

ΑΤΟΜΟ

Η συνηθισμένη ύλη δομείται από τρία σωματίδια:

Ηλεκτρόνιο [φορτίο $-e \cong -1.602 \times 10^{-19}\text{C}$, μάζα $m_e \cong 9.109 \times 10^{-31}\text{Kgr}$]

Πρωτόνιο [φορτίο e , μάζα $m_p \cong 1.673 \times 10^{-27}\text{Kgr}$]

Νετρόνιο [φορτίο 0 , μάζα $m_n \cong 1.675 \times 10^{-27}\text{Kgr}$]

Τα σωματίδια αυτά συνθέτουν τις βασικές μονάδες ύλης, **τα άτομα**, οι ιδιότητες των οποίων σε μικροσκοπική κλίμακα καθορίζουν (είναι άρηκτα συνδεδεμένες με) τις μακροσκοπικές ιδιότητες όλων των υλικών του κόσμου μας.

Μερικά βασικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν τον κόσμο των «ατόμων»

Μάζα: 1.67×10^{-27} to 4.52×10^{-25} **kg**

Ηλεκτρικό φορτίο: μηδέν (ουδέτερο άτομο), ή όσο το φορτίο
ιόντος για φορτισμένο άτομο

Διάμετρος: 62 **pm** (**He**) to 520 pm (**Cs**)

Παράδειγματα τα άτομα Au & Li

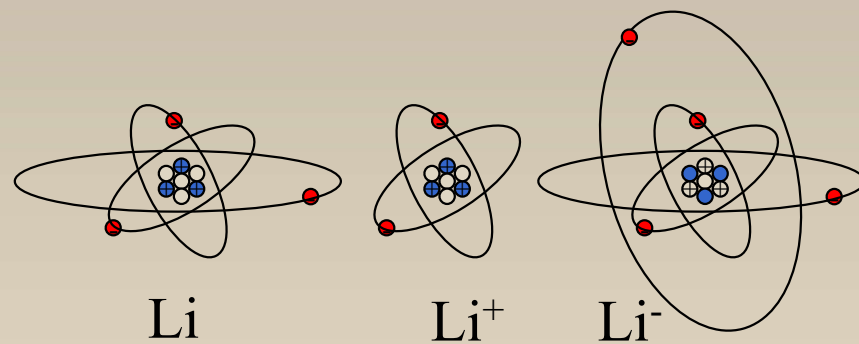
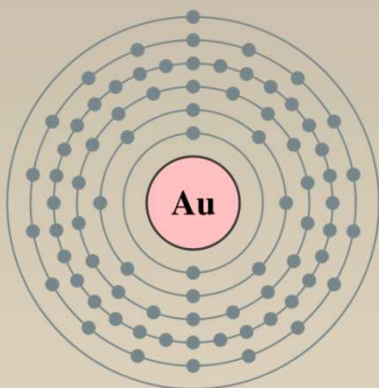
Από ποιές ιδιότητες των ατόμων εξαρτώνται οι βασικές μακροσκοπικές ιδιότητες των υλικών; Η απάντηση είναι στον αριθμό των ηλεκτρονίων/πρωτονίων/νετρονίων που διαθέτει κάθε άτομο

Ατομικός αριθμός	79	Ατομική ακτίνα	144 pm
Σύμβολο	Au	Σημείο τήξης	1064.18 °C
Ατομικό βάρος	196.9665	Σημείο βρασμού	2856 °C
Ηλεκτρονιακή διαμόρφωση	[Xe] 6s ¹ 4f ¹⁴ 5d ¹⁰	Κατασταση οξείδωσης	3, 1

Ατομικός αριθμός	3	Ατομική ακτίνα	152 pm
Σύμβολο	Li	Σημείο τήξης	180.5 °C
Ατομικό βάρος	6.941	Σημείο βρασμού	1342 °C
Ηλεκτρονιακή διαμόρφωση	[He] 2s ¹	Κατασταση οξείδωσης	1

79: Gold

2,8,18,32,18,1



Τι διαφοροποιεί ένα άτομο → στοιχεία

Ο κρισιμότερος (ΟΧΙ ο μοναδικός) παράγοντας που επηρεάζει τη «συμπεριφορά» ενός ατόμου είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων που βρίσκονται στην εξώτατη «τροχιά».

Στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων, στοιχεία στην ίδια κατακόρυφη στήλη διαθέτουν ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική στοιβάδα τους και συνεπώς η «συμπεριφορά» τους συνήθως είναι παραπλήσια.

Ατομικός αριθμός

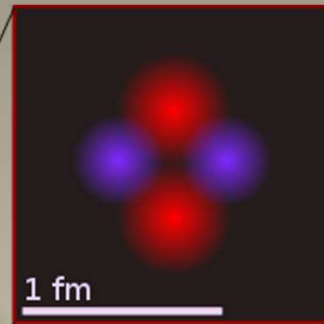
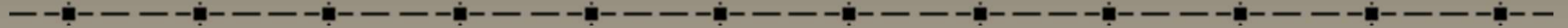
Μαζικός αριθμός

