

027 Il modulo come diapason. Cercando un'analogia di tipo acustico, il modulo cibernetico può essere interpretato come un diapason, perché esso è capace di risuonare al suo interno eccitato dal fronte dei segnali proveniente dalla periferia. In un secondo tempo, l'analogia del diapason si estende (lavagna 028) a coprire i fenomeni di propagazione verso i moduli adiacenti (midollo spinale). Questo è il modo in cui si propaga un'onda e, soprattutto, di come la medesima onda ritorni ad innescare l'azione motoria.

5. GLI ELEMENTI DEL CORPO UMANO

5.1 I sensori

5.2 Classificazione dei sensori

5.3 Esempi di sensori cutanei

5.4 Effettore: il muscolo striato

5.5 La locomozione animale

5.6 Il movimento elementare non è il deambulo, ma la *peristalsi*

5.7 Peristalsi: nei vermi è motoria, negli uomini è digestiva

5.8 La natura del neurone

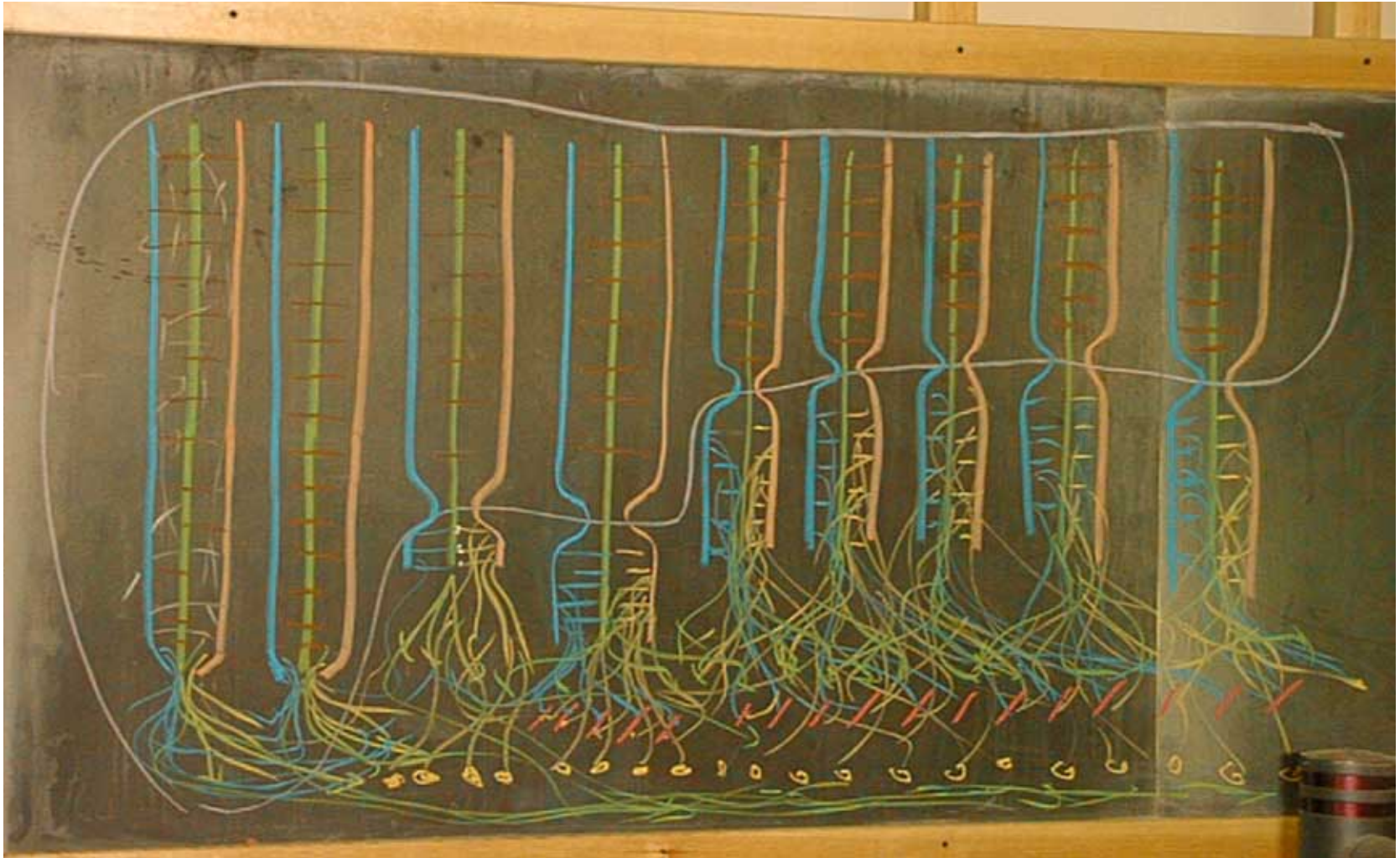
5.1 I sensori. Il contatto del corpo umano con l'ambiente esterno è realizzato tramite *sensori* di varia natura. Il passaggio delle consegne dai sensori agli organi e apparati interni del corpo viene attuato attraverso la messa in azione di particolari trasduttori o generatori di segnali. Si tratta di strutture anatomico-fisiologiche, collocate in varie zone, che hanno la funzione di trasformare eventi di diversa natura in segnali biologici. Questi segnali, che hanno la proprietà di viaggiare come fronti d'onda, attraverso un sistema di afferenza, una sorta di microscopica autostrada verso il cervello, vanno a raggiungere le sedi appropriate.

