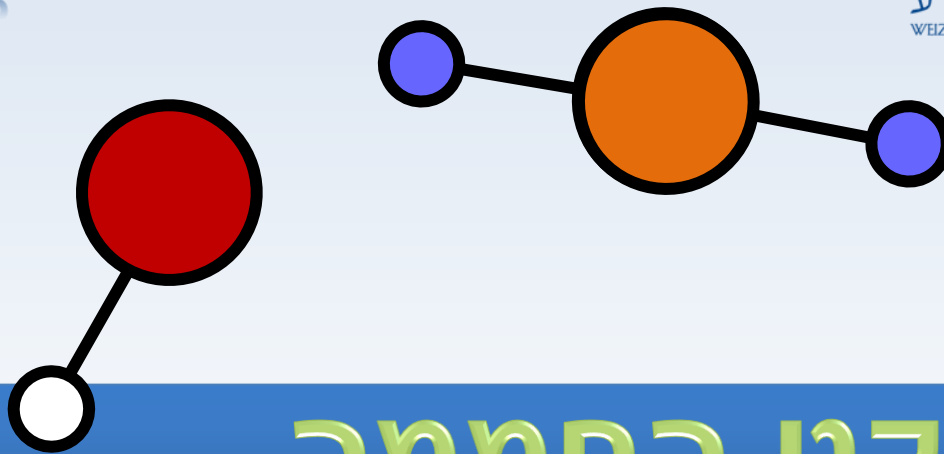
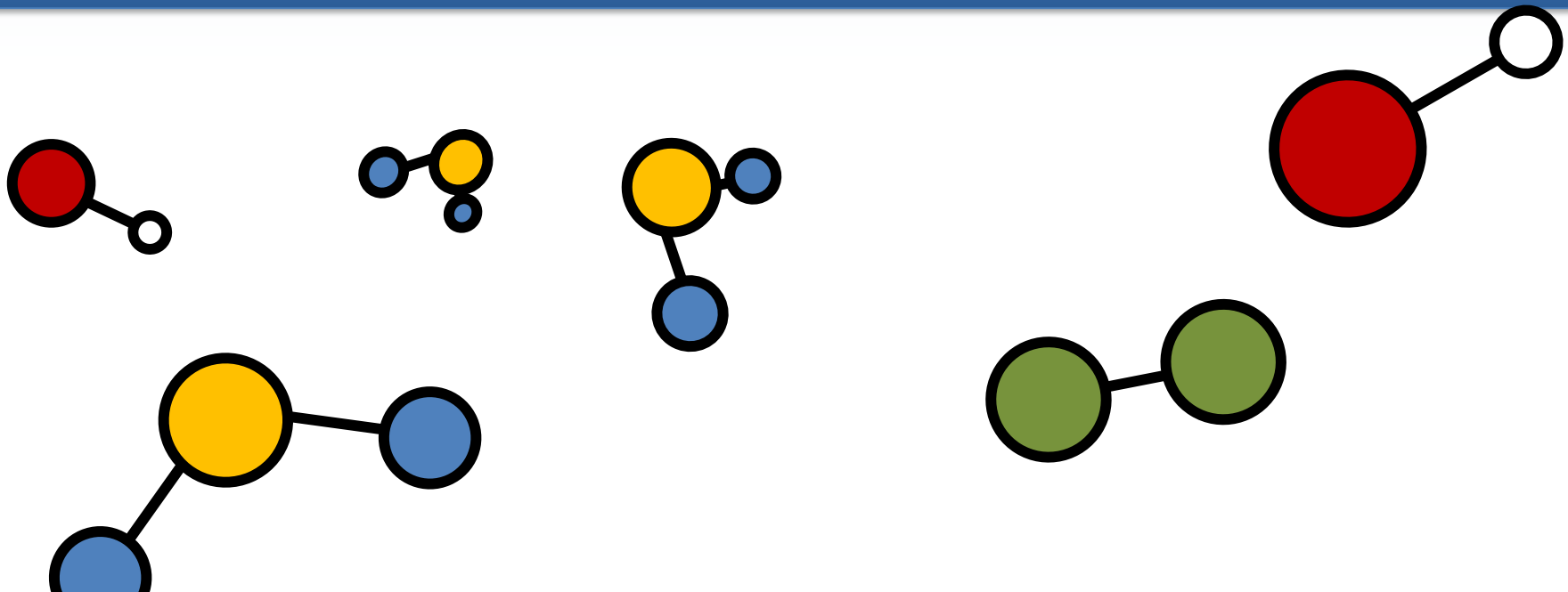




אפקט החממה

מצגת זו נבנתה על בסיס מצגת של מלכה יאיר



אינטראקציה בין
קרינה לחומר



עירור אלקטרוני
ועירור ויברציוני

קרינה אלקטרומגנטית,
אורך גל, תדירות
ומהירות האור

מה זה בכלל
אפקט החממה?

בליעה, פליטה,
החזרה והעברה

הגורמים המשפיעים
על תהליכי החיים

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

מבנה מולקולת המים 

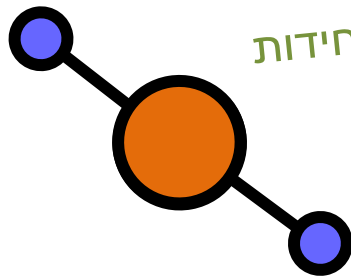
סוג קישור תוך ובינמולקולרי, אלקטרושליליות.

חומרים ואנרגיה: גזים, קרינה אלקטרומגנטית, אנרגיה קינטית ממוצעת ספקטרום, בליעה, העברה

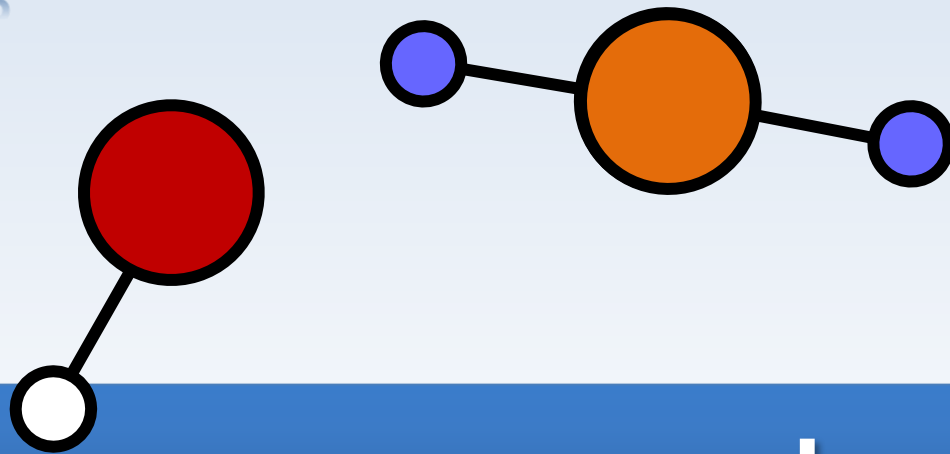
סטיכיומטריה: חישובי ריכוזים, יחידות

מולר (M), יחידות ריכוז ppm,

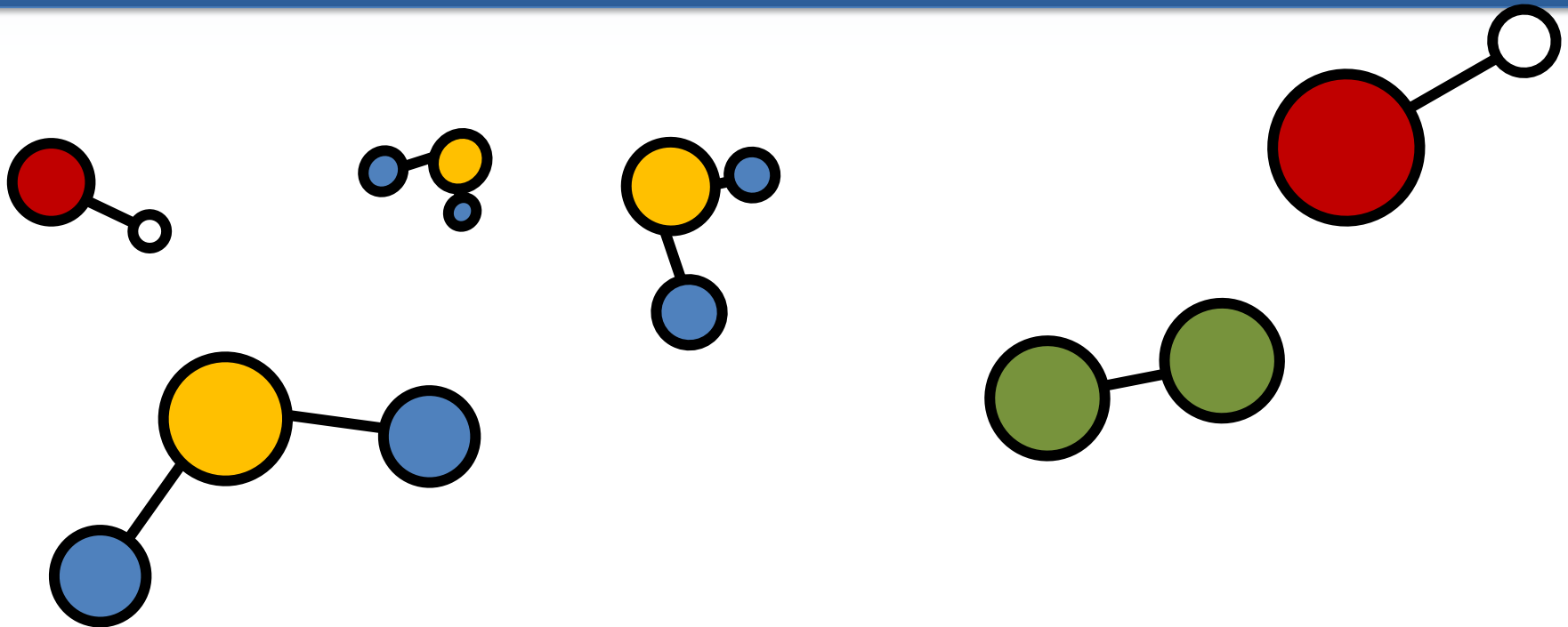
יחידות ריכוז ppb.



אלקטרונים: רמות אנרגיה אלקטרוניות 



קרינה אלקטרומגנטית



מהו גל?

הפרעה המתקדמת במרחב

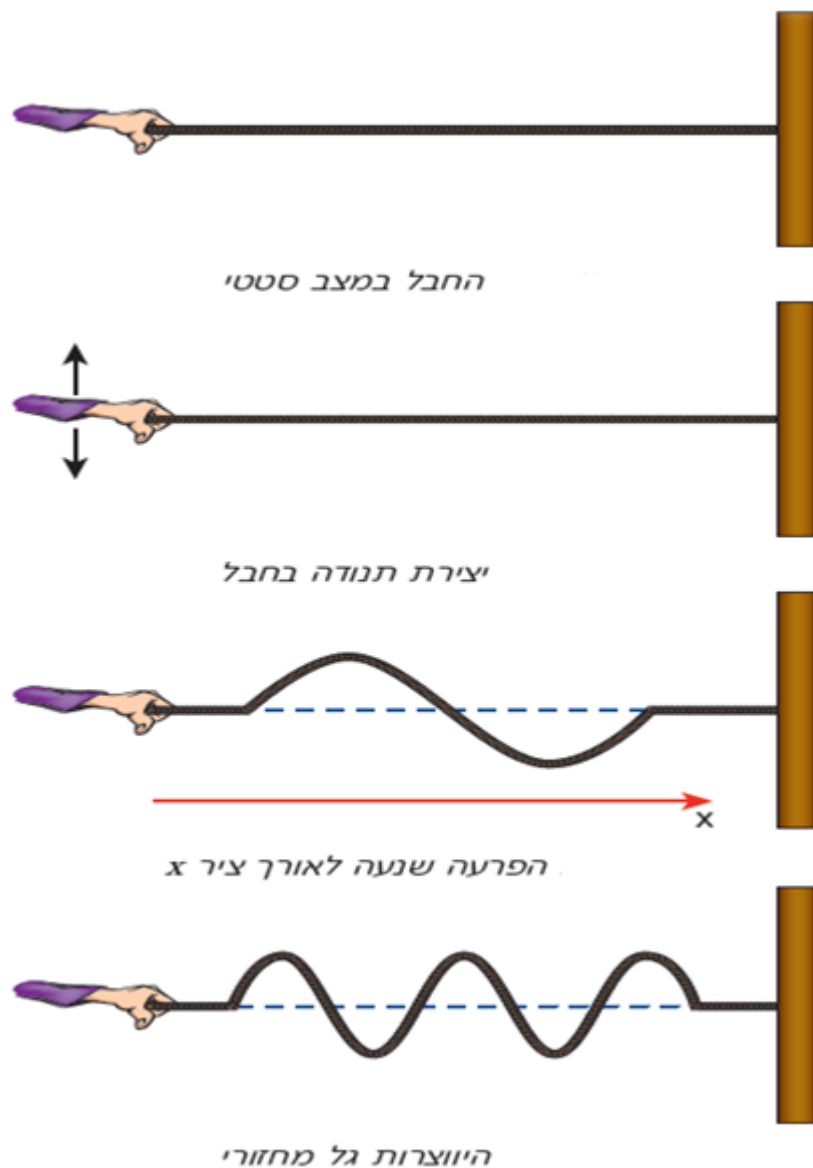
דוגמאות:

