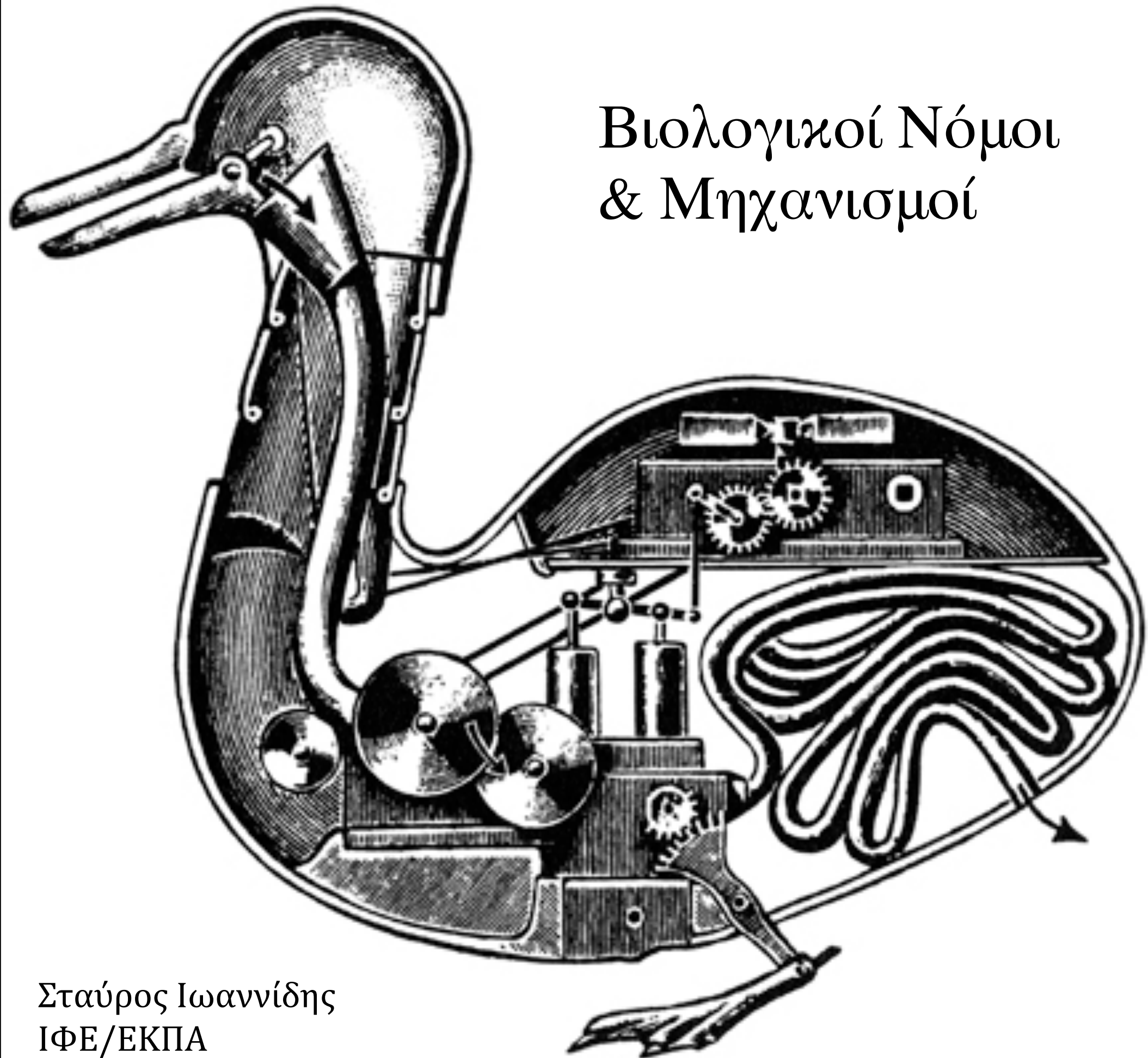


Βιολογικοί Νόμοι & Μηχανισμοί



Σταύρος Ιωαννίδης
ΙΦΕ/ΕΚΠΑ

Βιολογικοί νόμοι

-**απουσία** επιστημονικών νόμων στη βιολογία

-> η επιστήμη ως έρευνα για τους νόμους που κυβερνούν τον φυσικό κόσμο

-κάθε επιστήμη ερευνά νόμους -νόμοι φυσικής οι θεμελιώδεις νόμοι, αλλά υπάρχουν και άλλοι

Rutherford: “All science is either physics or stamp collecting.”