Los Alamos National Laboratory Chemistry Division

Periodic Table of the Elements

1A 1 H hydrogen 1.008																	2 He helium 4.003						
3 Li lithium 6.941	2A 4 Be beryllium 9.012																	3A 5 B boron 10.81	4A 6 C carbon 12.01	5A 7 N nitrogen 14.01	6A 8 O oxygen 16.00	7A 9 F fluorine 19.00	10 Ne neon 20.18
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.31	3B	4B	5B	6B	7B	8B			11B	12B	13 Al aluminum 26.98	14 Si silicon 28.09	15 P phosphorus 30.97	16 S sulfur 32.07	17 Cl chlorine 35.45	18 Ar argon 39.95						
19 K potassium 39.10	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.88	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 52.00	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.39	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.58	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96	35 Br bromine 79.90	36 Kr krypton 83.80						
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.94	43 Tc technetium (98)	44 Ru ruthenium 101.1	45 Rh rhodium 102.9	46 Pd palladium 106.4	47 Ag silver 107.9	48 Cd cadmium 112.4	49 In indium 114.8	50 Sn tin 118.7	51 Sb antimony 121.8	52 Te tellurium 127.6	53 I iodine 126.9	54 Xe xenon 131.3						
55 Cs cesium 132.9	56 Ba barium 137.3	57 La* lanthanum 138.9	72 Hf hafnium 178.5	73 Ta tantalum 180.9	74 W tungsten 183.9	75 Re rhenium 186.2	76 Os osmium 190.2	77 Ir iridium 190.2	78 Pt platinum 195.1	79 Au gold 197.0	80 Hg mercury 200.5	81 Tl thallium 204.4	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.9	84 Po polonium (209)	85 At astatine (210)	86 Rn radon (222)						
87 Fr francium (223)	88 Ra radium (226)	89 Ac~ actinium (227)	104 Rf rutherfordium (257)	105 Db dubnium (260)	106 Sg seaborgium (263)	107 Bh bohrium (262)	108 Hs hassium (265)	109 Mt meitnerium (266)	110 Ds darmstadtium (271)	111 Uuu (272)	112 Uub (277)	114 Uuq (296)		116 Uuh (298)		118 Uuo (?)							
Lanthanide Series*		58 Ce [Xe]6s ² 4f ¹ 5d ¹ cerium 140.1	59 Pr [Xe]6s ² 4f ³ praseodymium 140.9	60 Nd [Xe]6s ² 4f ⁴ neodymium 144.2	61 Pm [Xe]6s ² 4f ⁵ promethium (147)	62 Sm [Xe]6s ² 4f ⁶ samarium (150.4)	63 Eu [Xe]6s ² 4f ⁷ europium 152.0	64 Gd [Xe]6s ² 4f ⁷ 5d ¹ gadolinium 157.3	65 Tb [Xe]6s ² 4f ⁹ terbium 158.9	66 Dy [Xe]6s ² 4f ¹⁰ dysprosium 162.5	67 Ho [Xe]6s ² 4f ¹¹ holmium 164.9	68 Er [Xe]6s ² 4f ¹² erbium 167.3	69 Tm [Xe]6s ² 4f ¹³ thulium 168.9	70 Yb [Xe]6s ² 4f ¹⁴ ytterbium 173.0	71 Lu [Xe]6s ² 4f ¹⁴ 5d ¹ lutetium 175.0								
Actinide Series~		90 Th [Rn]7s ² 6d ² thorium 232.0	91 Pa [Rn]7s ² 5f ² 6d ¹ protactinium (231)	92 U [Rn]7s ² 5f ³ 6d ¹ uranium (238)	93 Np [Rn]7s ² 5f ⁴ 6d ¹ neptunium (237)	94 Pu [Rn]7s ² 5f ⁶ plutonium (242)	95 Am [Rn]7s ² 5f ⁷ americium (243)	96 Cm [Rn]7s ² 5f ⁷ 6d ¹ curium (247)	97 Bk [Rn]7s ² 5f ⁹ berkelium (247)	98 Cf [Rn]7s ² 5f ¹⁰ californium (249)	99 Es [Rn]7s ² 5f ¹¹ einsteinium (254)	100 Fm [Rn]7s ² 5f ¹² fermium (253)	101 Md [Rn]7s ² 5f ¹³ mendelevium (256)	102 No [Rn]7s ² 5f ¹⁴ nobelium (254)	103 Lr [Rn]7s ² 5f ¹⁴ 6d ¹ lawrencium (257)								

He - atom



Κάθε e ενός ατόμου διαθέτει δυναμική ενέργεια η οποία είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης από τον πυρήνα. (δορυφόροι γύρω από τη γη)

Η τιμές της δυναμικής ενέργειας για ένα “δεσμευμένο” από το άτομο e είναι διακριτές (αντιπαραβολή με δορυφόρους)

Η **βασική κατάσταση** του e σε ένα άτομο είναι αυτή για την οποία η **δυναμική του ενέργεια είναι min.**

Εάν βρίσκεται σε οποιαδήποτε άλλη κατάσταση τότε λέμε ότι το άτομο βρίσκεται σε **διεγερμένη κατάσταση**

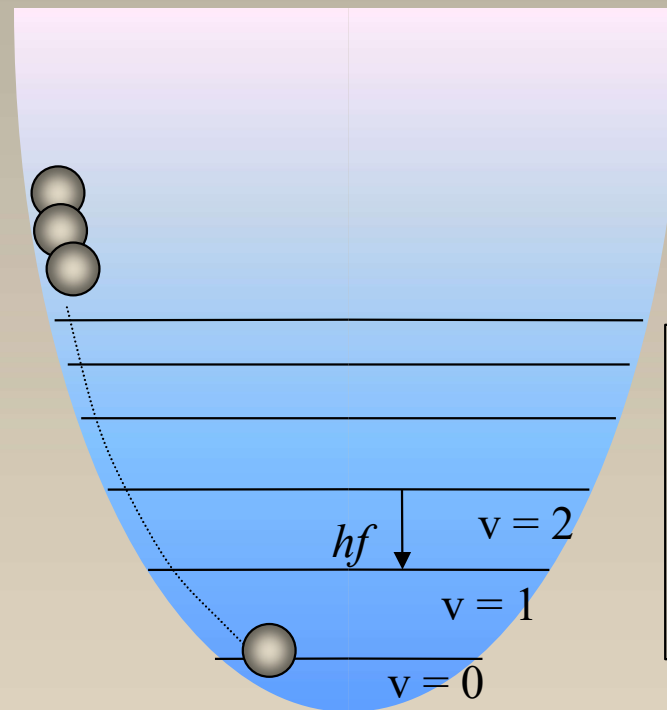
1 Ångström (=100,000 fm)



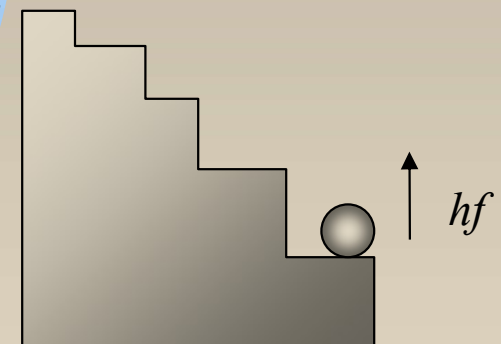
ΥΛΗ ΣΕ ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

✦ Σε ατομική κλίμακα οι ευσταθείς καταστάσεις του συστήματος καθώς και οι ενεργειακές δοσοληψίες είναι **κβαντισμένες**

