Ο Μαγνητικός Συντονισμός και η Δημιουργία Εικόνας

Αρχές λειτουργίας μηχανημάτων απεικόνισης



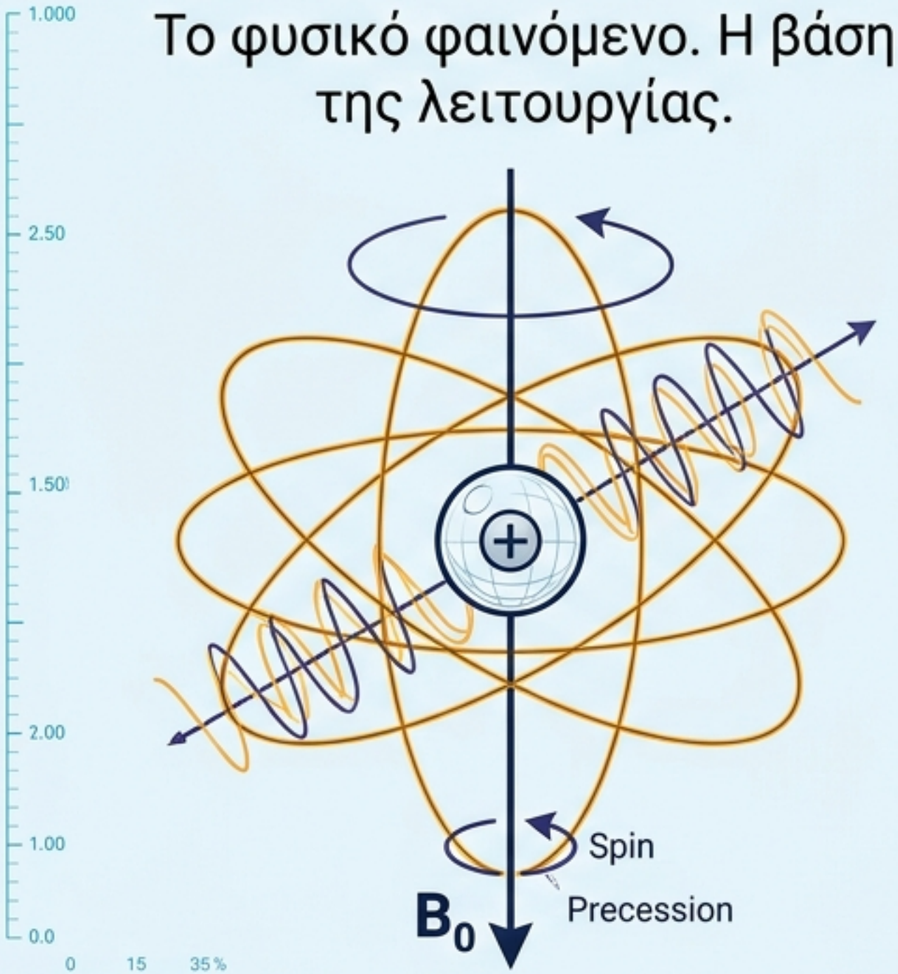
Χρίστος Ι. Γρηγοριάδης, M.Sc.

Gemini Notebook

CLINICAL DIAGNOSTIC BLUEPRINT: NMR & MRI PRINCIPLES

NMR (Πυρηνικός Μαγνητικός Συντονισμός)

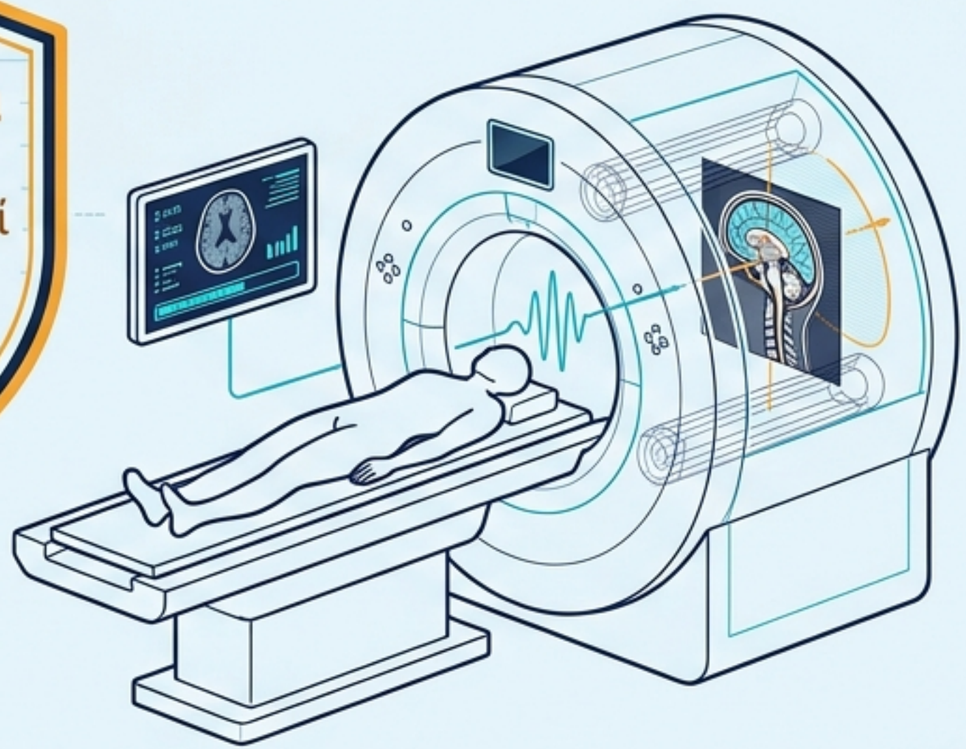
Το φυσικό φαινόμενο. Η βάση της λειτουργίας.



