

1.	Εισαγωγή: Maxwell & Hertz	
2.	Κλασική Θεωρία και Προβλήματα σε σύγχρονα θέματα: μέλαν σώμα, Φ/Η φαινόμενο, γραμμικά φάσματα εκπομπής, σκέδαση ακτινών Χ	
3.	Planck: κβάντωση ενέργειας	
4.	Κβάνωση άλλων μεγεθών: φορτίου, συχνότητας χορδής σε στάσιμο κύμα	
5.	Πως βλέπουμε: εκπομπή / απορρόφηση / κόκκινο αυτοκίνητο / κόκκινη ζελατίνα	
6.	Λευκό σώμα : καμία απορρόφηση / Μαύρο σώμα : Πλήρης απορρόφηση	
7.	Ορατό φάσμα: 400 – 700 nm (...UV... Ιω-Μπλ-Πρσ-Κτρ-Πρτ-Κοκ ...IR...)	e-class
8.	Μέλαν Σώμα απορροφά τα πάντα – εκπέμπει τα πάντα	
9.	Παραδείγματα μέλανος σώματος: αιθαλωμένο σώμα, εσωτερικό πρίζας, μάτι	Πρόπλα- σμα ματιού
10.	Θερμική ακτινοβολία	
11.	Ένταση ακτινοβολίας $I = E/At = P/A$ (J/m^2s) (W/m^2)	
12.	Εξάρτηση έντασης ακτινοβολίας από τη θερμοκρασία (*)	
13.	(*): λευκοπυρωμένο κομμάτι Fe και μεταβολή της ενέργειας που εκπέμπει, άρα και της I της ακτινοβολίας, καθώς παγώνει θ:!	
14.	Νόμος αντιστρόφου τετραγώνου $I \sim 1/r^2$	K7-1.1
15.	Παραδείγματα αντιστρόφου τετραγώνου: Πανσέληνος, παλάμες σε r & $r/2$, καπάκια μαρκαδόρων σε r & $r/2$ (φωτό)	
16.	Αριθμός Φωτονίων που διέρχονται από A σε αποστάσεις r και $2r$	K7-1.2
17.	Ενέργεια και Αριθμός Φωτονίων που διέρχονται από A , σε r , από πηγή ισχύος P	K7-1.3
18.	Ακτινοβολία Μέλανος Σώματος: Διάγραμμα $I/\lambda - \lambda$	
19.	Μήκος κύματος Αιχμής λ_{max}	
20.	Νόμος του Wien $\lambda_{max} \cdot T = \text{σταθ.}$ (και πως φαίνεται στο διάγραμμα $I/\lambda - \lambda$)	
21.	Το χρώμα των άστρων (<i>Betelgeuse & Rigel</i>)	e-class
22.	Σύγκριση του διαγράμματος $I/\lambda - \lambda$ με το διάγραμμα $A - f_{\text{διεγ.}}$ στην ΕΞΑΤ	e-class
23.	$I_{\text{ολικό}} = \text{Εμβαδόν κάτω από το διάγραμμα } I/\lambda - \lambda$	
24.	Η λάθος υπόθεση: πλάτος ταλάντωσης $\sim$ θερμοκρασία & ταλάντωση $\rightarrow$ εκπομπή H/M ακτινοβολία	
25.	Max Planck: Υποθέσεις πλήρους ερμηνείας Ακτινοβολίας Μέλανος Σώματος: (1900) I) $E_n = n \cdot h \cdot f$ (ενέργεια ατόμου: $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ΚΒΑΝΤΩΣΗ) II) $\Delta E_{\text{απορροφησης}} \text{ ή } \Delta E_{\text{εκπομπής}} = k \cdot h \cdot f$ ($k = 1, 2, 3, \dots$ ΦΩΤΟΝΙΟ)	
26.	Σταθερά του Planck: $h = 6,626 \text{ ή } 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$	
27.	$[h] = \text{J}\cdot\text{s} = [\text{L}] \dots$ προαίσθημα Bohr	
28.	Διάγραμμα ενεργειακών σταθμών ατόμου (και διαφοροποίηση από το αντίστοιχο του ατόμου του Υδρογόνου που δημιουργήθηκε το 1913)	
29.	Παράδειγμα «Κβαντικού» Απλού Αρμονικού Ταλαντωτή: $k = 5 \text{ N/m}$, $m = 50 \text{ g}$, $A = 5 \text{ cm}$	

	$\hookrightarrow f = 5/\pi \text{ Hz}, \Delta E = hf = 10,55 \cdot 10^{-34} \text{ J}, E = \frac{1}{2}kA^2 = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ J}, n = E/\Delta E = 6 \cdot 10^{30} !$ Κλασικό όριο: αρχή της αντιστοιχίας	
30.	Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο παρουσίαση φαινομένου σε οριζόντια πλάκα	
