

# Κυματοσωματιδιακός Δυϊσμός Η θεμελιώδης αρχή της κβαντομηχανικής

• Πώς εόξέρουμε  
Γιατί πρέπει να εόξέρουμε;  
(Τι ξέρουμε)

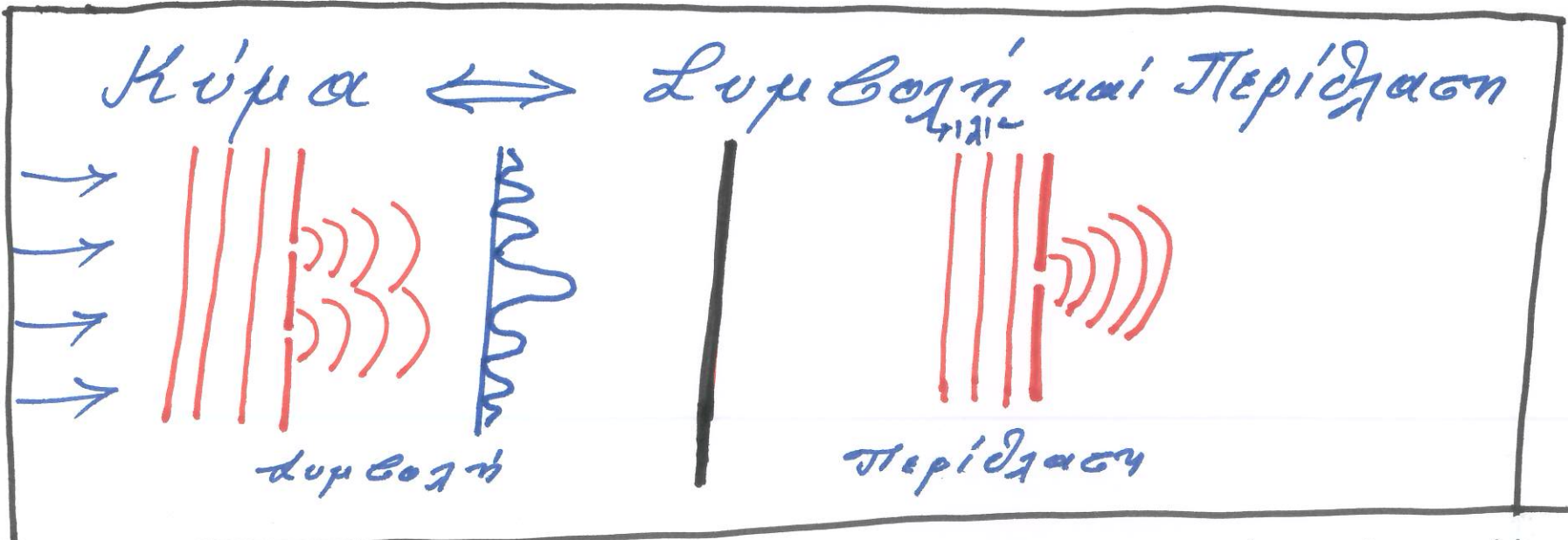
$$E = hf, \quad p = h/\lambda$$

Για το φως

$$f = E/h, \quad \lambda = h/p$$

Για τα σωματιδια

• Πώς εόξέρουμε  
Γιατί πρέπει να εόξέρουμε;  
(Τι ξέρουμε)



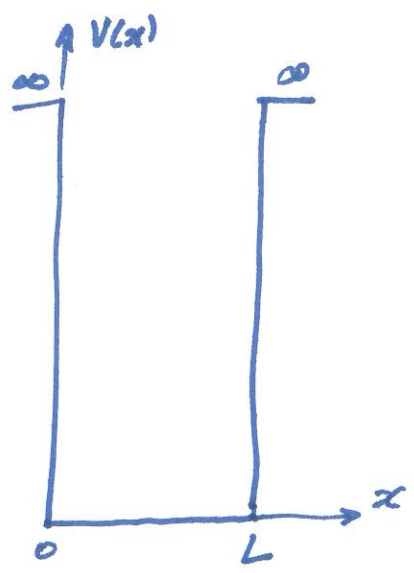
Κυματοσωματιδιακός Δυϊσμός της ύλης  $\lambda = \frac{h}{mv}$

Συμπερασματικά: Για μεγάλες μάζες οι κυματικές ιδιότητες εξαφανίζονται

Αριθμητικό Παράδειγμα | Μόριο οξόνος  $m = 1 \text{mg}, v = 1 \text{m/s} \Rightarrow \lambda \approx 10^{-27} \text{m}$   
 $\Rightarrow \lambda \approx 1$  περίπου φορές μικρότερο από τον ατόμo

