

Cos'è l'intelligenza?

- Esiste una singola “entità” definibile come *intelligenza*?
- Si può definire una scala dell'intelligenza?
- L'evoluzione è associata ad un aumento dell'intelligenza?
- C'è una grossa differenza fra *istinto* e intelligenza?
- Un neonato è più intelligente di un cane o di una scimmia? È più intelligente di un insetto?
- Cosa stimola l'intelligenza? (Sopravvivenza, Piacere, Socialità

Alcune Definizioni di Intelligenza

- L'intelligenza è l'attività della mente (nel senso che il "corpo" non serve)
- Intelligenza è saper ragionare
 - (ad esempio saper risolvere una equazione)
 - (ad esempio saper "predire" le conseguenze (capacità inferenziali))
- *Intelligence is the faculty or capacity of knowing*
- *Intelligence is expressed in adaptive behaviors*
 - (capacità di adattarsi all'ambiente e di imparare)
- L'intelligenza è la capacità di adattarsi all'ambiente
- L'intelligenza è definibile come un insieme di capacità
 - (ad esempio: predicting the future, adjusting to changes, solving problems, drawing inferences, reasoning about abstract concepts etc.)

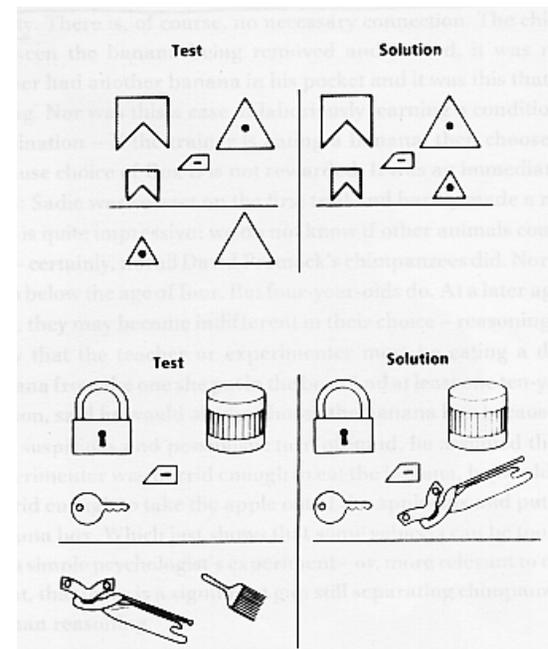
Qualche altra domanda

- L'intelligenza è una prerogativa dell'uomo?
- Alcune forme di *specialized abilities* sono intelligenti?
 - Come fanno i pipistrelli a riconoscere il proprio eco?
 - Spatial Perception: Migrazione e "homing" (e.g. piccioni e api)
 - Memoria spaziale (e.g. schiaccianoci di Clark - ricorda 30,000 posti)
- La generalizzazione è Intelligenza? (la specializzazione è stupidità?)
 - Differenza fra **percepire** e **capire** (perceiving vs. understanding)
 - "Reazioni condizionate" (e.g. il cane di Pavlov) sono una forma di intelligenza?
 - Apprendimento = condizionamento
 - *Associative Learning* (importante per la sopravvivenza) = Generalizzazione

La capacità di ragionare in modo astratto è intelligenza? (ad esempio ragionamento analogico e *analogical reasoning*)

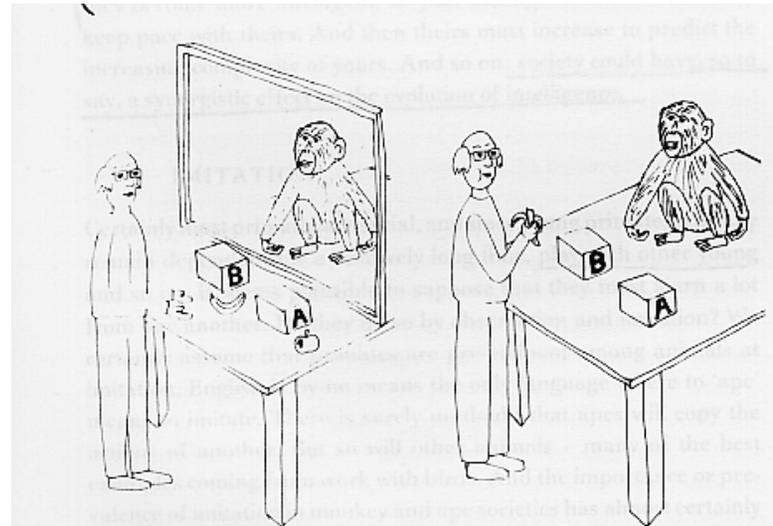
Differenza fra associative learning e abstract reasoning: nel primo caso vengono associate proprietà fisiche di oggetti, nel secondo vengono associate proprietà astratte.

