



Ιστορία Φυσικών Επιστημών

Εαρινό εξάμηνο 2014

Φαίδρα Παπανελοπούλου

<http://eclass.uoa.gr/courses/PHS222/>



Μεσαιωνική Φυσική Φιλοσοφία και Κοσμολογία

Μεσαίωνας-περιοδολόγηση

- **5^{ος}-10^{ος} αι.: Πρώιμος Μεσαίωνας.**
[ενοποίηση από τον Καρλομάγνο των πρώτων γερμανικών κρατών, διαμόρφωση του χριστιανικού πολιτισμού. Κατάρρευση αστικού πλέγματος της αρχαίας Ρώμης, οικονομική ύφεση και δημογραφική πτώση]
- **950-1250μ.Χ.: Μέσοι Χρόνοι.**
[παγίωση του φεουδαρχικού συστήματος και δημιουργία σχέσεων υποτέλειας, δημογραφική άνοδος, τεχνικές καινοτομίες (αγροτικός τομέας), εμπορική ανάπτυξη, μεσαιωνικές πόλεις, εδραίωση μοναρχικού προτύπου]
- **1250-1450μ.Χ.: Ύστερος Μεσαίωνας.** [εποχή κρίσεων: εκατονταετής πόλεμος μεταξύ Αγγλίας και Γαλλίας, επιδημία του Μαύρου Θανάτου, νέες οικονομικές πρακτικές, όξυνση ταξικών αντιθέσεων, ενίσχυση του κρατικού μηχανισμού].
- **5^{ος}-9^{ος} αι.: Πρώιμος Μεσαίωνας.**
[παρακμή φιλοσοφικής σκέψης, μελέτη φυσικής φιλοσοφίας για την καλύτερη κατανόηση του Χριστιανισμού, εγκυκλοπαιδική παράδοση μάθησης, εξάπλωση του Ισλάμ]
- **10^{ος}-11^{ος} αι.: Μέσοι Χρόνοι.**
[μεταφράσεις και άνθιση της Αραβικής επιστήμης]
- **12^{ος}-15^{ος} αι.: Ύστερος Μεσαίωνας.**
[ανάπτυξη Πανεπιστημίων, μεταφορά κέντρου πνευματικής ζωής στην κεντρική Ευρώπη]

Πρώιμος Μεσαίωνας

- Η επικράτηση του Χριστιανισμού προσέλκυσε πολλούς από τους λόγιους του 5^{ου} αιώνα στους κόλπους του, οι οποίοι ανέπτυξαν ιεραποστολικές, οργανωτικές, δογματικές και θεωρητικές δραστηριότητες.
- Αν και υπήρχαν κάποιοι Χριστιανοί που δεν δέχονταν κανέναν συμβιβασμό μεταξύ «Αθήνας και Ιερουσαλήμ» (Τερτυλλιανός), υπήρχαν και άλλοι που θεωρούσαν ότι η αρχαία ελληνική φιλοσοφία μπορούσε να υποβοηθήσει το Χριστιανικό δόγμα (Αγ. Αυγουστίνος).

Αγ. Αυγουστίνος (354-430μ.Χ.)



- Εθνική Παιδεία (καθηγητής ρητορικής στο Μιλάνο- 384μ.Χ.)
- Βαπτίζεται Χριστιανός το 387 μ.Χ.- επίσκοπος Β. Αφρικής
- Προσηλυτισμός (ο Χριστιανισμός είναι ακόμα περιθωριακή θρησκεία)
- Ενίσχυση του Χριστιανισμού με ορθολογικά επιχειρήματα αλλά και εξ αποκαλύψεως αλήθειες
- Νέα παράδοση κατά την οποία ο Λόγος βρίσκεται μέσα στη Χριστιανική θρησκεία (και δεν αποτελεί απαραίτητα αντιθετικό δίπολο)