Μακρόκοσμος



Μικρόκοσμος



ΑΤΟΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ Bohr

✦ Τα e κινούνται σε κυκλικές τροχιές γύρω με κέντρο τον πυρήνα

✦ Συνθήκη 1: Η στροφορμή των ηλεκτρονίων είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του $h/2\pi$ όπου h η σταθερή του Planck ($h=6.626 \cdot 10^{-34}$ Js) $\rightarrow mvr=nh/2\pi$

κβαντισμένα r , u

✦ $n \rightarrow$ ΚΥΡΙΟΣ κβαντικός αριθμός

$$r = \epsilon_0 \frac{n^2 h^2}{\pi m e^2}, u = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{e^2}{2nh}$$

✦ Συνθήκη 2: Ένα e μπορεί να μεταπηδά από μια μεγαλύτερη τροχιά ενέργειας E_2 σε μια μικρότερη ενέργειας E_1 εκπέμποντας ΗΜΓ ακτινοβολία με συχνότητα f έτσι ώστε

$$E_2 - E_1 = hf$$

ΑΤΟΜΟ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

✦ Η ολική ενέργεια του e του ατόμου H είναι:

$$E = E_{\Delta} + E_K = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{1}{2} mu^2 = -\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Υπενθυμίζουμε πως

$$r = \epsilon_0 \frac{n^2 h^2}{\pi m e^2}, u = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{e^2}{2nh}$$

Εξαρτάται δηλαδή από την τροχιά στην οποία βρίσκεται.

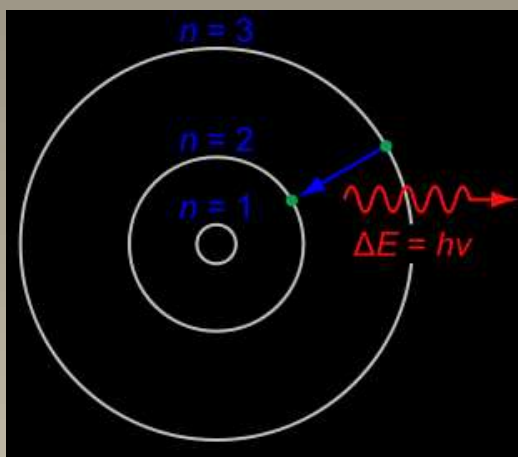
Μεγαλύτερη τροχιά \rightarrow μεγαλύτερη ενέργεια.

✦ Κάθε άτομο H βρίσκεται (σε φυσιολογικές συνθήκες) στην κατώτατη ενεργειακή στάθμη η οποία ονομάζεται **θεμελιώδης ή βασική στάθμη**.

✦ Εάν βρίσκεται σε άλλη στάθμη τότε λέμε πως το άτομο είναι **διεγερμένο**. Στην κατάσταση αυτή το άτομο είναι **ασταθές**.

ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ (Υδρογόνο)

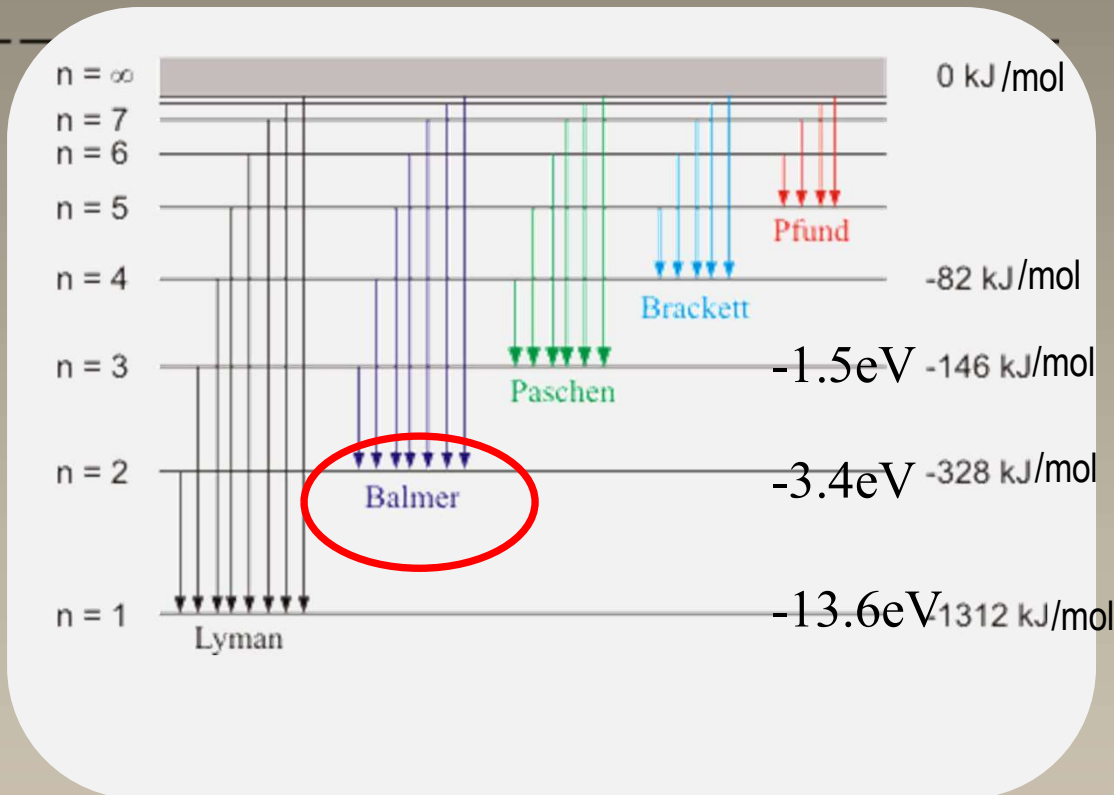
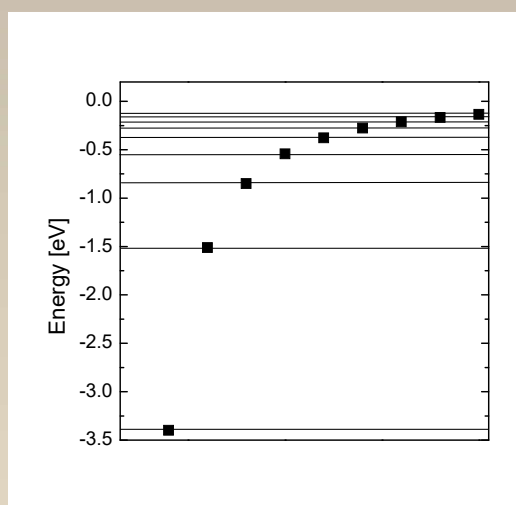
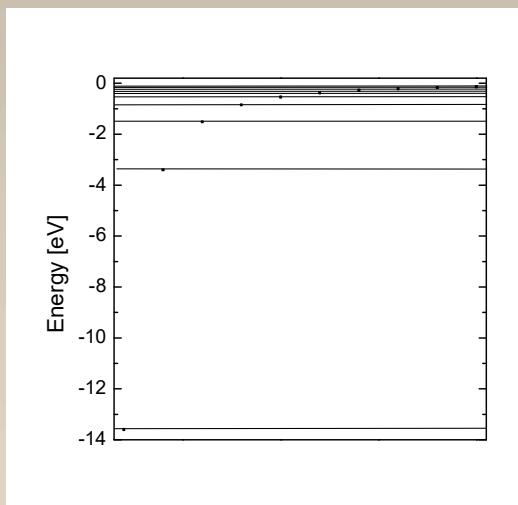
ε τροχιές