# Σωματίδιο σ' ένα τωρηνάκι I

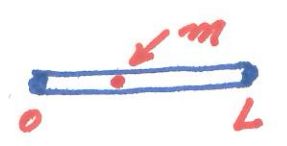
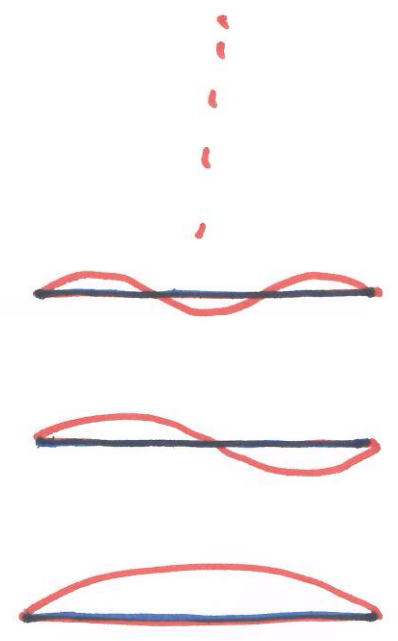
Μία ωρή διδακτική εφαρμογή του κλασικοκρασιδιακού δυισμου



δυνατή δημιουργία στασιμων κυματων

Πρόδει να κυριαξυ ένας αυερας αριθμος ημικυματων στο μηκος L

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$



κλασική χορδή:  $\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f_n = \frac{c}{2L} n = n f_1$  (εξαιρεωόμενες συχνότητες)

δυνάμεις:  $L = n \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{n} \Rightarrow$

κβαντικό σωματίδιο:  $\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2L} n \Rightarrow E = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{8mL^2} n^2$  (εξαιρεωόμενες ενέργειες)

>1 σοδύγμα (μὲ τὸ h ἀντὶ τοῦ h)  
 $L = \frac{h}{2\pi}$

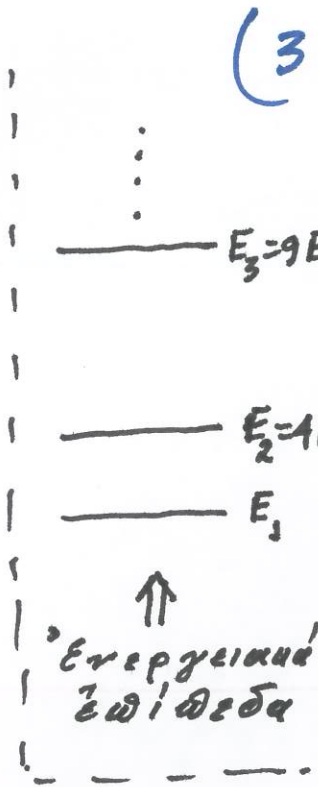
$$E_n = \frac{h^2 \pi^2}{2mL^2} n^2$$



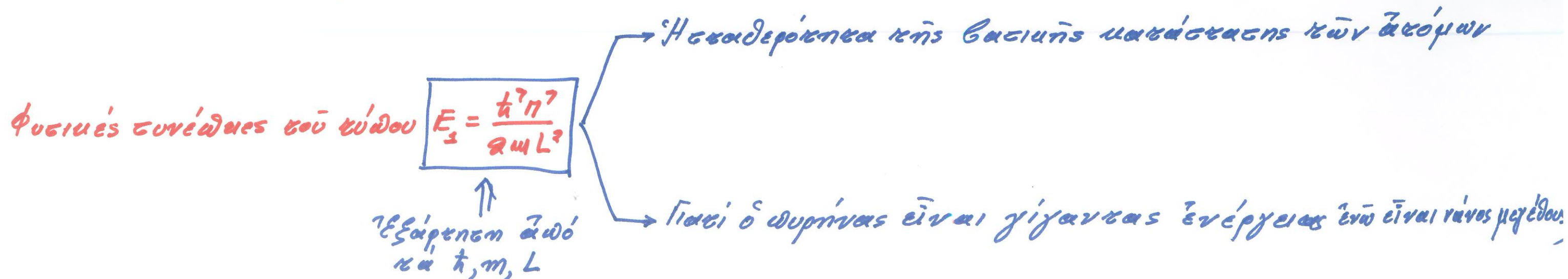
Λωμακίδιο σ' ένα σωληνάκι II  
 Για δύο δεμεγιώδη φυσικά συμπλάσματα αώο κή γύση του

Συμπέρασμα 1: Η υβάνωση κής ενέργειας:  $E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mL^2} n^2 = n^2 E_1$  ( $E_1 = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mL^2}$ )

Κυβάνωση = Σκαδερότητα  
 Μια δεμεγιώδης εννοιολογική εξίσωση κής υβανσομηχανικής



Συμπέρασμα 2: Η ελάχιστη εδιοερωόμενη ενέργεια του σωμακιδίου μέσα στο σωληνάκι δέν είναι μηδέν!  
 Η ήρεμία σε συνθήκες "φυλάκισης" δέν είναι δυνατή στον υβαντισμό υόσο.