דומינו

חבל

מים

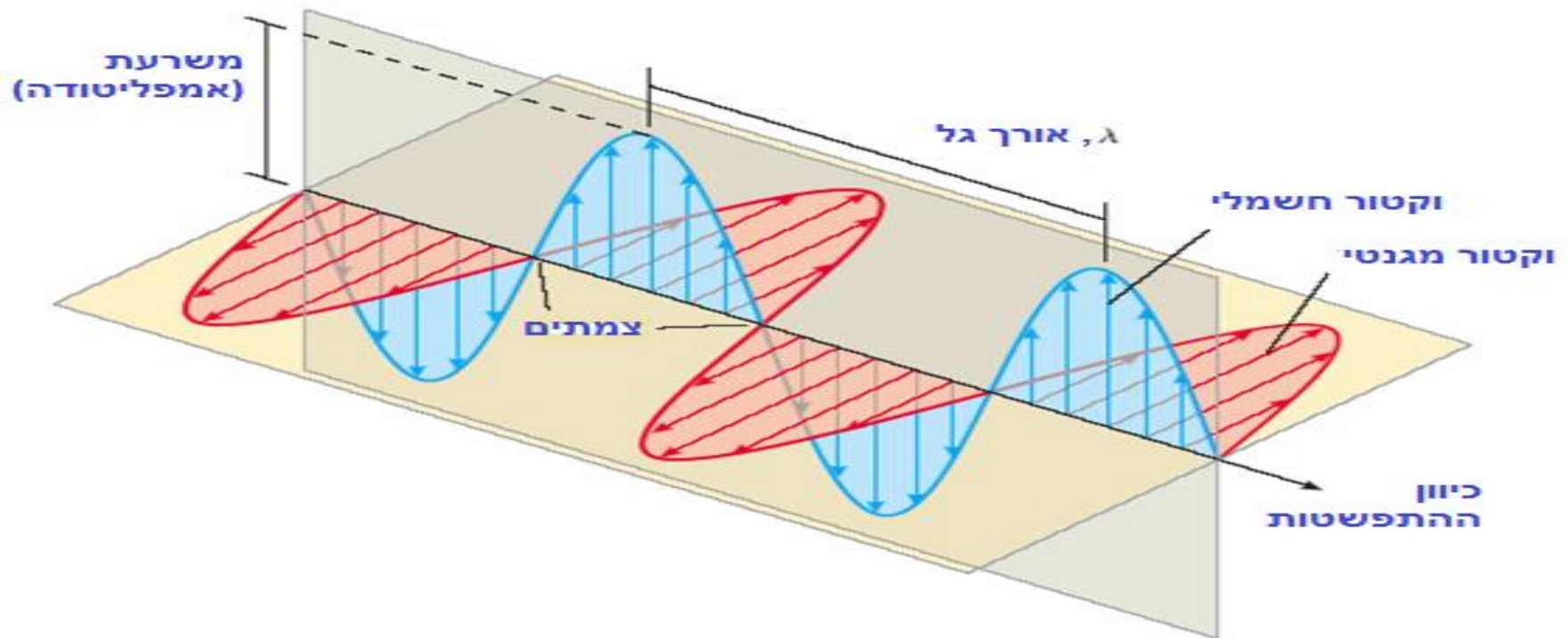
מטען חשמלי מתנודד



אור: קרינה אלקטרומגנטית

הקרינה מתקבלת כתוצאה מתנודה מחזורית של אלקטרונים היוצרים שדה חשמלי. שדה זה יוצר שדה מגנטי.

אנרגיית האור מאופיינת כגל ובריק, מהירות הקרינה האלקטרומגנטית היא **מהירות האור** (3×10^8 מטר בשניה). ניתן לתאר את הקרינה באמצעות ספקטרום.



המודל הדואלי של הקרינה האלקטרומגנטית



האור הוא בעל התנהגות דואלית (דו מצבית), יש לו ביטויי הן כגל והן כחלקיק.

המודל הדואלי של הקרינה האלקטרומגנטית

נאפיין **גלים** על ידי הגדלים הבאים:

λ אורך גל: המרחק בין שני שיאי הגל. נמדד ביחידות אורך (מ-Å לק"מ).

ν תדירות: מספר המחזורים העוברים ביחידת זמן. יחידות: הרץ (1/sec).

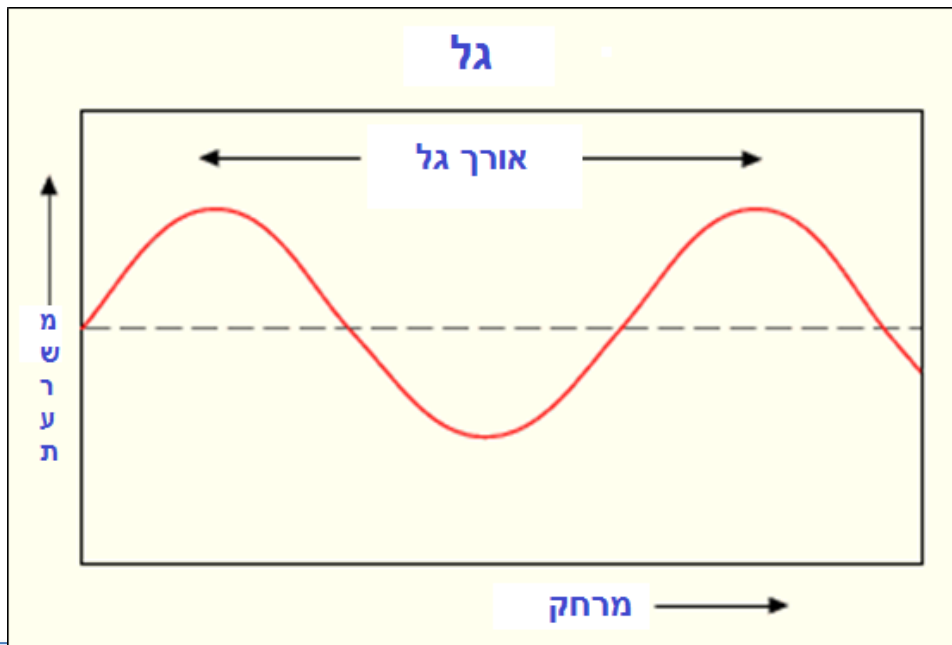
C מהירות האור: 3×10^8 מטר/שניה

נאפיין **חלקיקים** על ידי הגדלים הבאים:

h קבוע פלנק: 6.63×10^{-34} j·sec

E אנרגיה (של פוטון יחיד):

נמדדת ביחידות של j (ג'אול)



הקשר בין תדירות לאורך גל:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

c - מהירות האור, λ - אורך גל, ν - תדירות

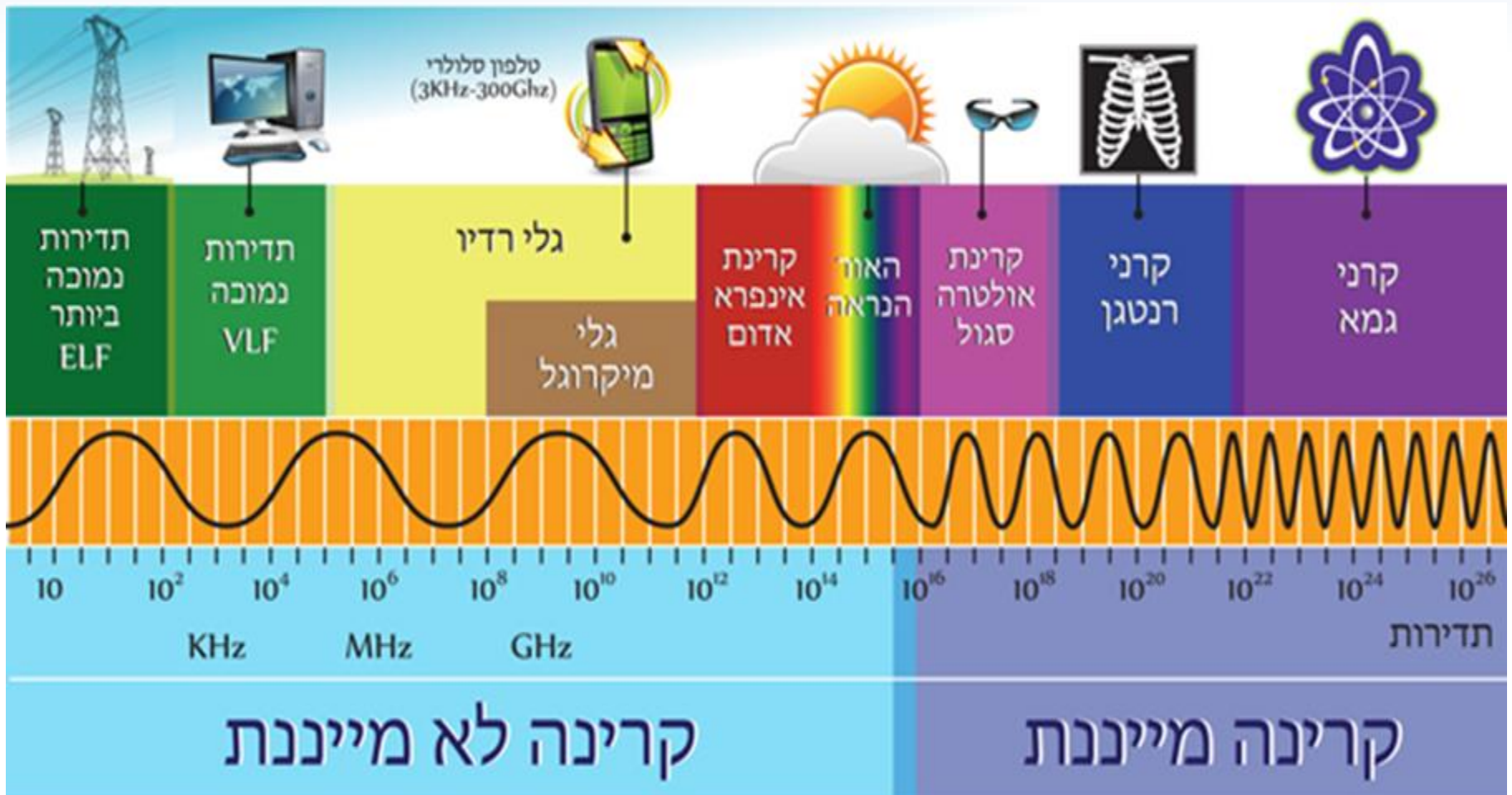
אנרגיית הפוטון:

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$$

h - קבוע פלאנק, E - אנרגיית הפוטון

קיים יחס הפוך בין אורך גל ותדירות ובין אורך גל ואנרגיית הפוטון

הספקטרום האלקטרומגנטי



תדירות עולה ואנרגיית פוטון עולה

הספקטרום האלקטרומגנטי

ככל ש...