$$r \sim n^2$$

$$E_{nj} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2} \left(1 + \frac{\alpha^2}{n^2} \left(\frac{n}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4} \right) \right)$$

Ενεργειακό διάγραμμα

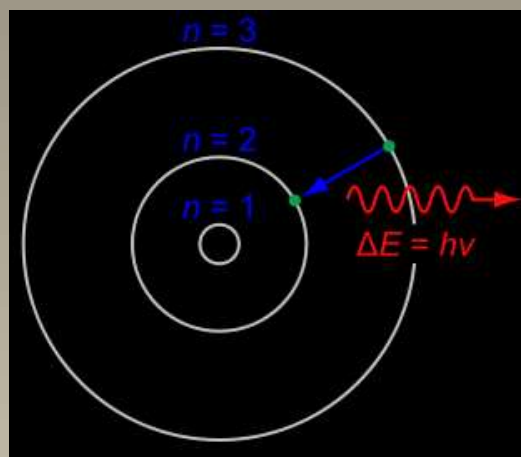


Η σειρά Balmer διαθέτει μεταβάσεις που οι ενέργειές τους να είναι στην περιοχή των ενεργειών των φωτονίων στο ορατό. Οι σειρές Lyman και Paschen;

Ενέργεια ιονισμού / διεγέρσεως

ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ (Υδρογόνο)

ε τροχιές



Σειρά Balmer

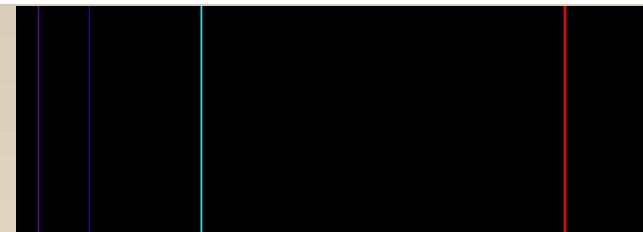
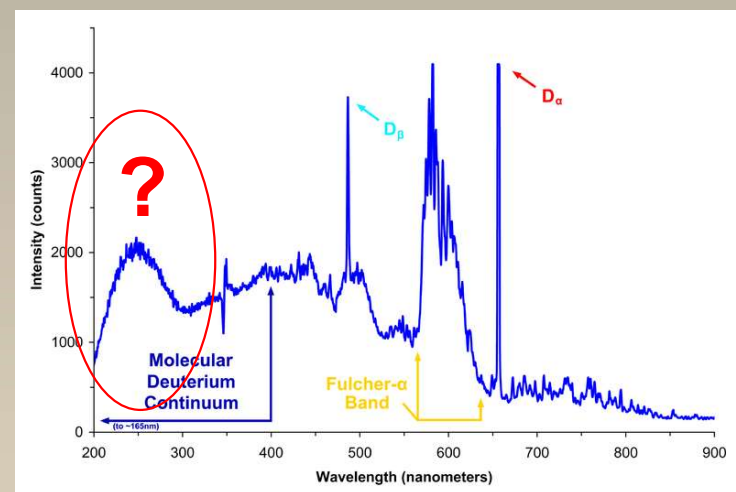
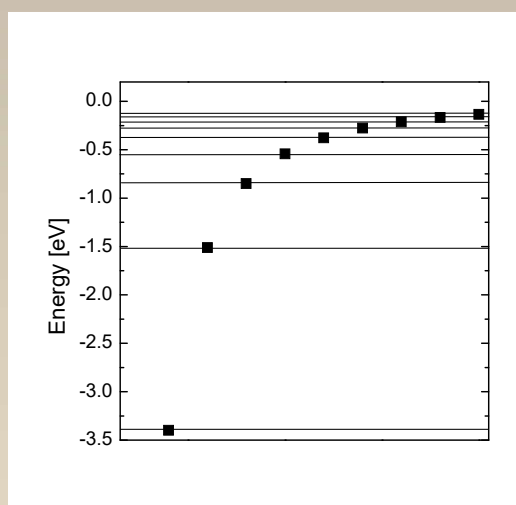
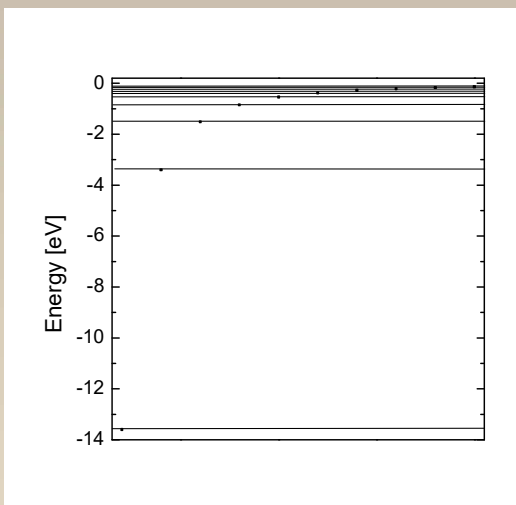
$$E=hf=hc/\lambda$$