Ad esempio si può imparare ad associare due figure geometriche diverse ritagliate dallo stesso materiale (i pappagalli possono farlo) ma è più difficile associare una chiave ad una serratura (gli scimpanzé lo sanno fare)



Esempi di *analogical reasoning* risolti dallo scimpanzé Sarah. In ognuno dei test Sarah deve scegliere fra le due figure presentate nella parte inferiore quella che meglio si associa all'oggetto singolo presentato nella parte superiore. La soluzione è presentata nella parte destra di ciascun test.

Il ragionamento inferenziale è indice di intelligenza? (Esperimento della banana e della mela in scatola)



Fase iniziale (sinistra) e finale (destra) dell'esperimento di David Premack nel quale si dimostra la capacità dello scimpanzé di effettuare inferenze (da Mackintosh '94)

La socialità è indice di intelligenza? (*social intelligence*)

Gli animali che vivono in società complesse sembrano essere più intelligenti (scimmie, insetti sociali etc.)

Se una forma di intelligenza è prevedere la relazione causa-effetto il fatto di vivere in una società consente di vedere gli effetti provocati da azioni di altri e, in qualche misura, passare ad altri individui esperienze acquisite magari casualmente.

La vita sociale sembra avere un effetto sinergico all'evoluzione dell'intelligenza (l'intelligenza evolve più rapidamente)

La capacità di imitare è intelligenza?

- L'imitazione ha un ovvio vantaggio nelle "società" soprattutto per quanto riguarda lo **sviluppo dell'intelligenza**
- Il ruolo del gioco nello sviluppo dell'intelligenza
- L'imitazione consente di "tramandare" ciò che si è imparato (esempio lavare il cibo o "pescare" termiti)
- Non basta guardare, si deve anche agire (regola di vita?)

Che ruolo ha la comunicazione?

- Ancora una volta la comunicazione è particolarmente importante per gli animali sociali (ad esempio: “danza” delle api, messaggi di allarme, messaggi chimici, messaggi complessi ecc.)
- I messaggi di allarme sono reazioni istintive oppure rispecchiano l'intenzione di comunicare?
- Alcuni esperimenti sembrano dimostrare l'impossibilità degli animali di “capire” se chi comunica ha effettivamente la conoscenza di ciò che comunica.
- Ad esempio: se qualcuno vede che nascondo un oggetto in una scatola (ma non vede in quale scatola la nascondo) è consapevole del fatto che io “so” mentre un'altra persona entrata nella stanza in un secondo tempo certamente “non sa”. Questa conoscenza può essere rilevante nel caso in cui una di queste due persone ci “comunichi” dov'è nascosto l'oggetto.
- La capacità di “mettersi nelle scarpe di un altro” è indice di intelligenza? I bambini sviluppano questa capacità solo a 4 anni.

Intelligenza potenziale e cinetica (rif. Gregory '94)

- **Intelligenza Potenziale**
 - Intelligenza della conoscenza acquisita (*Intelligence of stored knowledge*)
- **Intelligenza Cinetica**
 - Intelligenza di processo per la soluzione di problemi (*Intelligence of processing*)
- L'intelligenza potenziale è immagazzinata, oltre che nel "cervello", anche in libri e strumenti. Gli "strumenti" sono il risultato di processi incrementali di soluzione di problemi. Ad esempio un paio di forbici o la teoria della relatività di Einstein.
- L'**evoluzione** è vista come una forma di *Intelligenza cinetica* che si basa sulla selezione naturale. In questo senso una mano è uno *strumento intelligente* in quanto immagazzina soluzioni a problemi (e.g. come impugnare uno strumento).

La percezione è un processo intelligente?

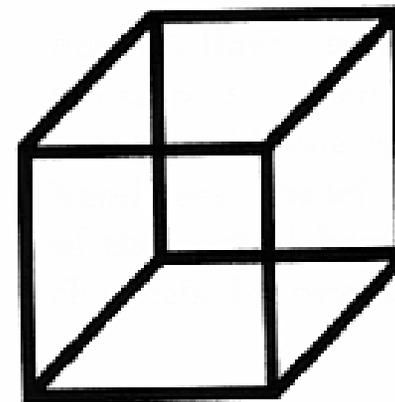
Se la percezione è un processo **passivo** di risposta a stimoli, l'intelligenza è immagazzinata nelle strutture del sistema ereditate e apprese (intelligenza potenziale).

Se invece la percezione è vista come un processo **attivo** (sebbene inconscio) di “*decision making*” allora dobbiamo pensare ANCHE ad una forma di *intelligenza cinetica*.

È sempre più evidente che **la percezione è un processo attivo**

Ad esempio esistono delle illusioni che non sono “stabili” e dimostrano che il processo di interpretazione non è statico.