-ποιοι είναι οι νόμοι στη βιολογία;

-έχει η βιολογία νόμους, ή είναι μια επιστήμη διαφορετικού τύπου από φυσική;

-> μορφή βιολογικής εξήγησης;

-> μορφή θεωριών στη βιολογία;

Βιολογικοί νόμοι

- τι είναι ένας νόμος της φύσης;
- αληθής γενίκευση **χωρίς χωροχρονικούς περιορισμούς** (ισχύει σε κάθε τόπο και για κάθε χρόνο)
- οι νόμοι ενέχουν **είδος αναγκαιότητας** (μας λένε όχι απλά πως είναι τα πράγματα, αλλά πως πρέπει να είναι)
- > κανένα σήμα δεν μπορεί να έχει ταχύτητα μεγαλύτερη του φωτός
- > όχι μαθηματική/λογική αναγκαιότητα
constant conjunction σταθερή σύζευξη regularities κανονικότητες

Humean mosaic

νομολογική nomological
φυσική natural necessity
μεταφυσική αναγκαιότητα

Βιολογικοί νόμοι

-> διάκριση μεταξύ φυσικού νόμου και **‘ατυχηματικής’** κανονικότητας

[law (νόμος) - regularity (κανονικότητα) - accident (ατύχημα)]

-παράδειγμα ατυχηματικής κανονικότητας:

-> όλες οι σφαίρες χρυσού έχουν διάμετρο μικρότερη του 1 χμ.

-> όλες οι σφαίρες ουράνιου έχουν διάμετρο μικρότερη του 1 χμ.

-best system account

-αυστηροί νόμοι vs πιθανοκρατικοί νόμοι (εξαιρέσεις)

Χαρακτηριστικά νόμων:

i) εκφράζονται με καθολικές προτάσεις
ii) δεν είναι ορισμοί -η άρνησή τους είναι νοητή

ομοιότητες με
ατυχήματα

iii) *δεν αναφέρονται σε συγκεκριμένα αντικείμενα, χρόνους, τόπους*

iv) υποστηρίζουν **αντιγεγονοτικά**

v) συνδέονται με έννοια **αναγκαιότητας**

(όχι μεταφυσική ή λογική)

vi) χρησιμοποιούνται για **εξηγήσεις**

vii) αναφέρονται σε **φυσικά είδη** (natural kinds)

viii) **επικυρώνονται** από συγκεκριμένες περιπτώσεις

διαφο-
ρές με
ατυχή-
ματα

ix) αν ισχύει μόνο ceteris paribus, μπορεί να γίνει πιο ακριβής

Βιολογικοί νόμοι

1ο βιολογικό παράδειγμα: νόμοι Mendel

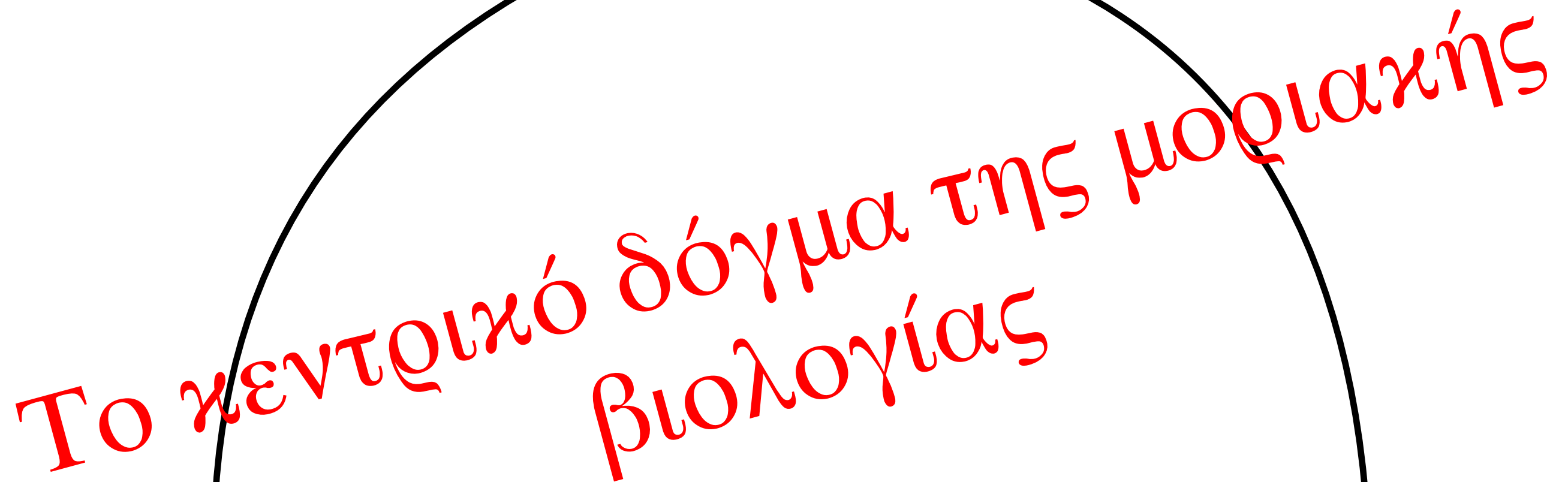
- > νόμος ή ατυχηματική κανονικότητα;
- > φαίνεται να είναι κάτι ενδιάμεσο
- όχι αναγκαιότητα
- αν το περιορίσουμε (ισχύει για οργανισμούς στη γη, για συγκεκριμένη χρονική περίοδο), παύει να είναι καθολικός νόμος
- από την άλλη, όχι ατύχημα
- > βιολογικοί νόμοι ως κανονικότητες που παράγονται από μηχανισμούς που αποτελούν ενδεχομενικά εξελικτικά προϊόντα [Beatty: 'The Evolutionary Contingency Thesis']