Μετάβαση	3→2	4→2	5→2	6→2	7→2	8→2	9→2	∞→2
Όνομα	H-α	H-β	H-γ	H-δ	H-ε	H-ζ	H-η	
Μήκος κύματος (nm)	656.3	486.1	434.1	410.2	397.0	388.9	383.5	364.6
Χρώμα	Red	Blue-green	Violet	(UV)	(UV)	(UV)	(UV)	(UV)

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{4}{B} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ for } n = 3, 4, 5, \dots$$

$$E_{nj} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2} \left(1 + \frac{\alpha^2}{n^2} \left(\frac{n}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4} \right) \right)$$

Ενεργειακό διάγραμμα



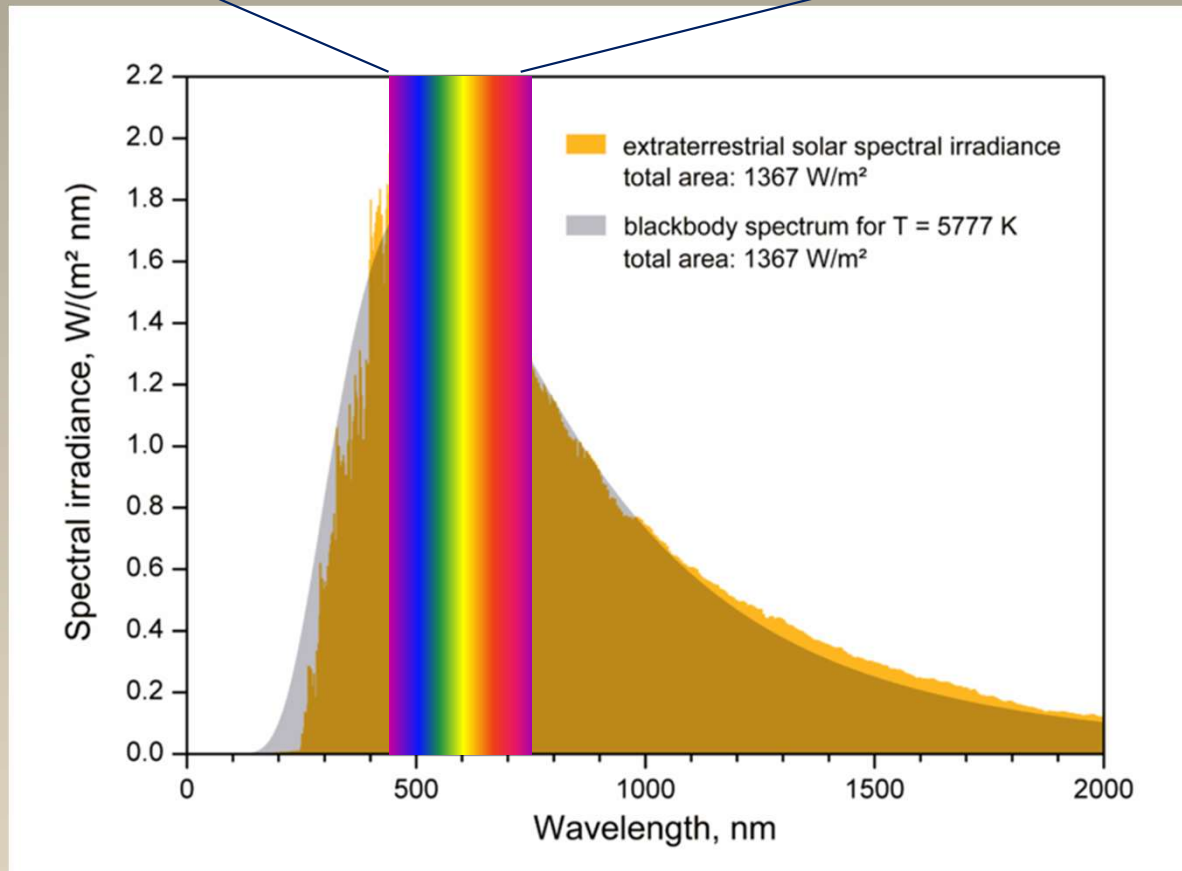
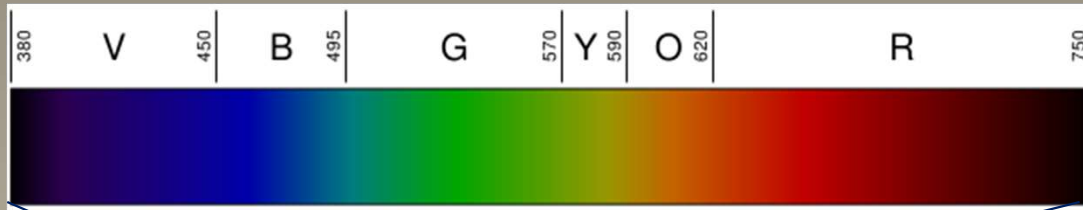


3. Χρησιμοποιώντας τη θεωρία του Bohr και τη διατήρηση της ενέργειας, βρείτε την ενέργεια του φωτονίου που εκπέμπεται κατά τη μετάβαση του ατόμου του υδρογόνου από την κατάσταση με $n = 10$ στην κατάσταση με $n = 3$.