Ad esempio il cubo di Necker



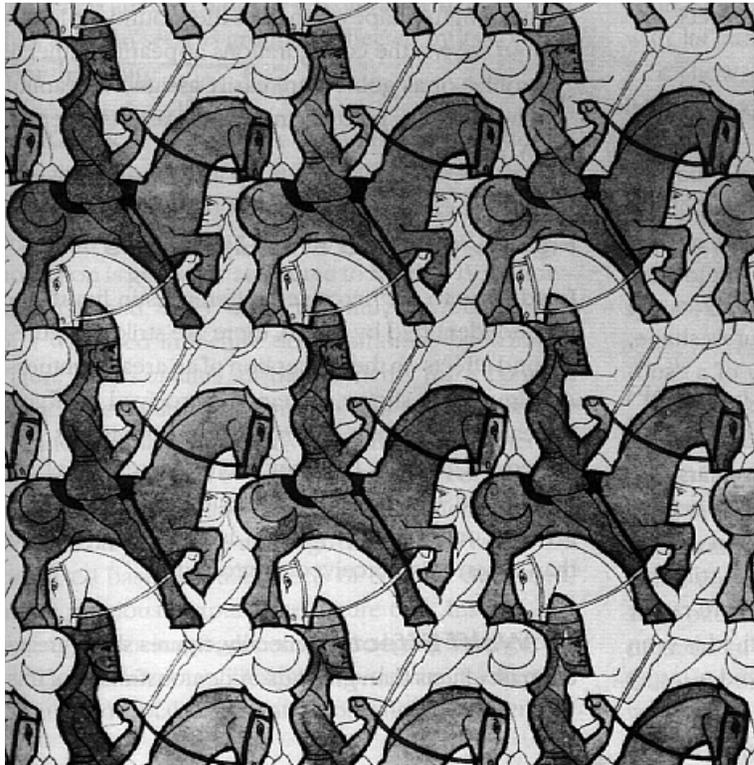
Illusioni Visive e Percezione



Figure Ambigue
(percezioni alternanti)



Figura-Sfondo (Reversible figure-ground)



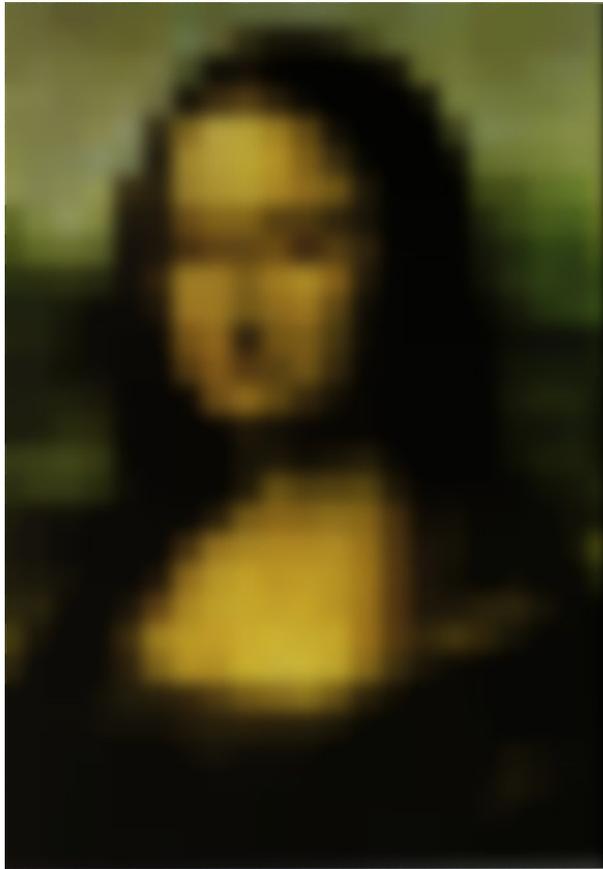
Perceptual Grouping



Transizione disordine-ordine

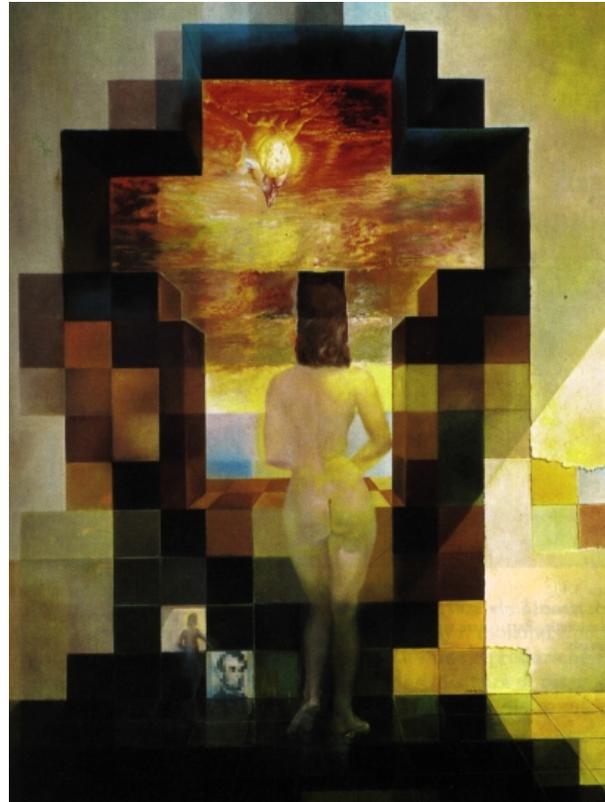
Dov'è il cane?