Πρώιμος Μεσαίωνας

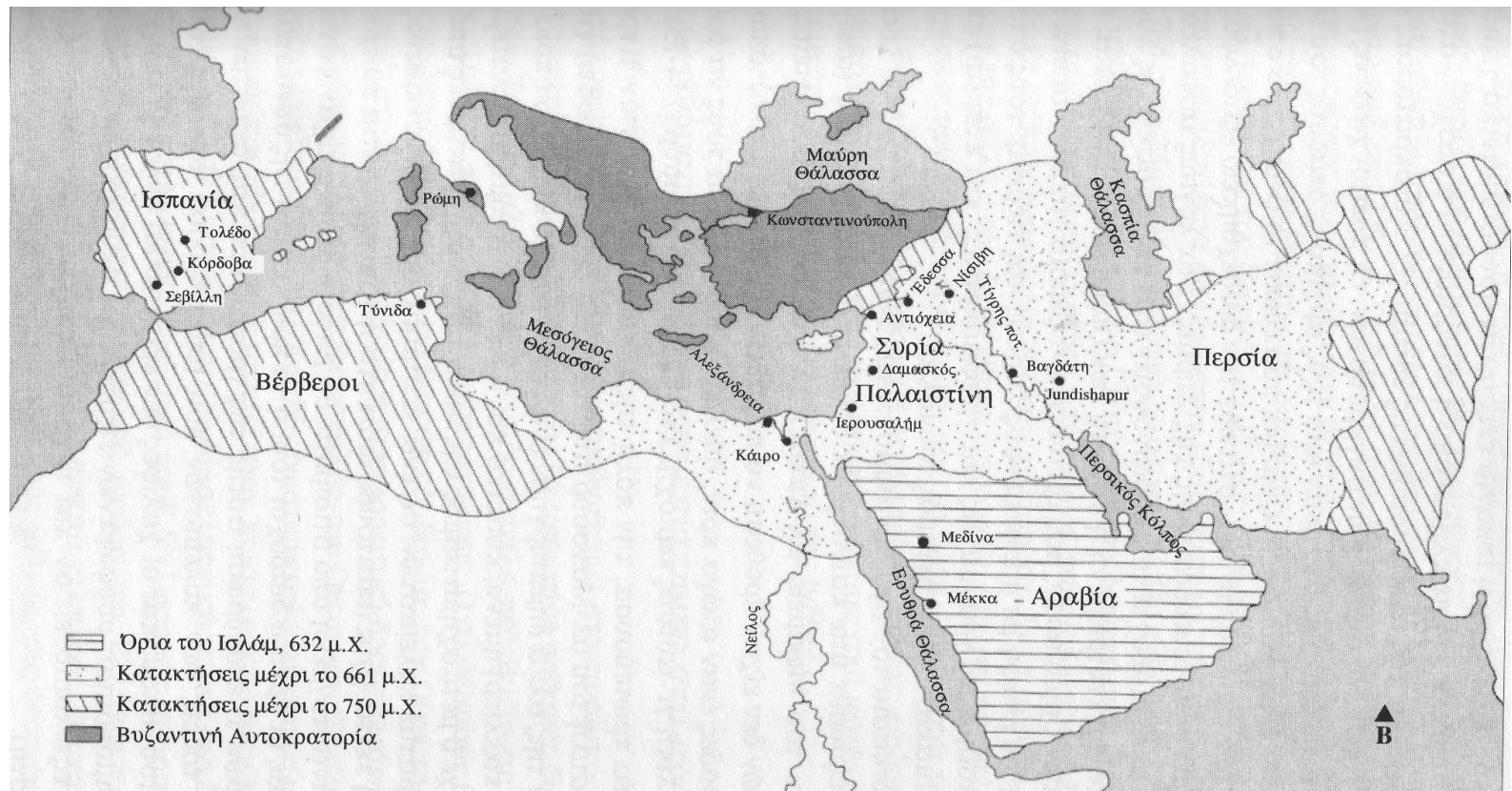
- Παρά την αμφίσημη στάση έναντι των κινδύνων που έκρυβε η ειδωλολατρική μάθηση δεν υπήρχε κάτι άλλο να την αντικαταστήσει.
- Εγκυκλοπαιδική παράδοση της μάθησης
 - Ελληνιστική εποχή: Ερατοσθένης από την Κυρήνη (~2^{ος} αι. π.Χ.) , Ποσειδώνιος (~1^{ος} αι. π.Χ.)
 - Λατίνοι: Σενέκας (~1^{ος} αι. μ.Χ.), Πλίνιος (~1^{ος} αι.) αλλά και Μαρτιανός Καπέλλα (~5^{ος} αι), Βοήθιος (~6^{ος} αι.), Ισίδωρος της Σεβίλλης (~τ.6^{ου} αι.), Βέδας Αιδέσιμος (~τ.7^{ου} αι.)
- Τα έργα τους περιείχαν το σύνολο των επιστημονικών γνώσεων κατά τον πρώιμο Μεσαίωνα, και έφεραν συχνά τους μεταγενέστερους συγγραφείς αντιμέτωπους με ένα χαοτικό και αντιφατικό πολλές φορές όγκο πληροφοριών. Μέχρι την περίοδο των μεταφράσεων η Λατινική Δύση είχε πρόσβαση μόνο σε αυτά τα έργα.

Πρώιμος Μεσαίωνας

ΔΥΣΗ

- Ό,τι επιχειρείται στον τομέα της παιδείας αλλά και της επιστήμης διαποτίζεται από το πνεύμα του Χριστιανισμού.
- Η φιλοσοφία προσανατολίζεται στην υπεράσπιση των δογμάτων της πίστης.
- Η “επιστήμη” έχει πρακτικό προσανατολισμό.
- Υπάρχει (περιορισμένη) λόγια δραστηριότητα [μεταφράσεις κάποιων έργων της ελληνικής κλασικής γραμματείας και των Ελλήνων Πατέρων της Εκκλησίας].
- ~8ος αι.: Η σπουδή κλασικών επιστημών εντάσσεται στο πρόγραμμα σπουδών της Αυτοκρατορικής Σχολής του Καρλομάγνου [Καρολίγεια Αναγέννηση/ περιορισμένη εμβέλεια- ευγενείς]

