

Γνώση: από την Αρχαιότητα στο Σήμερα

Αθανάσιος Σ. Φωκάς

Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics

University of Cambridge

Cambridge, CB30WA, UK, t.fokas@damtp.cam.ac.uk

και

Ακαδημία Αθηνών, Λεωφόρος Πανεπιστημίου 28, 10679, Αθήνα, Ελλάδα

Ιανουάριος 2013

1. Εισαγωγή

Οι αρχαίοι Έλληνες ήταν οι πρώτοι που άρχισαν να σκέπτονται για την διαδικασία του σκέπτεσθαι. Συνειδητοποίησαν ότι η αναζήτηση της γνώσης απαιτεί κατάλληλη μεθοδολογία, προκειμένου να κατανοηθεί, *‘το άδηλον’*. Η αναγκαιότητα τέτοιας μεθοδολογίας συνοψίστηκε στο ακόλουθο ρητό του Αναξαγόρα, το οποίο υποστηρίχθηκε θερμά και από το Δημόκριτο: *‘όψις γάρ τών αδήλων τά φαινόμενα’*. Ήδη στο *Θεαίτητο* ο Πλάτωνας επιχειρεί να απαντήσει στο ερώτημα «τι είναι γνώση;» Προτείνει την ταύτιση της γνώσης με την «αληθή πεποίθηση συνοδευόμενη από το λόγο», αλλά είναι αξιοσημείωτο ότι ο διάλογος καταλήγει σε αποτυχία, διότι, παρά πολλές προσπάθειες, οι συνομιλητές δεν κατορθώνουν να ορίσουν το *‘λόγο’*. Τόσο ο Πλάτωνας όσο και ο Αριστοτέλης κατενόησαν ότι αν δεν υπήρχε άλλη γνώση πέραν της αποδεικτικής, τότε θα καταλήγαμε σε άπειρη παλινδρόμηση. Πράγματι, προκειμένου να γνωρίσουμε κάτι, πρέπει να είμαστε σε θέση να το αποδείξουμε με βάση κάτι άλλο το οποίο πρέπει να γνωρίζουμε και το οποίο με τη σειρά του θα πρέπει να είμαστε σε θέση να το αποδείξουμε σε σχέση με κάτι άλλο, και ούτο καθεξής. Τόσο ο Πλάτωνας όσο και ο Αριστοτέλης ξεπέρασαν αυτό το πρόβλημα θέτοντας αξιωματικά *‘μία αρχή’*. Στον *Παρμενίδη*, ο Πλάτωνας αναφέρει «υπάρχει μόνο μία αρχή, δεν μπορούν να υπάρχουν πολλές». Από την άλλη μεριά, ο Αριστοτέλης εισήγαγε την ιδέα ότι υπάρχουν ορισμένα αξιώματα που είναι γνωστά στον άνθρωπο διαισθητικά.

Σε αυτή την διάλεξη, θα προταθεί η άποψη ότι ίσως οι πιο θεμελιώδεις έννοιες που αφορούν τη γνώση είναι οι ακόλουθες: πρώτον, η *έμφυτη* σε αντιδιαστολή με την *επίκτητη γνώση* και δεύτερον, η *ασυνείδητη αντίληψη* σε αντιδιαστολή με την *επίγνωση* [awareness].

2. Έμφυτη Γνώση

Η ταχύτητα και η ακρίβεια εκμάθησης ενός λεξιλογίου, καθώς και η ύπαρξη καθολικών γραμματικών δομών, οδήγησαν τον Chomsky στο συμπέρασμα ότι υπάρχει έμφυτη, καθολική γραμματική. Πρόσφατες μελέτες με παιδιά της ομάδας ιθαγενών Mundurucu έδειξαν ότι βασικές γεωμετρικές έννοιες, καθώς και η ικανότητα της κατά προσέγγιση (αλλά όχι της ακριβούς) αριθμητικής είναι επίσης έμφυτες. Οι Mundurucu, οι οποίοι ζουν σε μια απομονωμένη περιοχή του Αμαζονίου, δεν έχουν λέξεις για βασικές γεωμετρικές έννοιες, όπως αυτές του παράλληλου ή του συμμετρικού και, επίσης, δεν έχουν χάρτες ή άλλα συναφή εργαλεία που διευκολύνουν την ανάπτυξη γεωμετρικής διαίσθησης. Επίσης, έχουν λέξεις μόνο για τους αριθμούς από το 1 έως το 5. Σε ένα από τα σχετικά πειράματα, έδειξαν στην οθόνη ενός υπολογιστή από 1 έως 25 κουκίδες και ζητήθηκε από τα παιδιά να βρουν τον αριθμό τους. Από 1 έως 3 κουκίδες η απάντηση ήταν ακριβής. Αλλά από 4 έως 25 κουκίδες η απάντηση ήταν κατά προσέγγιση. Για παράδειγμα, παρά το γεγονός ότι υπάρχει λέξη για το 5, ανάμεσα στις απαντήσεις για τις 5 κουκίδες υπήρχαν οι απαντήσεις: 3, 4, 5 και 'περίπου όσα τα δάκτυλα του ενός χεριού'. Για τις 13 κουκίδες, μεταξύ των απαντήσεων υπήρχε 'δύο χέρια και κάτι ακόμα'.