Μη ιοντίζουσα ακτινοβολία
(Δεν χρησιμοποιεί ακτίνες Χ)

MRI (Μαγνητική Τομογραφία)

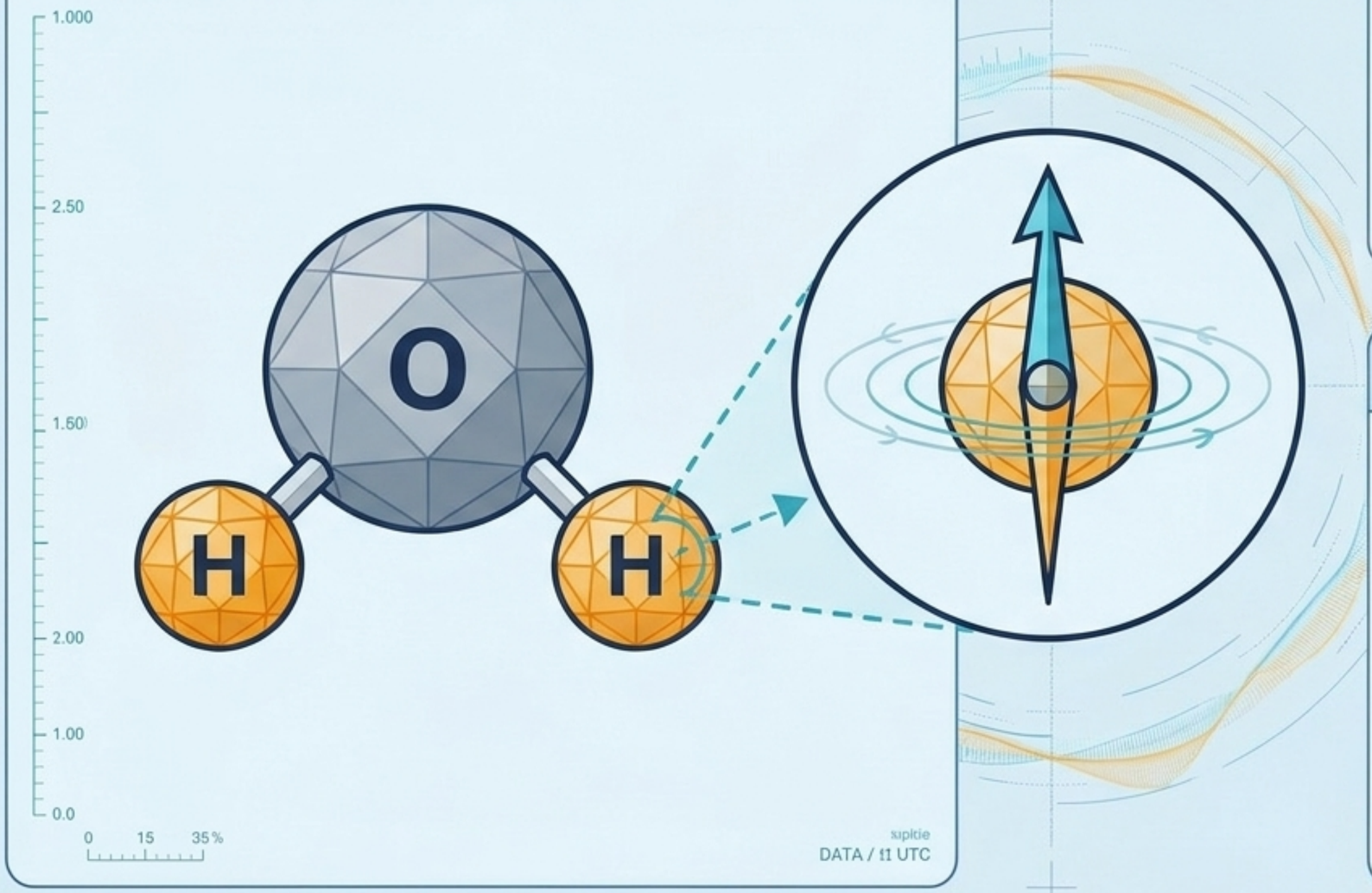
Η οργανωμένη ιατρική εφαρμογή που αξιοποιεί το φαινόμενο για τη δημιουργία εικόνας.



Gemini Notebook

CLINICAL DIAGNOSTIC BLUEPRINT: HYDROGEN SPIN PROPERTIES

Υδρογόνο



Γιατί Υδρογόνο;

Το σώμα περιέχει άφθονο νερό και λίπος. Η αφθονία υδρογόνου στους ιστούς βοηθά να καταγραφεί χρήσιμο σήμα.