DNA

RNA

πρωτεΐνη

**Το κεντρικό δόγμα της μοριακής
βιολογίας**



```
graph TD; DNA --> RNA; RNA --> Protein[πρωτεΐνη];
```

The diagram illustrates the Central Dogma of Molecular Biology. It features three main components: DNA at the bottom left, RNA at the top center, and protein (πρωτεΐνη) at the bottom right. A curved arrow points from DNA to RNA, and another curved arrow points from RNA to protein. A large, red, curved text overlay across the center reads 'Το κεντρικό δόγμα της μοριακής βιολογίας' (The central dogma of molecular biology).

Βιολογικοί νόμοι

2ο παράδειγμα:

Κεντρικό δόγμα της μοριακής βιολογίας

3ο παράδειγμα:

νόμος του Kleiber

-περιγράφει το ρυθμό που ζώα διαφορετικού μεγέθους καταναλώνουν ενέργεια

$$R = cM^{3/4}$$

- παραγωγή του νόμου από πιο θεμελιώδεις υποθέσεις
- > χαρακτηριστικά μεταφορικών δικτύων στο σώμα
- > μεγιστοποίηση αποδοτικότητας δικτύων

Βιολογικοί νόμοι

-1+2:

-όχι νόμος vs ατυχηματική γενίκευση

-> περισσότερο ή λιγότερο **σταθερές** βιολογικές κανονικότητες

- resilience - stability - robustness - invariance

μια σταθερή (resilient) κανονικότητα:

-ισχύει σε πολλές περιπτώσεις, αλλά μπορεί να έχει εξαιρέσεις

-θα ίσχυε και σε ορισμένες δυνατές περιπτώσεις (αλλά όχι σε όλες τις δυνατές περιπτώσεις)