Υπάρχει έμφυτη γνώση και, αν ναι, ποια είναι η προέλευσή της; Η συζήτηση για το θεμελιώδες αυτό ερώτημα ξεκίνησε από τους αρχαίους Έλληνες. Ο Πλάτωνας και αργότερα ο Leibnitz και ο Kant υπογράμμισαν την ύπαρξη *a-priori* γνώσης. Με βάση τον πλατωνικό διάλογο *Φαίδων* και την εξήγηση αυτού του διαλόγου από το Νεοπλατωνικό φιλόσοφο Συριανό, υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ψυχών, συμπεριλαμβανομένων των ψυχών των Θεών καθώς επίσης και των ψυχών που έχουν εκπτώσει. Οι ψυχές των Θεών εμπεριέχουν γνώση. Επίσης, ακόμη και οι ψυχές που έχουν εκπτώσει ήταν πρωτίτερα *άχραντες*. Κατά συνέπεια περιέχουν 'έν αυτοίς' *a priori* γνώση. Για το λόγο αυτό, οι διαδικασίες μάθησης και ανακάλυψης είναι απλώς διαδικασίες ανάκλησης. Κεντρίζοντας τις ψυχές με κατάλληλες ερωτήσεις, ο δάσκαλος διεγείρει αυτή τη διαδικασία. Στο πλαίσιο αυτό, η μαιευτική μέθοδος του Σωκράτη αποκτά χαρακτήρα απόλυτης αναγκαιότητας.

Στην ιδεαλιστική αυτή θέση, ο Αριστοτέλης παρουσίασε μια αναμφισβήτητη εμπειριστική απάντηση. Στα *Αναλυτικά* αποδίδει πλήρες επιστημονικό status σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των κλάδων της αστρονομίας, της ακουστικής, της αρμονίας και της οπτικής. Καθεμία από αυτές τις επιστήμες έχει τα δικά της αναπόδεικτα αξιώματα. Αυτά τα αξιώματα γίνονται γνωστά στον άνθρωπο στο τέλος μιας επαγωγικής διαδικασίας, η οποία περιλαμβάνει αντίληψη, μνήμη, εμπειρία και το *νοῦ*. Για τον Αριστοτέλη, ο *νοῦς* είναι εξ ορισμού η γνωστική κατάσταση που κατανοεί τα αξιώματα. Ως εκ τούτου, ο συνδυασμός του *νοῦ* και της

αποδεικτικής γνώσης διαμέσου συλλογισμών οδηγεί στην αλήθεια. Στην ανάλυσή του, ο Αριστοτέλης τονίζει επίσης ότι η μάθηση είναι αδύνατη χωρίς συνειρμούς. Μετά τον Αριστοτέλη, ο Βρετανός εμπειριστής John Locke πρότεινε την θέση ότι το ανθρώπινο μυαλό είναι *tabula rasa*, δηλαδή μια άγραφη πλάκα, η οποία γεμίζει ως αποτέλεσμα εμπειριών.

Για πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας, υπάρχει πλέον ένα επιστημονικό πλαίσιο για τη βαθιά μελέτη των εν λόγω ερωτημάτων: είναι γνωστό ότι ο Ivan Pavlov και ο Edward Thorndike παρείχαν πειραματικές αποδείξεις για το ότι υπάρχει ένα συγκεκριμένο είδος μάθησης που βασίζεται στη συσχέτιση διαφορετικών ερεθισμάτων. Τα κλασικά πειράματά τους οδήγησαν στην ίδρυση της αυστηρής σχολής του Συμπεριφορισμού (behaviourism). Πράγματι, υποστηρίχθηκε από τους J.B. Watson και B.F. Skinner ότι η συμπεριφορά μπορεί να μελετηθεί πειραματικά όσο αυστηρά όσο τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών. Αυτό οδήγησε σε βαθύτερη κατανόηση της διαδικασίας απόκτησης γνώσης. Για παράδειγμα, ο Leon Kamin το 1969 έδειξε ότι τα ζώα δεν μαθαίνουν απλά ότι ένα ουδέτερο ερέθισμα (όπως ο ήχος του κουδουνιού) προηγείται μιας ανταμοιβής (όπως η τροφή), αλλά ότι το ερέθισμα προβλέπει την ανταμοιβή. Αυτό υποδηλώνει ότι η συνειρμική μάθηση βασίζεται στην ικανότητα του εγκεφάλου να συνδέει γεγονότα που συμβαίνουν μαζί συχνά, έτσι ώστε να μπορεί να προβλέπει την εμφάνιση ενός συγκεκριμένου αποτελέσματος. Ακολουθώντας τον Sigmund Freud, οι συμπεριφοριστές απέφυγαν τη μελέτη της σχέσεως μεταξύ συμπεριφοράς και εγκεφαλικής δραστηριότητας και εστίασθηκαν αποκλειστικά στην παρατηρήσιμη συμπεριφορά.

Τα παραπάνω επιχειρήματα είναι σύμφωνα με τις ιδέες του Αριστοτέλη. Ωστόσο, όταν η κατανόηση του πώς λειτουργεί ο εγκέφαλος έφτασε στο επίπεδο του συσχετισμού παρατηρούμενης συμπεριφοράς και νευρωνικής δραστηριότητας, κατέστη σαφές ότι η πλατωνική θέση του *tabula inscripta* είναι επίσης σωστή. Πράγματι, τα περίπλοκα κυκλώματα των νευρώνων του εγκεφάλου, μαζί με την εκπληκτικά δυναμική συμπεριφορά των συνάψεων τους, παρέχουν το βασικό υπόβαθρο για την ύπαρξη τόσο στοιχειώδους έμφυτης γνώσης, όσο και προκαθορισμένης προδιάθεσης για μάθηση.