⚠ Η ιδιότητα Spin

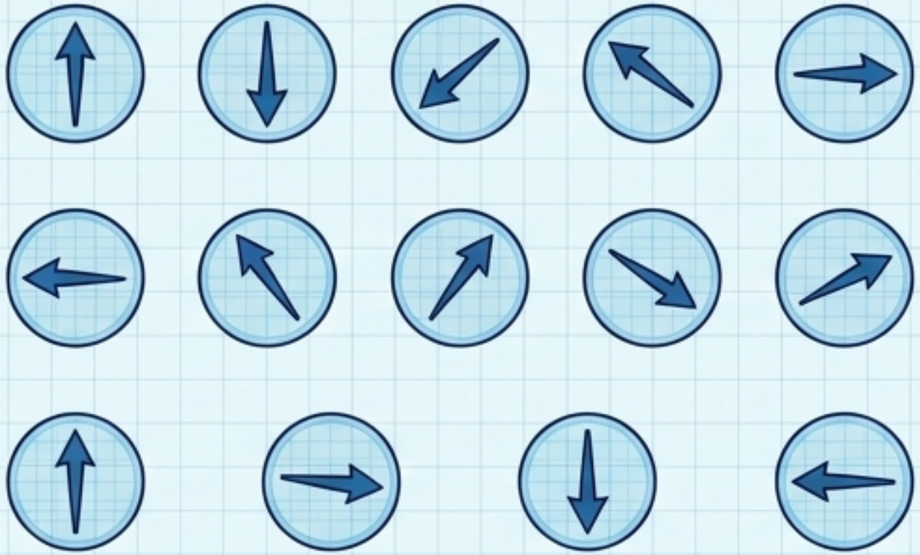
Εγγενής κβαντική ιδιότητα.

Ο πυρήνας λειτουργεί ως ‘μικρός μαγνήτης’. Η εικόνα της περιστρεφόμενης σβούρας είναι μια χρήσιμη αναλογία, όχι η πραγματική φυσική περιγραφή του σωματιδίου.

Gemini Notebook

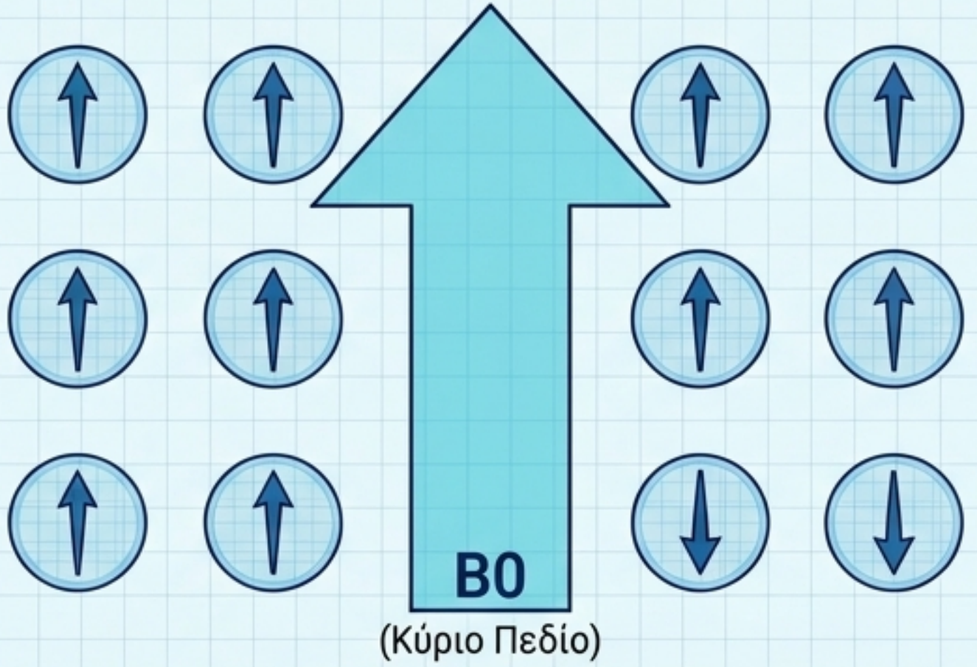
CLINICAL DIAGNOSTIC BLUEPRINT: PROTON BEHAVIOR IN MAGNETIC FIELD B0

Εκτός Μαγνήτη



Ακανόνιστος Προσανατολισμός (Random Orientation)

Εντός Κύριου Πεδίου B0



Προσανατολισμός με βάση το πεδίο B0 (B0 Field-Based Orientation)

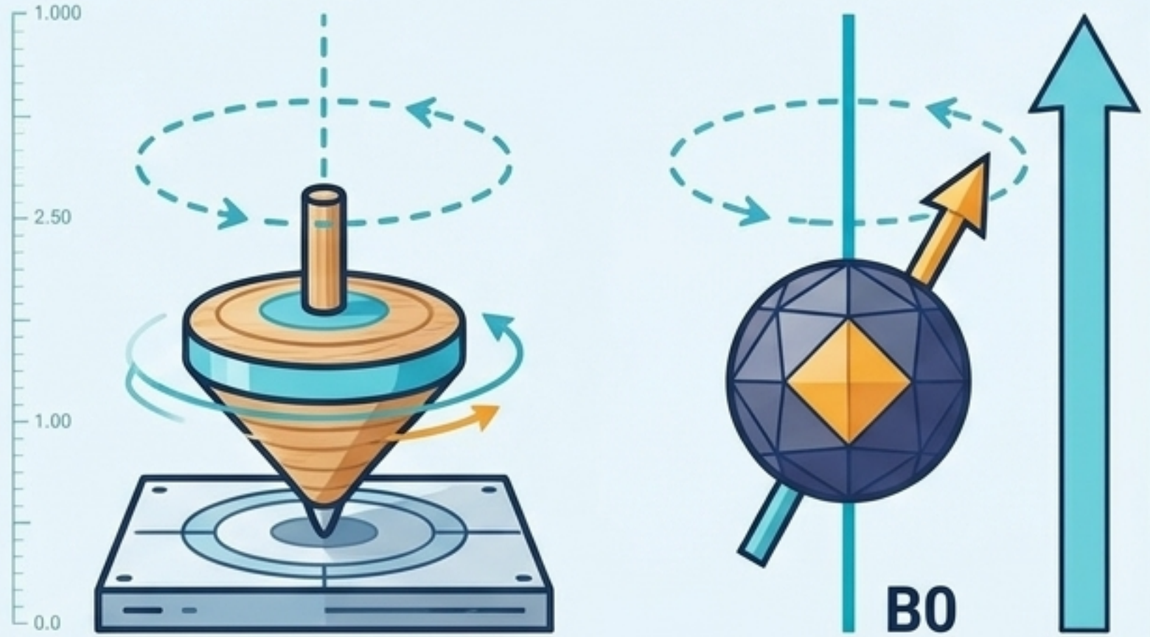
Καθαρή Μαγνήτιση (Net Magnetization): Δεν ευθυγραμμίζονται όλα τα πρωτόνια στέλεια. Μας ενδιαφέρει το συνολικό άθροισμα και αποτέλεσμα εκατομμυρίων πρωτονίων προς τη διεύθυνση του πεδίου.



