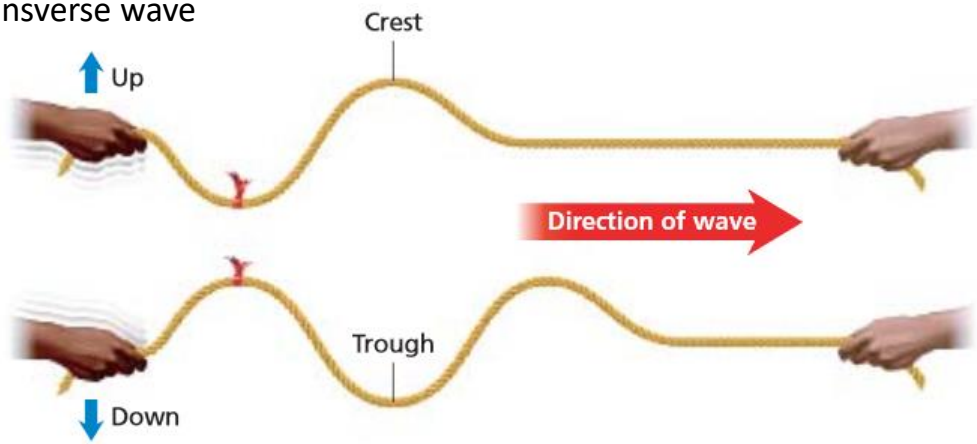
דוגמאות – גל בחבל, אבן במים

Transverse wave

גל רוחב

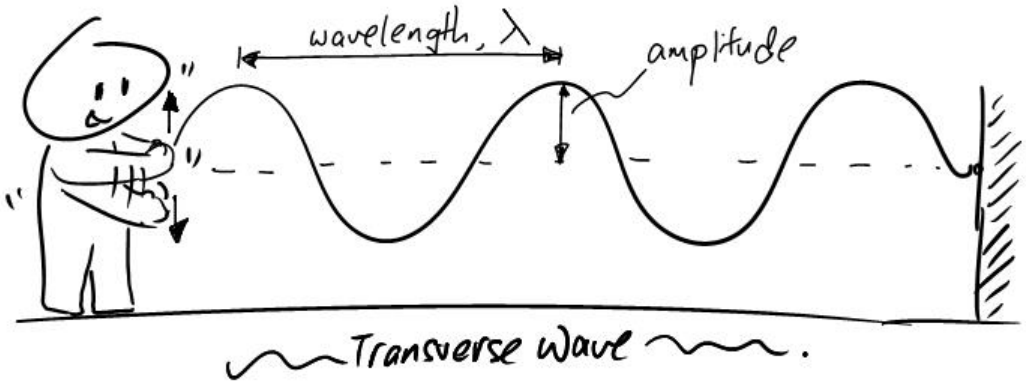
EN

Transverse wave



גל רוחב

HE

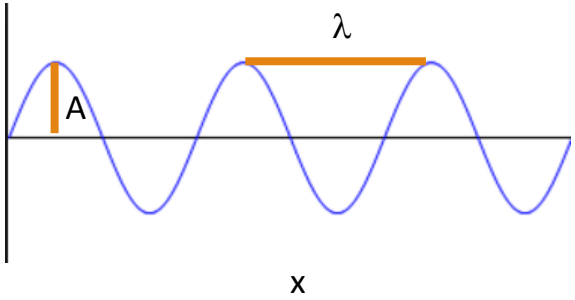


EN

Drawing of a wave as a function of space, at a particular time

HE

ציור הגל כפונקציה של המקום, בזמן מסוים



EN

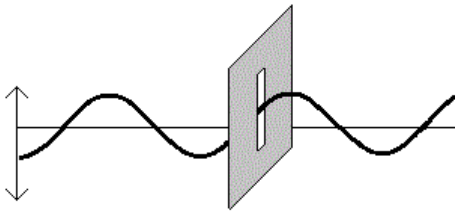
A wave is a function of space (x) and time (t)
A – amplitude
λ - wavelength
T – period
f – frequency (how many periods per second
T=1/f
V – wave velocity – velocity of energy progression

V=λ*f (m/sec)