Μία από τις μεγάλες προκλήσεις της σύγχρονης νευροεπιστήμης είναι ακριβώς το να οριοθετήσει τους νευρωνικούς μηχανισμούς που καθορίζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ έμφυτης και επίκτητης γνώσης.

Η Διαδικασία της Μάθησης σε Νευρονικό Επίπεδο

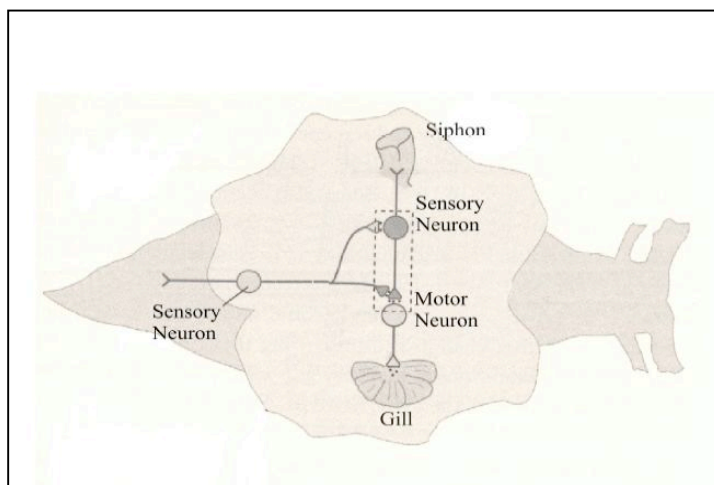
Ποιοι είναι οι μηχανισμοί μάθησης σε νευρονικό επίπεδο; Η βασική λειτουργική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι ο νευρώνας. Οι νευρώνες επικοινωνούν στις

συνάψεις μέσω συγκεκριμένων μορίων που ονομάζονται νευροδιαβιβαστές. Η πληροφορία κωδικοποιείται με τη μορφή ηλεκτρικών σημάτων, τα οποία διαδίδονται κατά μήκος νευρωνικών κυκλωμάτων. Τα επονομαζόμενα ιοντικά ρεύματα διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο σε αυτή τη διαδικασία.

Οι νευρώνες είναι άκρως εξειδικευμένοι. Για παράδειγμα, οι αισθητικοί οπτικοί νευρώνες αντιδρούν μόνο στο φως, ενώ οι αισθητικοί ακουστικοί νευρώνες αντιδρούν μόνο σε ακουστικά κύματα. Στον φλοιό το εγκεφάλου υπάρχει ακόμη υψηλότερο επίπεδο εξειδίκευσης. Για παράδειγμα, ορισμένα κύτταρα αντιδρούν μόνο σε κάθετες ράβδους φωτός, ενώ άλλα αντιδρούν μόνο σε οριζόντιες ράβδους· αυτά τα κύτταρα προσανατολισμού είναι τοπογραφικά οργανωμένα σε συγκεκριμένες κυτταρικές στήλες στην περιοχή του εγκεφάλου που ονομάζεται V1. Ομοίως, στην περιοχή V4 υπάρχουν κύτταρα που αναγνωρίζουν το χρώμα, ενώ στην περιοχή V5 υπάρχουν κύτταρα υπεύθυνα για την αναγνώριση της κίνησης.

Η διασάφηση των παραπάνω μηχανισμών οδήγησε στην απονομή πολλών βραβείων Νόμπελ, συμπεριλαμβανομένων των: Cajal και Golgy, 1906, για την ανατομία των νευρώνων, Dale και Loewi, 1936 και Katz 1971 για τη χημική θεωρία επικοινωνίας στις συνάψεις, Eccles, Hodgkin και Huxley, 1963, για την ύπαρξη του ιοντικού ρεύματος, Hubel και Wiesel, 1981, για τις μελέτες οπτικής επεξεργασίας, Neher και Sackman, 1991, για τη μέτρηση του ιοντικού ρεύματος, Mac Kinnon, 2003, για την δομή των ιοντικών πυλών.

Ας συνοψίσουμε τώρα τις θεμελιώδεις μελέτες του Eric Kandel, βραβείο Νόμπελ 2000, στο γιγαντιαίο σαλιγκάρι της θάλασσας *Aplysia*. Αυτό το σαλιγκάρι, για να αναπνεύει χρησιμοποιεί ένα εξωτερικό όργανο που ονομάζεται βραγχίο και το οποίο μπορεί να προστατεύεται σε μία κοιλότητα. Μετά από ασθενή αγγίγματα στο σίφωνα, το βραγχίο αποσύρεται εντός της κοιλότητας. Μετά από επαναλαμβανόμενα ασθενή αγγίγματα, το σαλιγκάρι συνηθίζει και ως εκ τούτου το αντανακλαστικό απόσυρσής του είναι ασθενέστερο. Αλλά, όταν το ασθενές άγγιγμα συνδυαστεί με ένα σοκ στην ουρά, το σαλιγκάρι ευαισθητοποιείται και εν συνεχεία ακόμη και ένα ασθενές άγγιγμα οδηγεί σε ένα ισχυρό αντανακλαστικό απόσυρσης του βραγχίου. Πώς μαθαίνει το σαλιγκάρι της θάλασσας αυτή την συμπεριφορά; Το ασθενές ερέθισμα ενεργοποιεί έναν αισθητικό νευρώνα και αυτός ο νευρώνας προκαλεί την έκκριση ενός διεγερτικού νευροδιαβιβαστή, της γλουταμίνης, η οποία με τη σειρά της διεγείρει τον κινητικό νευρώνα που είναι υπεύθυνος για το αντανακλαστικό απόσυρσης, βλ. Διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1