*che quanto parte da indizi
ruota di mente accende
l'intero itinerario*

Occorre quindi una grande varietà di sensori specializzati che trasformano la luce, il suono, l'odore, la pressione, la temperatura, la tensione di un muscolo, l'acidità gastrica, la quantità di ossigeno nel sangue, in perturbazioni che sono l'unico linguaggio comprensibile e significativo per il sistema nervoso centrale.

*che il provenir da fuori
è fatto
solo d'indizi*

*d'illuminar reti di mente
verso di me
torna la scena*



030 Il montaggio dei vari tipi di moduli. A partire dalla destra della lavagna, una successione di moduli: sei del tipo 023, uno del tipo 025, e due del tipo 026. Dal punto di vista funzionale, si individua un strato composto di un modulo 025 (pelle), di uno strato composto di sei moduli 023 (sensi e movimento), di uno strato composto di moduli 026 (cervello).

Come si vede, andiamo bene al di là dei cinque sensi (gusto, odorato, tatto, udito, vista) conosciuti ormai da chiunque abbia letto di anatomia o di biologia. Ci troviamo davanti a una maestosa struttura, in cui i dati di ingresso provengono da un numero incredibilmente elevato di punti di rilevamento, in modo tale da tenere le parti più interne costantemente informate dello *stato dell'intero sistema corpo*, con le funzioni di convalida delle azioni ben impostate e di correzione di progetti motori e mentali che si discostano dalle intenzioni iniziali.