31.	Διατάξεις Φ/Η Φαινομένου: (α) Σχολικού Βιβλίου, (β) Lenard 1902	
32.	Πειραματικές Διαπιστώσεις Φ/Η Φαινομένου: 1. εκπομπή φωτο-ε μόνο αν $f > f_0$ (συχνότητα κατωφλίου) 2. αριθμός φωτο-ε ανάλογος της έντασης της ακτινοβολίας 3. ταχύτητα εξαγωγής φωτο-ε ανεξάρτητη της έντασης και εξαρτώμενη από τη συχνότητα της ακτινοβολίας	
33.	Διάγραμμα $i - V$ και εξήγηση σημείων με τη συσκευή Lenard	
34.	Έργο Εξαγωγής (ϕ)	
35.	Αποτυχία Κλασικής ερμηνείας του Φ/Η φαινομένου	
36.	Κβάντα φωτός: φωτόνια ($E_\phi = hf$) Plank	
37.	A. Einstein (1905): Ερμηνεία Φ/Η φαινομένου με χρήση της έννοιας «φωτόνιο»	
38.	Φωτοηλεκτρική εξίσωση Einstein: $K = hf - \phi$...Nobel	
39.	Υπολογισμός Συχνότητας Κατωφλίου: $K \geq 0 \Rightarrow f_0 = \phi/h$	
40.	Διάγραμμα $K - f$ και σημεία διαγράμματος (σημεία τομής & κλίση)	
41.	Παράδειγμα διαγράμματος $K - f$ και υπολογισμοί	K7-2.1α
42.	Διάγραμμα $i - V$ για δύο διαφορετικές εντάσεις I & $2I$	
43.	Συμπεράσματα Η/Η Φαινομένου: 1. $N_e \sim N_\phi$ 2. $N_\phi, i_k \sim I$ 3. $K_e \sim f$ & $K_e \not\sim I$ 4. $f > f_0 \Rightarrow i \neq 0$ 5. $i \neq 0$ ταυτόχρονα με την πρόσπτωση της ακτινοβολίας	
44.	Οπτικοποίηση των συμπερασμάτων 1. & 2.	K7-2.2α
45.	Τάση Αποκοπής: απλή απόδειξη	
46.	Διάγραμμα $V_0 - f$ και σημεία διαγράμματος (σημεία τομής & κλίση)	
47.	Παράδειγμα διαγράμματος $V_0 - f$ και υπολογισμοί	K7-2.1β
48.	Δύο Ασκήσεις με Διάγραμμα $V_0 - f$	e-class
49.	Διάγραμμα $V_0 - 1/\lambda$ και σημεία διαγράμματος (σημεία τομής & κλίση)	K7-2.1γ
50.	Ερμηνεία διαγράμματος $i - V$: • κύκλωμα φωτορεύματος μικροαμπερόμετρου • ρεύμα κόρρου • γιατί το ρεύμα κόρρου είναι το max ρεύμα	K7-2.2β
51.	Διπλό διάγραμμα $i - V$ για I_1 & $I_2 > I_1$	K7-2.2γ
52.	Διπλό διάγραμμα $i - V$ για f_1 & $f_2 > f_1$	
53.	Διπλό διάγραμμα $K - f$ για ϕ_1 & ϕ_2	K7-2.2δ
54.	Διπλό διάγραμμα $V_0 - f$ για ϕ_1 & ϕ_2	
55.	Ορθή διατύπωση του ΘΜΚΕ στο Φ/Η φαινόμενο	
56.	Τι είναι «Άνοδος» στη συσκευή του Lenard	
57.	Κινητική Ενέργεια e^- , όταν φτάνουν στην «άνοδο» α. $V > 0$ β. $V > 0$ γ. $V = 0$ δ. $V < 0$ ε. $V = -V_0$ στ. $V < -V_0$	K7-2.3 + pdf e-class

58.	Ορμή φωτονίου: $p = h/\lambda$				
59.	$E = pc$ & $E = hf$ & $c = \lambda f \Rightarrow p = h/\lambda$				
60.	Κυματοσωματιδιακός Δυισμός	Φωτόνιο	Σωματίδιο	p & E	
			Κύμα	λ & f	
61.	Ακτίνες Χ (Röntgen, 1895) / Συσκευή παραγωγής				
62.	Συσκευή ανάποδη από αυτή του Φ/Η φαινομένου				
63.	$0,001 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1 \text{ nm}$				
64.	Σύνθετο Φάσμα	Συνεχές (επιβράδυνση e-) ...και $\lambda_{\min} = hc/eV$		K7-3.1	
		Γραμμικό (αποδιέγερση ατόμων ανόδου)			
65.	Φαινόμενο Compton				
66.	Πειραματική επαλήθευση της έννοιας «φωτόνιο» ως κβάντο-πακέτο ενέργειας				
67.	$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi)$ και εξήγηση χρωμάτων και μηκών κύματος στο σχήμα				
68.	Πριν και μετά την κρούση - σκέδαση				