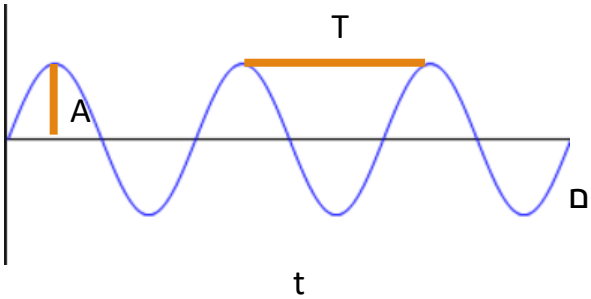
HE

גל
פונקציה של מקום (x) וזמן (t)
A אמפליטודה
λ אורך גל
T זמן מחזור
f תדירות (כמה מחזורים בשניה)
T=1/f
V מהירות הגל – מהירות התקדמות האנרגיה

V=λ*f (m/sec)



Place is constant, time is changing
Drawing of the wave as a function of time in a particular place



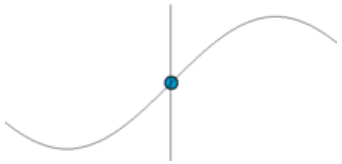
המקום קבוע, הזמן משתנה
ציור הגל כפונקציה של הזמן במקום מסוים

EN

Lets “freeze” space – look at the motion of the wave through a slit.
How would one molecule of the wave perform the harmonic motion.

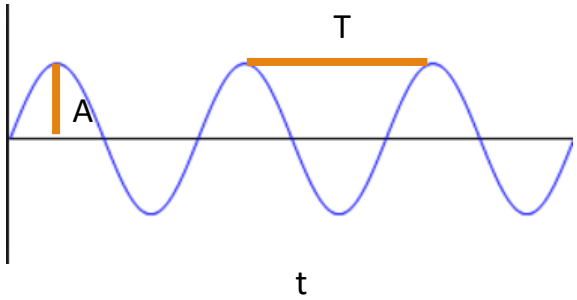
HE

"נקפיא" את המרחב – נסתכל על תנועת גל בחבל דרך חריץ
מולקולה של החבל מבצעת תנועה הרמונית



https://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic_oscillator#/media/File:Simple_harmonic_motion_animation.gif

Space is constant, time is not constant
Draw the change in amplitude as a function of time



המקום קבוע, הזמן לא, שינוי באמפליטודה

EN HE

אי אפשר לצייר גל כפונקציה של הזמן והמקום, אבל אפשר לצייר כפונקציה של הזמן או המקום
גל רוחבי – התנועה ההרמונית ניצבת לכיוון ההתקדמות של האנרגיה
גל אורכי – התנועה ההרמונית מקבילה לכיוון ההתקדמות של האנרגיה (דוגמה – גל קול, קפיץ slinky)

גל אלקטרומגנטי הוא גל רוחבי

גל מגנטי – השדה המגנטי עושה תנועה הרמונית
גל חשמלי – השדה החשמלי עושה תנועה הרמונית
מקסוול – בטבע אין גל חשמלי או מגנטי, האחד מייצר את השני ולהפך. יש גלים אלקטרומגנטיים.

גל אלקטרומגנטי יכול להתקדם גם בריק כיוון שלא צריך חומר

גלים אלקטרומגנטיים: אור נראה, UV, IR, RF, מיקרוגל
זיהוי על ידי רשתית אנושית: אור נראה

אנרגיות גבוהות מאוד:
גלי רטנגן, קרינת גמא

קרינת אלפא, קרינת בטא? חלקיקים – לא קרינה אלקטרומגנטית – נגיע אליהם בשיעור על דימות ברפואה גרעינית.

מהי קרינה מיינת?

HE

קרינה מיינת היא קרינת חלקיקים או גלים אלקטרומגנטיים בעלי אנרגיה גבוהה המסוגלים ליינן חומר. כלומר, לשחרר אלקטרונים מתוך אטומים או מולקולות. יכולת היינון של חלקיק או פוטון תלויה באנרגיה שלו בלבד ולא בכמות החלקיקים. כלומר, גם כמות גדולה של חלקיקים או פוטונים בעלי אנרגיה נמוכה עדיין מהווים קרינה בלתי מיינת אם כל חלקיק או פוטון לבד אינו מסוגל ליינן.

קרינה מיינת יכולה להיות קרן של חלקיקים בעלי מסה ומטען חשמלי, כגון אלקטרונים או פרוטונים, חלקיקים בעלי מסה ללא מטען חשמלי, כגון ניוטרונים, או חלקיקים שאינם בעלי מסה או מטען חשמלי כגון פוטונים.