אורך הגל גדול

אנרגיית הגל

נמוכה

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$

סוג הקרינה	אורך הגל λ (m)	תדירות ν (Hz)
קרני γ	10^{-14}	10^{22}
	10^{-13}	10^{21}
	10^{-12}	10^{20}
	10^{-11}	10^{19}
קרני X	10^{-10}	10^{18}
	10^{-9}	10^{17}
	10^{-8}	10^{16}
	10^{-7}	10^{15}
אולטרא-סגול	10^{-6}	10^{14}
אור נראה	10^{-5}	10^{13}
אינפרא-אדום	10^{-4}	10^{12}
	10^{-3}	10^{11}
	10^{-2}	10^{10}
	10^{-1}	10^9
גלי מיקרו	10^0	10^8
	10^1	10^7
	10^2	10^6
	10^3	10^5
גלי רדיו	10^4	10^4

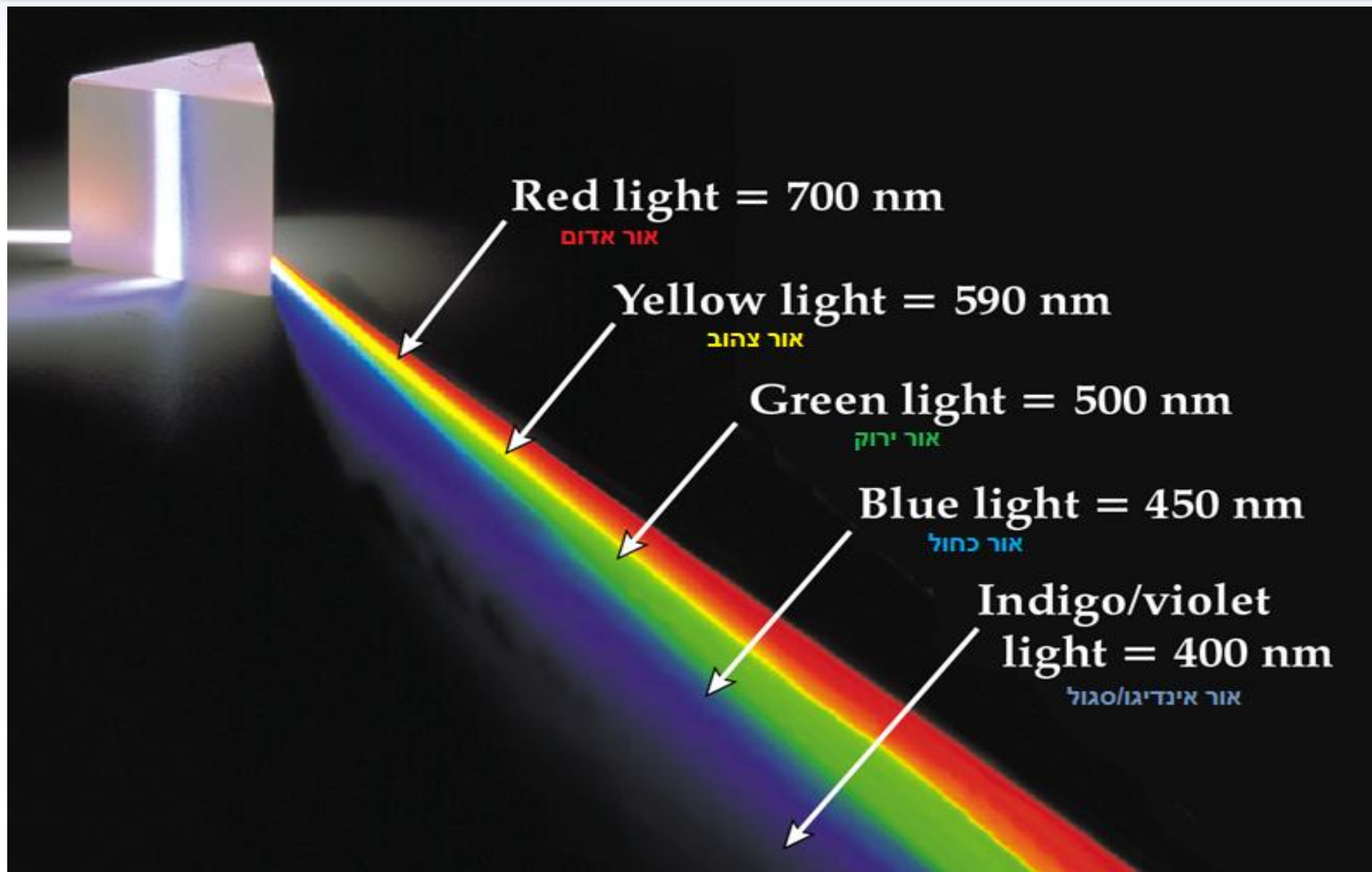
ככל ש...

תדירות גבוהה

אנרגיית הגל

גבוהה

$$E = h \nu$$



האור הנראה הוא חלק מהספקטרום האלקטרומגנטי, ונע בין 400 ננומטרים ל-700 ננומטרים.

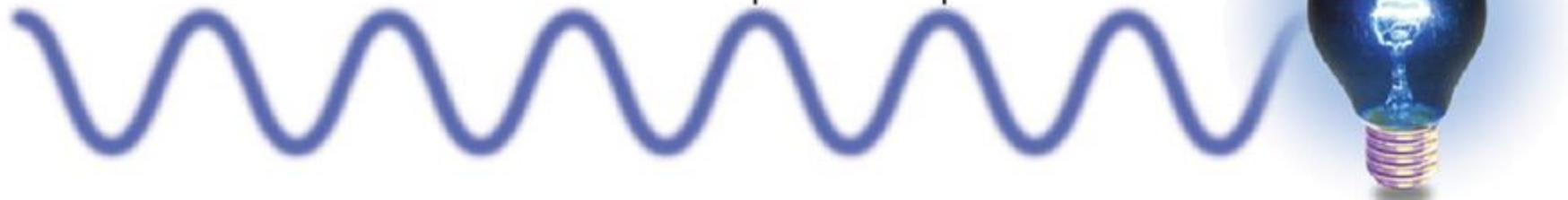
(λ)
לאור אדום יש אורך גל של 700nm

λ
700 nm



לאור סגול יש אורך גל קצר יותר של 400nm

λ
400 nm



שאלה 1

לאיזו קרינה יש את אורך הגל הארוך ביותר?



א. אינפרא-אדום

ב. אולטרא-סגול

ג. קרני X

ד. גלי רדיו

תשובה 1

לאיזו קרינה יש את אורך הגל הארוך ביותר?



ב. אולטרא-סגול

א. אינפרא-אדום

ד. גלי רדיו

ג. קרני X

שאלה 2

לגלים קצרים יש:



א. תדירות גבוהה ואנרגיה נמוכה

ב. תדירות גבוהה ואנרגיה גבוהה

ג. תדירות נמוכה ואנרגיה נמוכה

ד. תדירות נמוכה ואנרגיה גבוהה

תשובה 2

לגלים קצרים יש:



א. תדירות גבוהה ואנרגיה נמוכה

ב. תדירות גבוהה ואנרגיה גבוהה

ג. תדירות נמוכה ואנרגיה נמוכה

ד. תדירות נמוכה ואנרגיה גבוהה

שאלה 3

מהו אורך הגל אם יש לו תדירות של 91.8 MHz (מגה הרץ = מיליון הרץ)?

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

תשובה 3

מהו אורך הגל אם יש לו תדירות של 91.8 MHz (מגה הרץ = מיליון הרץ)?

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{sec}}{91.8 \times 10^6 \frac{1}{sec}} = 0.0327 \times 10^2 m = 3.27 m$$

שאלה 4

אורך הגל של פוינטר לייזר הוא 663 ננומטר.
מהי התדירות של אורך גל זה?

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

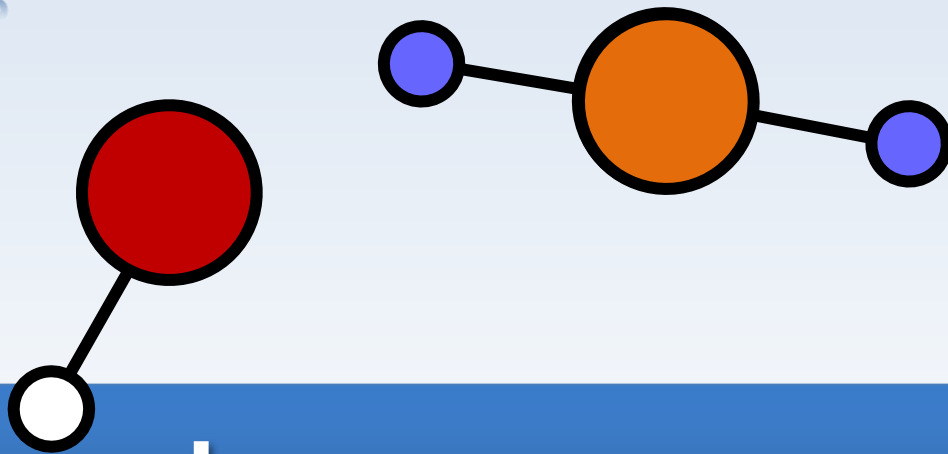
תשובה 4

אורך הגל של פוינטר לייזר הוא 663 ננומטר.
מהי התדירות של אורך גל זה?

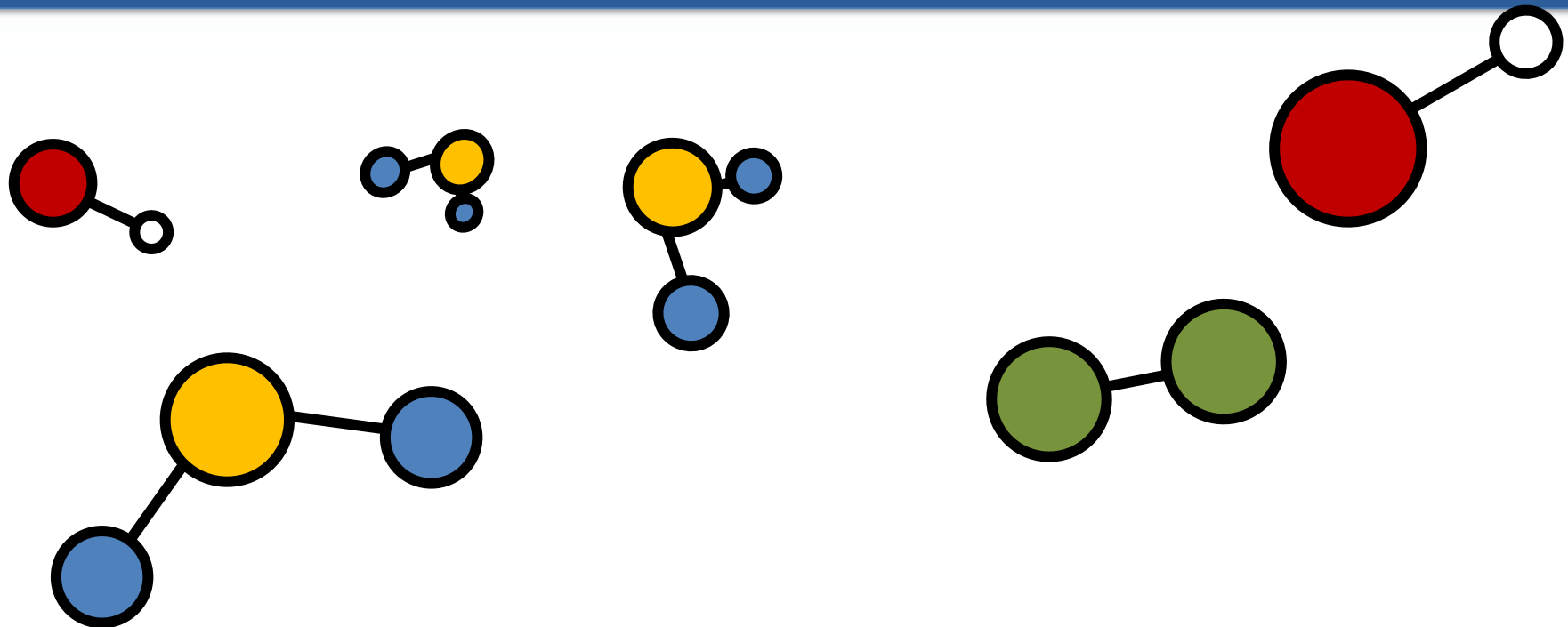
$$\nu = \frac{c}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = 663 \times 10^{-9} \text{ m} = 6.63 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\nu = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{6.63 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4.52 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

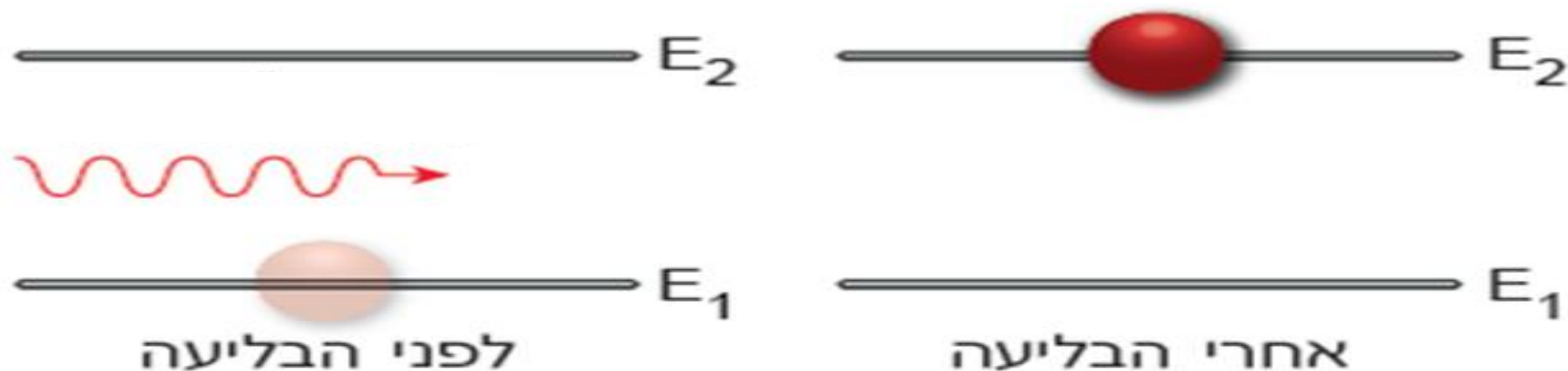


אינטראקציה בין אור לחומר



בזמן בליעת פוטון בעל אנרגיה ספציפית על ידי חומר, מתרחש **עירור** **אלקטרוני**. בתהליך זה אלקטרון עובר מרמת האנרגיה היסודית E_1 (רמת היסוד), לרמה בעלת אנרגיה גבוהה יותר E_2 (רמה מעוררת). **אנרגיית הפוטון הנבלע שווה להפרש האנרגיות** בין שתי הרמות שביניהן עבר האלקטרון $(E_2 - E_1)$.