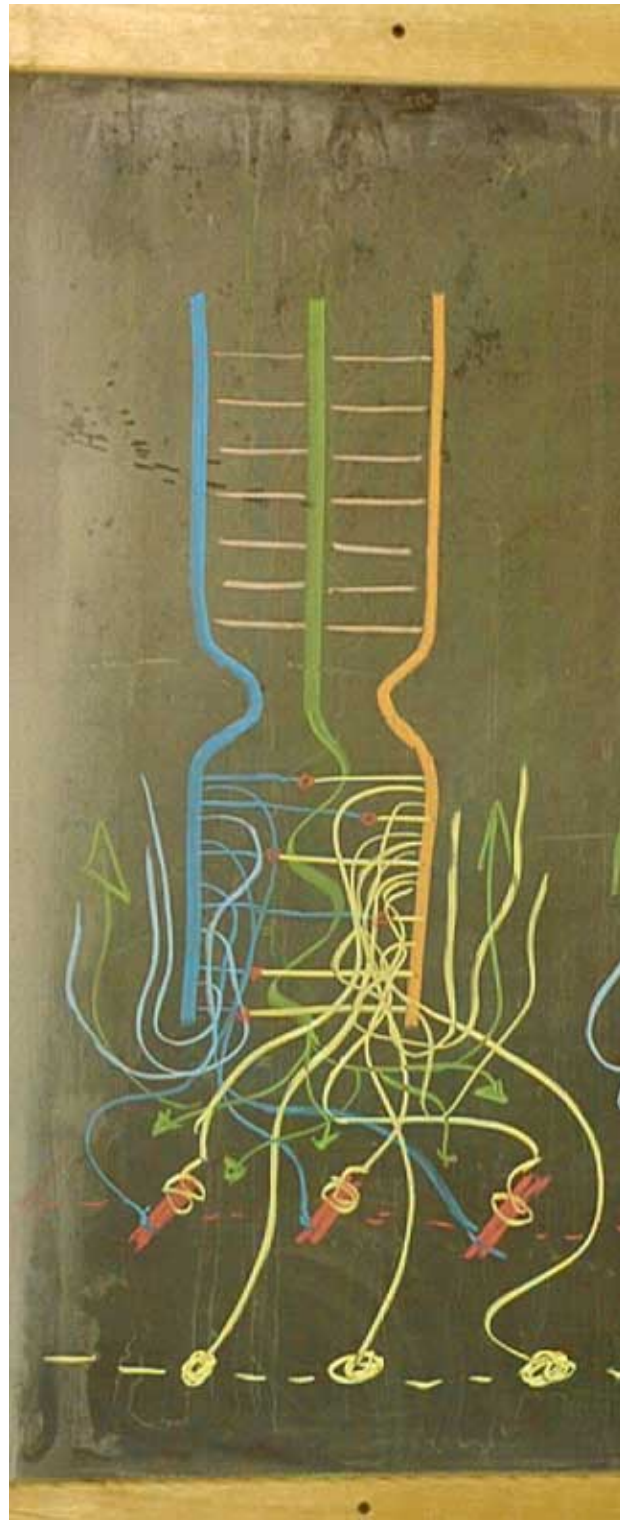
*di distillar funzioni del corpo
mille cervelli
mi ritrovo dentro
che ognuno
a far da raggio
move ruota di mente*

*di quante teste
son circondato
ch'ognuna
del movimento suo
e del corpo tutto
a sceneggiar
contiene*

5.2 Classificazione dei sensori. A seconda del livello in cui operano, i sensori possono essere divisi in due categorie: *fisiologici e biochimici*. A seconda del tipo di compito che i sensori fisiologici attuano, essi possono essere classificati in *esterocettori, propriocettori, enterocettori*.

*che di gomitolar di accrescimento dentro la
pelle
dell'ingressar dei lampi dall'esterno
il rimontar le scene a tutt'intorno
di consiglieri scopro
la mia mente*

Gli "esterocettori" sono deputati a raccogliere elementi informativi provenienti dall'ambiente. Corrispondono genericamente agli organi classici



023 modulo base completo di tutte le sue componenti

di senso. Per le particolari possibilità di ricevere informazioni (visive, auditive e olfattive) da fonti che si trovano a distanza dal corpo vengono spesso denominati *telericettori*.

I "proprioettori" sono deputati a raccogliere informazioni da muscoli, tendini, articolazioni. Particolarmente importante è l'*apparato vestibolare*, che descrive elementi sulla dinamica del corpo (postura, equilibri e così via).

Gli "enterocettori" sono deputati alla raccolta di informazioni sull'*apparato viscerale* e, in modo particolare, sulle condizioni di omeostasi dei vari fenomeni di equilibrio necessari alla vita. Essi sono relativi alla circolazione sanguigna, consumo di ossigeno, termoregolazione, controllo della diuresi, equilibrio delle ghiandole endocrine e così via. In altre parole, i fenomeni interpretano e restituiscono materia per l'equilibrio delle condizioni.