דוגמאות של קרינה מיינת הם: קרינת אלפא, קרינת בטא וקרינת ניוטרונים.

היכולת של קרינה אלקטרומגנטית ליינן משתנה על פני הספקטרום האלקטרומגנטי. קרינות באנרגיות גבוהות בתחום של קרינת רנטגן או קרינת גמא מיינות כמעט כל אטום או מולקולה. קרינה בתחום של על-סגול קיצונית מיינת הרבה אטומים ומולקולות (כולל רקמות ביולוגיות) וקרינה בתחום של על-סגול קרוב ואור נראה מיינות מעט מולקולות;

גלי מיקרוגל, גלי רדיו והשדה האלקטרומגנטי של כבלי מתח גבוה הם דוגמאות לקרינה בלתי מיינת.

נזקי הקרינה בצילום חזה שווי ערך ל 3 ימי קמפינג

נזקי קרינה ב CT ראש – כ 17 טיסות טרנסאטלנטיות או כשנה של קרינה סביבתית

12 שעות טיסה טרנסאטלנטית – כ 0.05 mSv

ממוגרפיה – 0.4-1.0 mSv

חשיפה לקרינה קוסמית בגבהים שונים

EN

Ionizing radiation is radiation, traveling as a particle or electromagnetic wave, that carries sufficient energy to detach electrons from atoms or molecules, thereby ionizing an atom or a molecule. Gamma rays, X-rays, and the higher ultraviolet part of the electromagnetic spectrum are ionizing, whereas the lower ultraviolet part of the electromagnetic spectrum and all the spectrum below UV, including visible light, nearly all types of laser light, infrared, microwaves, and radio waves are considered non-ionizing radiation.

The ability of a particle or a photon to be ionizing depends on its own energy only.

Radiation damage on chest X-ray - 3 days of camping.

Head CT radiation damage – 17 transatlantic flights.

12 h transatlantic flight – 0.05 mSv

Mammography 0 0.4-1.0 mSv

Exposure to radiation at different highest.

EN

הספקטרום האלקטרומגנטי
The Electromagnetic spectrum

ככל שעולים באנרגיה ניתן ליינן אטומים יותר כבדים
The higher the energy the heavier atoms that can be ionized

כיצד יודעים שהקרינה האלקטרומגנטית הינה גל?
How do we know that EM radiation is a wave?

Interference - התאבכות
Diffraction - עקיפה

Class			Freq-uency	Wave-length	Energy
Ionizing radiation	γ	Gamma rays	300 EHz	1 pm	1.24 MeV
			30 EHz	10 pm	124 keV
	HX	Hard X-rays	3 EHz	100 pm	12.4 keV
	SX	Soft X-rays	300 PHz	1 nm	1.24 keV
	EUV	Extreme ultraviolet	30 PHz	10 nm	124 eV
	NUV	Near ultraviolet	3 PHz	100 nm	12.4 eV
Visible			300 THz	1 µm	1.24 eV
	NIR	Near infrared	30 THz	10 µm	124 meV
	MIR	Mid infrared	3 THz	100 µm	12.4 meV
	FIR	Far infrared	300 GHz	1 mm	1.24 meV
Micro-waves and radio waves	EHF	Extremely high frequency	30 GHz	1 cm	124 µeV
	SHF	Super high frequency	3 GHz	1 dm	12.4 µeV
	UHF	Ultra high frequency	300 MHz	1 m	1.24 µeV
	VHF	Very high frequency	30 MHz	10 m	124 neV
	HF	High frequency	3 MHz	100 m	12.4 neV
	MF	Medium frequency	300 kHz	1 km	1.24 neV
	LF	Low frequency	30 kHz	10 km	124 peV
	VLF	Very low frequency	3 kHz	100 km	12.4 peV
	ULF	Ultra low frequency	300 Hz	1 Mm	1.24 peV
	SLF	Super low frequency	30 Hz	10 Mm	124 feV
	ELF	Extremely low frequency	3 Hz	100 Mm	12.4 feV

HE

קרינה מיוננת

קרינה לא מיוננת (חימום)

מהירות האור Speed of light

כל הגלים האלקטרומגנטים נעים באותה מהירות – מהירות האור

All of the electromagnetic waves are travelling at the same speed – the speed of light