בליעה



ההפרש בין שני המצבים שווה
לאנרגיה של הפוטון הנבלע

$$h\nu = E_2 - E_1$$

E - מצב אנרגטי



M - המערכת במצב הנמוך (E_1)

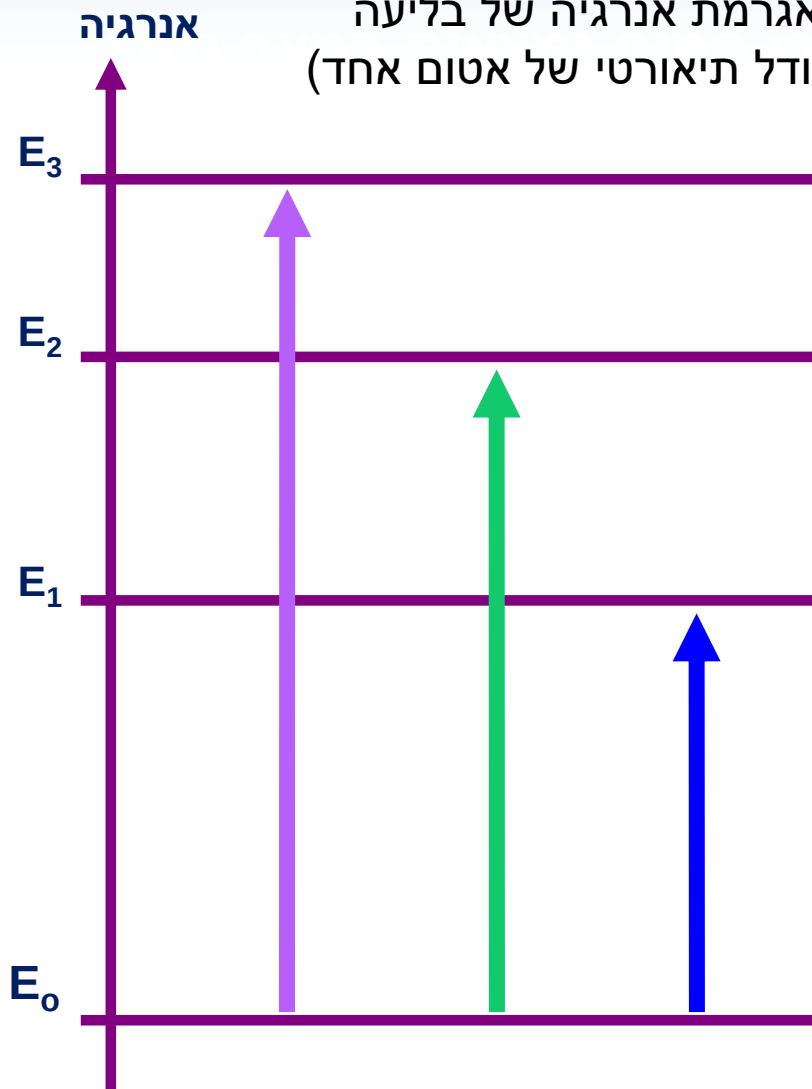
$$E_1 + h\nu = E_2$$

M^* - המערכת במצב המעורר (E_2)

כאשר מתעדים את אורכי הגל הנבלעים על ידי חומר כלשהו, מרמות אנרגיה נמוכות לגבוהות, מקבלים את **ספקטרום הבליעה** של החומר. את ספקטרום הבליעה אפשר לשרטט בעזרת מכשור מתאים (ספקטרופוטומטר) הרושם את עצמת הקרינה הנבלעת כתלות באורכי הגל (או התדירות).

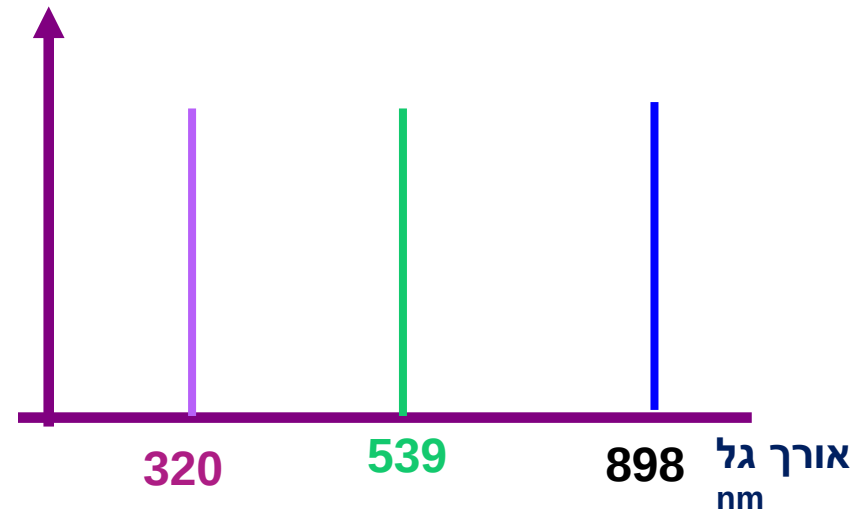
אינטראקציה בין קרינה לחומר: בליעה

דיאגרמת אנרגיה של בליעה
(מודל תיאורטי של אטום אחד)

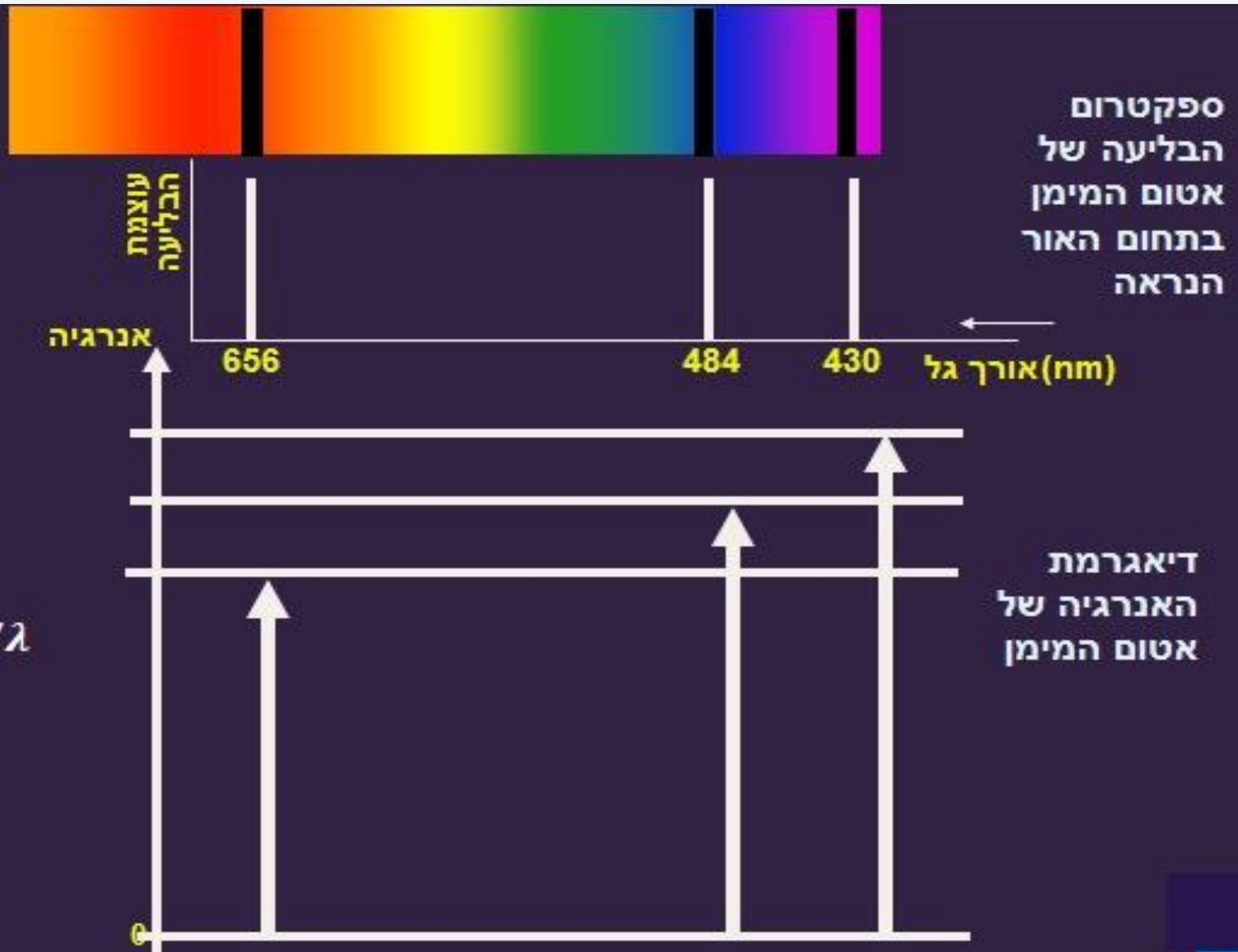


ספקטרום הבליעה - תוצאה ניסיונית
(כאשר הרבה מאוד אטומים עוברים ערור)

עוצמת
בליעה



ספקטרום הבליעה של אטום מימן

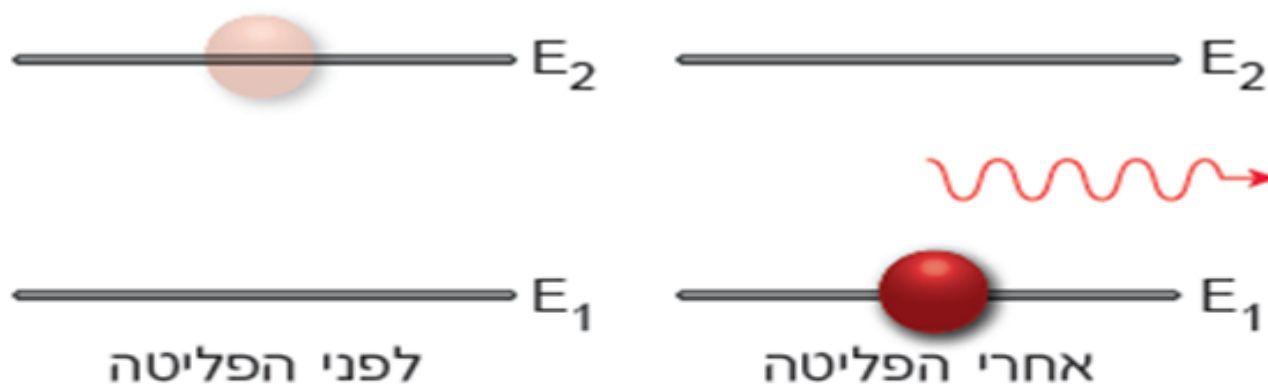


נצפה בסרטון



<https://www.youtube.com/watch?v=NEUbBAGw14k> צבעי להבה

פליטה ספונטנית



מצב מעורר אינו יציב

לפני אחרי



$$E_2 = E_1 + h\nu$$

בתהליך הפליטה הספונטנית הקרינה
נפלטת באופן שווה לכל הכיוונים

העירור ראשוני נעשה
בעת הדלקת הנורה
(חשמלי) או חימום
מלחים בלהבה

ספקטרום הפליטה של אטום מימן באור הנראה



ספקטרום הפליטה של אטום מימן באור הנראה



ספקטרום
הבליעה של
אטום ההליום
בתחום האור
הנראה



ספקטרום
הפליטה של
אטום ההליום
בתחום האור
הנראה

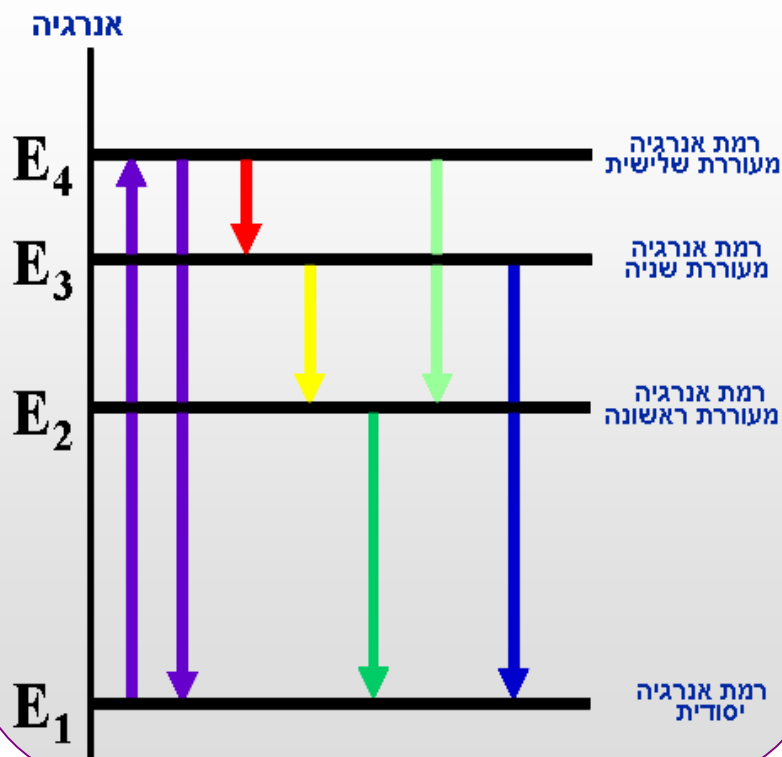
$$E = hc/\lambda$$

איך יודעים שיש מים במאדים או שהשמש מורכבת ממימן והליום בעיקר?