Το σοκ στην ουρά διεγείρει έναν επιπλέον αισθητικό νευρώνα ο οποίος προκαλεί την έκκριση ενός άλλου νευροδιαβιβαστή που ονομάζεται σεροτονίνη. Αυτό προκαλεί την έκκριση μεγαλύτερης ποσότητας γλουταμίνης, που με τη σειρά της προκαλεί ένα ισχυρότερο αντανακλαστικό απόσυρσης. Αυτή η συμπεριφορά διαρκεί μόνο για λίγα λεπτά. Ωστόσο, αν αντί ενός σοκ υπάρξουν πέντε σοκ, τότε οι αλλαγές είναι πραγματικά δραματικές. Συγκεκριμένα, τώρα η μεγαλύτερη ποσότητα σεροτονίνης, όχι μόνο προκαλεί την έκκριση περισσότερης γλουταμίνης, αλλά επίσης ενεργοποιεί ένα συγκεκριμένο γονίδιο το οποίο εκκινεί τη διαδικασία της δημιουργίας νέων συνάψεων. επομένως τώρα συμβαίνει ανατομική αλλαγή και η συμπεριφορά ενός ισχυρότερου αντανακλαστικού απόσυρσης διαρκεί για εβδομάδες αντί για λεπτά.

Είναι σαφές ότι η σχετική αρχιτεκτονική των νευρικών κυκλωμάτων παρέχει τη βάση τόσο για την ύπαρξη της στοιχειώδους έμφυτης γνώσης που διαθέτει το σαλιγκάρι της θάλασσας, δηλαδή ότι ξέρει να αποσύρει το βραγχίο μετά από ένα άγγιγμα στο σίφωνα, όσο και για την ικανότητά του να μαθαίνει από την εμπειρία. Η τελευταία, πιο προχωρημένη μορφή μάθησης, επιτυγχάνεται μέσω των ποιοτικών και ποσοτικών μεταβολών στο επίπεδο των συνάψεων.

Αν ισχύουν παρόμοιοι μηχανισμοί και στον ανθρώπινο εγκέφαλο, τότε θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι

"ο Πλάτωνας ζει στα νευρωνικά κυκλώματα, ενώ ο Αριστοτέλης ζει στις συνάψεις."

Οι βασικές μελέτες σχετικά με το τρίπτυχο «νευρωνική θεωρία - ιοντικές πύλες - χημική θεωρία συναπτικής μεταβίβασης» διεξήχθησαν σε καλαμάρια. οι οπτικές μελέτες σε πιθήκους και οι μελέτες ευαισθητοποίησης σε σαλιγκάρια της θάλασσας. Είναι δυνατόν να γενικεύσουμε τα συμπεράσματα αυτών των μελετών; Το σαλιγκάρι της θάλασσας έχει μόνο 20 χιλιάδες νευρώνες, ενώ ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει

περισσότερους από 100 δισεκατομμύρια. Από την άλλη πλευρά, η θεωρία της εξέλιξης υποδηλώνει ότι η φύση χρησιμοποιεί παρόμοιες μεθόδους για την επίλυση παρόμοιων προβλημάτων.

Βασικοί νευρωνικοί μηχανισμοί έχουν πράγματι καθολική ισχύ. Για παράδειγμα, η αλληλεπίδραση μεταξύ έμφυτης γνώσης και εμπειρίας είναι συνεπής με πρόσφατα πειράματα (Paschalis et al 2002) που έχουν δείξει ότι μωρά έξι μηνών μπορούν να διακρίνουν τόσο ανθρώπινα πρόσωπα όσο και πρόσωπα πιθήκων: τα μωρά κοιτούν ένα οικείο ανθρώπινο πρόσωπο κατά μέσο όρο 3,6 δευτερόλεπτα και ένα καινούργιο ανθρώπινο πρόσωπο κατά μέσο όρο 4,6 δευτερόλεπτα. Ομοίως, κοιτούν ένα οικείο πρόσωπο πιθήκου για 2,3 δευτερόλεπτα και ένα καινούργιο πρόσωπο πιθήκου για 4 δευτερόλεπτα. Ωστόσο, μωρά 9 μηνών είναι σε θέση να διακρίνουν μόνο ανθρώπινα πρόσωπα: κοιτάζουν ένα οικείο ανθρώπινο πρόσωπο για 3,6 δευτερόλεπτα και ένα καινούργιο ανθρώπινο πρόσωπο για 4,5 δευτερόλεπτα, αλλά κοιτάζουν τόσο ένα οικείο όσο και ένα καινούργιο πρόσωπο πιθήκου για 3,8 δευτερόλεπτα. (Για τους ενήλικες, οι αντίστοιχοι χρόνοι για οικεία και καινούργια πρόσωπα είναι 1,6 και 2,8 δευτερόλεπτα για ένα ανθρώπινο πρόσωπο, και αντίστοιχα 2,3 και 2,4 δευτερόλεπτα για ένα πρόσωπο πιθήκου). Φαίνεται ότι τα μωρά μπορούν να αναγνωρίζουν πρόσωπα επειδή γεννιούνται με ένα οπτικό σύστημα το οποίο διαθέτει ένα σύνολο καθολικών γνωστικών κανόνων για την εξαγωγή πληροφοριών από το φυσικό κόσμο. Παρομοίως, υπάρχουν έμφυτοι καθολικοί κανόνες που επιτρέπουν στα παιδιά να αποκτήσουν γραμματικές γνώσεις. Κατ' αναλογία με τα πειράματα που αφορούν την αναγνώριση προσώπου, θα πρέπει να σημειωθεί ότι βρέφη 4 έως 6 μηνών μπορούν να διακρίνουν φωνητικές διαφορές, που διαχωρίζουν τις συλλαβές, τόσο στη μητρική τους γλώσσα όσο και σε άλλες γλώσσες. Όμως, μωρά 10 έως 12 μηνών μπορούν να διακρίνουν φωνητικές παραλλαγές μόνο στη μητρική τους γλώσσα. Τα παραπάνω πρόσφατα πειράματα είναι σε συμφωνία με τα παλαιότερα πειράματα του Tinbergen (1948), ο οποίος παρουσίασε σε ένα νεοσσό γλάρου ένα ράμφος ασύνδετο με το σώμα της μητέρας του. Υπό κανονικές συνθήκες, ένας νεοσσός γλάρου αναζητά τροφή ραμφίζοντας μια χαρακτηριστική κόκκινη κηλίδα στο κίτρινο ράμφος της μητέρας του. Ο νεοσσός συνέχισε να συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο, παρά το γεγονός ότι τώρα το ράμφος ήταν αποκομμένο. Επιπλέον, η ίδια συμπεριφορά παρατηρήθηκε ακόμη και όταν χρησιμοποιήθηκε ένα κίτρινο ραβδί με μια κόκκινη λωρίδα πάνω σε αυτό. (Όταν υπήρχαν 3 κόκκινες λωρίδες αντί για μία, το ράμφισμα ήταν ακόμη πιο έντονο απ' ότι συνήθως).