C=constant

$C=3*10^8$ m/sec

אין קשר בין המהירות לאנרגיה

יש קשר בין התדירות לאנרגיה

There isn't a correlation between the speed and the energy

There is a correlation between the frequency and the energy

$E=h*\nu$

או

$E=h*f$

h – קבוע פלנק Planck constant

For waves:

$V=\lambda*f$

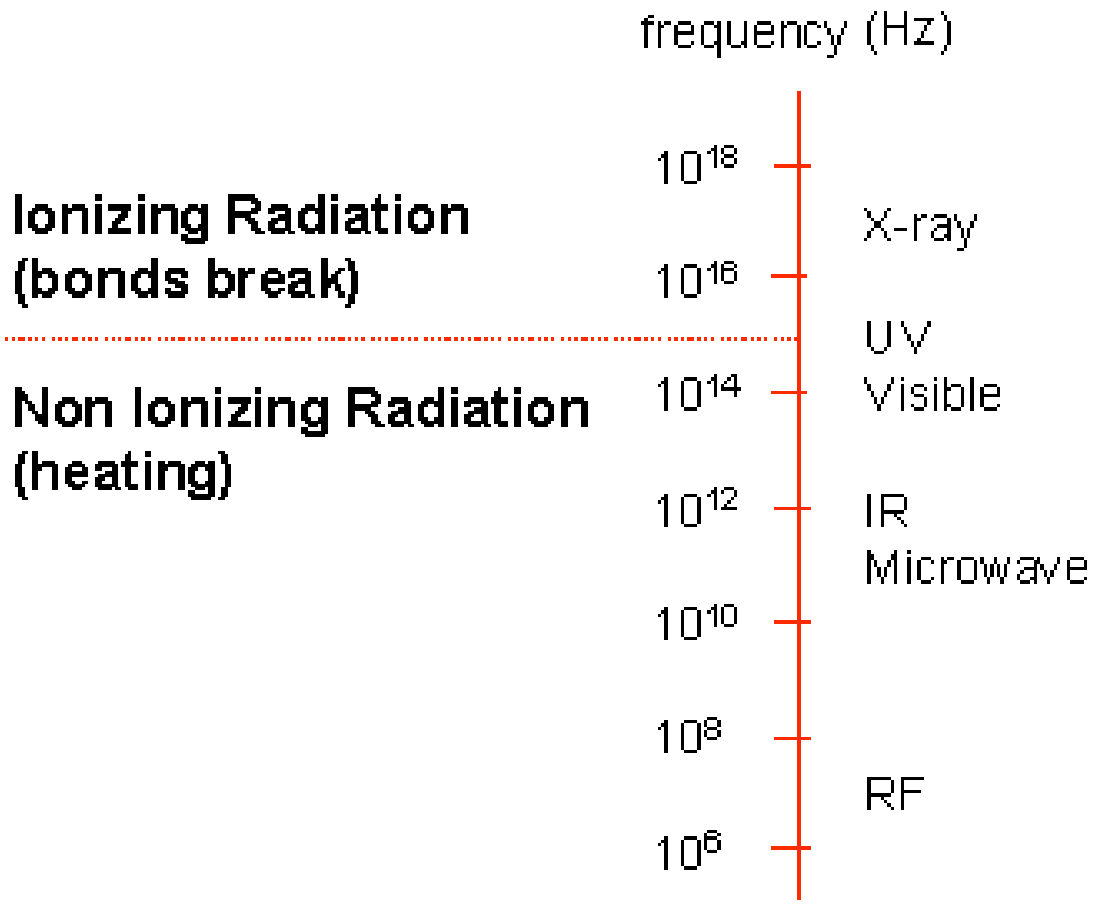
For electromagnetic waves:

$C=\lambda*f$

כלומר בגלים אלקטרומגנטיים יש קשר קבוע בין התדירות לאורך הגל כי המהירות קבועה.