שאלה 1

איזה מעבר אלקטרוני יגרום לפליטה של הקרינה בעלת אורך הגל הארוך ביותר?

דיאגרמת רמות אנרגיה



א. מעבר בין E_3 ל- E_1

ב. מעבר בין E_4 ל- E_2

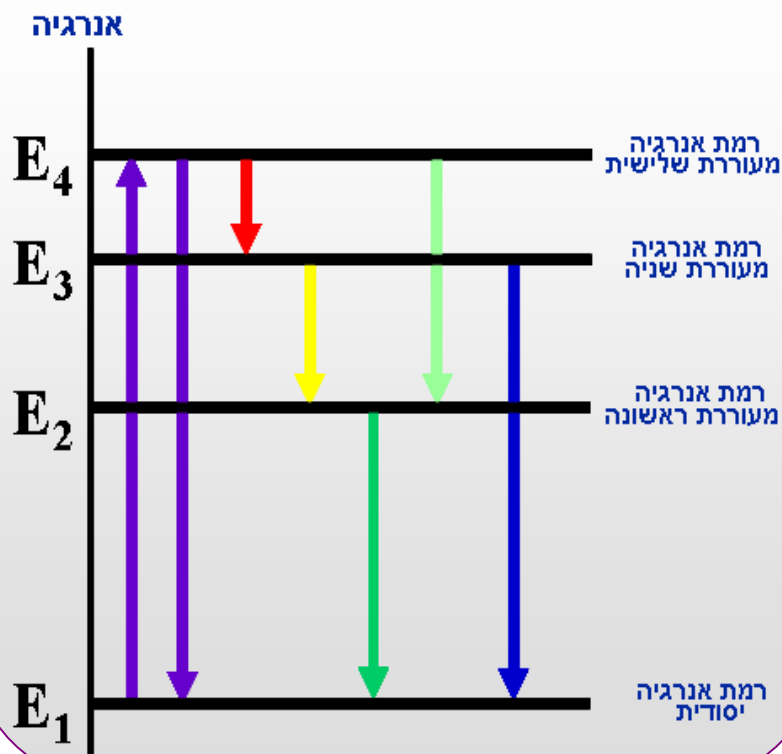
ג. מעבר בין E_2 ל- E_1

ד. מעבר בין E_4 ל- E_3

תשובה 1

איזה מעבר אלקטרוני יגרום לפליטה של הקרינה בעלת אורך הגל הארוך ביותר?

דיאגרמת רמות אנרגיה



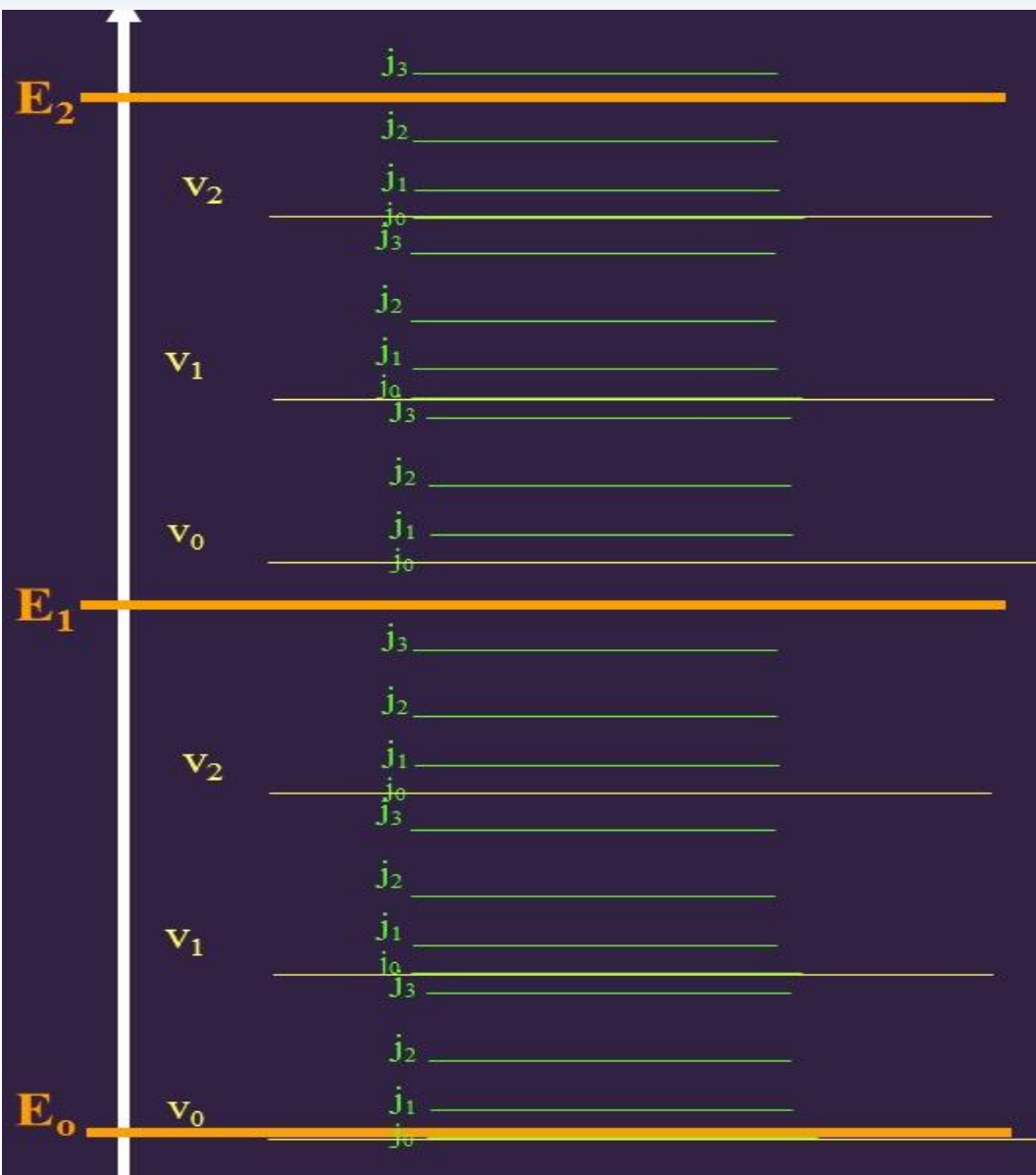
א. מעבר בין E_3 ל- E_1

ב. מעבר בין E_4 ל- E_2

ג. מעבר בין E_2 ל- E_1

ד. מעבר בין E_4 ל- E_3

סוגי רמות אנרגיה אלקטרוניות במולקולה

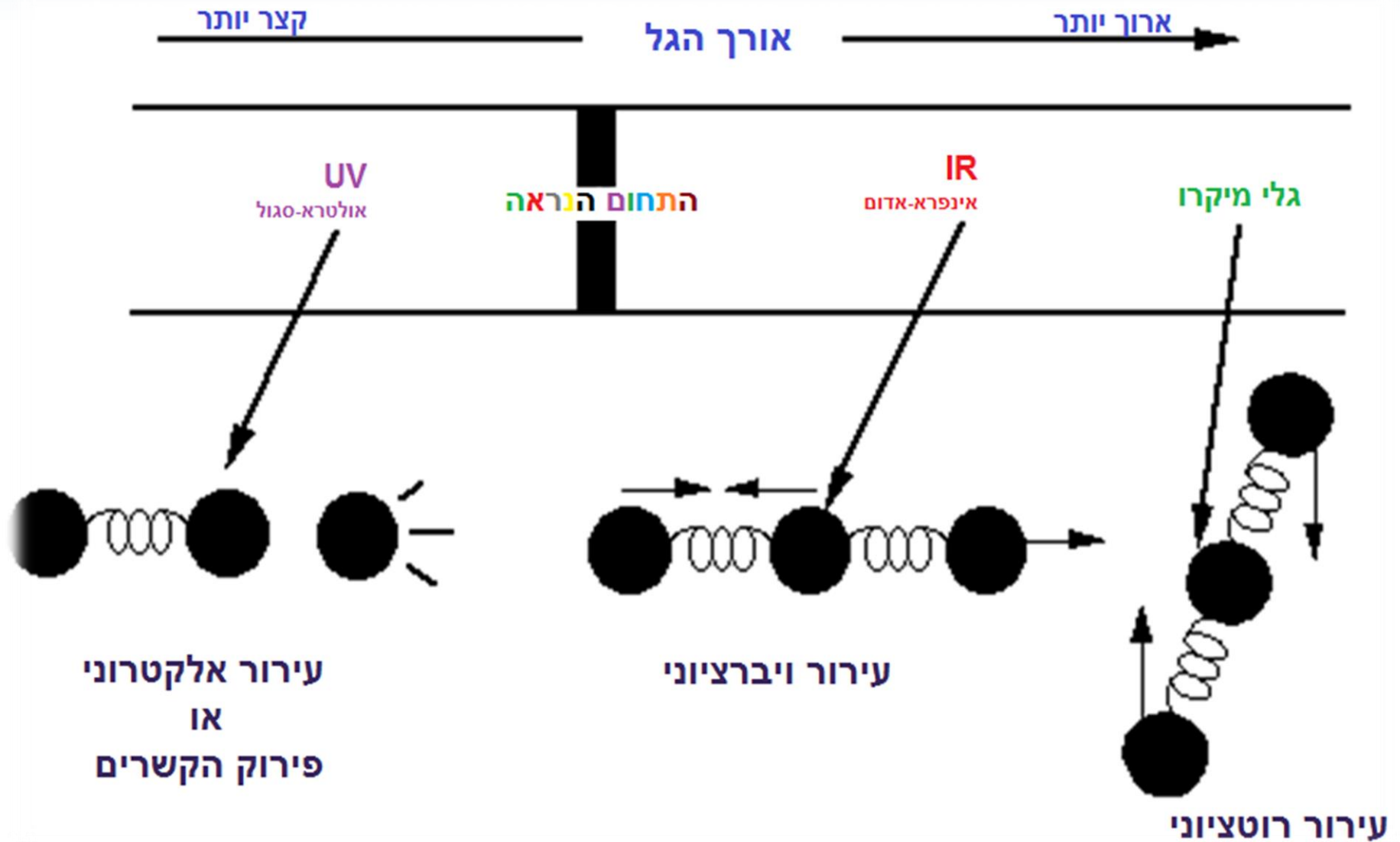


רמות אנרגיה
אלקטרוניות

רמות אנרגיה
ויברציוניות

רמות אנרגיה
רוטציוניות

השפעת אורך הגל על העירור ברמה המולקולרית



האור הלבן המגיע מן השמש או מן הנורות מורכב מכל צבעי הקשת. כאשר מעבירים את האור הלבן דרך מנסרה או סריג, מתקבלים כל אורכי הגל בתחום הנראה, מן הסגול עד האדום.

כדי לראות גופים צבעוניים צריך מקור אור. בלי מקור אור הכל נראה שחור.

גוף שחור - בולע את כל אורכי הגל באור הנראה. שחור אינו צבע, הוא מחסור באור הנראה על רקע צבעים אחרים.

גוף לבן אטום – מחזיר את כל גלי האור הנראה המתורגמים במוחינו לצבע לבן.



גוף שקוף חסר צבע – מעביר ומחזיר את כל גלי באור נראה

גוף צבעוני שקוף – מעביר ומחזיר את הגלים באורכי הגלים המתאימים לצבע הנראה שלו.