3. Υποσυνείδητη Αντίληψη

Είναι αδύνατο να κατανοήσουμε την ανθρώπινη μάθηση χωρίς να κατανοήσουμε τη διαφορά μεταξύ συνειδητών και ασυνειδήτων διαδικασιών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο εγκέφαλός μας «γνωρίζει» πολλά, πολλά περισσότερα από ό,τι εμείς. Ο εγκέφαλός μας μάς ενημερώνει μόνο για τα πράγματα που είναι απολύτως απαραίτητα για εμάς να γνωρίζουμε. Επιπλέον, ακόμη και στις σπάνιες περιπτώσεις που συμβαίνει αυτό, η σχετική διαδικασία είναι αρκετά βραδεία. Ίσως, το πιο αξιοσημείωτο γεγονός σχετικά με την διανοητική μας ζωή μας είναι το ακόλουθο:

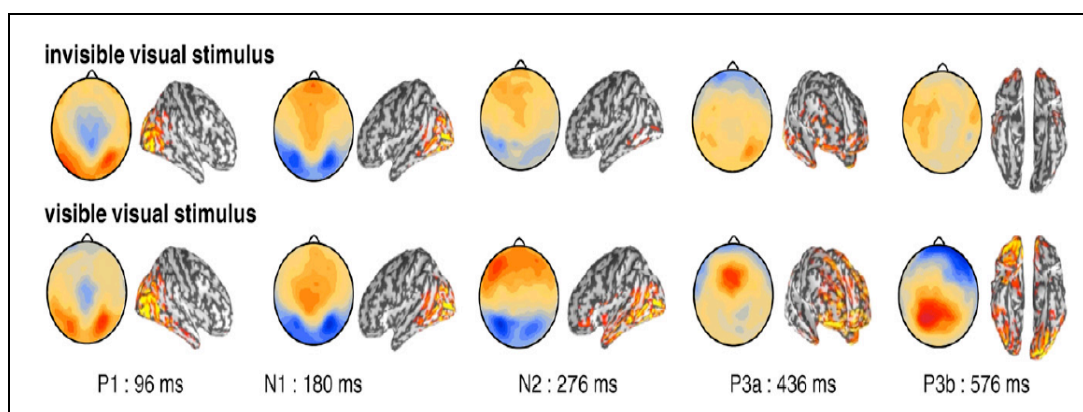
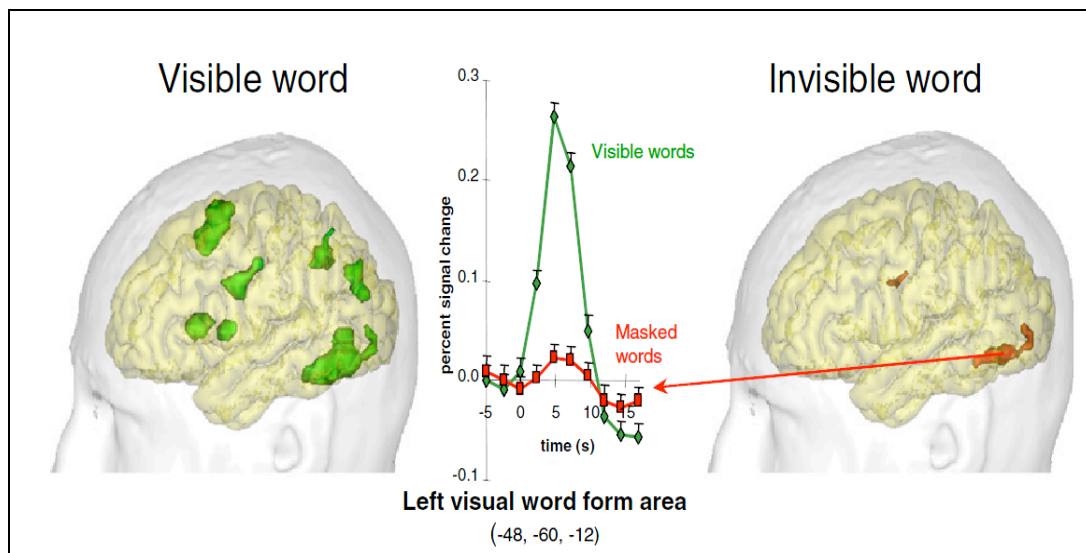
Πριν από κάθε συνειδητή εμπειρία προηγείται μια ασυνείδητη φάση· ως εκ τούτου, η διαδικασία της επίγνωσης είναι μια σχετικά αργή διαδικασία.