*d'un corpo equipaggiato
a sostenere
produce l'energia
che di sedimentar
fa la memoria
e a proiettar dentro le membra
di volta in volta
fa la mia scena*

A seconda del tipo di compito che i ricettori biochimici attuano, essi possono essere individuati in termini di molecole di natura proteica che hanno la funzione di riconoscere e legare specificamente una seconda molecola, permettendole di agire localmente.

I ricettori biochimici sono generalmente divisi in tre categorie: *ormoni*, *mediatori chimici locali* e *neurotrasmettitori*. I primi viaggiano attraverso il sangue e raggiungono le molecole bersaglio anche a notevoli distanze, i secondi sono in grado di agire soltanto su cellule nelle immediate vicinanze, i terzi rendono possibile il passaggio dell'impulso nervoso a scavalcare la fessura sinaptica.

5.3 Esempi di sensori cutanei. Le terminazioni nervose libere sono ricettori del dolore, i bulbi terminali di Krause sono principalmente ricettori del freddo, i corpuscoli di Meissner sono ricettori tattili superficiali, e



024 modulo base privato dello strato dei sensori esterni

quelli a forma di cipolla sono i corpuscoli di Pacini, ricettori di pressione. In questi ultimi, destinatari di studi approfonditi, penetra una sola fibra nervosa mielinizzata (assone), che però all'interno del corpuscolo è priva di guaina mielinizzata.

Il corpuscolo è costituito da molti strati concentrici di tessuto connettivo. La compressione di questi strati esterni induce un potenziale di azione.

*d'ogni fruscio alla pelle
d'inesco s'attraversa a interno
e ruota di mente parte*

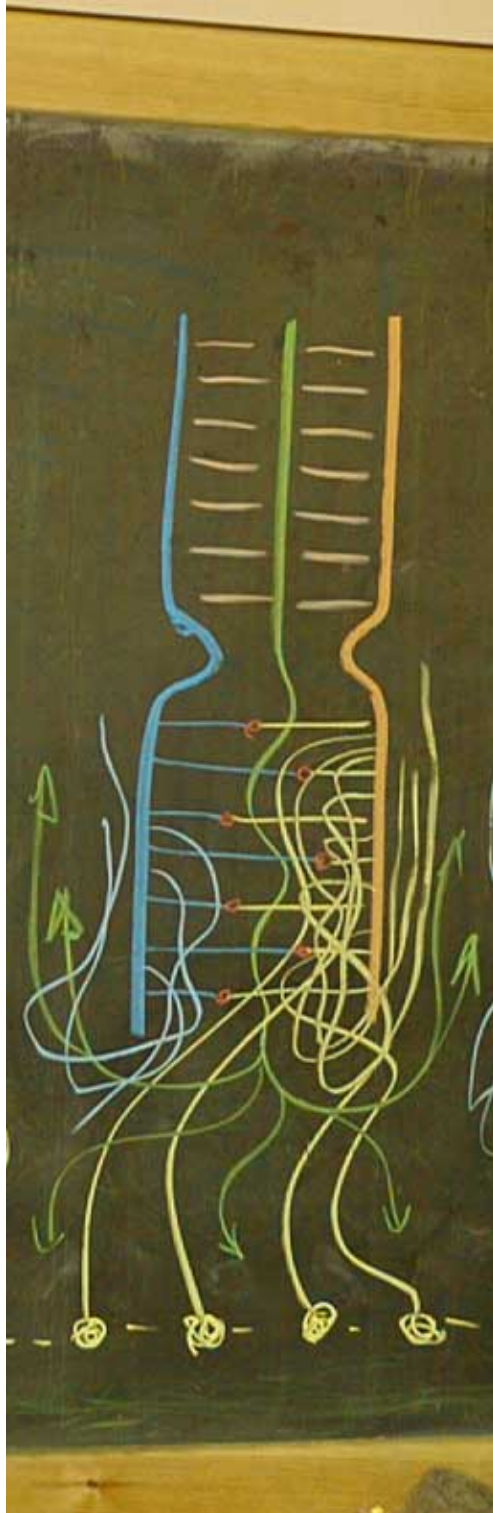
5.4 Effettore: il muscolo striato. La possibilità di compiere movimenti è fornita dalla presenza di organi specifici, i muscoli, i quali hanno la possibilità di aumentare di tensione, di contrarsi, di diminuire di lunghezza rispetto ai punti di attacco sullo scheletro, di rilasciarsi e di ritornare elasticamente alle condizioni precedenti alla contrazione. La base anatomica per queste caratteristiche funzionali è messa a disposizione da aggregati di fibre contrattili che, agendo in maniera coordinata, entrano a far parte di unità funzionali di diversa grandezza.