Η εξάπλωση του Ισλάμ

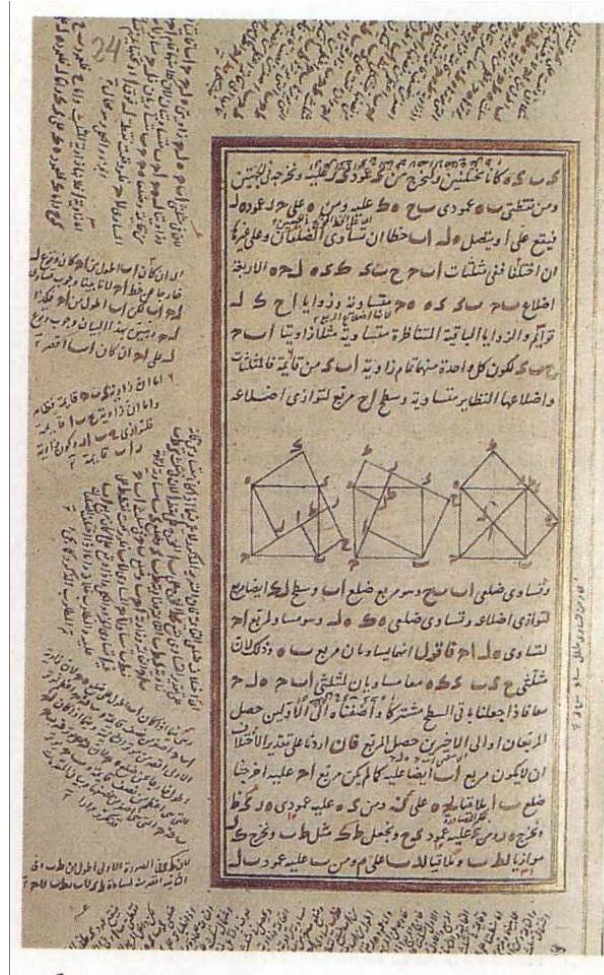


Ισλάμ και Επιστήμες



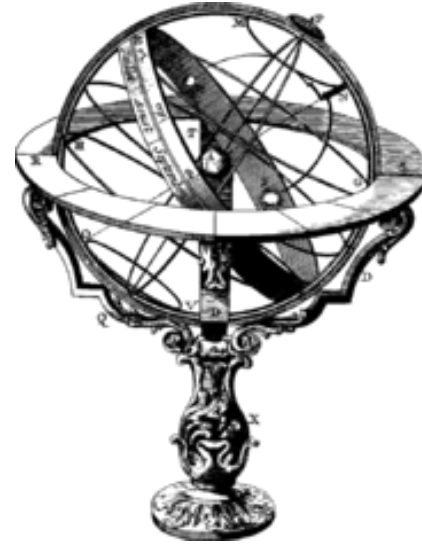
- Έντονη μεταφραστική δραστηριότητα με παράλληλους σχολιασμούς κειμένων των αρχαίων κλασικών (και έργων φυσικής φιλοσοφίας)
- 2 ομάδες μεταφραστών (1. Χριστιανοί γιατροί και θεολόγοι σε μοναστικές σχολές, 2. Παλαιο-σημιτική ομάδα στα Βόρεια της Μεσοποταμίας--ελληνική αστρονομία και αστρολογία)
- Μέχρι το 1000μ.Χ., το σύνολο σχεδόν των έργων της ελληνικής ιατρικής, φυσικής φιλοσοφίας και μαθηματικής επιστήμης είχαν αποδοθεί σε εύχρηστες αραβικές αποδόσεις.

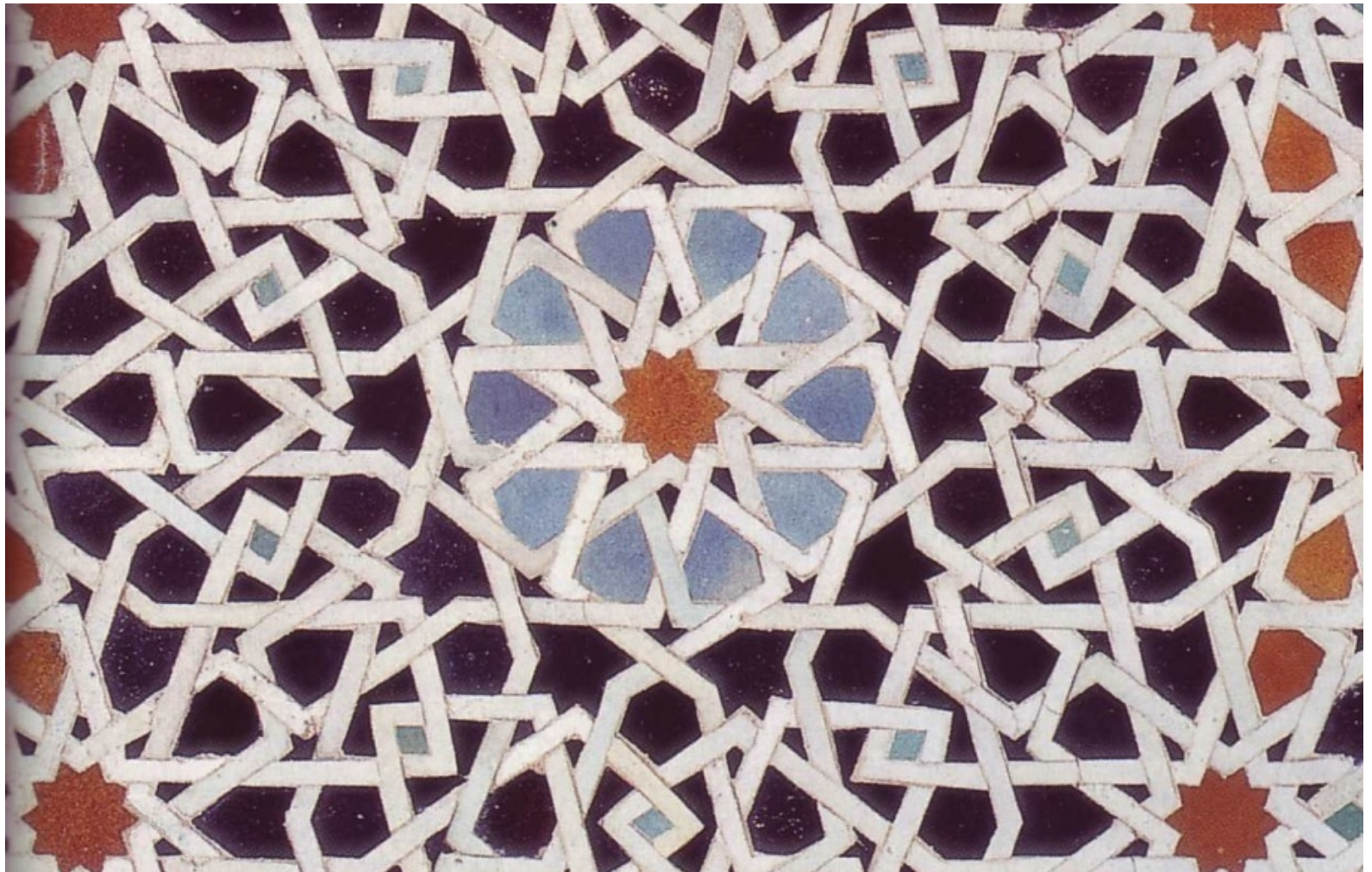
Μεταφράσεις

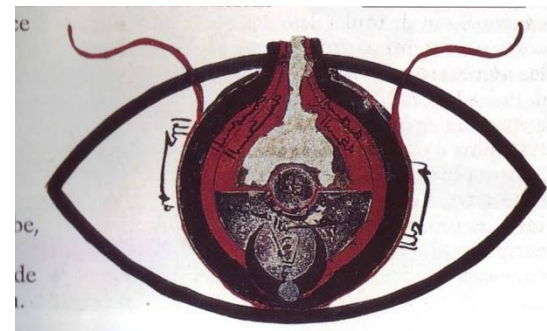


- Μεταφράσεις λόγω διαθεσιμότητας, πρακτικής ωφέλειας αλλά και λόγω των απαιτήσεων Ισλαμικής θρησκείας για καθολικότητα (αντιμετώπιση άλλων δογμάτων όπως Χριστιανισμού, Ζωροαστρισμού κτλ)
- Πολυ-πολιτισμικότητα περιοχής (διανοητική ζύμωση: Ισλαμική θεολογία, φιλοσοφία και επιστήμη)











Άραβες σχολιαστές της αριστοτελικής θεωρίας περί κίνησης

Αβικέννας (980-1037μ.Χ.)