69.	Μήκος κύματος Compton: $\lambda_c = h/m_e c = 2400 \text{ nm}$				
70.	ΑΔΕ: $K_e' = hc(1/\lambda - 1/\lambda')$				
71.	ΑΔΟ: $\mathbf{p}_\phi = \mathbf{p}_\phi' + \mathbf{p}_e'$				
72.	Αποτυχία ερμηνείας φαινομένου Compton από την κλασική θεωρία				
73.	Κβαντική Ερμηνεία				
74.	φωτόνια αλληλεπιδρούν με την ύλη	φωτόνια χαμηλής ενέργειας	Φ/Η φαινόμενο		
		φωτόνια υψηλής ενέργειας	Σκέδαση Compton		
75.	Έκκεντρη Ελαστική Κρούση (και η συσχέτισή της με τη σκέδαση Compton)				K7-3.2
76.	Εξάρτηση ενέργειας σκεδαζόμενου φωτονίου από τη γωνία σκέδασης				K7-3.3α
77.	Μεταβολή / Κλάσμα Μεταβολής / Ποσοστό Μεταβολής του λ του φωτονίου				
78.	Γραφικές παραστάσεις λ - $\cos\phi$, λ - ϕ ($-180^\circ \dots +180^\circ$), λ - ϕ ($0^\circ \dots +360^\circ$)				K7-3.4
79.	Σκέδαση σε 0° , 180° , 90° (Υπολογισμός K_e' , θ_e)				K7-3.5
80.	Ειδικές σκεδάσεις: i) $\vec{p}_\phi' \perp \vec{p}_e'$ ii) $\vec{p}_e' \perp \vec{p}_\phi$... η (ii) ΑΤΟΠΗ !				K7-3.5β
81.	Κυματική Φύση της Ύλης				
82.	Στάσιμα κύματα de Broglie (1924)				
83.	Μήκος κύματος σωματιδίου $\lambda = h/p$				
84.	$\lambda = h/\sqrt{2mK}$				
85.	Περίθλαση (...κάτι σαν “άπλωμα”)				
86.	Πειραματική επαλήθευση από τους Davinsson & Germer (1927)				
87.	Αρχή της Αβεβαιότητας				
88.	Σωματίδιο + Κύμα = Κυματοσωματίδιο				
89.	Πλήρως καθορισμένη ορμή $\Rightarrow$ Άπειρη αβεβαιότητα θέσης				
90.	Κυματοπακέτα: επαλληλία κυμάτων (πολλά κύματα $\Rightarrow$ καθορισμένη θέση)				
91.	Αδυναμία ταυτόχρονου επακριβούς προσδιορισμού θέσης & ορμής: Κβαντική δομή της ύλης και της ακτινοβολίας (όχι πειραματική αδυναμία)				K7-4.2
92.	Heisenberg (1927): Αρχή της Αβεβαιότητας ή Απροσδιοριστίας $\Delta p_x \Delta x \geq h/2\pi$				

93.	Μεταγενέστεροι υπολογισμοί έδειξαν ότι $\Delta p_x \Delta x \geq h/4\pi$ (ή $\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2$)	
94.	Σημασία δεν έχει το $h/2\pi$ ή $h/4\pi$, αλλά η τάξη μεγέθους του h ($\sim 10^{-34}$)	
95.	...και για τις άλλες δύο διαστάσεις έχουμε: $\Delta p_y \Delta y \geq h/2\pi$ και $\Delta p_z \Delta z \geq h/2\pi$	
96.	Αβεβαιότητα στην ενέργεια: $\Delta E \Delta t \geq h/2\pi$	K7-4.1
97.	Φυσικό Εύρος Φασματικών γραμμών ...χρόνος διέγερσης $10^{-8} s \rightarrow \Delta f_{\min} = 1,6 \cdot 10^{-7} Hz$	
98.	Παράδειγμα Αβεβαιότητας για e^- με $v = 3 \cdot 10^5 m/s \pm 0,1\% \rightarrow \Delta x = 0,38 \cdot 10^{-4} m$!	
99.	Αντίστοιχο παράδειγμα για μπαλάκι του Golf $\rightarrow \Delta x = 1,16 \cdot 10^{-27} m$!!	
100.	Κυματοσυνάρτηση $\Psi(x,y,z,t)$	
101.	Born: $ \Psi ^2 =$ πιθανότητα εύρεσης του σωματιδίου ανά μονάδα όγκου	
102.	$dV =$ στοιχειώδης όγκος γύρω από σημείο (x,y,z)	
103.	$ \Psi ^2 \cdot dV =$ πιθανότητα εύρεσης του σωματιδίου μέσα στη όγκο dV	
104.	Συνθήκη Κανονικοποίησης: $\sum \Psi ^2 \cdot dV = 1$...δηλαδή σίγουρα (100%) το σωματίδιο βρίσκεται στον χώρο	
105.	Λύσεις Ασκήσεων Σχολικού Βιβλίου	e-class
106.		
107.		
108.		
109.		
110.		
111.		