Gemini Notebook

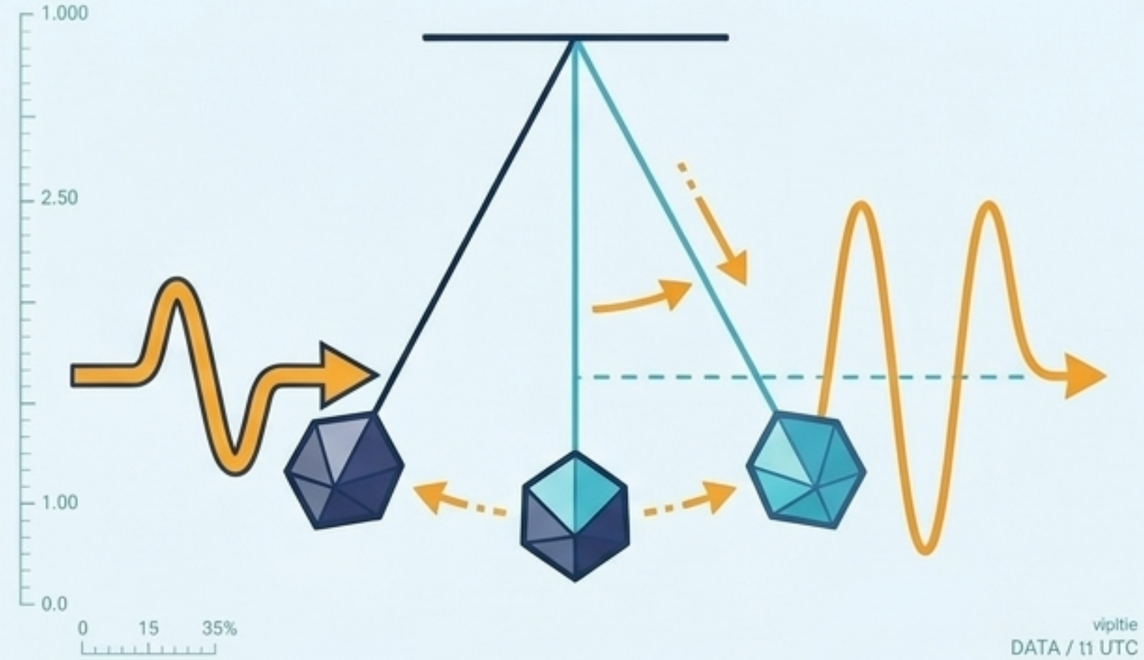
CLINICAL DIAGNOSTIC BLUEPRINT: PROTON PHYSICS - PRECESSION & RESONANCE

Μετάπτωση / Precession



Η μαγνητική ροπή του πρωτονίου "γυρίζει" (μετάπτωση) γύρω από τη διεύθυνση του πεδίου. Η συχνότητα εξαρτάται από τον πυρήνα και την ισχύ του μαγνήτη.

Συντονισμός / Resonance

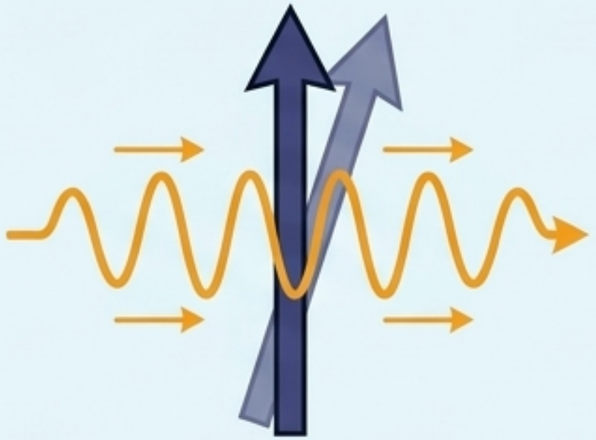


Δεν χρησιμοποιούμε οποιαδήποτε συχνότητα. Μόνο όταν εφαρμοστεί πεδίο κατάλληλης συχνότητας, μεταφέρεται ενέργεια στο σύστημα.