- Οπαδός της θεωρίας του 'mail' [μιας εντυπωμένης δύναμης που αποτελούσε περαιτέρω επεξεργασία της εξήγησης του Φιλόπονου – όργανο της αρχικής κινητήριας δύναμης, ικανό να συνεχίζει τη δράση του όταν η αρχική δύναμη έπαυε να ενεργεί]
- Mail : Φυσική, Βίαια και Ψυχική
- Κάθε σώμα είναι ικανό να δεχτεί βίαια mail σε αναλογία με το βάρος του [π.χ. μια μολύβδινη σφαίρα μπορεί να ριχθεί σε μεγαλύτερη απόσταση από ένα φτερό]
- Αποτελεί μόνιμη ιδιότητα που διατηρείται σε ένα σώμα εάν δεν υπάρχουν εξωτερικές αντιστάσεις. [Αν ένα σώμα κινείται βίαια στο κενό τότε η κίνηση του θα είναι απεριόριστης έκτασης και διάρκειας διότι δεν θα συνέτρεχε λόγος να φτάσει σε ακινησία. Κάτι τέτοιο δεν παρατηρείται στη φύση, άρα δεν γίνεται αποδεκτή η ύπαρξη κενού].

Άραβες σχολιαστές της αριστοτελικής θεωρίας περί κίνησης

Αβεμπάτσε (1095-1138μ.Χ.)

- Κατά του ισχυρισμού ότι ο χρόνος πτώσης είναι ευθέως ανάλογος προς την πυκνότητα. [κάτι τέτοιο θα ίσχυε εάν ο χρόνος κίνησης ενός σώματος εξαρτιόταν αποκλειστικά από την ικανότητα αντίστασης του παρεμβαίνοντος μέσου].
- Τα ουράνια σώματα κινούνται δίχως κόπο στον αιθέρα με διαφορετικές ταχύτητες. [Άρα πεπερασμένες ταχύτητες μπορούν να συμβούν χωρίς την ενεργό αντίσταση ενός μέσου. Το περιβάλλον μέσο δεν βοηθάει την κίνηση, αλλά μόνο την επιβραδύνει].
- Η κίνηση είναι ό,τι μένει από μια υποθετικά ανεμπόδιστη κίνηση μετά την αφαίρεση της επιβράδυνσης που οφείλεται στο περιβάλλον μέσο [ασάφεια ως προς τη δυνατότητα καθορισμού της παρατηρήσιμης κίνησης + κίνησης μέσα σε κενό, Πώς μετριέται; Με βάση το βάρος του κινούμενου σώματος; Τις διαστάσεις τους;]

Άραβες σχολιαστές της αριστοτελικής θεωρίας περί κίνησης

Αβερρόης (1126-1198μ.Χ.)

- Διαμάχη αναφορικά με την υπόσταση της κίνησης.
- Η κίνηση δεν είναι ένα πράγμα διακριτό από το κινούμενο σώμα, αλλά αναφέρεται στη διαδικασία με την οποία ένα κινητό μεταβάλλει τη θέση του. [Η αντίθετη θέση υποστηρίζει ότι υπάρχει κάποιο πράγμα που ενυπάρχει στο κινούμενο σώμα και μπορούμε να το ονομάσουμε «κίνηση»]

Από την Ανατολή στη Δύση...

- 1085 μ.Χ. Πτώση του Τολέδου (σταδιακή ανακατάληψη της Ισπανίας από χριστιανούς): εκμετάλλευση του πλούτου των αραβικών βιβλιοθηκών.
- Gerardo της Cremona αναζητά την Αλμαγέστη του Πτολεμαίου στο Τολέδο και ανακαλύπτει διάφορα χειρόγραφα και μεταφράσεις με πρακτικό χαρακτήρα (αστρονομία, μαθηματικά, ιατρική του Ιπποκράτη και του Γαληνού)
- Κατά τη διάρκεια του 12^{ου} αιώνα ξεκινά ένα κύμα μεταφράσεων το οποίο συνεχίζεται ως τα τέλη του 13^{ου} αιώνα.
- Με το τέλος του 12ου αιώνα, η λατινική Δύση είχε ανακτήσει σημαντικές μερίδες της ελληνικής και αραβικής φιλοσοφικής και επιστημονικής κληρονομιάς.

- Γνώση και κύρος στο παρελθόν (π.χ. για τη θεραπεία της πανώλης ανέτρεχαν σε κείμενα του Ιπποκράτη και του Γαληνού).
- Δεν υπάρχει η έννοια της νέας γνώσης (Η νέα γνώση παράγεται από τα σχόλια και τα υπομνήματα).
- Διαβάζω-ερμηνεύω-μετασχηματίζω.
- Δεν υπάρχει η φύση ως αντικείμενο έρευνας (οι αρχαίοι έχουν λύσει όλα τα προβλήματα- Ο Αριστοτέλης δεν έχει κενά)
- Η γνώση είναι “βιβλιακή”. Μέχρι τις μεταφράσεις το “βιβλιακό” μεταφράζεται ως “Βιβλικό” (κόσμος, σωτηρία, φύση).