-> **βαθμοί** σταθερότητας

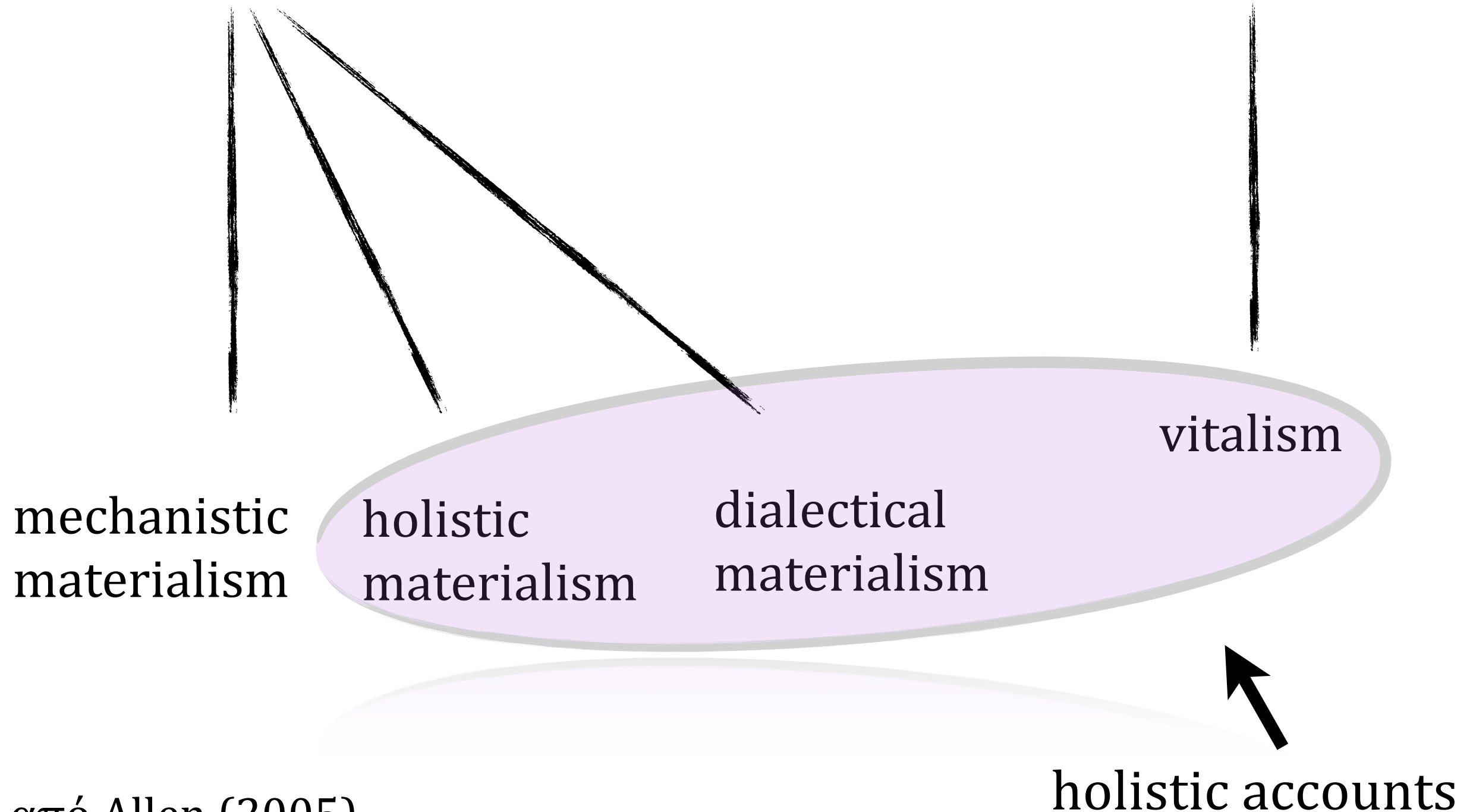
Βιολογικοί νόμοι

- 1+2: αρκετός βαθμός σταθερότητας
- 3: μεγάλος βαθμός σταθερότητας
- άλλα παραδείγματα βιολογικών 'νόμων' με μικρότερο βαθμό σταθερότητας
- στα θηλαστικά, το φύλο καθορίζεται από τον πατέρα
- οι αράχνες είναι σαρκοφάγες
- Mitchell: νόμοι ως κανονικότητες με κάποιο βαθμό σταθερότητας σε όλες τις επιστήμες (ακόμα και σε φυσική)
- Εναλλακτικά: φυσική ως ειδική περίπτωση

Προσεγγίσεις στην βιολογία στις αρχές του 20ού αιώνα

materialism

non-materialism



από Allen (2005)

Μηχανισμοί

-μηχανιστική ανάλυση κεντρική στη βιολογία

decomposition αποσυνθεση

-μηχανισμός: διάταξη συστατικών μερών που παράγει ένα (πολύπλοκο) αποτέλεσμα

-> Machamer, Darden & Craver (2000), Glennan (1996)

Παραδείγματα βιολογικών μηχανισμών:

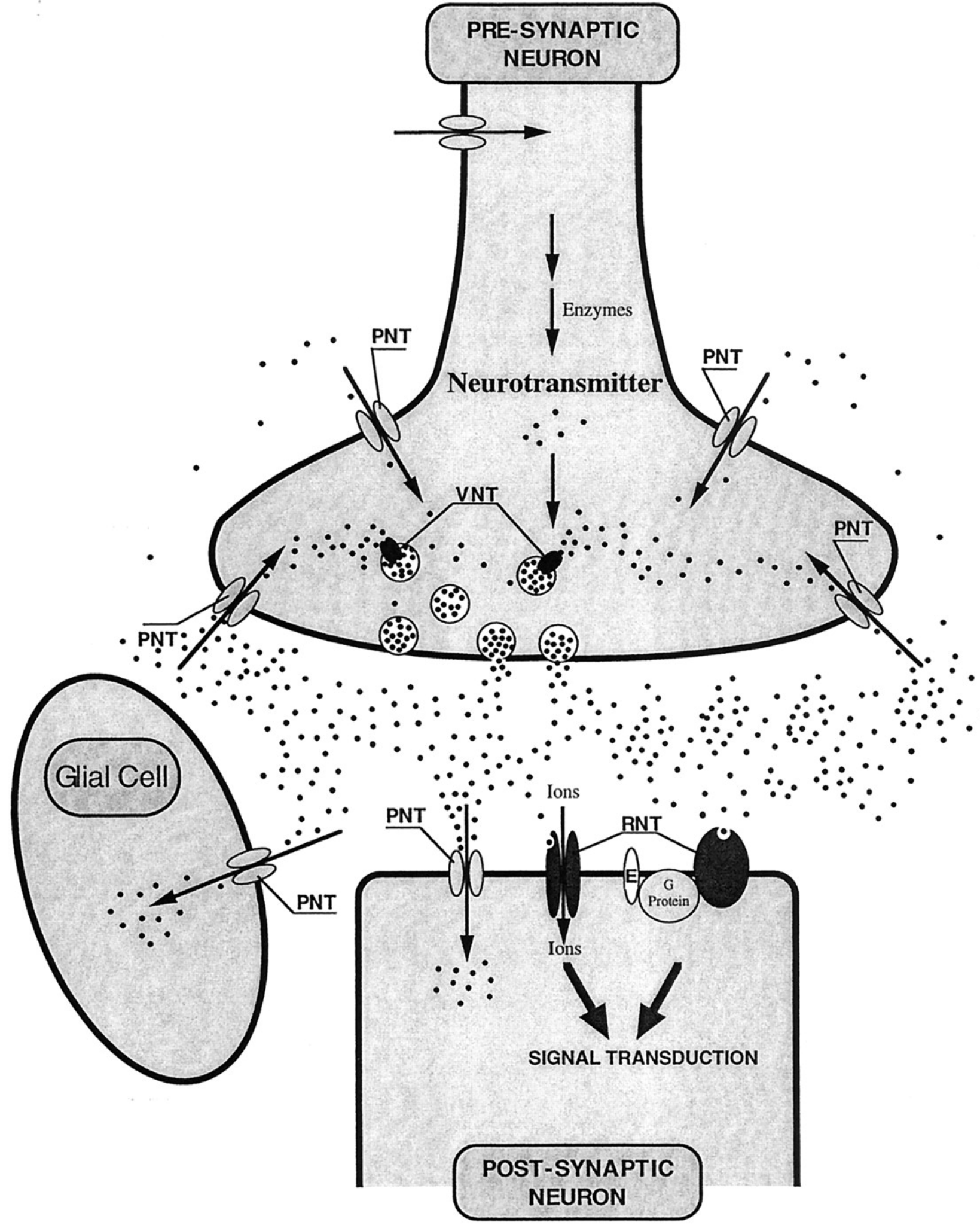
-> αντιγραφή DNA

-> φωτοσύνθεση

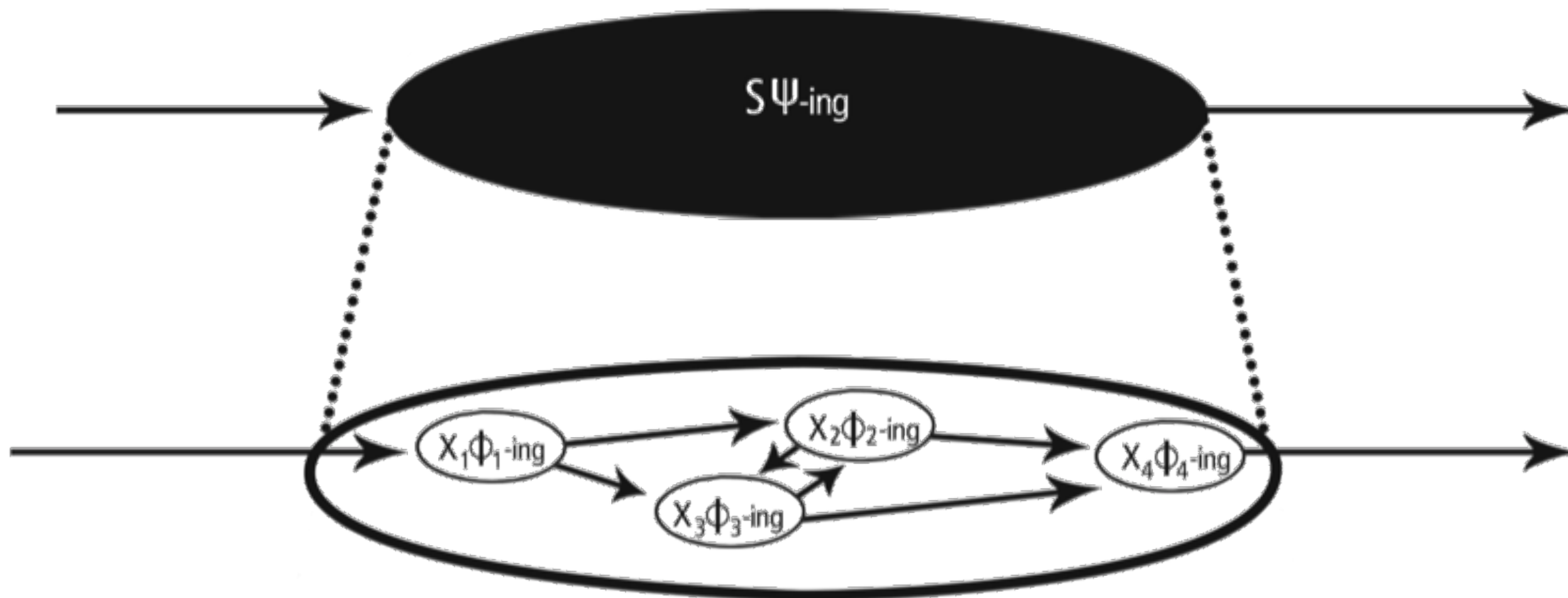
-> ενεργοποίηση νευρώνων

-> στις περιπτώσεις αυτές περιγράφουμε τα συστατικά (π.χ. τα μακρομόρια) και τη συμπεριφορά τους