Gioconda

Lincoln?



Intelligenza e sviluppo

- Il comportamento nel neonato e' di tipo **riflesso** (ad esempio il riflesso di grasping, o il succhiare)
- Lo sviluppo inizia con un **repertorio limitato** di comportamenti "non intelligenti" di tipo ereditario.
- Secondo **Jean Piaget** i primi passi dello sviluppo dell'intelligenza si riscontrano nella capacita' di controllare azioni che mettono in relazione il corpo con l'ambiente.
- Nel caso specifico lo **sviluppo della coordinazione sensori-motoria** passa attraverso una sequenza di "stadi" (stages) di cui i riflessi innati rappresentano lo stato iniziale.
- L'ipotesi di base di Piaget e' che alla nascita i diversi sistemi sensoriali siano **separati** fra loro. Alla nascita una tazza che cade e si spezza produce un rumore ma il neonato non e' in grado di mettere in relazione cio' che vede (la tazza che si spezza) con cio' che sente (il rumore della tazza).

Rif. Butterworth '94

Le 6 fasi dello sviluppo sensori-motorio secondo Piaget (da 0 a 2 anni)

- I** **Reflexes**
Age: Birth - 6 weeks
e.g. sucking

- II** **Primary Circular Reactions**
Age: 6 weeks - 3 months
First acquired habits
e.g. thumb sucking

L'azione stessa è lo stimolo
per la sua ripetizione

- III** **Secondary Circular Reactions**
Age: 3-9 months
Goal-directed behavior.
e.g. visually guided reaching

Comincia a coordinare azioni
sulla base di cio'che vede
(quello che non si vede non
esiste)

- ...

**.....Lo sviluppo sensori-motorio
secondo Piaget (da 0 a 2 anni)**

- | | | |
|-----------|--|--|
| IV | Coordinated Secondary Circular Reactions
Age: 9-12 months
Differentiation of means and end in intentional acts (e.g. searching for hidden objects) | Uso intenzionale di ciò che si è imparato
Comincia a comparire la memoria |
| V | Tertiary Circular Reactions
Age: 12-18 months
Application of established means to new ends e.g. climbing on chair to reach objects hidden in cupboard | “problem solving”
sulla base di esperienze passate |
| VI | End of Infancy
Age: 18 months
Discovery of new means through experiments (e.g. use stick to get toys). Concepts of time, space, and causation | |

Due teorie dello sviluppo sensori-motorio

Piaget

Alla nascita i diversi sistemi sensoriali producono sensazioni separate e non correlate (unstructured).

Lo sviluppo è visto come un processo che mette in relazione le diverse esperienze sensoriali.

La percezione di "solidità" avviene solo quando visione e tatto producono una sensazione "strutturata"

Bower

Alla nascita i diversi sistemi sensoriali producono sensazioni indifferenziate.

Non c'è differenza fra il vedere e il toccare un oggetto.

Lo sviluppo è visto come un processo che consente di differenziare le sensazioni

La percezione di "solidità" c'è alla nascita ma non si sa quale aspetto della "solidità" sia visivo e quale sia tattile

In entrambi i casi l'azione è fondamentale per lo sviluppo

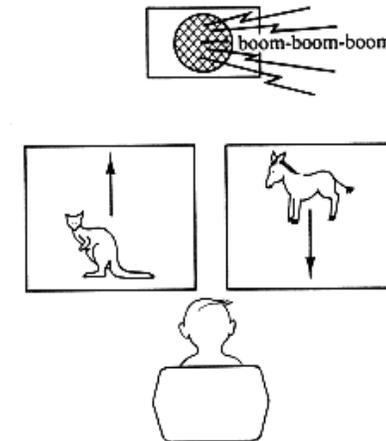
Percezione della sincronicit 

Gli esperimenti piu' recenti sembrano dimostrare che la percezione nel neonato e' piu' sviluppata di quanto ipotizzato da Piaget (non e' proprio "tabula rasa")

La capacita' di **associare diverse esperienze sensoriali** e' presente molto presto

La percezione della sincronicit  fra suoni e immagini sembra essere presente gi  alla nascita (gli occhi guardano nella direzione del suono).