Ο Μεσαιωνικός Διανοούμενος

- Εμφάνιση μετά την οικειοποίηση γνώσης και πηγών.
- Η εμφάνιση ενός καλά αρθρωμένου σώματος θεωρητικής γνώσης στη Δύση είναι στενά συνδεδεμένη με την ανάδυση νέων κέντρων μάθησης (τα οποία σχετίζονται επίσης με την ανάπτυξη αστικών κέντρων).
- Ο μεσαιωνικός διανοούμενος προωθείται σε αξιώματα στο όνομα της γνώσης (ωροσκόπιο, αυλικοί, διοικητικοί κτλ)- αποκτά εξουσία.
- Αυτονόμηση από την εκκλησία (υποβάθμιση ρόλου κληρικού)
- Μονοπώλιο Παιδείας.

Πανεπιστήμια (12ος-13ος αι.)



- Από προϋπάρχουσες μορφές συντεχνιών
- Universitas (ενώσεις δασκάλων και μαθητών)
- Εκπροσωπεί έναν νέο τύπο ανθρώπου και κοινωνικής δραστηριότητας
- Θεσμικό πλαίσιο με το οποίο η Δύση θα οργανώσει, απορροφήσει και θα επεκτείνει το μεγάλο όγκο της νεοαποκτηθείσας γνώσης
- Οικειοποίηση του Αριστοτέλη (προσανατολισμός στη διδασκαλία της Λογικής, και της φυσικής του Αριστοτέλη)

Φυσική Φιλοσοφία στα Μεσαιωνικά Πανεπιστήμια

- **Αριστοτέλης.**
 - *Φυσικά: Φυσική ακρόαση (κίνηση), Περί Ουρανού & Περί Κόσμου (κίνηση των ουράνιων και γήινων σωμάτων), Μετεωρολογικά (Φαινόμενα στις υψηλότερες ζώνες της γήινης περιοχής), Περί Γενέσεως και Φθοράς (μεταστοιχείωση των 4 στοιχείων) και διάφορες πραγματείες για τη βιολογία, μεταφυσική, ψυχολογία και την ηθική.*
- *Θεωρία των Πλανητών (ανώνυμο), Περί Σφαίρας (Ιωάννης Σακρομπόσκο)*
- Στοιχεία του Ευκλείδη & Αριθμητική του Βοήθιου

Οι σχέσεις μεταξύ φυσικής φιλοσοφίας και θεολογίας τον 13^ο αιώνα

- 1210: με διάταγμα της επαρχιακής Συνόδου της Σάνς, απαγορεύεται η χρήση των έργων του Αριστοτέλη και των σχολίων πάνω σε αυτά (στο Παρίσι)
- 1215: Επανεκδοση της απαγόρευσης ειδικά για το Παν/μιο του Παρισιού
- 1231: προσπάθεια να αφαιρεθούν από τα έργα του Αριστοτέλη ό,τι μπορεί να βλάψει το Χριστιανικό δόγμα (δεν εφαρμόστηκε).

Μέχρι το 1255 η ισχύς των απαγορεύσεων είχε παύσει

- 1260-70: συντηρητικοί θεολόγοι (π.χ. Μποναβεντούρα) προσπαθούν εκ νέου να περιορίσουν την επιρροή του Αριστοτέλη
- 1272: τα μέλη της Σχολής των Τεχνών ορκίζονται ότι δεν θα ασχολούνται με θεολογικές προτάσεις στη μελέτη και διδασκαλία της φυσικής φιλοσοφίας
- 1277: εκδίδεται καταδίκη 219 προτάσεων, η διδασκαλία των οποίων θα οδηγούσε σε αφορισμό.

Οι σχέσεις μεταξύ φυσικής φιλοσοφίας και θεολογίας τον 13^ο αιώνα

- Εντάσεις μεταξύ της Σχολής των Τεχνών και της Σχολής της Θεολογίας
- Λόγω του κυρίαρχου ρόλου του Χριστιανισμού, η Σχολή της Θεολογίας έχει μεγαλύτερη δύναμη και επιρροή από τις υπόλοιπες.
 - Θεωρούν ότι η αποκάλυψη είναι η ανώτατη μορφή γνώσης, και η φυσική φιλοσοφία θεραπευνίδα της θεολογίας. Καμία σύγκρουση Πίστης και Λόγου εφόσον η πρώτη καθοδηγεί τη δεύτερη.
- Για τους καθηγητές της Σχολής των Τεχνών, η φυσική φιλοσοφία αποτελεί τον μόνο τρόπο για την κατανόηση του κόσμου. Δεν συμφωνούν πάντα με τον Αριστοτέλη, αλλά έχουν σε πολύ μεγάλη εκτίμηση τα έργα του και τη χρήση λογικής επιχειρηματολογίας.

3 Ρεύματα/στάσεις απέναντι στον Αριστοτελισμό των Πανεπιστημίων

1. Λατίνοι Αβερροϊστές: Ο Λόγος αναβαθμίζεται σε βαθμό που προκαλεί αντιδράσεις σε όλο τον 13ο αιώνα με κορύφωση το 1277. Θεωρούν ακαταμάχητη τη λογική αλήθεια της αριστοτελικής φιλοσοφίας. Κατηγορούνται για το δόγμα της “διπλής αλήθειας”. (Σίζερ από το Μπράμπαντ, Βοήθιος της Δακίας)
2. Μετριοπαθής στάση με κύριους εκπροσώπους τον **Αλβέρτο τον Μέγα** και τον **Θωμά τον Ακινάτη**. Δέχονται τη λογική της επιστήμης, αρνούνται όμως την επιβολή της στον Θεό. Κορύφωση της προσπάθειας συγκερασμού Λόγου και Πίστης.
3. Νέο-Αυγουστινιανοί. Επιφυλακτική στάση απέναντι στον Αριστοτέλη (και τον Θωμά τον Ακινάτη) και απαγόρευση κάποιων σημείων του. **Μποναβεντούρα & Γκροσσετέστ** και **Μπέικον**.