-> το τελικό αποτέλεσμα (πολύπλοκη δραστηριότητα όλου του συστήματος) παράγεται (και εξηγείται) από τις **οργανωμένες δραστηριότητες των μερών**



Phenomenon



Mechanism

(Craver 2007)

Μηχανισμοί

-Ποια είναι η σχέση μεταξύ νόμων και μηχανισμών;

-συχνά οι μηχανισμοί αντιδιαστέλλονται στους νόμους της φύσης

αλλά:

-> οι νόμοι (φαίνεται ότι) εμπλέκονται στη μηχανιστική ανάλυση

-> αφού οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μερών του μηχανισμού κυβερνώνται από νόμους

-αλλά, γενικά στη μηχανιστική ανάλυση στη βιολογία οι νόμοι είναι στο υπόβαθρο

-αυτό που κάνουν οι βιολόγοι, είναι να ανακαλύπτουν τις αιτιακές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μερών

για παράδειγμα:

-ένα μόριο **συνδέεται** με ένα άλλο

-**οξειδώνει** ένα άλλο

-το DNA **μεταγράφεται**, **μεθυλιώνεται** κλπ

Μηχανισμοί

- στις περιγραφές αυτές, η έμφαση δεν δίνεται στους νόμους, αλλά στο ότι όταν κάποιες οντότητες (π.χ. μακρομόρια) συνδέονται, οι οντότητες **παράγουν αποτελέσματα** σε άλλες οντότητες.
- αλλά τι είναι οι γενικεύσεις που περιγράφουν τις **αιτιακές αλληλεπιδράσεις**;
- μπορούν να θεωρηθούν νόμοι
- > για κάποιους, οι μηχανισμοί εμπλέκουν αιτιότητα ως παραγωγή
- > εδραιώνεται στις **δυνάμεις** (powers) των οντοτήτων
- > ακόμα και αν θεωρήσουμε ότι έχουμε νόμους, οι νόμοι εδραιώνονται στις **δυνάμεις**
- > για άλλους, οι αλληλεπιδράσεις εξηγούνται όχι μέσω δυνάμεων, αλλά στη βάση αντιγεγονοτικών εξαρτήσεων μεταξύ των μερών
- > και τελικά, όλα επιγίγνονται στους νόμους ως κανονικότητες που υπάρχουν στον κόσμο

Μηχανισμοί

- > πόσο ευρεία έννοια μηχανισμού;
- για κάποιους, **πολύ ευρεία**: π.χ. η φυσική επιλογή ως 'μηχανισμός'
- αλλά έτσι, η έννοια του μηχανισμού χάνει σε χρησιμότητα
- σημαντικό σημείο
- > 'μηχανισμός' στη σύγχρονη βιολογία, **διαφορετικός** από μηχανισμό 17ου αιώνα
- μηχανισμός 17ου αιώνα
- τα φαινόμενα παράγονται από συγκρούσεις μεταξύ σωματιδίων, που γίνονται σύμφωνα με τους νόμους της κίνησης