גוף צבעוני אטום – אינו מעביר גלי אור בתחום הנראה.
הוא בולע חלק מגלי האור ומחזיר גלי אור המאפיינים את הצבע שלו.



ספקטרום הבליעה של חומר אטום (לבן או שחור)



חפצים צבעוניים מכילים חומר שנקרא **צבען** (פיגמנט) הבולע חלק מאורכי הגל בתחום הנראה. כאשר האור פוגע בחפץ כלשהו, הצבען בולע חלק מאורכי הגל. אורכי הגל בתחום הנראה שאינם נבלעים מפוזרים לכל הכיוונים ומגיעים גם לעינינו. **אנו רואים את החפץ בצבע המתאים לאורכי הגל שפוזרו והגיעו לעינינו.**



כך נראה כדור הארץ
מן החלל -

**מהו המרכיב העיקרי
הנראה בתמונה?**



כך נראה כדור הארץ
מן החלל -

מהו המרכיב העיקרי
הנראה בתמונה?

מים!



האטמוספירה

שכבת הגזים בעובי
עד 1000 ק"מ

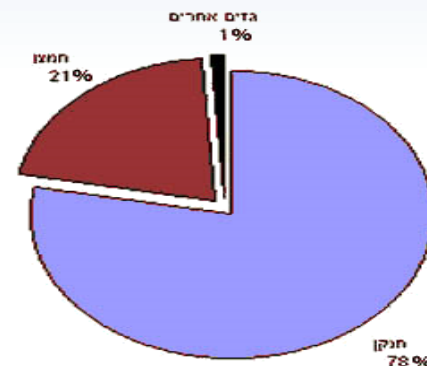
רוב החומר נמצא בשכבה
מתחת לגובה 25 ק"מ

כדור הארץ מוקף מעטה של גזים הקרוי אטמוספירה

78% מהאוויר זהו גז החנקן

21% מהאוויר זהו גז החמצן

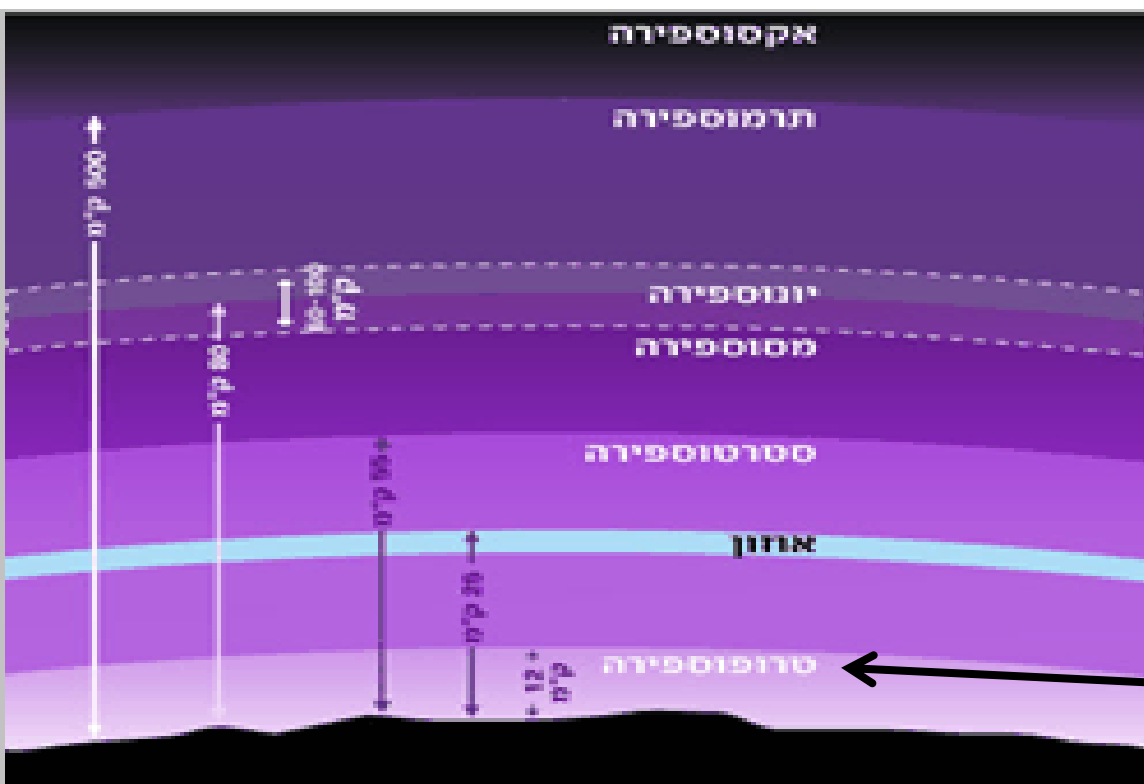
1% גזים שונים וביניהם פחמן דו-חמצני



75% מגזי האטמוספירה נמצאים בגובה של עד 11 ק"מ מעל פני הים.

האטמוספירה מחולקת לכמה שכבות (בתמונה)

אפקט החממה מתרחש בטרופוספירה



אפקט החממה הוא התהליך שבו הגזים באטמוספירה לוכדים ומחזירים חלק גדול מהקרינה שהשמש שולחת לכדור הארץ.

בגלל חילוף האנרגיה הקבוע והדינאמי בין כדור הארץ, האטמוספירה שלו והחלל, נוצר מצב של **שיווי משקל**, שבאמצעותו נשמרת הטמפרטורה על פני כדור הארץ.

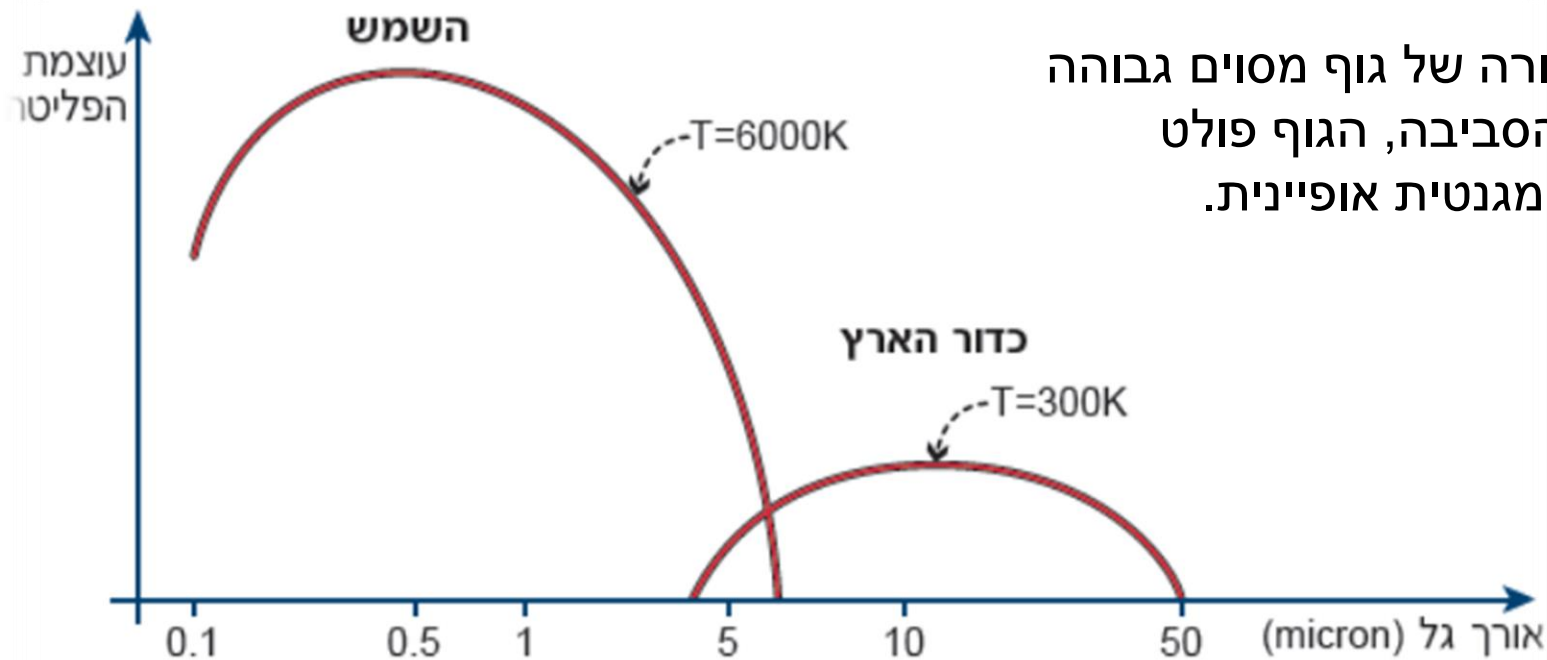
'שיווי משקל' זה, הוא תהליך רצוי שמאפשר חיים על פני כדור הארץ.



כדור הארץ שלנו היה יכול להפוך לכדור קרח ללא גזי החממה באטמוספירה.

סוגי הקרינה הנפלטים מהשמש

סוג הקרינה	טווח אורכי הגל של הקרינה (מ')
אינפרא-אדום	$7.8 \cdot 10^{-7} - 10^{-3}$
אור נראה	$3.9 \cdot 10^{-7} - 7.8 \cdot 10^{-7}$
אולטרא סגול	$6 \cdot 10^{-10} - 3.9 \cdot 10^{-7}$

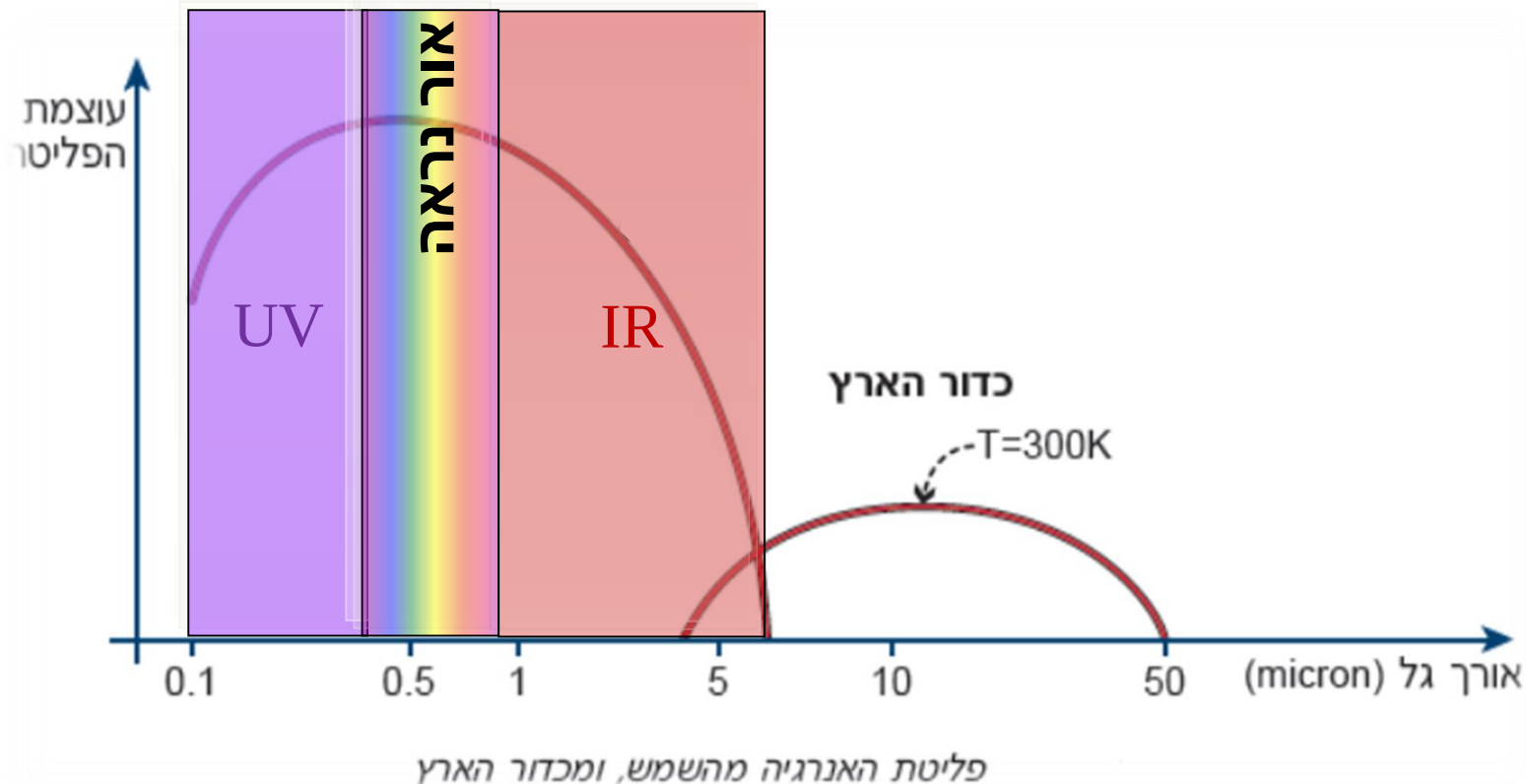


פליטת האנרגיה מהשמש, ומכדור הארץ

כאשר טמפרטורה של גוף מסוים גבוהה מטמפרטורת הסביבה, הגוף פולט קרינה אלקטרומגנטית אופיינית.