## Πιθανοκρατική ερμηνεία των ύψιστων αυράτων

$$\begin{aligned} \text{Κύμα} &= \text{Κύμα πιθανότητας} \\ P(x) &= |\Psi(x)|^2 \end{aligned}$$

• Η πιθανοκρατική ερμηνεία είναι η μόνη που μπορεί να εξηγήσει να συνυπάρχουν στο ίδιο φυσικό αντικείμενο - δηλ ένα σωματίδιο - οί λογικά ασυμβατικές έννοιες κύμα σωματίδιο

Και είναι λογικά ανεξαρτητές ιδιότητες:

Σωματίδιο  $\equiv$  Εντοπισμένο και αδιαίρετο  
Κύμα  $\equiv$  Ξεπεταμένο και διαίρετο

### Συμπέρασμα

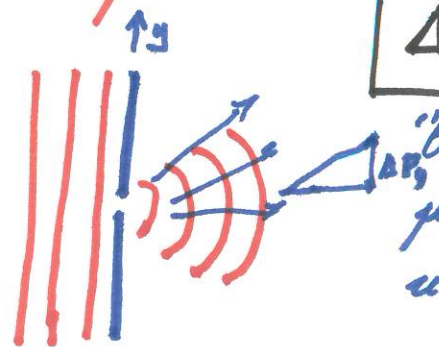
Η πιθανοκρατική ερμηνεία της κβαντομηχανικής είναι υδωσχεωτική  
Ο Θεός παίζει ζάρια με τον κόσμο



# Η αρχή της αβεβαιότητας

$$\Delta x \cdot \Delta p \approx \hbar$$

1. Φυσική εξήγηση



Όσο μικραίνουμε τη σχισμή - όσoτε μικρούμε τη δόση κατά τον άξονα y με μεγαλύτερη ακρίβεια - τόσο "ανοίγει" το περιθωμένο κύμα κι εωομένως τόσο πιο άβροσδιορίστη γίνεται η όρη κατά τον άξονα x.  
 $\Rightarrow \Delta y \cdot \Delta p_y \approx \hbar$

2. Αριθμός μαθηματική διακύβωση

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

3. Βασική συνέπεια: Η αντίσταση στον έγκλωβισμό: Προφανώς όσο μικρότερο είναι το  $\Delta x$  τόσο μεγαλύτερο γίνεται το  $\Delta p$  άρα και η μέση κινητική ενέργεια του σωματιδίου.

Για  $\Delta x \approx L$  (π.χ. σωματίδιο ε' ένα σωματίδιο)  $\Rightarrow \Delta x \cdot \Delta p \approx \hbar \Rightarrow \Delta p \approx \hbar/L \Rightarrow \bar{E}_k = \frac{\bar{p}^2}{2m} \approx \frac{(\Delta p)^2}{2m} \approx \frac{\hbar^2}{2mL^2}$   
 Συμπέρασμα: Όσο μικρότερη είναι η ρυθμητή του τόσο πιο γρήγορα είναι "ακαθίσταμένο" να κινείται το σωματίδιο

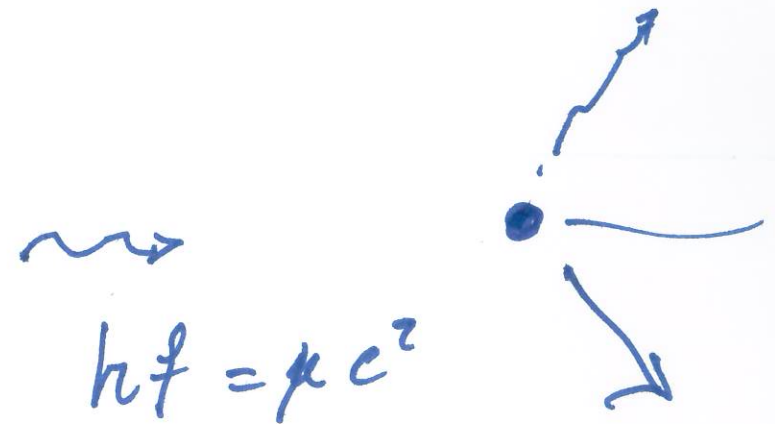
4. Και οι συνέπειες για τον κόσμο μας

Ⓘ Η σταθερότητα και το μέγεθος των ατόμων

Ⓡ Το περάσιμο μέγεθος των ωρητιών ενεργιών

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E \text{ (eV)} = \frac{1200}{\lambda \text{ (nm)}}$$



$$\lambda_{\text{max}} \text{ (cm)} = \frac{0.23}{T}$$

Wien