Παρεμπιπτόντως, αντιλαμβανόμαστε εκείνες τις πτυχές μιας εικόνας που σχετίζονται με το συναίσθημα προτού αντιληφθούμε πτυχές που σχετίζονται με τη μορφή. Για παράδειγμα, αντιλαμβανόμαστε την έκφραση ενός προσώπου προτού αντιληφθούμε την ταυτότητά του. Επίσης, αντιλαμβανόμαστε το χρώμα ενός αντικειμένου περίπου 0.1 δευτερόλεπτα προτού αντιληφθούμε τη μορφή του. Υπενθυμίζουμε ότι ο William James κατανόησε ήδη από το 1884 ότι στη θέα μιας αρκούδας πρώτα αντιδρούμε ασυνείδητα -τρέχουμε μακριά- και αργότερα βιώνουμε συνειδητό φόβο.

Ο Benjamin Libet (*Mind Time*, 2004) ήταν ο πρώτος που μελέτησε συστηματικά τις χρονικές κλίμακες σχετικά με την αλληλεπίδραση μεταξύ του ασυνειδήτου και του συνειδητού. Σε ένα από τα πρώτα πειράματά του, εφάρμοσε ηλεκτρική διέγερση στην επιφάνεια του πρωτογενούς σωματοαισθητικού φλοιού· αυτός ο φλοιός του εγκεφάλου ειδικεύεται στην αίσθηση της αφής. Η διέγερση αυτή προκάλεσε μια συνειδητή αίσθηση μυρμηγκιάσματος (το υποκείμενο ανέφερε ότι αυτό το μυρμηγκίασμα προερχόταν από το δέρμα). Αλλά προκειμένου να επιτευχθεί επίγνωση ήταν απαραίτητο οι παλμοί του ρεύματος να έχουν διάρκεια περίπου μισού δευτερολέπτου. Από την άλλη μεριά, ακόμη και ένα στιγμιαίο ασθενές ηλεκτρικό ερέθισμα στο δέρμα παράγει συνειδητή αίσθηση. Που οφείλεται αυτή η διαφορά; Στην πραγματικότητα, ένα τέτοιο ερέθισμα προκαλεί ενεργοποίηση στο φλοιό του εγκεφάλου, η οποία ονομάζεται προκλητό δυναμικό. Εκείνη όμως τη χρονική στιγμή δεν υπάρχει επίγνωση. Το στιγμιαίο ερέθισμα προκαλεί επίσης περαιτέρω εκτεταμένη ενεργοποίηση στο φλοιό του εγκεφάλου, τα λεγόμενα προκαλούμενα δυναμικά. Αυτή η περαιτέρω ενεργοποίηση διαρκεί για περίπου μισό δευτερόλεπτο και μόνο τότε σημειώνεται επίγνωση. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι υπάρχει υποκειμενική μεταφορά του χρόνου της επίγνωσης στο χρόνο παραγωγής του προκλητού δυναμικού. Εάν το στιγμιαίο ερέθισμα γίνει αρκετά αδύναμο, έτσι ώστε το

προκλητό δυναμικό να διατηρηθεί, αλλά τα προκαλούμενα δυναμικά να εξαφανισθούν, τότε το υποκείμενο δεν αισθάνεται τίποτα.

Αυτή η συμπεριφορά παρατηρείται και σε άλλες αισθητικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένης της όρασης. Τα Διαγράμματα 2α και 2β απεικονίζουν την ενεργοποίηση του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια ασυνείδητης και συνειδητής επεξεργασίας μιας γραπτής λέξης. Μια λέξη που προβάλλεται για 32 msec (υπό κατάλληλες συνθήκες απόκρυψης) δεν είναι συνειδητά ορατή. Η ίδια λέξη προβαλλόμενη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα γίνεται ορατή, αλλά το άτομο λαμβάνει επίγνωση αυτής της λέξης μόνο μετά από περίπου 0,4 δευτερόλεπτα. Η λειτουργική μαγνητική τομογραφία και η μαγνητοεγκεφαλογραφία δείχνουν ότι στην πρώτη περίπτωση υπάρχει ενεργοποίηση του εγκεφάλου που είναι εντοπισμένη τόσο στο χώρο όσο και στο χρόνο.