Μηχανισμοί

-η μηχανιστική ανάλυση είναι με μια έννοια αναγωγιστική στρατηγική

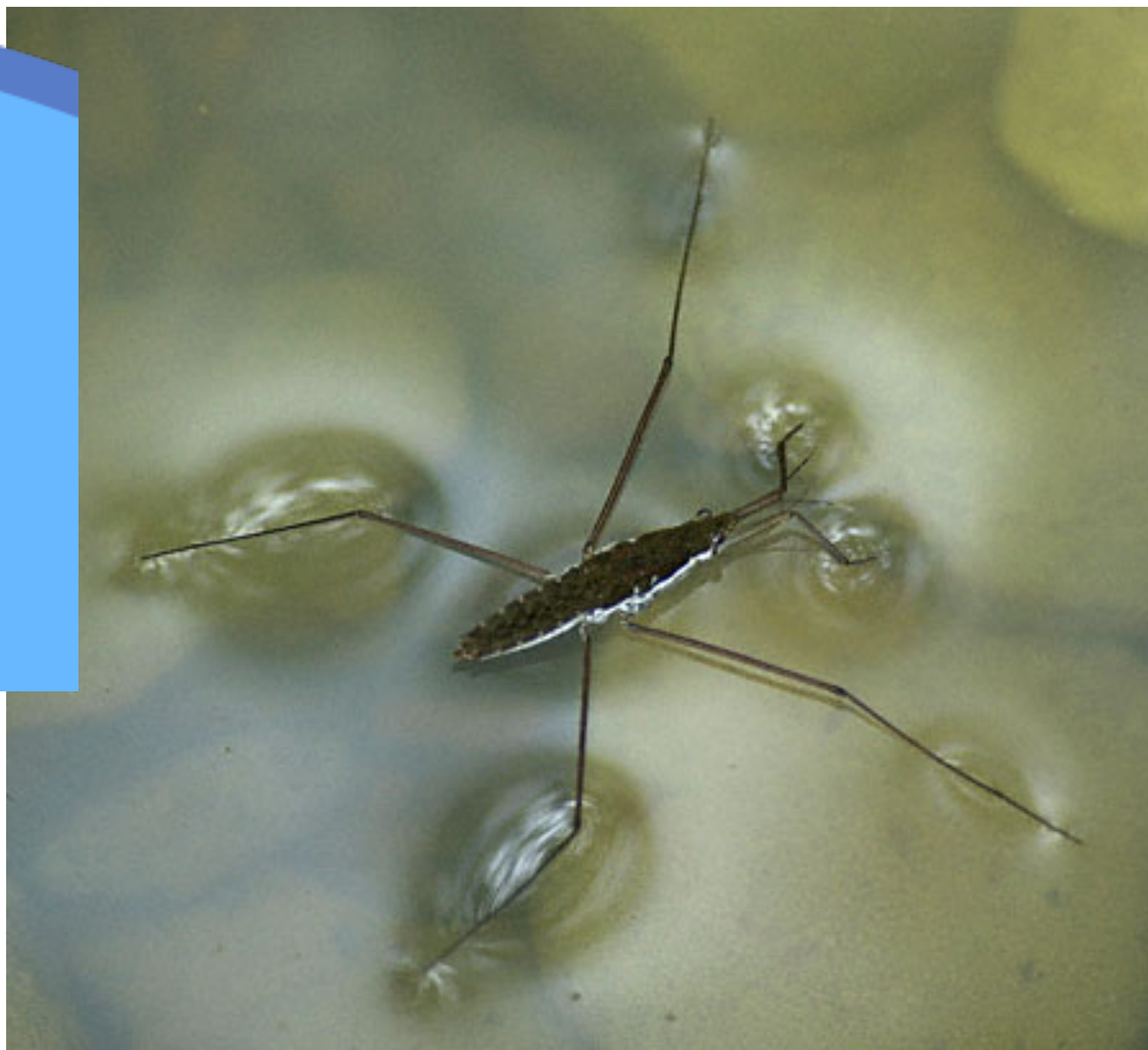
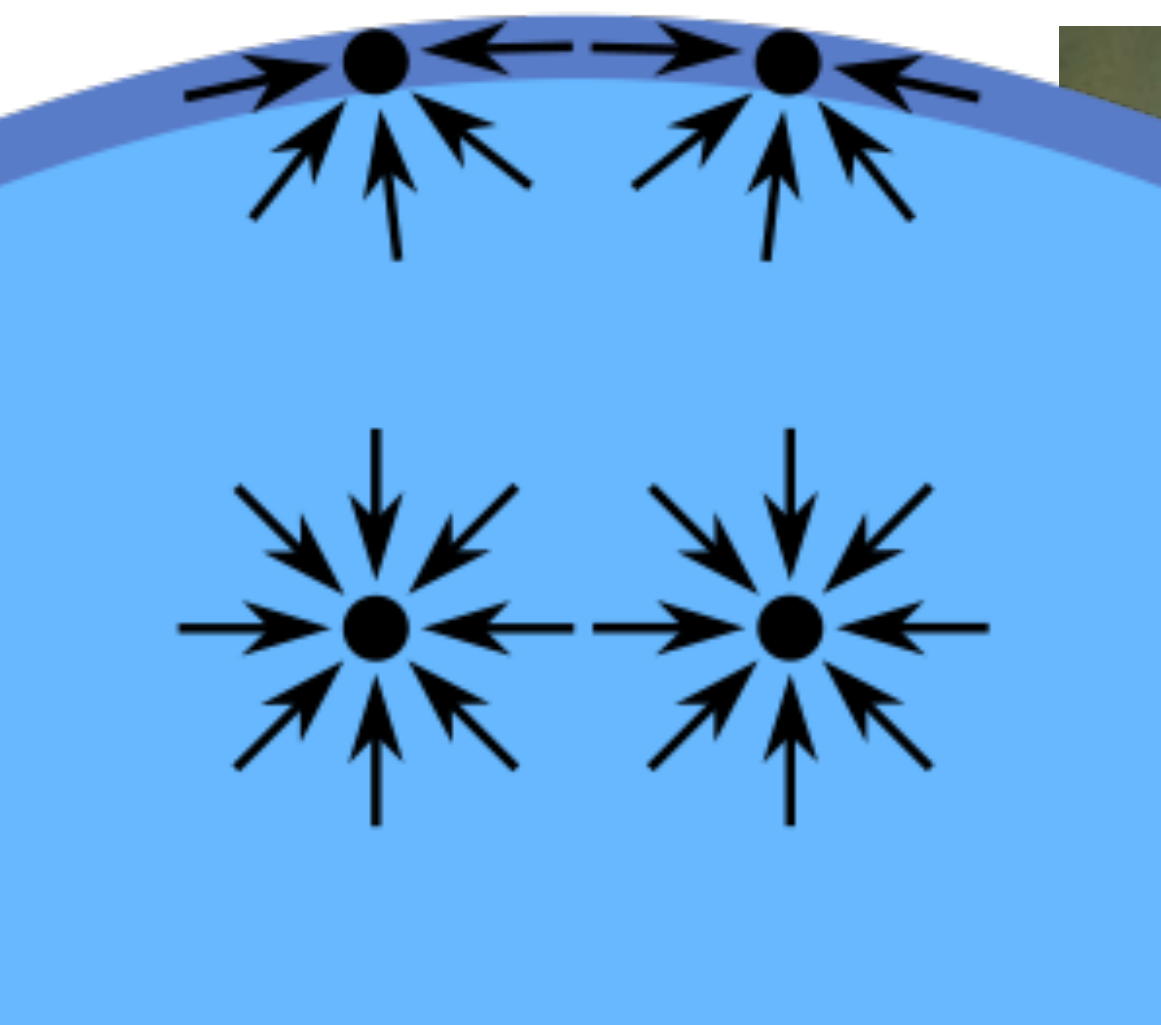
-> ιδιότητες ενός συστήματος εξηγούνται στη βάση των ιδιοτήτων των μερών, και των αλληλεπιδράσεων των μερών