5.5 La locomozione animale. La capacità di trasferire il proprio corpo da un punto all'altro dello spazio è peculiare degli animali.

La funzione locomotoria è così intimamente legata alla sopravvivenza dell'animale e della sua specie che l'organizzazione strutturale del suo organismo, dalla forma esterna del corpo alla morfologia di cellule e tessuti, è fortemente condizionata dall'esigenza di realizzare la funzione locomotoria in maniera ottimale, anche se nell'ambito limitato della sua nicchia ecologica.

Elementi essenziali della locomozione terrestre sono un vincolo, vale a dire resistenze esterne, e forze muscolari interne che modificano la configurazione geometrica del corpo e quindi il suo modo di interagire con l'ambiente.

Questa modificazione della posizione relativa delle diverse porzioni del corpo deve consentire il ripetersi dell'azione in maniera ciclica e, in generale, si risolve con movimenti elementari di tipo oscillante nel piano e/o nello spazio. La particolare sequenza, con cui si realizzano questi movimenti, prende il nome di *andatura*.



025 modulo base privato dello strato degli elementi dinamici

*e sbandamento
prende la mano
che autonomia di svolgimento
ciclo primordio
va al riequilibrio*

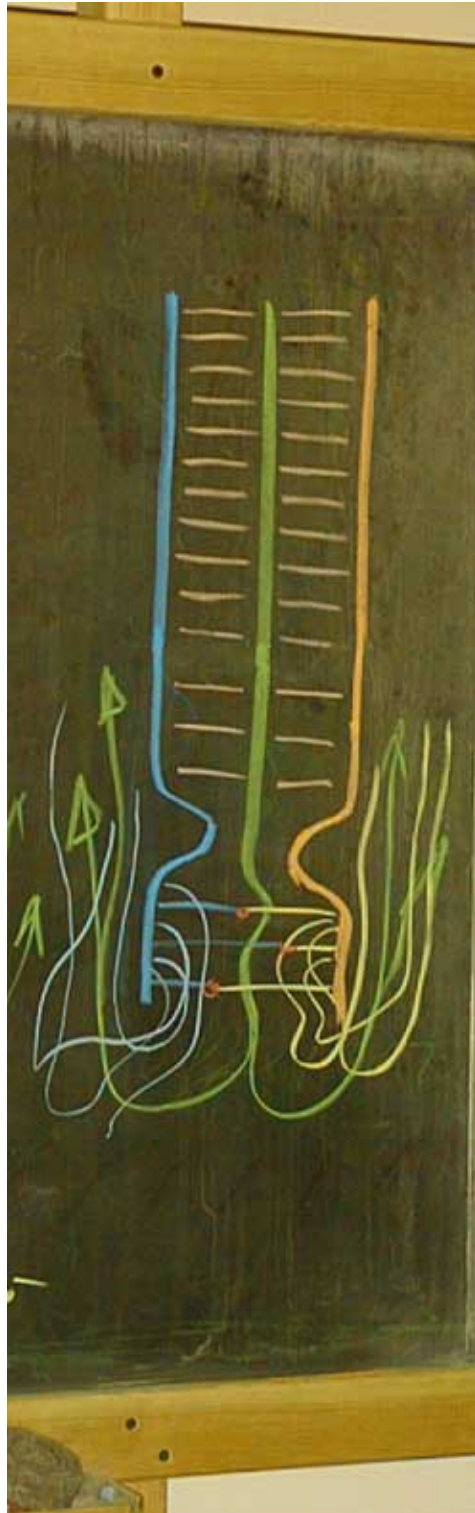
5.6 Il movimento elementare non è il deambulo, ma la *peristalsi*. La forma più semplice di movimento sulla superficie terrestre è quella dello strisciare. Essa si attua attraverso una successione di terne di meccanismi di (i) contrazione, (ii) ancoraggio e (iii) distensione. Gli invertebrati vermiformi e i gasteropodi (lumache) utilizzano a tale scopo contrazioni *peristaltiche* delle pareti corporee.