Gi  ad un mese sembra esistere una relazione fra visione e tatto.



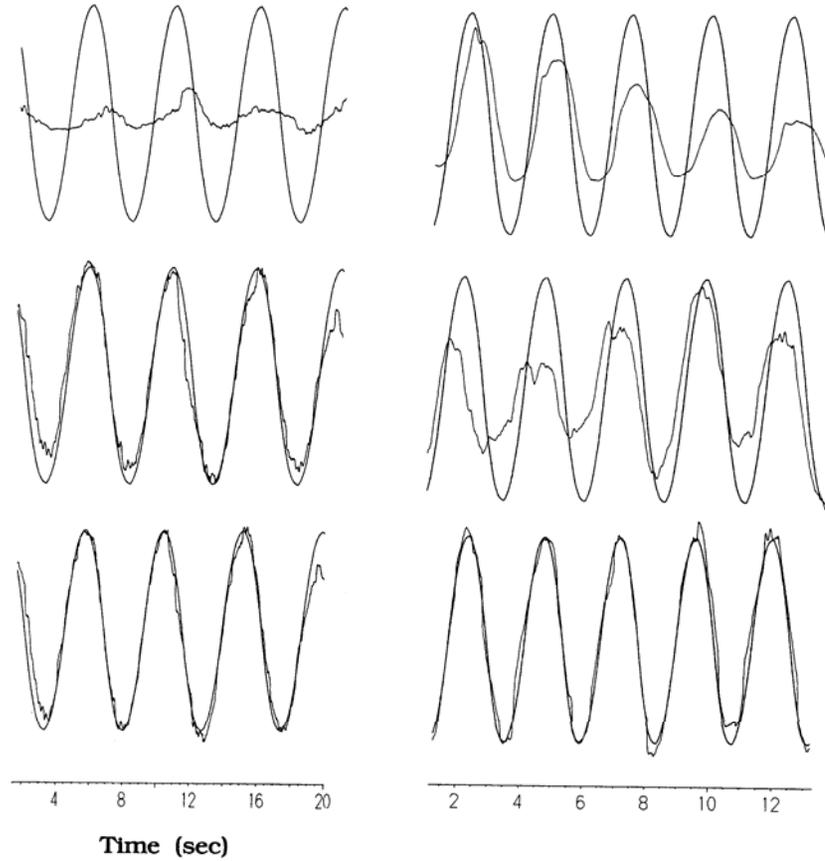
14.17 Early links between eye and ear
Four-month-olds are shown two films side by side, which show a toy kangaroo and a toy donkey bouncing up and down once every 2 seconds, but not in synchrony with each other. A loudspeaker broadcasts a gong booming once every 2 seconds, in synchrony with either the kangaroo or the donkey. The infant looks at the animal that bounces in time with the gong. (After Spelke, 1981)

Behavioral Experiments



MAG; 3mo. 8d.

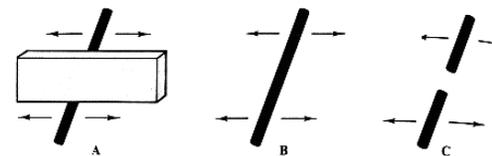
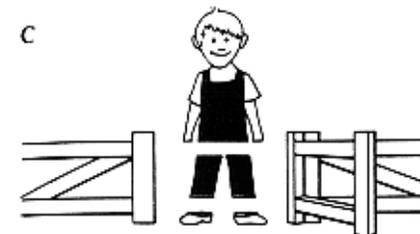
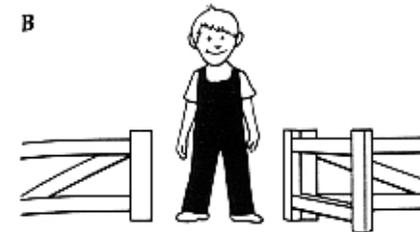
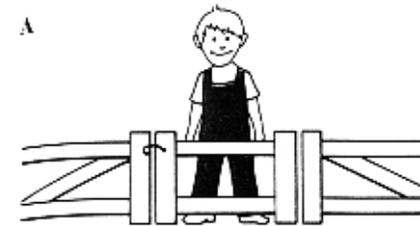
SOG; 5mo. 5d.