$$E_{nj} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2}$$

$$1.375 \text{ eV} \rightarrow \sim 900 \text{ nm}$$

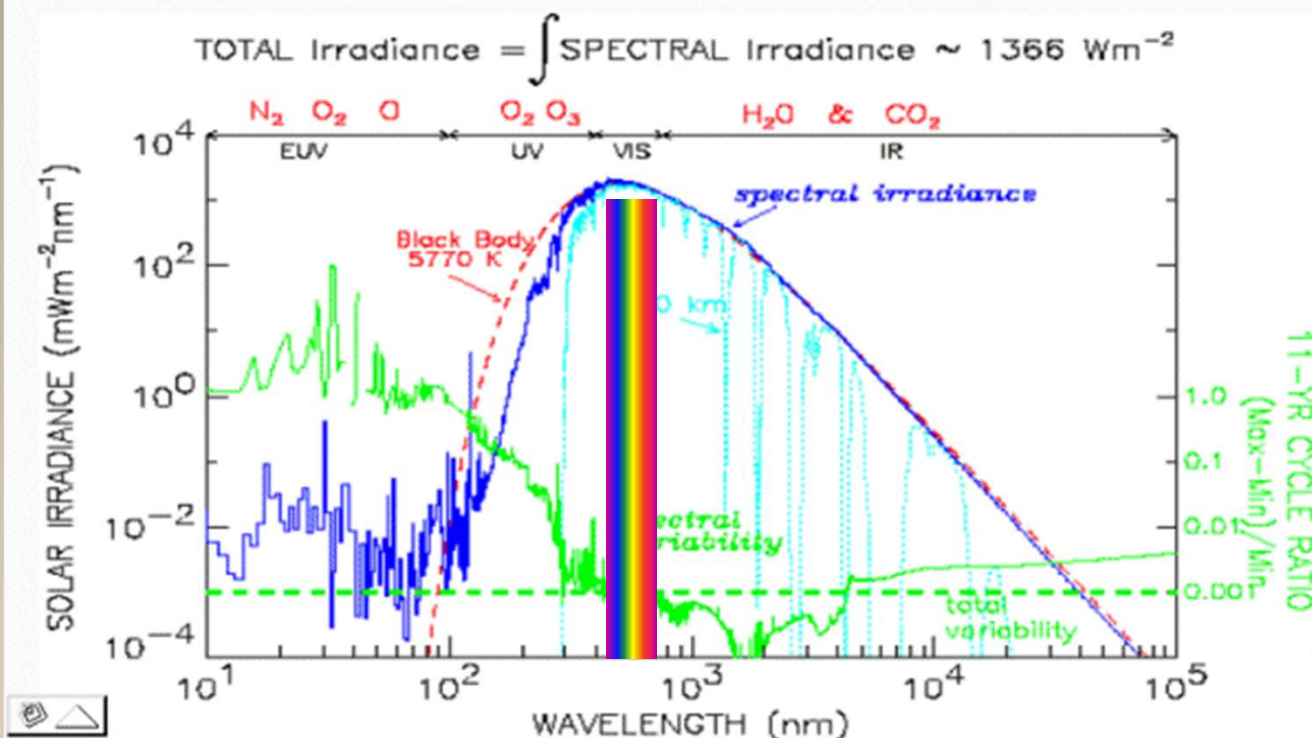
ΦΑΣΜΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ



Το ορατό φως είναι μόνο ένα μέρος της συνολικής ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος

ΦΑΣΜΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

SOLAR SPECTRUM, VARIABILITY and ATMOSPHERIC ABSORPTION

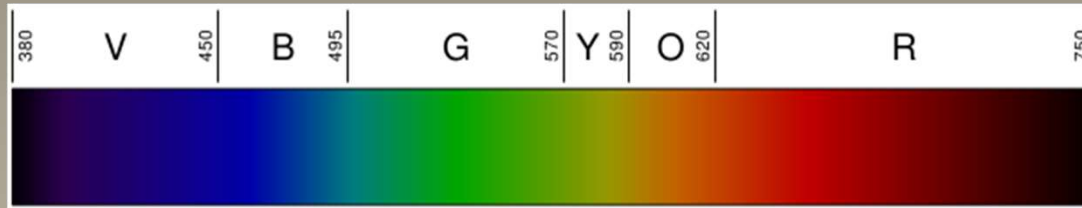


Φάσμα του ήλιου

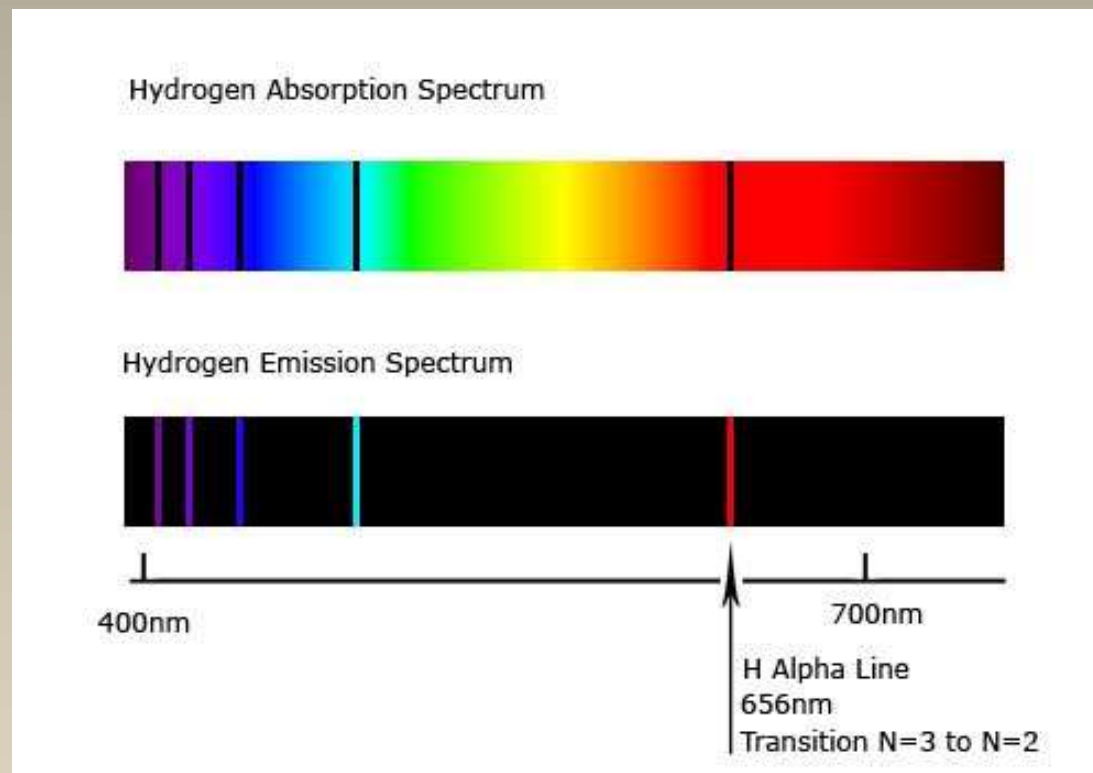
Φάσμα του ήλιου
όπως καταγράφεται
στην επιφάνεια της
γης [Γιατί αλλάζει;]

Αγνοείστε

ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ (Υδρογόνο)



Λευκό φως που έχει αναλυθεί π.χ. Με πρίσμα



Εάν φωτίσω με λευκό φως ένα «δοχείο» που περιέχει υδρογόνο → γραμμές απορρόφησης [Τι συμβαίνει σε ατομική κλίμακα;]