*che poi
d'ogni sospeso
ch'essa si trova
d'attraversare dromo
primordio circolar del ritmo
forza ad in moto*

Negli animali appena citati, la muscolatura è disposta in un ordine *esterno* di fibre circolari e un ordine *interno* di fibre longitudinali. Queste ultime costituiscono il contenitore cilindrico di un fluido non comprimibile, denominato scheletro idrostatico. Il corpo dell'animale è spesso suddiviso in compartimenti stagni. Ciascuno dei quali mantenendosi a volume costante, può allungarsi o accorciarsi a seconda di quale dei due ordini di fibre si contrae. Opportuni diagrammi mostrano come opera l'onda peristaltica e spiegano come si genera la conseguente progressione locomotoria dell'animale.

5.7 Peristalsi: nei vermi è motoria, negli uomini è digestiva. Da un glossario di fisiologia veniamo a sapere che la *peristalsi* costituisce un fenomeno consistente in ondate di contrazioni e rilassamenti muscolari involontari che percorrono l'apparato digerente, spingendone in avanti il contenuto.

*che di primordi suoni
differenziale emerge*



**026 modulo base privato sia dello strato dei sensori esterni
sia dello strato degli elementi dinamici**

La "peristalsi" è provocata da contrazioni progressive dei muscoli circolari delle pareti del tubo digerente. Tuttavia, il fenomeno sembra non riferirsi unicamente al processo di digestione ma riguardare altri muscoli circolari coinvolti nella locomozione animale di vermi e serpenti: spesso il vocabolo appare come sinonimo di *segmentazione*.

*mille orologi dentro
so' tutti in moto
e di servir bisogni loro
trovo me
d'essere in riga*