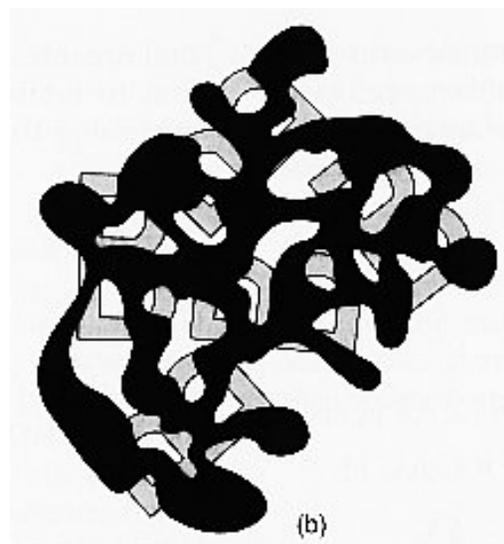
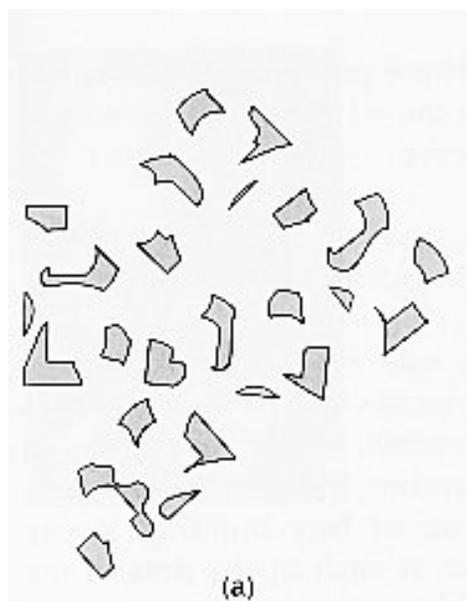
C. Von Hofsten, K. Rosander (1997): Development of Smooth pursuit Tracking in Young Infants. *Vision Research* Vol 37, No. 13, pp. 1799-1810

La percezione degli oggetti

- **Object Permanence:** secondo la teoria di Piaget il neonato non ha cognizione del fatto che gli oggetti esistono come entità a se stanti (indipendentemente dal fatto che siano visti o toccati).
- Alcuni studi hanno analizzato la **percezione delle occlusioni** (un oggetto occluso da un altro e' visto come "intero") è dimostrato che già a 4 mesi oggetti "spezzati" da occlusioni sono percepiti come "interi".

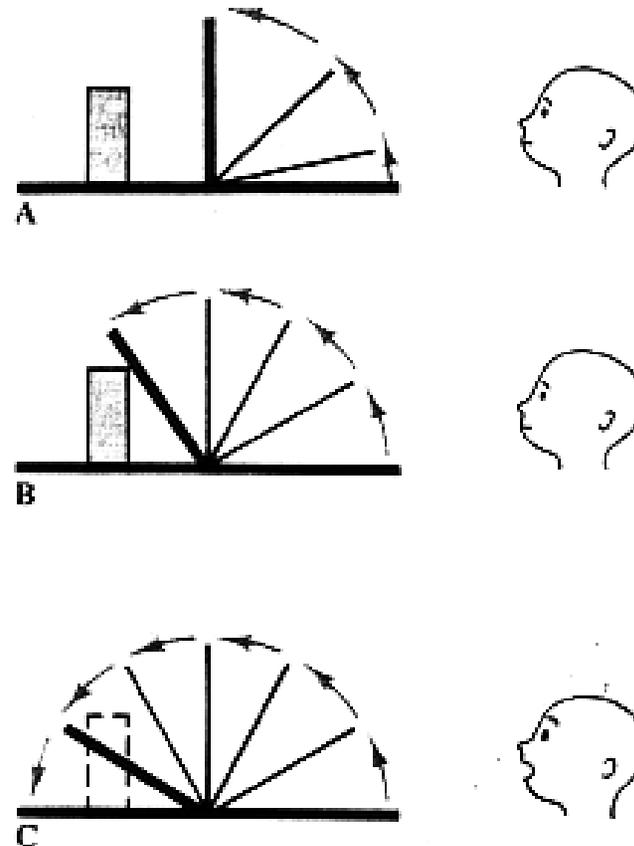


occlusion visive



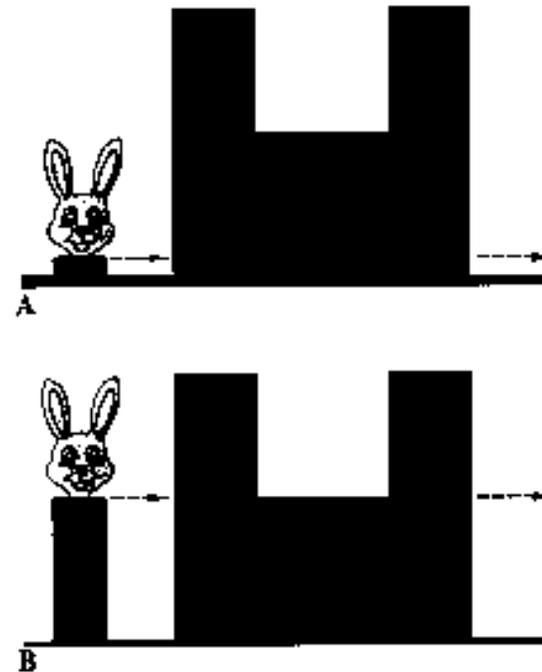
Spazio Fisico

A 4 mesi e mezzo il bimbo sembra essere a conoscenza del fatto che due oggetti non possono occupare lo stesso spazio fisico