-με ποια έννοια αναγωγισμός στη μηχανιστική ανάλυση;

-ένα βιολογικό σύστημα συγκροτείται από μέρη, αλλά έχει ιδιότητες/προδιαθέσεις/συμπεριφορές που δεν έχει κανένα μέρος

-αυτά τα ανώτερου επιπέδου χαρακτηριστικά όντως υπάρχουν

-η μηχανιστική ανάλυση δείχνει πως αυτά τα χαρακτηριστικά προκύπτουν από τις συμπεριφορές των μερών



Μηχανισμοί

-αναγωγή vs ανάδυση (emergence)

-> αναδυόμενες ιδιότητες **δεν μπορούν να εξηγηθούν** από κατώτερο επίπεδο [ανάδυση 1]

-> αναδυόμενες ιδιότητες ως ιδιότητες του όλου, **που δεν έχουν τα μέρη** [ανάδυση 2]

[ανάδυση 1] -> [ανάδυση 2]

[ανάδυση 2] $\nrightarrow$ [ανάδυση 1]

-> ανάδυση 1: ίσως δεν υπάρχουν παραδείγματα πέρα από το πρόβλημα νου/σώματος

-> ανάδυση 2:

-**οργανωμένα** (organized) συστήματα: διάταξη μερών σημαντική

-**αθροιστικά** (aggregative) συστήματα: διάταξη μερών όχι σημαντική

Μηχανισμοί

-αλλά τα βιολογικά συστήματα στα οποία εφαρμόζεται μηχανιστική ανάλυση είναι παρόμοια με μηχανές, στο ότι είναι οργανωμένα φυσικά συστήματα

-Godfrey-Smith: **βαθμός οργάνωσης** -> βαθμός ευαισθησίας σε μικρή αλλαγή στα μέρη του συστήματος
(π.χ. αντικατάσταση ενός συστατικού με ένα άλλο)

-συστήματα που αυτό το κριτήριο δεν ισχύει

-> ακόμα και αν θεωρηθούν μηχανισμοί, άλλου τύπου συστήματα (λιγότερο οργανωμένα)

Wimsatt: organized vs aggregative systems

Για περαιτέρω μελέτη:

- Godfrey-Smith, *Φιλοσοφία της Βιολογίας*, κεφ. 2
- Beatty, J. (1995) 'The Evolutionary Contingency Thesis' [**CIEB**]
- Sober, E. (1997) 'Two Outbreaks of Lawlessness in Recent Philosophy of Biology' [**CIEB**]
- Machamer, P.K., L. Darden, & C.F. Craver (2000) 'Thinking about Mechanisms', *Philosophy of Science* 67: 1–25.
- Mechanisms in Science [**SEP**]
<https://plato.stanford.edu/entries/science-mechanisms/>