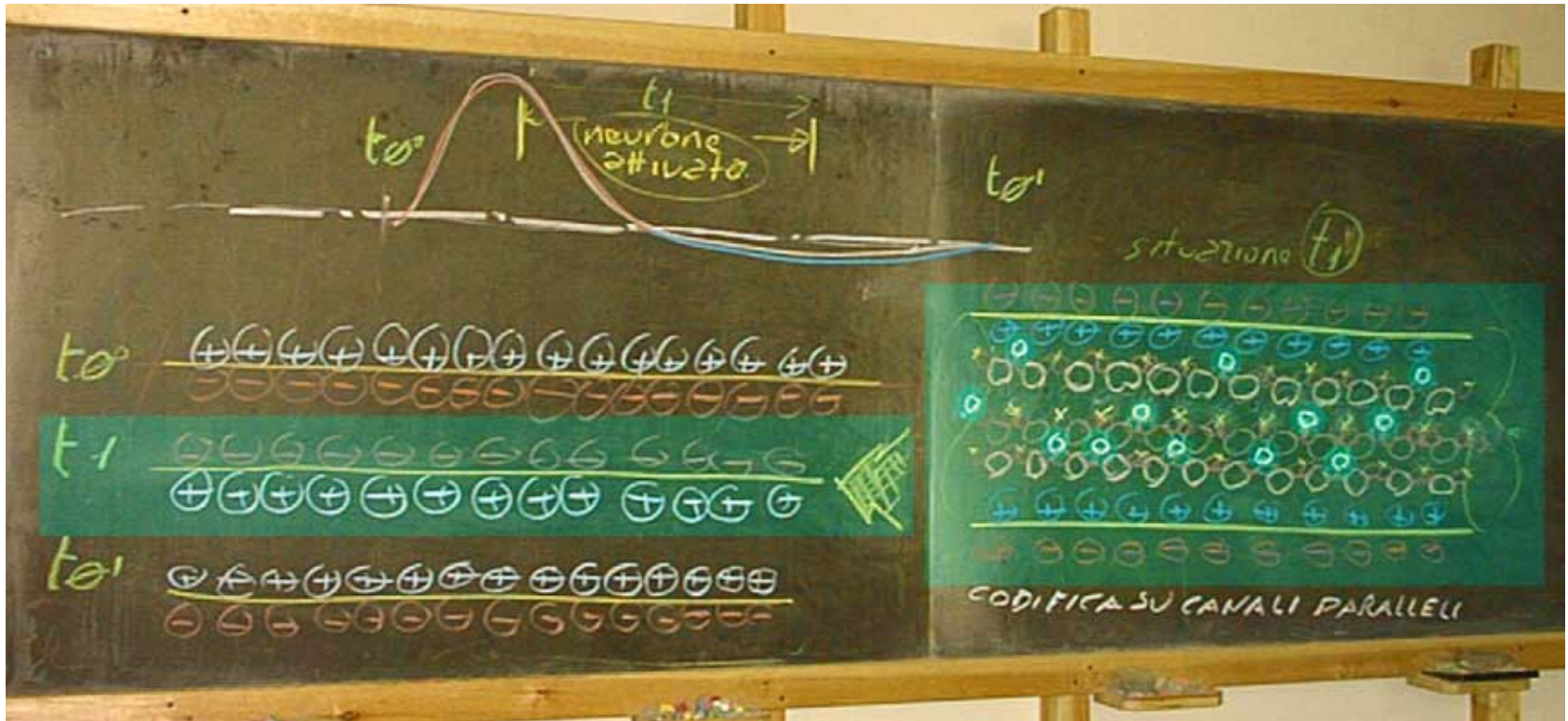
5.8 La natura del neurone. La comparsa e lo sviluppo evolutivo del sistema nervoso sono stati caratterizzati da due fatti fondamentali. In primo luogo, l'evoluzione di nuovi organi che permettono di interagire con l'ambiente esterno (vedi, nel seguito, gli organi di senso). In secondo luogo, il fatto che al sistema di trasmissione dei segnali all'interno dell'organismo, mediante molecole portatrici di segnali, si affianca un nuovo sistema di trasmissione di impulsi di potenziale elettrico lungo fibre che si estendono da cellule specializzate, i neuroni, di forma estremamente complessa.

*tele di ragno ovunque
dentro la pelle*

Tale sistema non soltanto garantisce velocità e specificità, ma pone le basi strutturali di una possibilità quasi illimitata di elaborazione dell'informazione, grazie alla natura combinatoria delle connessioni tra cellule nervose.

*ruota di mente corre
di mille storie fa congiunzione
che poi
focalità trascina
da qui fin là*

Il tessuto nervoso è costituito da due tipi principali di cellule: *cellule nervose* e *cellule gliali*. Le cellule nervose (*neuroni*) ricevono e trasmetto-



400a Potenziale d'azione e struttura interna del canale neuronale. Nell'istante t_1 i legami chimici all'interno del canale sono pronti allo scorrimento delle cariche. I canali in realtà sono in numero assai elevato (vedi microtubuli e numeri di Fibonacci e lavagna 037).

"Lo scorrimento delle cariche" fig: 400a; 402; 400; 401; 401a; 037

no segnali. Variazioni locali possono estendersi al resto della cellula in modo passivo o possono scatenare una serie di eventi che portano alla propagazione, lungo la membrana, di un segnale elettrico senza attenuazione, detto *potenziale d'azione*. La funzione di una cellula nervosa dipende in modo critico dalla sua forma perché questa determina sia i contatti con altre cellule, sia la elaborazione compiuta sui segnali di ingresso. I segnali nervosi sono trasmessi da una cellula all'altra tramite zone di contatto specializzate, dette *sinapsi*. Le cellule gliali (microglia) sono di tre tipi principali: *astrociti, oligodendrociti, cellule ependimali*.