Εάν διεγείρω το υδρογόνο που βρίσκεται στο δοχείο τότε το δοχείο θα μου δώσει φως → γραμμές εκπομπής [Τι συμβαίνει σε ατομική κλίμακα;]

Τα φάσματα είναι συμπληρωματικά [Γιατί;]

Το ορατό μέρος του ΗΜ φάσματος

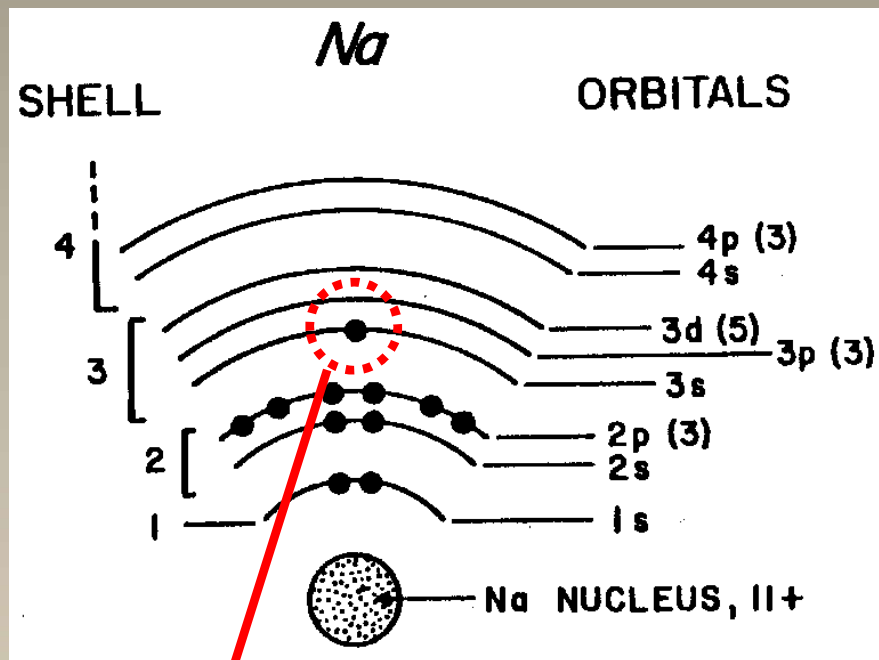
$\lambda(\text{nm})$	$k (\text{cm}^{-1})$	$E(\text{eV})$	$f(\text{Hz})$
450	22222.2	2.7	$6.7 \cdot 10^{14}$
490	20408.2	2.5	$6.1 \cdot 10^{14}$
520	19230.8	2.3	$5.8 \cdot 10^{14}$
570	17543.9	2.1	$5.3 \cdot 10^{14}$
630	15873.0	1.9	$4.8 \cdot 10^{14}$



