



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Κβαντική Επεξεργασία Πληροφορίας

Ενότητα 6: Κβαντικά Συστήματα

Σγάρμπας Κυριάκος

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας  
Υπολογιστών

# Σκοποί ενότητας

- Σκοπός της ενότητας αυτής είναι μια εισαγωγή στα κβαντικά συστήματα.



# Περιεχόμενα ενότητας

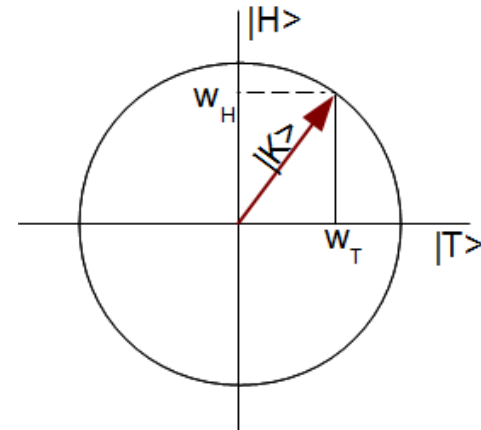
- Κβαντικά συστήματα δύο καταστάσεων
- Κλασικά και κβαντικά κέρματα
- Ανάλυση διανυσμάτων κατάστασης



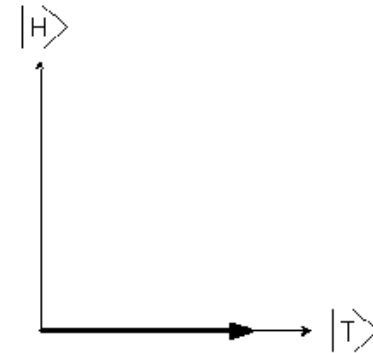
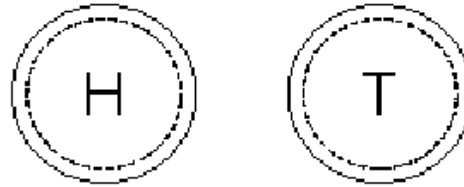
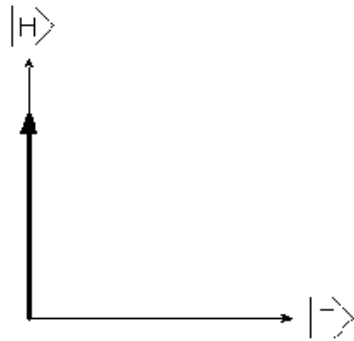
# Κβαντικά Συστήματα

# Κβαντικά Συστήματα Δύο Καταστάσεων

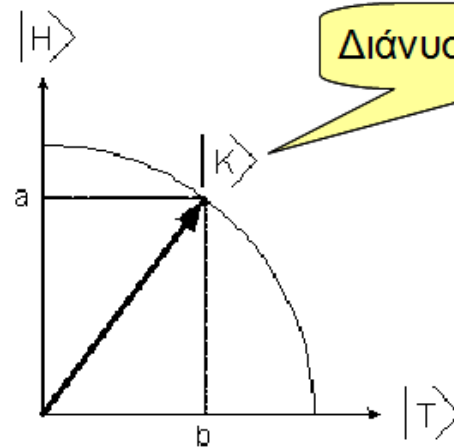
- $K$  = κβαντικό σύστημα (τυχαίο φαινόμενο)  
με δύο ενδεχόμενα:  $H$ ,  $T$
- $P(H)+P(T)=1$
- $|w_H|^2+|w_T|^2=1$
- $(w_H, w_T) = |K\rangle$  (διάνυσμα κατάστασης – μορφή ket)
- Το  $|K\rangle$  ανήκει στον χώρο Hilbert  $C^2$
- Ο  $C^2$  έχει μοναδιαία διανύσματα τα  $|H\rangle$  και  $|T\rangle$  (ευσταθείς καταστάσεις)
- Τα πλάτη  $(w_H, w_T)$  είναι οι προβολές του  $|K\rangle$  πάνω στα  $|H\rangle$  και  $|T\rangle$
- Δηλαδή:  $|K\rangle = w_H|H\rangle + w_T|T\rangle$
- Το μέτρο του διανύσματος  $|K\rangle$  είναι πάντα 1
- Το  $K$  βρίσκεται σε υπέρθεση των δυο καταστάσεων  $|H\rangle$ ,  $|T\rangle$ , με διαφορετική πιθανότητα να παρατηρηθεί στην κάθε μια.



# Κλασσικά και Κβαντικά Κέρματα



$$\begin{aligned} |K\rangle &= a|H\rangle + b|T\rangle \\ P(H) &= |a|^2 = a a^* \\ P(T) &= |b|^2 = b b^* \\ |a|^2 + |b|^2 &= 1 = |K|^2 \end{aligned}$$



Διάνυσμα Κατάστασης

Υπέρθωση  
(βασικών καταστάσεων)

Μέχρι να το  
παρατηρήσουμε

Μετά δεν αλλάζει

**qubit**



# Παράδειγμα

Ποιά από τα παρακάτω είναι δόκιμα (επιτρεπτά) διανύσματα κατάστασης για ένα κβαντικό σύστημα;

$$|K\rangle = \frac{1}{2}|H\rangle + \frac{1}{2}|T\rangle$$

$$|L\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|H\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|T\rangle$$

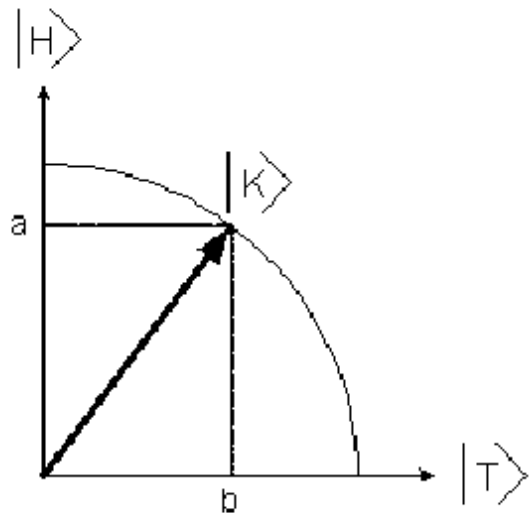
$$|M\rangle = \frac{e^{i\pi/3}}{\sqrt{2}}|H\rangle - \frac{i}{\sqrt{2}}|T\rangle$$

$$|N\rangle = (1+i)|H\rangle + \frac{(2-3i)}{2}|T\rangle$$

Υπόδειξη: Μετρήστε το μήκος τους



# Ανάλυση Διανυσμάτων Κατάστασης



$$|H\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad |T\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$|K\rangle = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = a \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + b \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = a |H\rangle + b |T\rangle$$

$$|H\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = 1 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + 0 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 1 |H\rangle + 0 |T\rangle$$

$$|T\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 0 \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + 1 \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 0 |H\rangle + 1 |T\rangle$$





Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση **1.0** διαθέσιμη [εδώ](#).



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, **Σγάρμπας Κυριάκος**. «**Κβαντική Επεξεργασία Πληροφορίας, Κβαντικά Συστήματα**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2014**.  
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

[https://eclass.upatras.gr/modules/course\\_metadata/opencourses.php?fc=15](https://eclass.upatras.gr/modules/course_metadata/opencourses.php?fc=15)



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

**Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