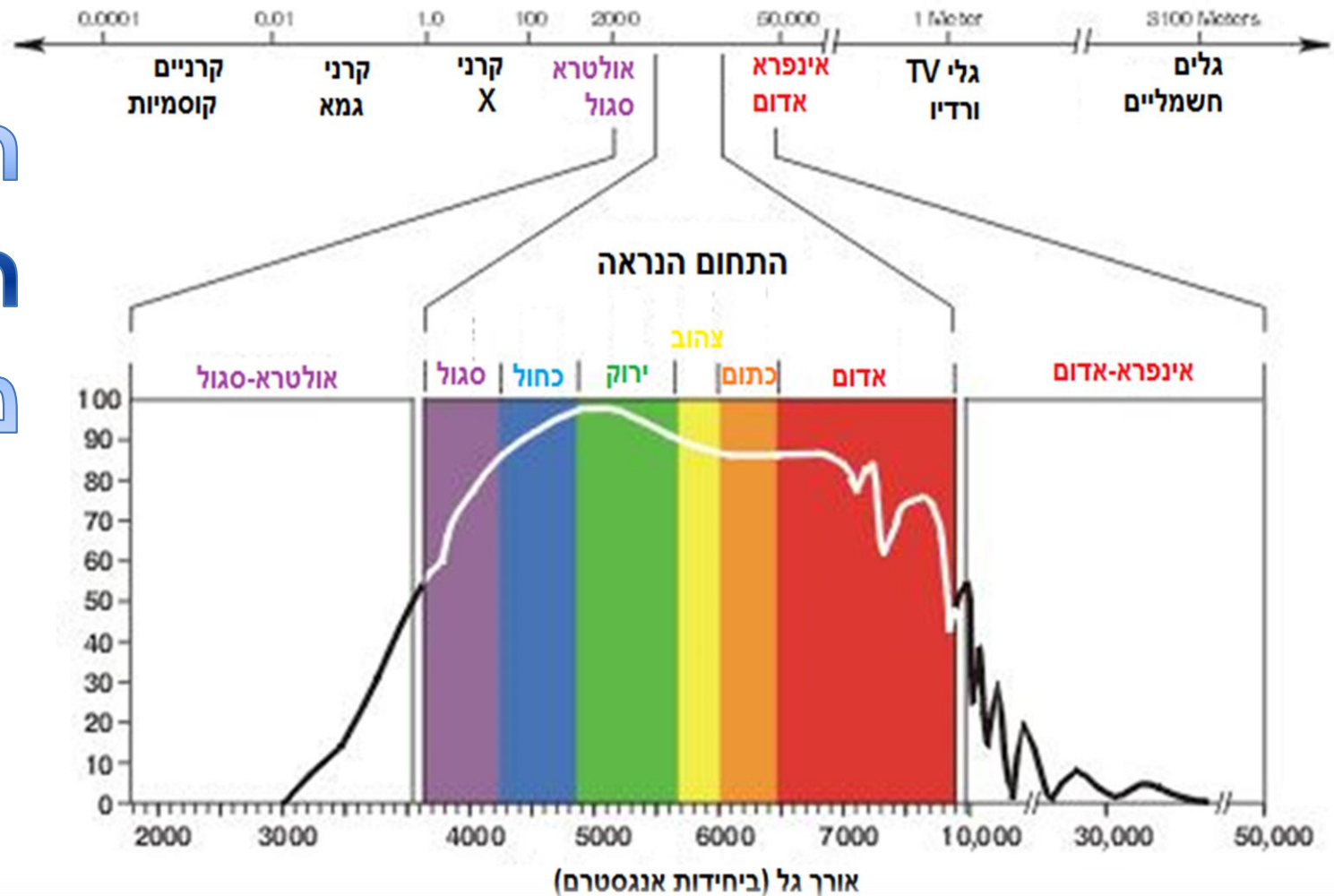
סוגי הקרינה הנפלטים מהשמש

טווח אורכי הגל של הקרינה (מיקרון)		טווח אורכי הגל של הקרינה (מטר)	סוג הקרינה
0.78-1000	$7.8 \cdot 10^{-1} - 10^3$	$7.8 \cdot 10^{-7} - 10^{-3}$	אינפרא-אדום
0.39-0.78	$3.9 \cdot 10^{-1} - 7.8 \cdot 10^{-1}$	$3.9 \cdot 10^{-7} - 7.8 \cdot 10^{-7}$	אור נראה
0.0006-0.39	$6 \cdot 10^{-4} - 3.9 \cdot 10^{-1}$	$6 \cdot 10^{-10} - 3.9 \cdot 10^{-7}$	אולטרא סגול



סוגי הקרינה הנפלטים מהשמש

הספקטרום האלקטרומגנטי

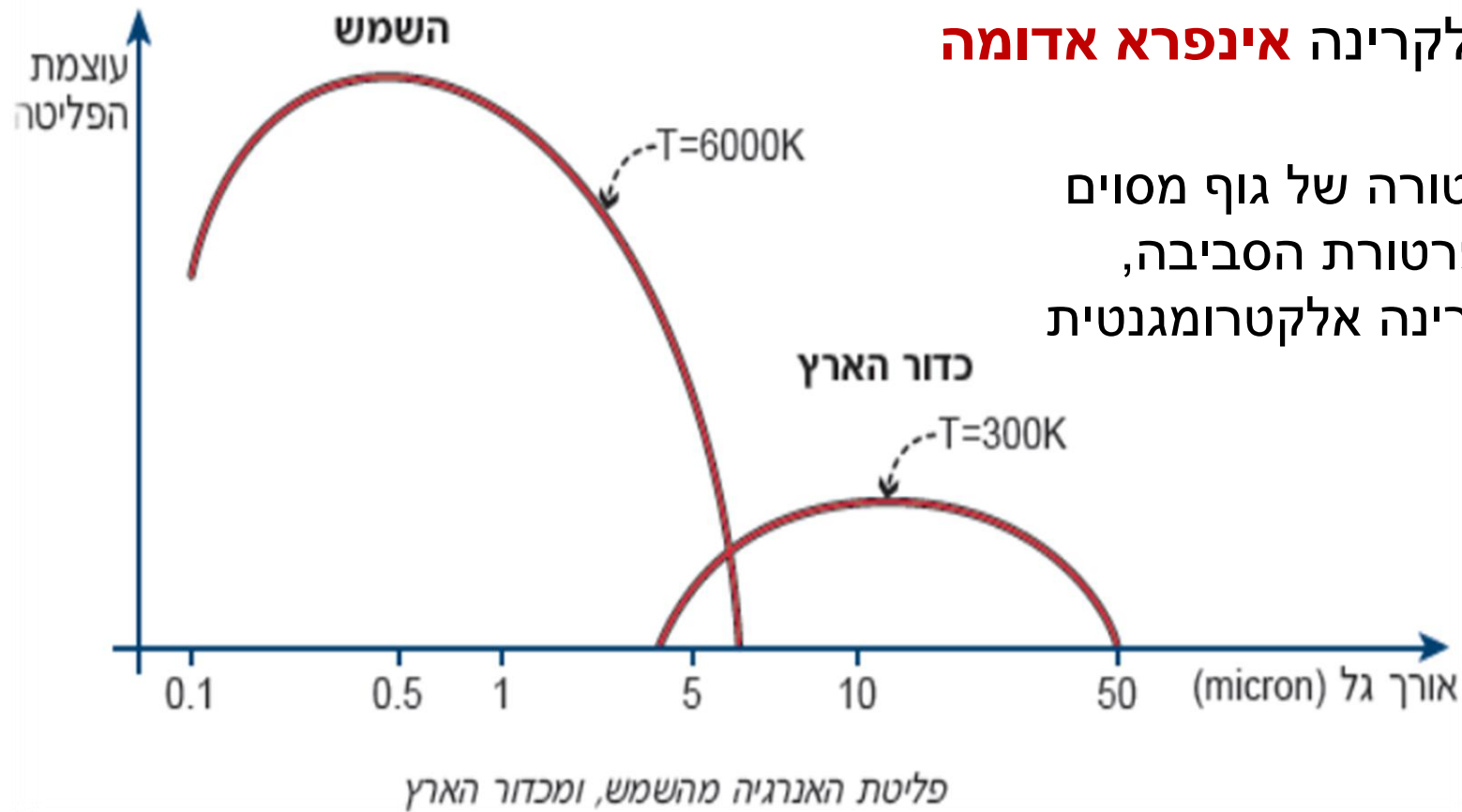


הקרינה
הנפלטת
מהשמש

סוגי הקרינה הנפלטת מכדור הארץ לחלל

כדור הארץ פולט את מרבית האנרגיה שהוא קלט באורכי גל המתאימים לקרינה **אינפרא אדומה**

כאשר טמפרטורה של גוף מסוים גבוהה מטמפרטורת הסביבה, הגוף פולט קרינה אלקטרומגנטית אופיינית.



1 מיקרון = 10^{-6} מטר

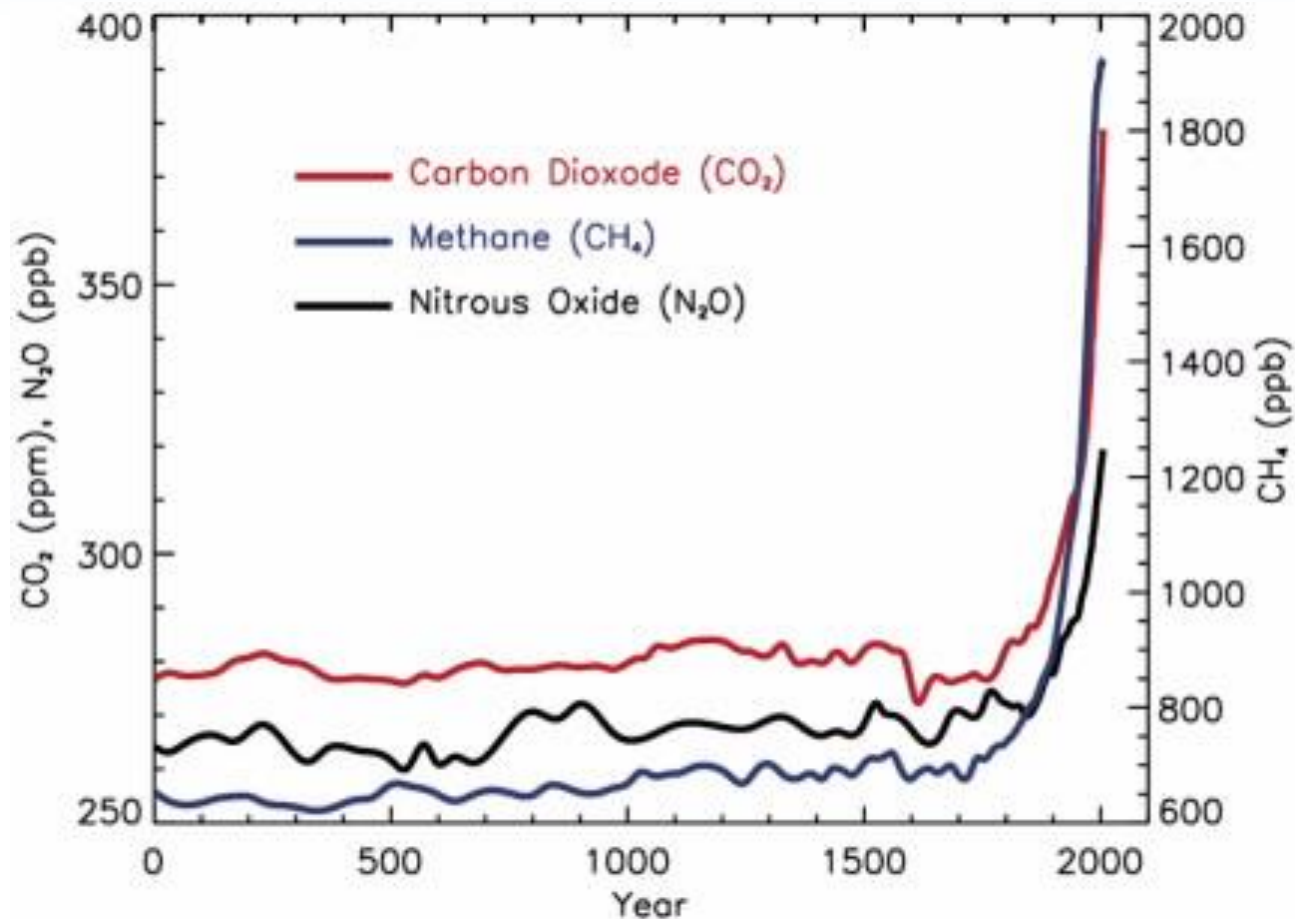
הגזים העיקריים האחראיים לאפקט החממה וריכוזם

שני גזים הנמצאים באטמוספירה ותורמים בעיקר לאפקט החממה הטבעי והם **אדי המים $H_2O_{(g)}$ ופחמן דו חמצני $CO_{2(g)}$** . אדי המים מגיעים לאטמוספירה עקב אידוי של ימים ואוקיאנוסים.