Διαγράμματα 2α και 2β

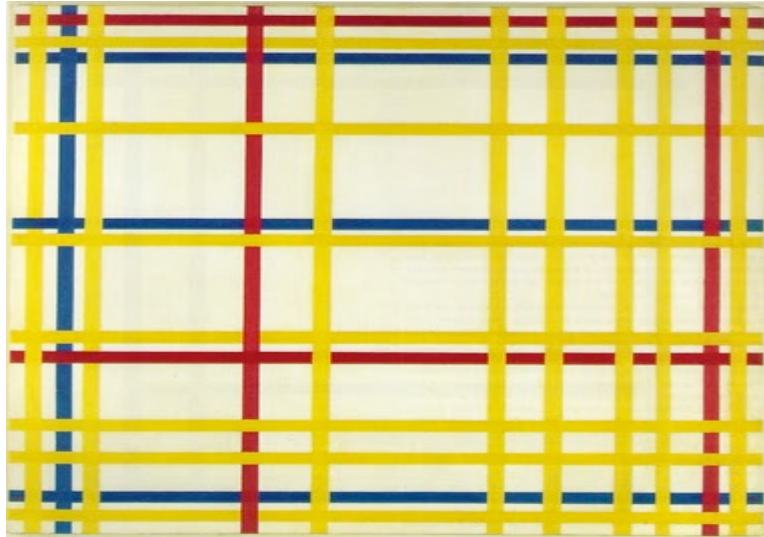
Η διασάφηση των συγκεκριμένων νευρωνικών μηχανισμών που οδηγούν σε επίγνωση παραμένει ανοιχτό ζήτημα. Αρκετοί νευροεπιστήμονες, συμπεριλαμβανομένου του εκλιπόντος Francis Crick, έχουν προτείνει ότι το κρίσιμο γεγονός για επίγνωση είναι ολική, συγχρονισμένη, νευρωνική δραστηριότητα με συχνότητα της τάξεως των 40 Hertz. Οι Changeux και Dehaene έχουν προτείνει ότι τα επονομαζόμενα πυραμιδοειδή κύτταρα, με τους μεγάλης έκτασης άξονες τους, που είναι ιδιαίτερα πυκνά στις προμετωπιαίες και βρεγματικές περιοχές του εγκεφάλου, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μετάδοση και τον συγχρονισμό αυτής της δραστηριότητας.

Κατά τη γνώμη μου, το πιο θεμελιώδες ανοικτό ερώτημα σχετικά με τη λειτουργία του εγκεφάλου (με σπουδαία εν δυνάμει οφέλη) είναι το ερώτημα του αν μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στο υποσυνείδητο. Μήπως οι εκπληκτικές ικανότητες των αυτιστικών σαβάντ («σοφών») είναι αποτέλεσμα του ότι ίσως έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης στο υποσυνείδητό τους; Μήπως ο μετωπιαίος λοβός καταστέλλει αυτή την ικανότητα, και για το λόγο αυτό κάποιοι ασθενείς μετά την ανάπτυξη άνοιας μετωπιαίου λοβού, αναπτύσσουν εντελώς απροσδόκητα καλλιτεχνικό ταλέντο; Μήπως η βαθιά επίδραση της μουσικής οφείλεται ακριβώς στο ότι φτάνει στο υποσυνείδητό μας; (Ας θυμηθούμε τα λόγια του Schopenhauer: «Η μουσική μπορεί να φτάσει στην *εσώτατη ψυχή μας*». Σε μια μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2006 (Dijksterhuis), δόθηκαν σε άτομα που έψαχναν να αγοράσουν ένα διαμέρισμα πληροφορίες σχετικά με 4 διαφορετικά διαμερίσματα: ένα απ' τα διαμερίσματα ήταν επιθυμητό, ένα άλλο ανεπιθύμητο και δύο διαμερίσματα αποτελούσαν ουδέτερη επιλογή. Σε μία ομάδα ζητήθηκε να πάρει απόφαση αμέσως, σε μια άλλη ομάδα δόθηκαν 3 λεπτά για να συγκεντρωθεί στην επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος (συνειδητή σκέψη) και σε μία άλλη ομάδα απέσπασθηκε η προσοχή για 3 λεπτά (υποσυνείδητη σκέψη.) Είναι αξιοσημείωτο, ότι στην σωστή απόφαση κατέληξε η τρίτη ομάδα! Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι μερικοί άνθρωποι χρησιμοποιούν το υποσυνείδητό τους σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι άλλοι. Οι Kounios και συνεργάτες, σε μια μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2007, έδειξαν ότι ένα συγκεκριμένο λεκτικό πρόβλημα λύθηκε με δύο διαφορετικούς τρόπους: μια ομάδα ακολούθησε μια συστηματική, συνειδητή διαδικασία για την αναζήτηση λύσεως, ενώ η λύση που βρέθηκε από την άλλη ομάδα βασίστηκε σε υποσυνείδητη διορατικότητα, η οποία οδήγησε στην *ξαφνική* ανακάλυψη της λύσεως. Στην δεύτερη ομάδα (αλλά όχι στην πρώτη) υπήρχε ενεργοποίηση του δεξιού εμπρόσθιου ανώτερου κροταφικού λοβού 0,3 δευτερόλεπτα πριν από την αναφορά της λύσεως.