Ragionamento Geometrico

Sempre a 4 mesi e mezzo
sembra esistere qualche
capacità di ragionamento
geometrico



Questi esperimenti non dimostrano in maniera conclusiva che i concetti analizzati sono presenti alla nascita ma l'ipotesi è plausibile

Effetto *A-not-B*

Un bimbo di nove mesi è seduto di fronte ad un tavolino. Dall'altra parte del tavolino è seduta la mamma. Il tavolino è coperto da una tovaglia.

Un gioco viene nascosto sotto la tovaglia a destra del bimbo (posto **A**)



Il bimbo toglie la coperta e prende il gioco

La procedura viene **ripetuta più volte** nascondendo il gioco sempre nello stesso posto **A**



Il bimbo ripete l'azione: toglie la coperta dal posto **A** e prende il gioco

La mamma, sotto lo sguardo attento del bimbo, nasconde l'oggetto sotto la tovaglia alla sinistra del bimbo (posto **B**)



Il bimbo ripete la stessa azione di prima e toglie la coperta dal posto **A**

Come si spiega l'effetto A-not-B?

Secondo Piaget questo esperimento dimostra che il bimbo non ha ancora capito che l'oggetto esiste come entità indipendente.

Il "concetto di oggetto" comprende **l'azione** necessaria a raggiungerlo. Come se l'azione del raggiungere il posto A facesse parte integrante dell'oggetto.

La consapevolezza che gli oggetti esistono come entità indipendenti anche se non sono percepiti direttamente è il risultato dello sviluppo sensori-motorio.

Secondo teorie più recenti il "concetto di oggetto" esiste molto prima di nove mesi ma il bimbo è incapace di effettuare **strategie di ricerca** dell'oggetto (searching)

L'effetto A-not-B è una conseguenza dell'incapacità di inibire la **risposta motoria dominante** in quel momento.

In alcuni casi il bimbo guarda **B** ma muove il braccio verso **A** (incapacità di "dire" al braccio quello che ho imparato con gli occhi).

La capacità di inibire azioni motorie dominanti dipende dalla maturazione di certe aree cerebrali

Dopo la fase sensori-motoria

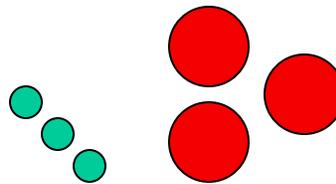
- Alla fine del periodo sensori-motorio il bambino ha acquisito la capacità di utilizzare rappresentazioni di oggetti ed eventi derivati da esperienze passate. (Ad esempio ritorna a cercare un gioco che è rotolato sotto un mobile). Hanno sviluppato la "rappresentazione interna" della strategia di ricerca di un oggetto.
- Un altro esempio è la capacità di imitare comportamenti visti nel passato (non di ripetere azioni ma, ad esempio, di "giocare a fare il soldato").

Dai 2 ai 7 anni (durante il **periodo pre-operazionale**) il bambino impara a mettere in relazione in modo coerente queste rappresentazioni (o idee).

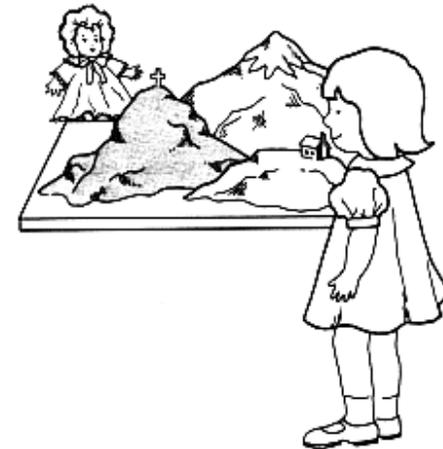
Secondo Piaget la capacità di mettere in relazione queste rappresentazioni richiede lo sviluppo di quelle che chiama **operations** (vale a dire la capacità di manipolare questi simboli utilizzando un insieme di **regole**).