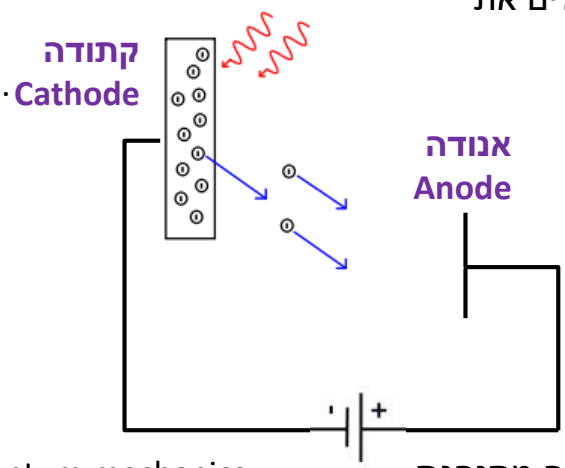
Meaning that in EM waves there is a constant correlation between the frequency and wave length because the speed is constant.

Electromagnetic Radiation



The photoelectric effect (Albert Einstein, Nobel Prize)

In an electrical circuit, electrons flow because metals contain free moving delocalized electrons.
In an open circuit – there is potential.
Illuminating by UV light releases electrons from the cathode.
The cathode rejects the electrons and the anode attracts the electrons.
This leads to flow of electrons from the cathode to the anode and creates a closed electrical circuit.
IR irradiation does not lead to the same effect, even if the amplitude is raised.



Particle explanation:
Every UV particle can ionize
IR particles cannot ionize

Particles without mass – photons
Particles of light – the quantum theory

Wave–particle duality is the concept in quantum mechanics that every particle or quantum entity may be described as either a particle or a wave.

האפקט הפוטואלקטרי (אלברט איינשטיין – פרס נובל)

במעגל חשמלי – זרימה של אלקטרונים כיוון שבמתכת הם כמעט לא קשורים
מעגל חשמלי פתוח – יש מתח
הארה על ידי אור UV מוציאה אלקטרון החוצה מהקתודה.
הקתודה דוחה את האלקטרון והאנודה מושכת
זרם של אלקטרונים אל האנודה וסגירת מעגל חשמלי

הארה ב IR – מעגל חשמלי לא נסגר, גם אם מעלים את אמפליטודת ההקרנה.

הסבר חלקיקי
לכל חלקיק אור סגול יש יכולת ליינן
לחלקיק אור אדום אין יכולת ליינן

חלקיקים שיש להם אנרגיה ללא מסה – פוטונים
חלקיקי אור
תורת הקוונטים

הדואליות של הקרינה – יש תופעות שבהן הקרינה מתנהגת כחלקיקים ויש כאלה שמתנהגת כמו גל.

רנטגן – שפופרת רנטגן מייצרת פוטונים – חלקיקי קרינת רנטגן – פוטונים בעלי אנרגיה מאד גבוהה.

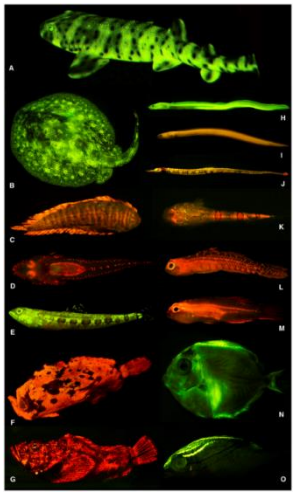
2 תופעות נוספות שצריך לדון בהם לפני הדיון בצילום רנטגן: פלורסנציה ופוספורסנציה

Röntgen tube – makes photons – particles of X-ray radiation – very high energy photons

There are 2 other phenomena that need to be described prior to the description of X-ray imaging: fluorescence and phosphorescence.

פלורסנציה
חומר פלורסנטי – כאשר משקיעים בו אנרגיה אינו מתחמם אלא פולט אור.
השקעת אור – פוטופלורסנציה
השקעת חום – תרמופלורסנציה
השקעת חשמל – קתודופלורסנציה, אלקטרופלורסנציה

Fluorescence
Fluorescent material – absorbs energy – does not heat but emits light.
Light energy – photofluorescence
Heat energy - thermofluorescence
Electrical energy - cathodofluorescence, electrofluorescence



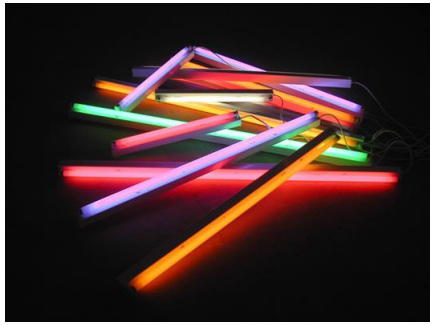


Image source: wikipedia

Fluorescence

Jablonski diagram.
After an electron absorbs a high-energy photon the system is excited electronically and vibrationally. The system relaxes vibrationally, and eventually fluoresces at a longer wavelength.