$$\lambda = c/f \quad | \quad k = 1/\lambda = c/f \quad | \quad E_f = h f$$

ΑΤΟΜΙΚΕΣ (ΑΠΟ)ΔΙΕΓΕΡΣΕΙΣ

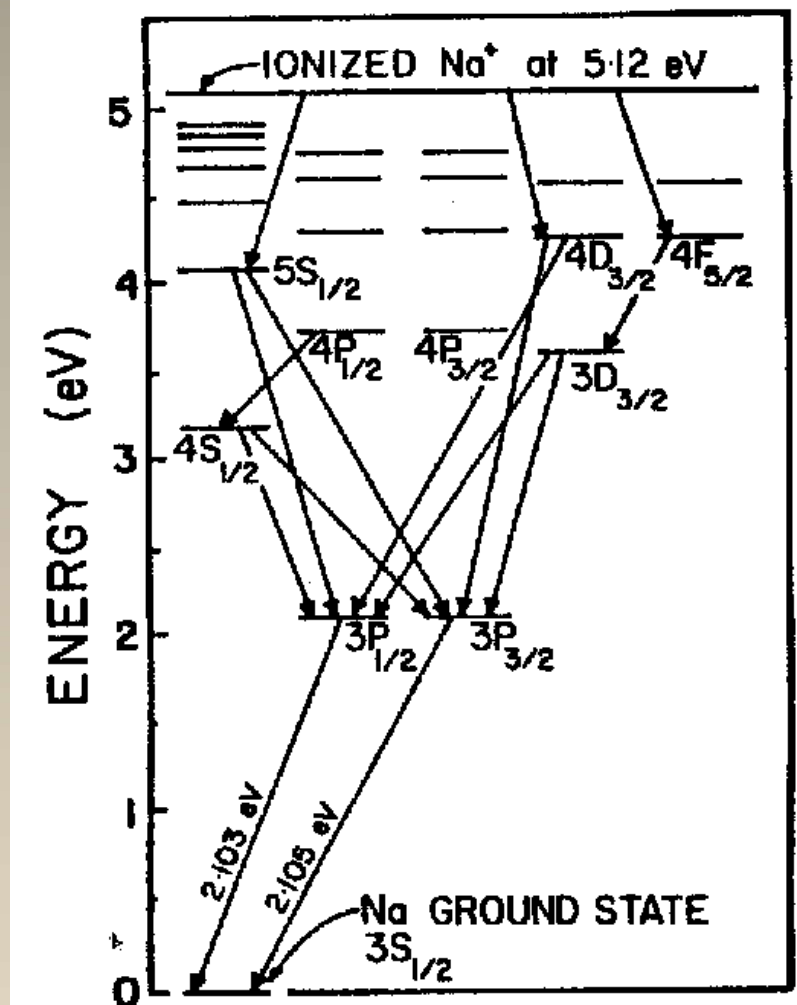
Κατανομή e



Χαλαρότερα συνδεδεμένο e

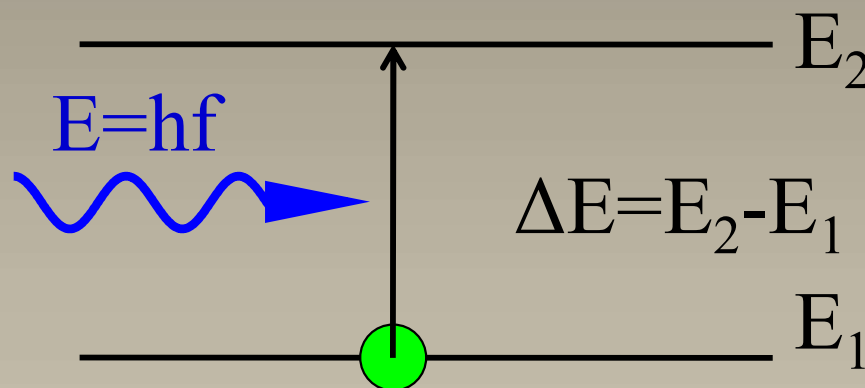
e σθένους

Ενεργειακό διάγραμμα Na
ηλεκτρονιακές μεταβάσεις



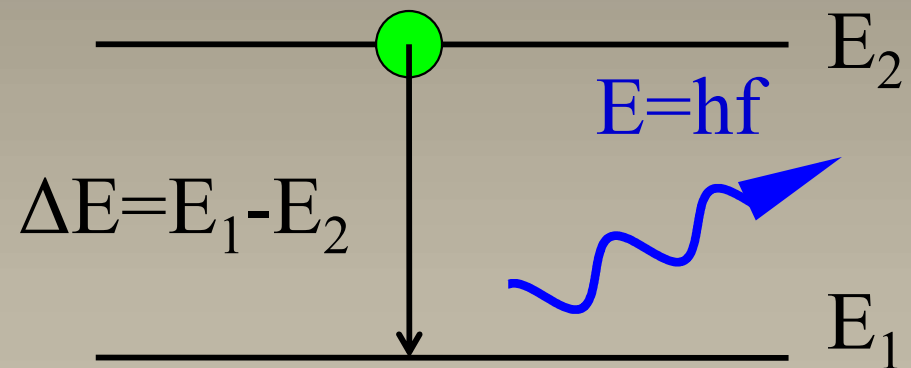
Απορρόφηση & αυθόρμητη αποδιέγερση

✦ Απορρόφηση



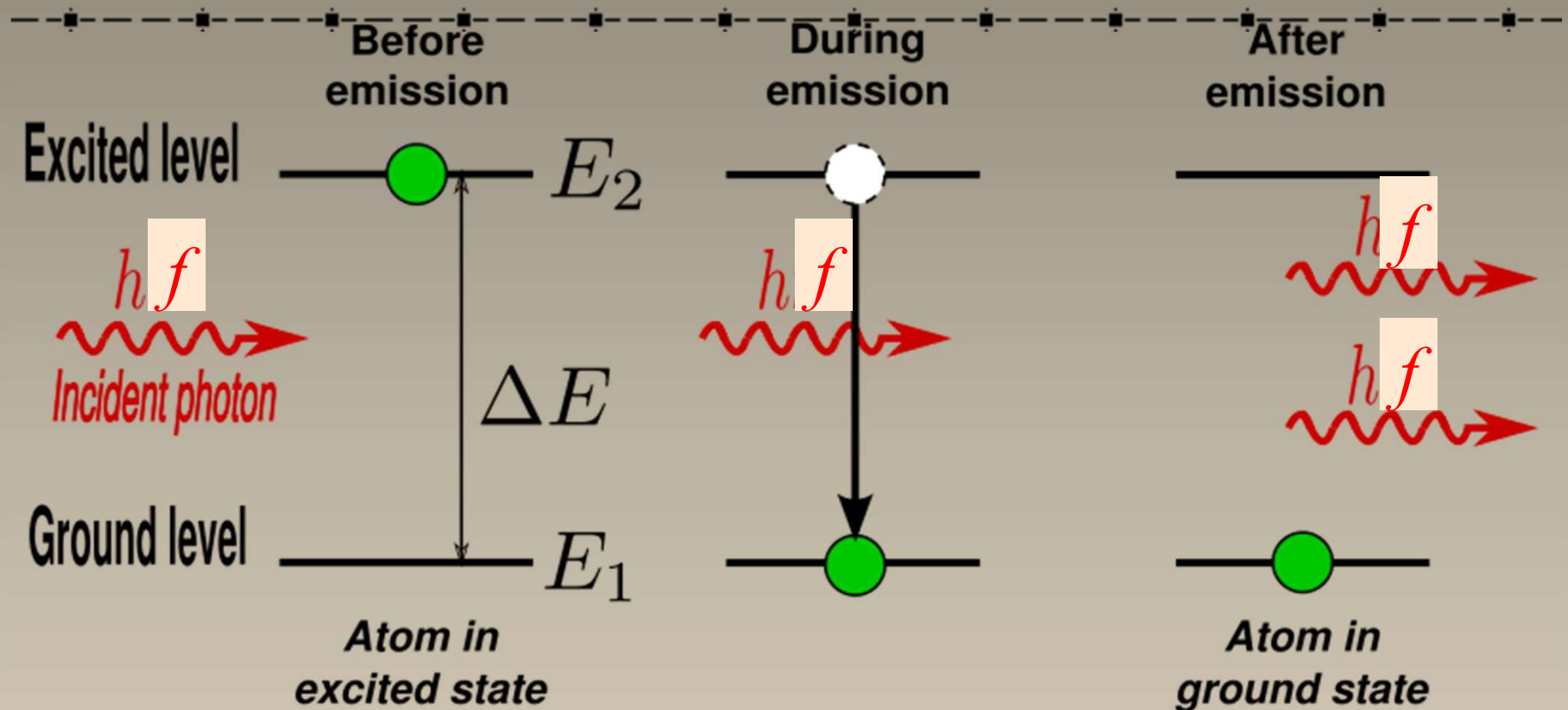
✦ Άτομο **στη βασική** του κατάσταση αλληλεπιδρά με φωτόνιο (κατάλληλης ενέργειας) και μεταπηδά σε **διεγερμένη** κατάσταση

✦ Αυθόρμητη αποδιέγερση



✦ Άτομο **σε διεγερμένη** κατάσταση (ασταθές) μετά από χρόνο $\sim 10^{-9}s$ αποδιεγείρεται στη **βασική** κατάσταση με ταυτόχρονη εκπομπή φωτονίου (συγκεκριμένης ενέργειας)

Εξαναγκασμένη αποδιέγερση/εκπομπή



Κατ' απόλυτη τιμή $E_2 - E_1 = \Delta E = hf$

Τα δύο φωτόνια είναι απολύτως όμοια. ΙΔΙΑ: συχνότητα, κατεύθυνση, φάση.