Gemini Notebook

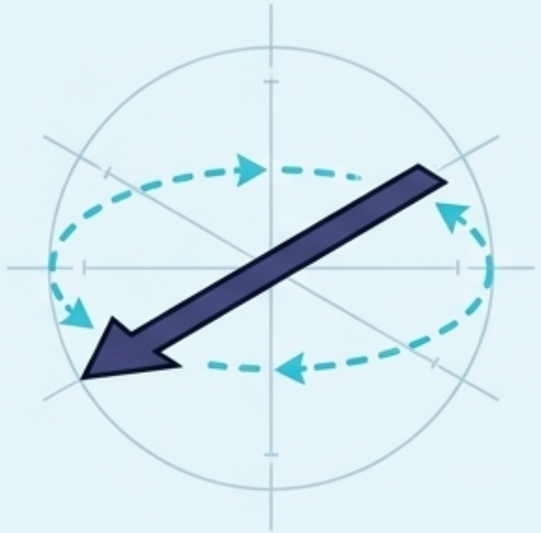
CLINICAL DIAGNOSTIC BLUEPRINT: RF EXCITATION & SIGNAL DETECTION

1. Ο Παλμός RF



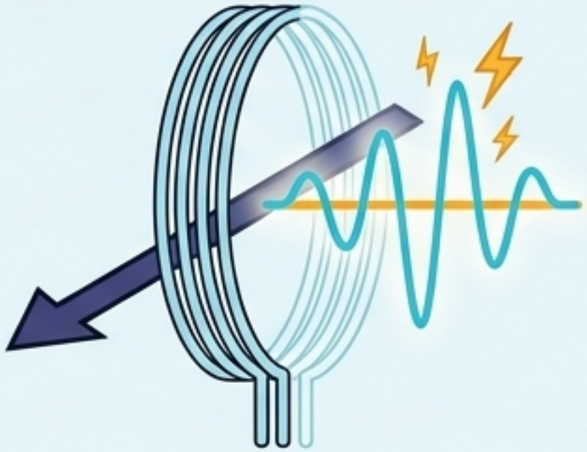
Εφαρμογή παλμού Ραδιοσυχνότητας. Μεταβάλλει την κατεύθυνση της συνολικής μαγνήτισης.

2. Εγκάρσια Μαγνήτιση



Η μαγνήτιση περιστρέφεται στο εγκάρσιο επίπεδο.

3. Η Ανίχνευση

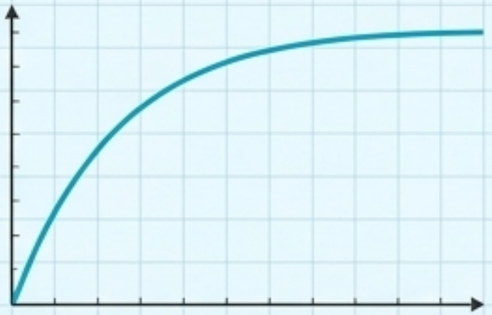
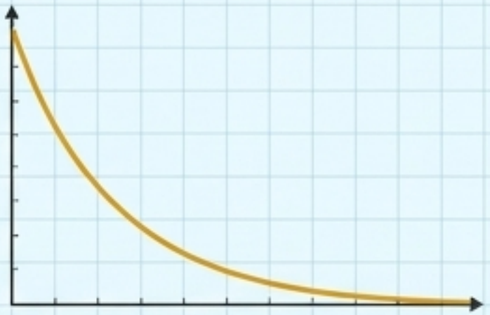


Το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργεί σήμα.

Το πηνίο λήψης το ανιχνεύει ηλεκτρικά — το μηχάνημα δεν χρειάζεται ορατό φως.

Gemini Notebook

Ο Μηχανισμός της Αντίθεσης: T1 vs. T2 Χαλάρωση

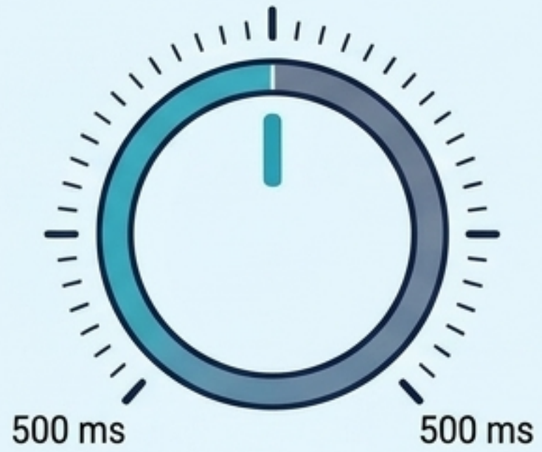
T1 (Χρόνος Διαμήκους Χαλάρωσης)	T2 (Χρόνος Εγκάρσιας Χαλάρωσης)
Διαδικασία	
Αποκατάσταση προς την κατάσταση ισορροπίας (στον άξονα του B0).	Απώλεια συνοχής της εγκάρσιας μαγνήτισης.
Φυσική Σημασία	
Ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον.	Τα επιμέρους σήματα παύουν σταδιακά να συνδυάζονται αποτελεσματικά.
Καμπύλη	
	

Διαφορετικοί ιστοί έχουν διαφορετικούς χρόνους. Αυτές οι διαφορές στην ταχύτητα χαλάρωσης μας επιτρέπουν να τους ξεχωρίζουμε στην εικόνα!

Gemini Notebook

Η Ακολουθία: Το οργανωμένο πρόγραμμα παλμών, βαθμιδώσεων και καταγραφής. Η ‘συνταγή’ της λήψης.

TR (Repetition Time)

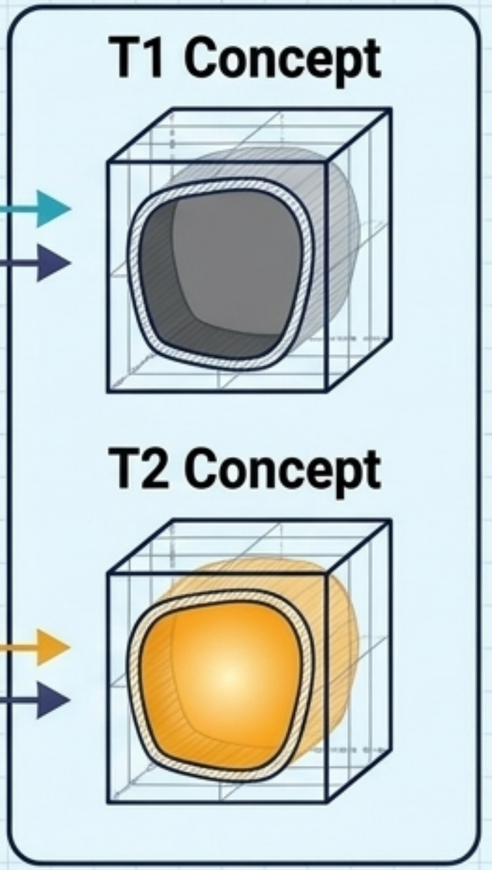


Χρόνος ανάμεσα σε διαδοχικές διεγέρσεις.