The Rutherford–Bohr model
Every shell is associated with a different energy. The distance between the shells determines the frequency of the emitted light.

Characteristic radiation: every atom has its own unique shells, 3-4 different emission frequencies are possible.

First described for Fluor, hence the name.

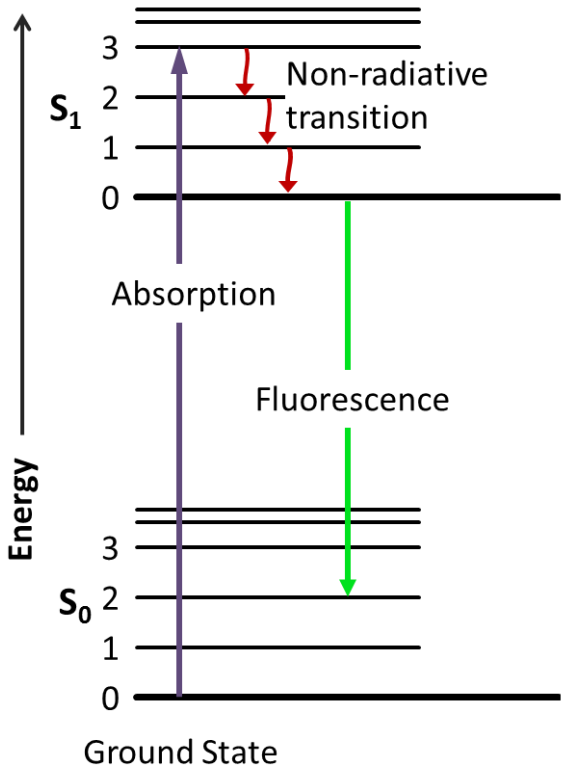


Image source: wikipedia

פלורסנציה

אלקטרון עולה רמה או נפלט (יינון) <-
אלקטרון אחר יורד רמה <-
האנרגיה משתחררת בצורה של אור

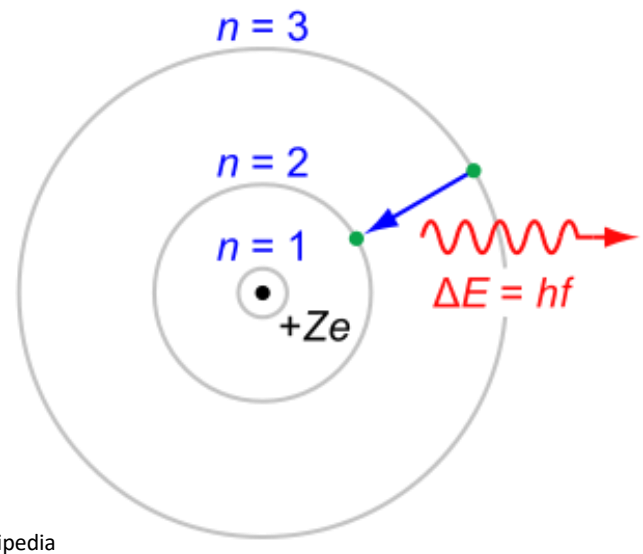
מודל בוהר

לכל קליפה אנרגיה שונה, המרחק בין הקליפות קובע את תדר האור הנפלט

קרינה אופיינית – לכל חומר רמות משלו, יתכנו 3-4 צבעים שונים

בפלואור התגלתה התכונה לראשונה ולכן השם – פלורסנציה.

מודל בוהר
Bohr model



המספר הקוונטי כאן (n) מתאר את רמות האנרגיה האלקטרוניות באטום.

The quantum number (n) describes here the electronic energy shells in the atom

Image source: wikipedia

The Rutherford–Bohr model of the hydrogen atom ($Z = 1$) or a hydrogen-like ion ($Z > 1$), where the negatively charged electron confined to an atomic shell encircles a small, positively charged atomic nucleus and where an electron jumps between orbits it is accompanied by an emitted or absorbed amount of electromagnetic energy (hv). The orbits in which the electron may travel are shown as grey circles; their radius increases as n^2, where n is the principal quantum number.