Σημεία τριβής

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ	ΧΡΙΣΤΙΑΝΙΣΜΟΣ
Αιωνιότητα κόσμου	Δημιουργία κόσμου από Θεό
Οι ιδιότητες των σωμάτων δεν είναι ανεξάρτητες από την υλική τους υπόσταση.	Μυστήριο Θείας Ευχαριστίας (οι ιδιότητες του οίνου και άρτου εξακολουθούν να υπάρχουν και μετά τη μετουσίωσή τους σε αίμα και σώμα Κυρίου).
Οι διαδικασίες της φύσης διέπονται από κανονικότητες που δεν αλλάζουν	Δυνατότητα θαυμάτων
Η ψυχή δεν επιβιώνει μετά το θάνατο του σώματος	Αθανασία ψυχής

Τα μεθεόρτια της κρίσης του 1277.

- Η κρίση του 1277 έχει θετικές επιπτώσεις για τη φιλοσοφία και την επιστήμη. Οι Λόγιοι φιλοσοφούν με διαφορετικούς όρους από αυτούς που έθετε ο Αριστοτέλης. Η πίστη στην παντοδυναμία του Θεού επιτρέπει να γίνονται υποθέσεις (ύπαρξη κενού, πολλαπλότητα του κόσμου κτλ).
- Κριτική στο Αριστοτέλειο σύστημα με θεολογικά αλλά και επιστημονικά επιχειρήματα. Αλλαγή του χαρακτήρα και του πεδίου δράσης της επιστημονικής συζήτησης. Δεν είναι απαραίτητη η βεβαιότητα σχετικά με τις αιτίες και τους νόμους της φύσης (πλέον είναι θέμα επιλογής της πιο πιθανής εναλλακτικής λύσης).
- Η στάση αυτή οδηγεί στον εμπειρισμό και τον νομιναλισμό του 14ου αιώνα με κύριο εκπρόσωπο τον **Ουίλλιαμ Όκαμ**.



Μεσαιωνικοί σχολιαστές της αριστοτελικής θεωρίας περί κίνησης

Παραδείγματα Μεσαιωνικού σχολιασμού

- W. Ockham (1285-1347)— ο κόσμος στον οποίο η κίνηση δεν είναι πραγματική οντότητα είναι ένας οικονομικότερος κόσμος. Θεωρείται αληθινός εκτός και αν υπάρχουν πειστικά επιχειρήματα για το αντίθετο.
- J. Buridan (1295-1358) — η κίνηση αποτελεί πρόσθετο χαρακτηριστικό με ιδιότητες :
 - Ο Θεός είναι παντοδύναμος (κάνει ο,τιδήποτε δεν οδηγεί σε λογική αντίφαση)
 - Έστω ότι η κίνηση είναι μια διαδικασία (ένα κινούμενο σώμα σε διαδοχικούς τόπους)
 - Κάθε τόπος κατά τον Αριστοτέλη περιβάλλεται από κάτι
 - Το σύμπαν δεν περιβάλλεται από τίποτα
 - Το σύμπαν δεν καταλαμβάνει τόπο, άρα δεν μπορεί να αλλάξει τόπο, άρα δεν κινείται
 - Ο Θεός όμως μπορεί να επιβάλλει περιστροφική ή ευθύγραμμη κίνηση σε ολόκληρο το σύμπαν
 - Άρα η κίνηση αποτελεί ένα πρόσθετο χαρακτηριστικό κάθε κινούμενου σώματος.

Λύση σχετικά με τη δυνατότητα φυσικής κίνησης στο κενό

- Νέα ερμηνεία της αριστοτελικής σύλληψης του μεικτού ή σύνθετου σώματος (μείγμα των 4 στοιχείων).
- Αριστοτέλης: σε κάθε μεικτό σώμα, κάποιο από τα 4 στοιχεία κυριαρχεί και είναι αυτό που καθορίζει την κίνηση
- Μεσαιωνικοί: Δεν υπερισχύει ένα μόνο στοιχείο--- τα ελαφρά και τα βαριά στοιχεία θεωρούνταν ότι αποτελούνται από μέρη ή βαθμούς, η άθροιση των οποίων καθορίζει τη διεύθυνση της φυσικής κίνησης. Η συνολική δύναμη των ελαφριών στοιχείων έρχεται σε αντίθεση με τη συνολική δύναμη των βαριών στοιχείων.

Παραδείγματα & έννοια εσωτερικής αντίστασης

- Έστω ένα σώμα **A** στο οποίο τα βαριά στοιχεία υπερισχύουν των ελαφριών. Το σώμα θα κατευθυνθεί προς τα κάτω. Η ταχύτητα του θα εξαρτηθεί από το βαθμό υπεροχής των βαριών στοιχείων έναντι των ελαφριών.

[η βαρύτητα ή ελαφρότητα νοούνται ως δρώσες δυνάμεις ή ιδιότητες μέσα στο μεικτό σώμα. Η ιδιότητα με το μεγαλύτερο συνολικό αριθμό βαθμών αποτελεί την κινητήρια δύναμη, ενώ η αντίθετή της την αντίσταση]

- Αν η αναλογία βαριών και ελαφριών στοιχείων (β/ϵ) σε ένα σώμα **A** είναι $8/3$ και σε ένα σώμα **B** $8/5$, ποιο θα έχει τη μεγαλύτερη ταχύτητα;
 - Η ταχύτητα του **A** θα είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του **B** λόγω μικρότερης αντίστασης (3 έναντι 5 μονάδων ελαφρότητας).
- Όλα τα σώματα της υποσελήνιας περιοχής είναι μεικτής σύνθεσης (και άρα δικαιολογείται η δυνατότητα κίνησης στο κενό). Τα στοιχεία κινούνται πάντα εντός υλικών μέσων.

Εναλλακτικές Θεωρίες

- **Thomas Bradwardine (1290-1349), Αλβέρτος της Σαξωνίας (1320-1390)**

Δύο **ομοιογενή** σώματα διαφορετικού μεγέθους και βάρους, πέφτουν στο κενό με την ίδια ταχύτητα.