Παρακαλώ επιτρέψτε μου να κλείσω αυτή την ομιλία με δύο παρατηρήσεις. Η πρώτη αφορά τα μαθηματικά. Συνήθως αναφέρεται ότι τα μαθηματικά είναι σημαντικά για δύο λόγους: Πρώτον, γιατί μας εκπαιδεύουν να σκεφτόμαστε λογικά. Δεύτερον, δεδομένου ότι οι νόμοι της φύσης είναι γραμμένοι σε μαθηματική γλώσσα, ο μόνος τρόπος για να φτάσουμε στην ουσία των φυσικών φαινομένων είναι να χρησιμοποιήσουμε μαθηματικά. Ωστόσο, πιστεύω ότι υπάρχει και ένας τρίτος, ίσως πιο θεμελιώδης λόγος: το ότι τα μαθηματικά αποτελούν την αποθέωση της αφαίρεσης. Αυτή η ιδιότητα των μαθηματικών, μαζί με το γεγονός ότι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι ακριβώς η ικανότητά του για αφαίρεση, ίσως εξηγεί τον κρίσιμο ρόλο των μαθηματικών στην αναζήτηση της αλήθειας. Ένα παράδειγμα: πριν από την εμφάνιση της μαθηματικής θεωρίας του χάους, και πριν γίνει κατανοητό ότι τα κλαδιά των δέντρων, οι νιφάδες χιονιού, οι βρόγχοι των πνευμόνων και μύριες άλλες φυσικές μορφές, αποτελούν παραδείγματα fractal γεωμετρίας, ο εγκέφαλος του ζωγράφου Jackson Pollock, μέσω αφαίρεσης, ανακατασκεύασε αυτή τη γεωμετρία και έδωσε τη δυνατότητα στον Pollock να την εκφράσει στους πίνακές του. Πράγματι, πριν από μερικά χρόνια η μαθηματική ανάλυση από τον μαθηματικό Richard Taylor μερικών έργων του Pollock, κατέστησε σαφές ότι βασικό χαρακτηριστικό αυτών των πινάκων είναι ακριβώς η fractal φύση τους.



Ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί διαφορετικά είδη αφαίρεσης. Στην οπτική αντίληψη, η πιο στοιχειώδης αφαίρεση είναι η επεξεργασία γραμμών και χρώματος. Η αποδόμηση μιας εικόνας σε αυτά τα πλατωνικά ιδεατά στοιχεία εκφράζεται αριστουργηματικά από τον Piet Mondrian.



Οι πίνακες του Pollock απεικονίζουν μια πιο σύνθετη μορφή αφαίρεσης που χρησιμοποιεί ο εγκέφαλος και η οποία βασίζεται σε Gestalt διαδικασίες. Δηλαδή, οι Mondrian και Pollock αποκαλύπτουν την ομορφιά που σχετίζεται με δύο θεμελιώδεις μορφές αφαίρεσης που χρησιμοποιεί ο εγκέφαλος κατά την οπτική επεξεργασία. Επιπλέον, τα μαθηματικά μας επιτρέπουν να ποσοτικοποιήσουμε την τελευταία πιο περίπλοκη μορφή αφαίρεσης. Αυτό το παράδειγμα υπογραμμίζει την ενότητα των μαθηματικών, των νευροεπιστημών και των τεχνών και γραμμάτων, και οδηγεί στη δεύτερη και τελευταία παρατήρησή μου.

Για μεγάλο χρονικό διάστημα με έχει προβληματίσει το θαύμα της αρχαίας Αθήνας, δηλαδή, το γεγονός ότι σε ένα απομονωμένο μέρος, σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα, υπήρξε μια τέτοια έκρηξη δημιουργικότητας σε τόσο διαφορετικούς τομείς. Δυστυχώς, πέραν μερικών παρατηρήσεων, δεν είμαι σε θέση να δώσω μια πλήρη απάντηση. Επειδή είναι συχνά χρήσιμο να σκεφτόμαστε με αναλογίες, προσπάθησα να βρω μια παρόμοια εποχή, προκειμένου να εντοπίσω κάποιες βαθύτερες κοινές αρχές. Η έκρηξη πολιτιστικών και επιστημονικών επιτευγμάτων που σημειώθηκαν στη Βιέννη του περίφημου *fin de siecle*, προσφέρει ίσως το πλησιέστερο ανάλογο στη σύγχρονη εποχή των μνημειωδών επιτευγμάτων της αρχαίας Αθήνας. Η ύπαρξη των Kurt Godel και Ludwig Wittgenstein, Otto Wagner και Walter Gropius, Arthur Schnitzler και Hugo von Hofmansthal, Carl von Rokitansky και Josef Skoda, Theodor Meynert και Sigmund Freud, Gustav Klimt και Oscar Kokoschka, Gustav Mahler και Arnold Schoenberg, μας υπενθυμίζει ότι είναι δυνατό σε μία πόλη, μέσα σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα, να πραγματοποιηθούν πρωτοφανή επιτεύγματα σε διαφορετικούς τομείς, όπως η φιλοσοφία, η αρχιτεκτονική, η λογοτεχνία, η ιατρική, η ψυχολογία, η ζωγραφική και η μουσική. Υπάρχουν ομοιότητες μεταξύ αυτών των δύο μεγάλων εποχών; Η Αθήνα και η

Βιέννη ήταν δύο σχετικά μικρές πόλεις με κοινωνική δομή που επέτρεπε στους διανοούμενους διαφορετικών κλάδων να συνδιαλέγονται και να ανταλλάσουν ιδέες. Επίσης, τα γυμνάσια των δύο αυτών πόλεων δεν έκαναν διάκριση μεταξύ αυτών που σήμερα ονομάζουμε φυσικές επιστήμες και ανθρωπιστικές επιστήμες και τέχνες. Αυτό υποδηλώνει ότι η υπάρχουσα άποψη για τα πλεονεκτήματα της διεπιστημονικής έρευνας θα πρέπει ίσως να γίνει ακόμη πιο ευρεία, ώστε όχι μόνο να εκλείψουν τα όρια μεταξύ των διαφόρων επιστημών, αλλά και να επιτευχθεί ενοποίηση μεταξύ φυσικών επιστημών και ανθρωπιστικών επιστημών και τεχνών. Με τον τρόπο αυτό το ξεχασμένο μοντέλο του *homo universalis* ίσως καταστεί και πάλι επίκαιρο.