TE (Echo Time)



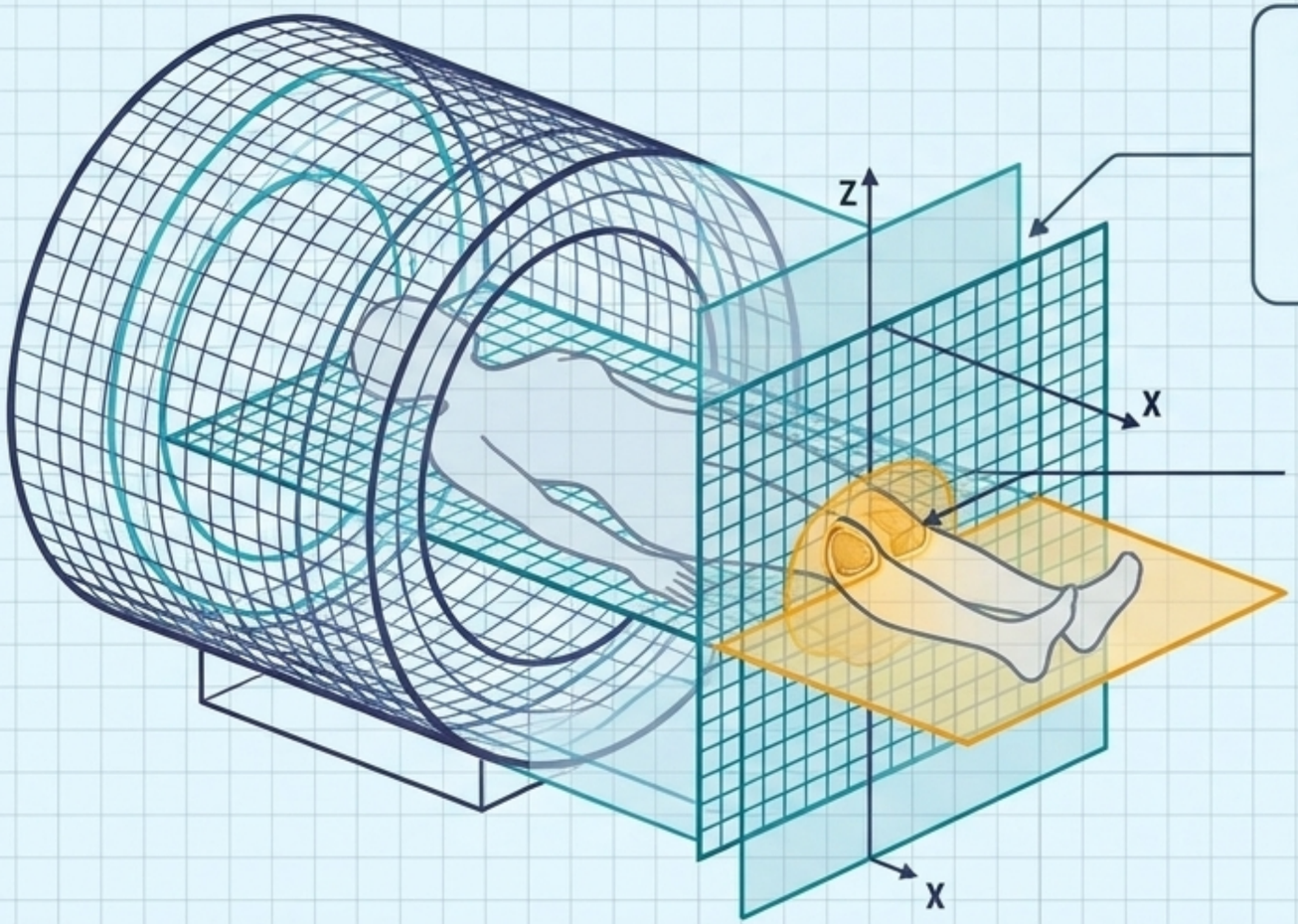
Χρόνος μέχρι την καταγραφή της ηχούς.



Στάθμιση Εικόνας: Η αλλαγή των χρόνων TR και TE αλλάζει τη ‘στάθμιση’. Το ίδιο υγρό ή ιστός εμφανίζεται διαφορετικά.