[αν και ένα σώμα μπορεί να περιέχει περισσότερες μονάδες ύλης από ένα άλλο, αν έχουν τον ίδιο λόγο βαριών και ελαφριών στοιχείων, δηλαδή τον ίδιο λόγο κινητήριας δύναμης προς εσωτερική αντίσταση, θα πέσουν με την ίδια ταχύτητα]

- Η μεσαιωνική «φυσική» δεν είναι άλλο από την επαναδιατύπωση της αριστοτέλεια φυσικής υπό καινούργιες προϋποθέσεις (ύπαρξη κενού), γεγονός στο οποίο συνέβαλε η επικράτηση του Χριστιανισμού με την αποδοχή της κυριαρχίας του Θεού.

Βίαιη κίνηση στο κενό

- Σε αντίθεση με τη δυνατότητα φυσικής κίνησης στο κενό, η δυνατότητα βίαιης κίνησης εξετάστηκε ελάχιστα. [σε κενό χώρο δεν μπορεί να γίνει επίκληση σε καμία εξωτερική δύναμη ή αντίσταση]

- **Νικόλαος Μπονέτους (-1343):**

«σε μια βίαιη κίνηση κάποια μη μόνιμη και παροδική μορφή εντυπώνεται στο κινητό έτσι ώστε η κίνηση σε κενό να είναι δυνατή όσο διατηρείται αυτή η μορφή»


impetus

(ενώθηση, όρμηση)

Jean Buridan (1300-1358)

Αναπτύσσει την πιο ολοκληρωμένη θεωρία για την εντυπωμένη δύναμη της εποχής:

- Το κινούν μεταδίδει στο κινούμενο σώμα μια δύναμη ανάλογη της ταχύτητας και της μάζας του που το διατηρεί σε κίνηση. [όση μεγαλύτερη η ποσότητα της ύλης, τόσο μεγαλύτερη η ενώθηση που μπορεί να δεχτεί το σώμα. Θυμίζει την *ορμή* του Νεύτωνα]
- Η ενώθηση είναι μόνιμη και απεριόριστης διάρκειας εφόσον δεν υπάρχουν εξωτερικές αντιστάσεις. [θυμίζει την αδρανειακή κίνηση, αν και η ιδέα μιας απεριόριστης **ευθύγραμμης** κίνησης φαίνεται παράλογη σε έναν πεπερασμένο αριστοτελικό κόσμο]
- Δεν δέχεται τη δυνατότητα πεπερασμένης κίνησης στο κενό (παρόλο που ο Θεός θα μπορούσε να παράγει τέτοιες κινήσεις με υπερφυσικό τρόπο).

Jean Buridan (1300-1358)

Χρησιμοποιεί την έννοια της ενώθησης προκειμένου να εξηγήσει την επιτάχυνση των πύπτοντων σωμάτων.

- Μέχρι και τον Γαλιλαίο το πρόβλημα της πτώσης αντιμετωπίζεται με 2 τρόπους:
 - αιτία της πτώσης (στον Αριστοτέλη η φύση ή το βάρος του σώματος).
 - Επιτάχυνση (Ο Αριστοτέλης δεν ασχολήθηκε/ οι Μεσαιωνικοί από τον 14^ο αι. και έπειτα προσθέτουν μια επιπλέον αιτία για να εξηγήσουν την επιτάχυνση)
- Για τον Buridan η επιτάχυνση είναι συσσωρευμένες αυξήσεις της ενώθησης. Το βάρος ενός σώματος παράγει διαδοχικές και αθροιζόμενες αυξήσεις της ενώθησης (περιστασιακή βαρύτητα) παράγοντας τελικά μια επιταχυνόμενη κίνηση.

Jean Buridan (1300-1358)

- Πτώση ενός σώματος:
 - Βάρος ή βαρύτητα σώματος (W)
 - Ενώθηση (I)
 - Ταχύτητα

	Χρονικό διάστημα	Βάρος	Ενώθηση	Ταχύτητα
•	Δt	W		V
•	$2\Delta t$	W	I	$V+\Delta V$
•	$3\Delta t$	W	$2I$	$V+2\Delta V$
•	$4\Delta t$	W	$3I$	$V+3\Delta V$
•				

Η αύξηση της ταχύτητας έχει πριν από αυτή μια αναλογική αύξηση της ενώθησης η οποία προκαλείται από το βάρος [~Αριστοτέλης. Στον Νεύτωνα η δύναμη είναι ανάλογη της επιτάχυνσης και όχι της ταχύτητας]

Η μαθηματική περιγραφή της κίνησης

- Ο Αριστοτέλης και οι Μεσαιωνικοί θεωρούσαν την κίνηση ως ένα είδος μεταβολής που δεν παρουσιάζει εγγενή μαθηματικά χαρακτηριστικά.
- Τον 14^ο αι. ανθεί μια ομάδα διακεκριμένων μαθηματικών και λογικών στο Κολέγιο Merton της Οξφόρδης, οι οποίοι διαμορφώνουν ένα εννοιολογικό πλαίσιο και την τεχνική ορολογία για την περιγραφή της κίνησης.
- Διατύπωση ορισμών της ομοιόμορφης ταχύτητας, της ομοιόμορφα επιταχυνόμενης κίνησης και της στιγμιαίας ταχύτητας (χρησιμοποιούνται αργότερα από τον Γαλιλαίο)
- Οι ορισμοί αυτοί προέκυψαν από το φιλοσοφικό ενδιαφέρον που είχε δημιουργηθεί σχετικά με τη διαφοροποίηση των ιδιοτήτων και της έντασής τους [πχ. πώς αλλάζει η θερμοκρασία του νερού].
- Η εξέταση της κίνησης ακολουθεί την ίδια μεθοδολογία με αυτή των μεταβολών στην ένταση μιας ιδιότητας.