לפחמן דו חמצני יש שני מקורות: טבעי ומלאכותי. באופן טבעי $CO_{2(g)}$ נוצר בתהליך הנשימה ובאופן מלאכותי הוא נוצר בתהליכי שריפה של סוגי דלק שונים.

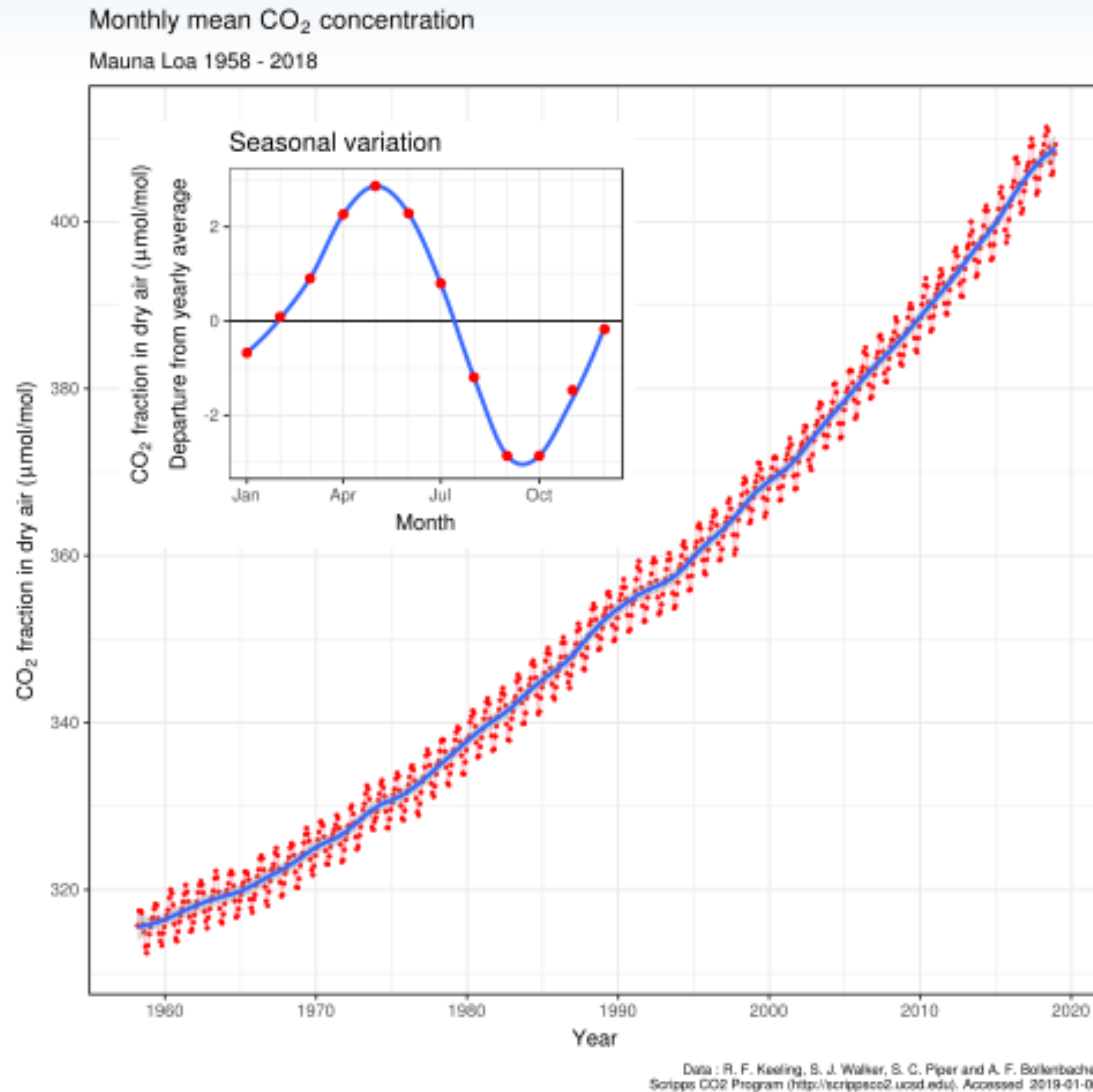
תקופה	$CO_{2(g)}$	$CH_4(g)$	$N_2O_{(g)}$
ריכוז לפני המהפכה התעשייתית	220ppm	0.70 ppm	0.28 ppm
ריכוז בשנת 2000	370 ppm	1.8 ppm	0.31 ppm
קצב שינוי הריכוז	1.5 ppm/שנה	0.010 ppm/שנה	0.0008 ppm/שנה
זמן החיים באטמוספירה	200-5 שנים*	12 שנים	114 שנים

שינוי ריכוז גזי חממה לאורך שנים



Source: Figure 1, FAQ 2.1, IPCC Fourth Assessment Report (2007), Chapter 2

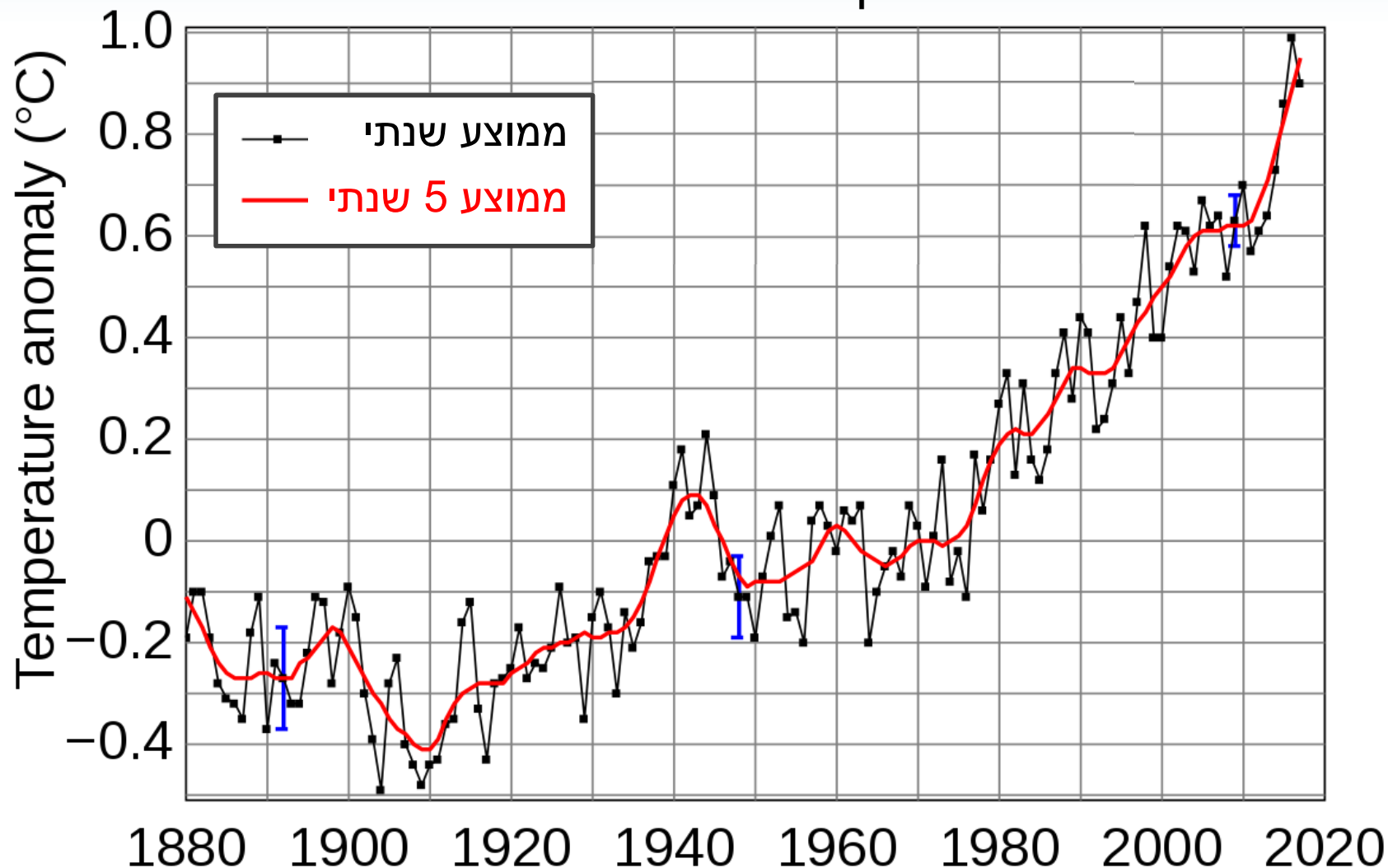
שינוי ריכוז פד"ח לאורך שנים



By Delorme - Own work. Data from Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL and Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography.
, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40636957>

שינוי הטמפרטורה באטמוספירה לאורך השנים

Global Land-ocean Temperature Index



By NASA Goddard Institute for Space Studies - <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24363898>

שינוי הטמפרטורה באטמוספירה לאורך השנים

אפקט החממה

חלק מאור השמש הפוגע בכדור"א מוחזר, וחלקו הופך לחום

פד"ח וגזי חממה אחרים כולאים את החום ושומרים על כדור"א חם

אטמוספירה

ATMOSPHERE

טביעת כף רגל פחמנית (Carbon Footprint) היא מדד המעריך את ההשפעה של כל פעילות אנושית על תופעת שינוי האקלים. המדד מתייחס לכמות גזי החממה הנפלטים כתוצאה מפעילות אנושית כגון תחבורה, תעשייה ושימוש בחשמל. הגזים הנפלטים מצטברים באטמוספירה ויוצרים את אפקט החממה.

ניתן לחשב את טביעת כף הרגל פחמנית עבור חברה, אירוע, מוצר, מדינה או אדם.

טביעת רגל פחמנית היא אחת משש טביעות רגל המרכיבות את **טביעת הרגל האקולוגית**, מדד המנסה לכמת ולהגדיר את שטח האדמה והמים הנדרש על מנת לספק את הצרכים ולקלוט את חומרי הפסולת של אוכלוסייה בעלת אורח חיים נתון.



הפחתה של טביעת הרגל הפחמנית

כדי לצמצם את ההשלכות של שינויי אקלים ולהתייעל בשימוש במשאבים נוקטים בעולם בפעולות ותוכניות להפחתת פליטות גזי חממה שמטרתן לצמצם את ההשפעה האנושית על פליטות גזי חממה, בעיקר על ידי צמצום שריפת דלקים מאובנים והטמעת תהליכי התייעלות אנרגטית.



הפחתה של טביעת הרגל הפחמנית

ממשלת ישראל אישרה ב-2016 את התכנית הלאומית להפחתת פליטות גזי חממה ולהתייעלות אנרגטית.

בין הפעולות להפחתת פליטות גזי החממה ניתן למצוא:

מעבר לאנרגיה מתחדשת (אנרגיה סולארית או אנרגיית רוח)

שימוש יעיל יותר בדלקים פוסיליים בתהליכי ייצור תעשייתיים או בייצור חשמל

שיפור הבידוד במבנים כדי להתייעל אנרגטית

החלפת גזי מזגנים ומקררים בגזים

שאינם גזי חממה

בנוסף לתרומה להפחתת פליטת גזי חממה

התייעלות אנרגטית צפויה להביא לחיסכון

של כ- 30 מיליארד שקל למשק הישראלי



מה אנחנו יכולים לעשות?

כל אחד מאיתנו יכול לסייע בהפחת פליטת גזי חממה:

שימוש מושכל בחשמל

צמצום שימוש במזגן

הליכה ורכיבה באופניים כשאפשר

הפחתה של זריקת מזון

צמצום צריכת בשר

נטיעת עצים וצמחים

מחזור, ושימוש מחדש



קרינה אלקטרומגנטית, אור כגל וכחלקיק 

אורך גל, תדירות, אנרגיית האלקטרון, קבוע פלאנק, מהירות האור והקשר ביניהם 

אינטראקציה בין קרינה לחומר: בליעה ופליטה וספקטרום בליעה ופליטה של מימן 

עירור אלקטרוני, ויברציוני ורוטציוני, מעברים בין רמות אלקטרוניות 

כדור הארץ, אטמוספירה, אפקט החממה והתחממות גלובאלית 