Gemini Notebook

Η Χωρική Κωδικοποίηση: Πώς ‘Κόβουμε’ την Εικόνα με Βαθμιδώσεις

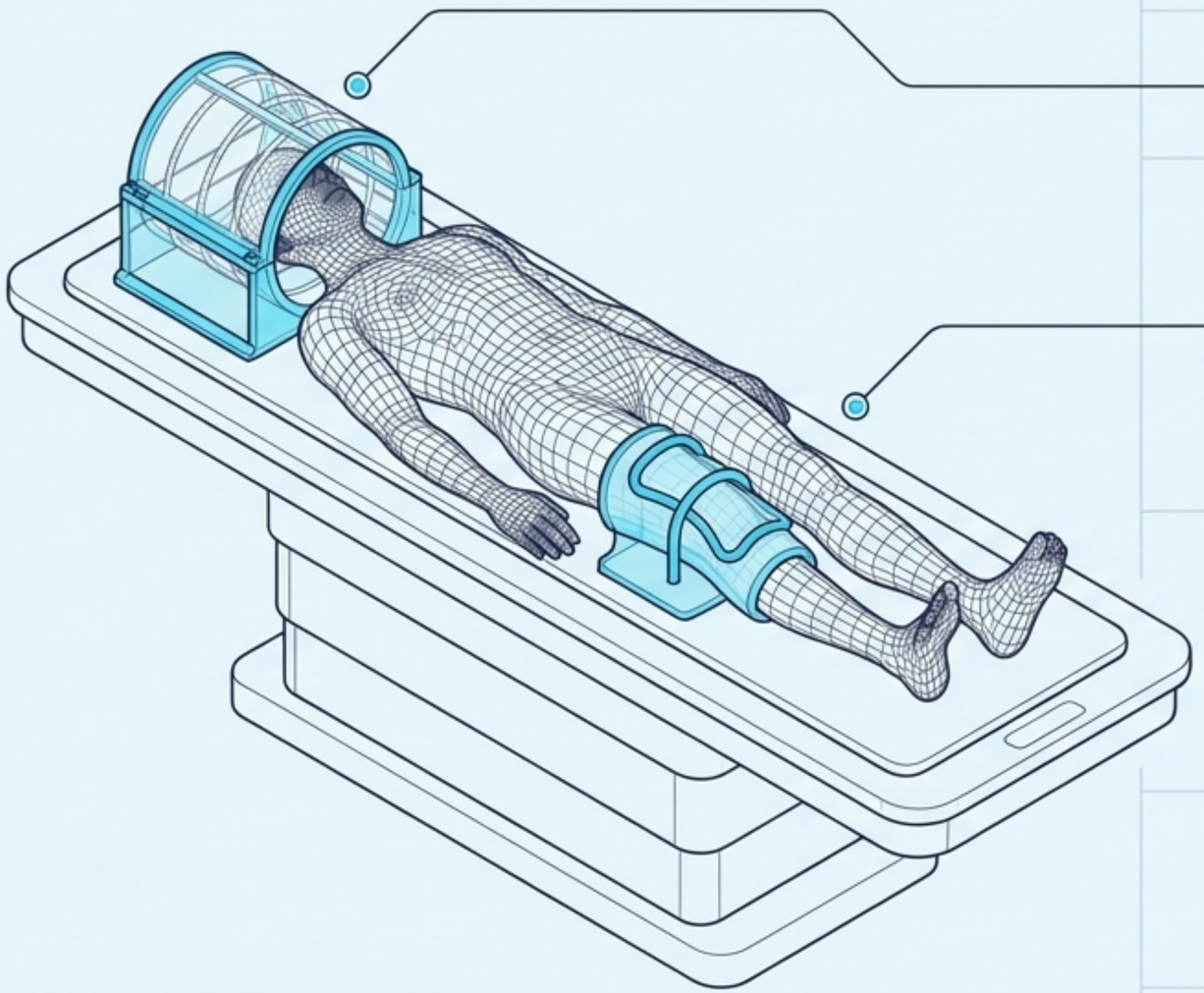


Πεδία Βαθμίδωσης (Gradients):
Μεταβάλλουν ελεγχόμενα το μαγνητικό πεδίο ανάλογα με τη θέση, δίνοντας χωρική πληροφορία στο σήμα (τον ανατομικό χάρτη).

Επιλεγμένη Τομή Γόνατος

Επιλογή Τομής: Η συνεργασία παλμού RF και βαθμίδωσης μας επιτρέπει να ‘κόβουμε’ (διεγείρουμε) επιλεγμένα επίπεδα. Έτσι εξετάζουμε μια περιοχή χωρίς να μετακινούμε τον ασθενή.

Gemini Notebook

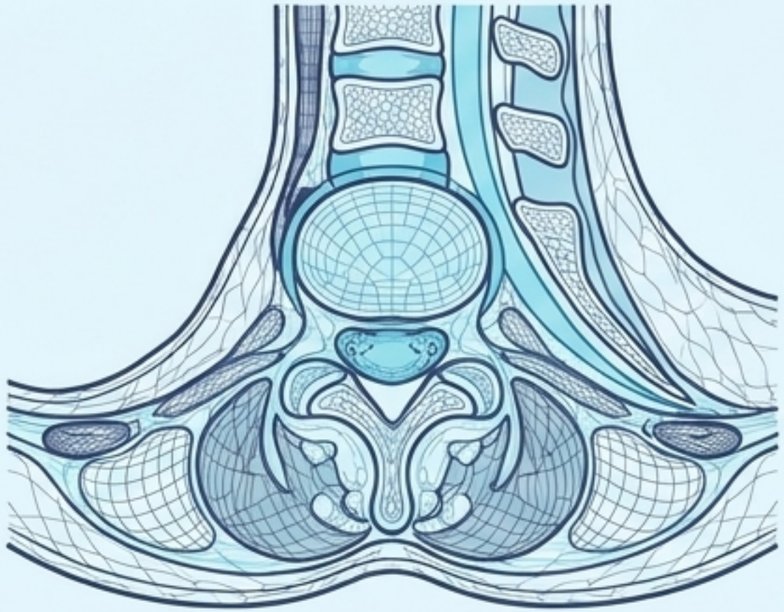


Τα Πηνία Λήψης

- Οι ‘κεραίες’ καταγραφής του μεταβαλλόμενου μαγνητικού σήματος.
- **Εξειδίκευση**: Υπάρχουν ειδικές διατάξεις για το κεφάλι, το γόνατο και άλλα μέρη του σώματος. Λειτουργούν σαν τοπικά εξειδικευμένα μικρόφωνα.
- Η σωστή επιλογή και ακριβής τοποθέτηση του πηνίου δίπλα στην περιοχή ενδιαφέροντος καθορίζει την τελική ποιότητα της εικόνας.