- **Ομοιόμορφη κίνηση** ορίζεται η κίνηση στην οποία έχουμε κάλυψη ίσων αποστάσεων σε οποιαδήποτε ίσα χρονικά διαστήματα.
- **Ομοιόμορφη επιτάχυνση** ορίζεται η επιτάχυνση σε μια κίνηση στην οποία μια ορισμένη αύξηση της ταχύτητας αποκτάται σε οποιαδήποτε ίσα χρονικά διαστήματα, όσο μικρά ή μεγάλα.
- Η έννοια της **στιγμιαίας ταχύτητας** εκφράζεται μέσω της απόστασης που θα διανύσει ένα κινούμενο σώμα, αν η ταχύτητα που είχε αυτό το σώμα στη διάρκεια της ομοιόμορφης κίνησής του για μια χρονική περίοδο ήταν ίδια με την ταχύτητα που είχε τη στιγμή που εξετάζουμε.

Με βάση τους ορισμούς αυτούς, ο Nicolas Oresme (1320-1382) στο έργο του «Περί των διαμορφώσεων των ιδιοτήτων» απέδειξε το θεώρημα της μέσης ταχύτητας (από τις σημαντικότερες συμβολές στη διάρκεια του Μεσαίωνα στο πρόβλημα της κίνησης).

Αν ένα σώμα είναι σε ακινησία και αρχίσει να κινείται με ομοιόμορφα επιταχυνόμενη κίνηση, τότε στο τέλος ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος θα έχει διανύσει τόση απόσταση όση θα διανύσει ένα άλλο σώμα στο ίδιο χρονικό διάστημα, το οποίο όμως κινείται με σταθερή ταχύτητα, η οποία είναι ίση με το ήμισυ της τελικής τιμής που είχε αποκτήσει το πρώτο σώμα στο τέλος του συγκεκριμένου διαστήματος.

Η απόδειξη αυτή έμεινε γνωστή ως κανόνας του Merton ή θεώρημα της Μέσης Ταχύτητας, και υπήρξε ουσιαστικά μια προσπάθεια μέτρησης της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης συγκρινόμενη με τη ομαλή κίνηση. Συσχετίζεται για πρώτη φορά με μαθηματικό-ποσοτικό τρόπο η επιταχυνόμενη με την ομαλή κίνηση.



Κοσμολογία και Αστρονομία

Αστρονομία κατά τον 13^ο αι.

- Διαμάχη για το αν υπερτερούν οι φυσικές θεωρίες σε σύγκριση με τις μαθηματικές, για την εξήγηση των φαινομένων (ερμηνείες Αριστοτέλη και Πτολεμαίου)
- Η διαμάχη ξεκινά από τα τέλη της αρχαιότητας, περνάει στους Άραβες και επιστρέφει στη Δύση κυρίως με τη δημοσίευση της μετάφρασης ενός έργου που υποστηρίζει την αριστοτελική αστρονομία.
- Όλα τα αρχαία και μεσαιωνικά αστρονομικά συστήματα βασίζονταν στο αξίωμα του Πλάτωνα ότι οι παρατηρούμενες κινήσεις των ουρανών πρέπει να αναλύονται σε **κυκλικές ομαλές κινήσεις**.



- Θέμα εκλογής μεταξύ «φυσικού» και «μαθηματικού» συστήματος.
- Στις αρχές του 13ου αιώνα το Πτολεμαϊκό σύστημα αναγνωρίζεται ως η καλύτερη γεωμετρική μέθοδος για να «σωθούν τα φαινόμενα».
- Υπάρχει η επιθυμία να βρεθεί ένα σύστημα που θα «σώζει τα φαινόμενα» και ταυτόχρονα θα περιγράφει τις «πραγματικές τροχιές» των ουρανίων σωμάτων και θα εξηγεί το αίτιο των κινήσεών τους.

- Προς τα τέλη του 13ου αιώνα, επικρατεί το σύστημα του Πτολεμαίου.
- Η «σωτηρία των φαινομένων» και η απλότητα καθοδηγούν τη θεωρητική αστρονομία μέχρι την εποχή του Κέπλερ.
- Προσπάθειες συγκερασμού αστρονομικού συστήματος και φυσικής: οι έκκεντρες πλανητικές σφαίρες θεωρούνται στέρεες σφαίρες που αποτελούνται από το 5ο στοιχείο, μέσα στις οποίες κάθε επίκυκλος μπορεί να ολοκληρώσει την περιστροφή του.
- Μεμονωμένες προσπάθειες διατύπωσης εναλλακτικών υποθέσεων (πχ. οι αστέρες δεν είναι προσαρτημένοι σε κάποια σφαίρα, αλλά κινούνται ελεύθερα στον ουρανό)

14ος και 15ος αι.

- Προτείνονται εναλλακτικές θεωρίες-νεοτερισμοί στο πλαίσιο της ριζικής κριτικής των *Φυσικών* του Αριστοτέλη.
- Nicole Oresme & Jean Buridan συζητούν το ενδεχόμενο να περιστρέφεται η γη και όχι οι ουράνιες σφαίρες.
- Η ενδεχόμενη ημερήσια περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της εξηγούσε τις ανατολές και δύσεις όλων των ουρανίων σωμάτων.
- Ο Πτολεμαίος είχε παρουσιάσει μία σειρά επιχειρημάτων κατά της περιστροφής της γης

Κίνηση γης:

- Αν η γη περιστρεφόταν προς την ανατολή όλα τα αντικείμενα πάνω από την επιφάνειά της θα έμεναν πίσω με μια κίνηση προς τη δύση
- Αν όλα τα αντικείμενα είχαν την ίδια περιστροφική κίνηση με τη γη τότε οι σχετικές θέσεις θα έμεναν πάντα οι ίδιες

- Επιχειρήματα υπέρ της ημερήσιας αξονικής περιστροφής είχαν προταθεί από την Αρχαιότητα (Ηρακλείδης από τον Πόντο 4ος αι. π.Χ., Αρίσταρχος από τη Σάμο 3ος αι. π.Χ).
- Διασώζονται στο Μεσαίωνα ως επιχειρήματα που πρέπει να ανασκευαστούν.
- Υποστηρίζονται από τον Ορέμ και Μπουριντάν στα σχόλια τους στο *Περί Ουρανού* του Αριστοτέλη.