Gemini Notebook

Χρησιμότητα MRI



Εξαιρετική απεικόνιση μαλακών ιστών και κίνησης νερού. Οι ακολουθίες επιλέγονται με βάση το κλινικό ερώτημα.

Σκιαγραφικό



Ορισμένες εξετάσεις απαιτούν γαδολίνιο, το οποίο επηρεάζει το τοπικό μαγνητικό σήμα των ιστών.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Το γαδολί**νιο ΔΕΝ** είναι το ιωδιούχο σκιαγραφικό που χρησιμοποιείται στην Αξονική Τομογραφία (CT) και δεν χορηγείται σε κάθε εξέταση MRI.

Gemini Notebook

Η Ασφάλεια είναι μέρος της Λειτουργίας

Μαγνητικός Κίνδυνος



Ο μαγνήτης είναι **ΠΑΝΤΑ** ενεργός. Απαιτείται αυστηρός έλεγχος για μεταλλικά αντικείμενα και εμφυτεύματα.

Θερμικός Κίνδυνος



Οι παλμοί ραδιοσυχνοτήτων (RF) αποθέτουν ενέργεια και μπορούν να προκαλέσουν τοπική θέρμανση των ιστών.

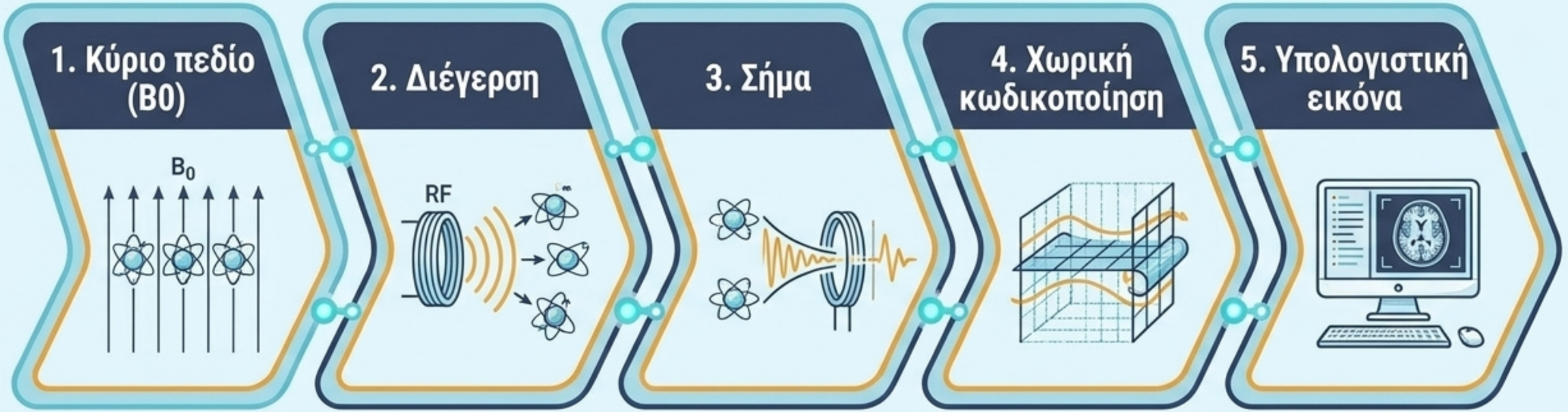
Ακουστικός Κίνδυνος



Η ραγδαία εναλλαγή των βαθμιδώσεων (gradients) παράγει έντονο θόρυβο. Είναι υποχρεωτική η προστασία ακοής του ασθενούς.

Gemini Notebook

Η Διαδρομή που Θυμόμαστε



Προετοιμασία: Ευθυγράμμιση της καθαρής μαγνήτισης.

Δράση: Προσφορά ενέργειας στη στη σωστή συχνότητα (RF Pulse).

Αντίδραση: Οι ιστοί χαλαρώνουν, παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα στα πηνία.

Τοποθεσία: Τα πεδία βαθμίδωσης χαρτογραφούν την πηγή.

Αποτέλεσμα: Σύνθεση της τελικής εικόνας ανάλογα με την ακολουθία.

Gemini Notebook

Το Λεξικό του Τεχνολόγου (Ακρωνύμια & Σύμβολα)

Ακρωνύμιο/Αγγλικά	Ελληνική Σημασία
NMR: Nuclear Magnetic Resonance	Πυρηνικός Μαγνητικός Συντονισμός
MRI: Magnetic Resonance Imaging	Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού
RF: Radiofrequency	Ραδιοσυχνότητα
T1: Longitudinal Relaxation Time	Χρόνος Διαμήκους Χαλάρωσης
T2: Transverse Relaxation Time	Χρόνος Εγκάρσιας Χαλάρωσης
TR: Repetition Time	Χρόνος Επανάληψης
TE: Echo Time	Χρόνος Ηχούς

Οι χρόνοι T1 και T2 είναι φυσικές παράμετροι του ιστού, όχι ακρωνύμια. Οι χρόνοι TR και TE είναι παράμετροι ελέγχου του μηχανήματος.

Gemini Notebook