Esempi di Regole che mancano prima dei 7 anni

- Conservazione della quantità (bicchieri di aranciata)
- Conservazione della massa (oggetti di plastilina)
- Conservazione dei numeri



- Egocentrismo



14.16 The three-mountain test of egocentrism The child is asked to indicate what the doll sees. The results suggest that the child thinks the doll sees the scene just as she does, including the little house which is of course obstructed from the doll's vantage point. (After Piaget and Inhelder, 1967)

Sembra non essere possibile ***mettere in relazione qualità o fattori diversi*** (quale l'altezza del liquido nel bicchiere e la forma del bicchiere)

Intelligenza Artificiale

(alcuni aspetti)

Anche la definizione di *Intelligenza Artificiale* come quella di *Intelligenza Naturale* è controversa.

Alcune domande “tipiche”:

- 1) *What machines can and cannot do?*
- 2) *Can a machine be conscious?*
- 3) *What makes man different from animals (and machines)*

Quattro teorie

1) *dog-consciousness*

L'intelligenza è associata all'autocoscienza, una macchina non lo sarà mai mentre un cane può essere cosciente (rif. John Searle)

2) *language-organ*

L'intelligenza è associata al linguaggio (l'uomo ha un "*organo del linguaggio*") (rif. Noam Chomsky)

3) *additive intelligence*

E' possibile costruire macchine intelligenti analizzando i "comportamenti intelligenti" le regole che li governano e implementando queste regole (rif. Shank and Birnbaum). Intelligence is modifiable and can be "enhanced".

4) *sviluppo*

Studio del sistema come "entità unica" e non come integrazione di sottosistemi

Qualche Critica

La critica maggiore alle teorie di Searle e Chomsky è nell'osservazione che entrambi attribuiscono all'intelligenza delle caratteristiche "innate" e, di conseguenza, non offrono spazio per lo studio e lo sviluppo dell'intelligenza artificiale.

In entrambi i casi esiste qualche cosa che è "impossibile apprendere" (l'autocoscienza e i meccanismi del linguaggio) per cui il fatto di acquisire esperienza e/o "regole" non consente di aumentare l'intelligenza.

Secondo alcuni (molti?) non è possibile studiare il linguaggio senza considerare aspetti quali la memoria, la capacità inferenziale, il ragionamento, l'esperienza in senso lato (l'intelligenza come un insieme di capacità).

Functional perspective of AI

Importanza della finalità (o funzione) di una certa capacità mentale (***purpose***)

Ad esempio si può realizzare un *comportamento intelligente* senza necessariamente costruire un *processo intelligente*.

Un comportamento è intelligente quando “sembra” intelligente?....qualche esempio....

Punti chiave del dibattito

(rif. D. Kirsh 1991)

- 1) *Predominanza della conoscenza e del ragionamento (**cognition**)*
- 2) **Disembodiment** (percezione e controllo motorio sono “superflui”)
- 3) *Cognition is “**language-like**”*
- 4) **Learning** can be added later (Cognition can be studied in isolation)
- 5) *Uniform Architecture* (Cognition requires a single architecture)

Disembodied vs. Embodied AI

(rif. Rodney Brooks)

Secondo Brooks l'approccio tradizionale dell'IA (GOFAI) si è basato su tre ipotesi errate:

L'uscita dei processi percettivi è un insieme di **simboli** separati dagli altri processi cognitivi (ad esempio il controllo motorio)

I processi percettivi (ad esempio la visione) possono essere studiati da soli e producono **rappresentazioni** sulle quali è possibile ragionare seguendo gli schemi del linguaggio

Le attività intelligenti sono **pianificate** ragionando sui possibili effetti ottenibili con alternative diverse

L'errore di base, secondo Brooks, è quello di ipotizzare che il *mondo reale* sia sufficientemente semplice e scomponibile da poter essere *rappresentato in tempo reale* in tutti i possibili aspetti rilevanti per il comportamento.

Anche se fosse possibile pensare ad una tale rappresentazione sarebbe comunque impossibile pensare ad un sistema in grado di *aggiornare in tempo reale* questa rappresentazione.

La capacità di costruire ed aggiornare questa rappresentazione non produrrebbe vantaggi significativi in quanto le cose rilevanti per una particolare situazione sono limitate

Il “successo” di una azione in un mondo complesso come quello reale si ottiene **selezionando le informazioni rilevanti alla particolare azione** (*action-relevant changes*)

“The world is its own best representation”

La “rappresentazione” di un oggetto dipende dal suo “uso” (e.g. evitarlo oppure afferrarlo - *time-to-impact* oppure *size*)

Anche se il mondo esterno non varia, la percezione del mondo dipende dal compito eseguito in quel momento.

Non esiste un'unica rappresentazione del mondo esterno

La *percezione* non può essere staccata dall'**azione**

Poiché l'azione dipende dalla struttura fisica della *macchina* che la esegue, non è possibile studiare l'intelligenza a prescindere dal corpo (e.g. la forma della mano, la presenza di sensori tattili etc.)

In alternativa il pericolo è quello di affrontare falsi problemi o proporre false soluzioni.

Rif. Brooks:

Achieving AI through Building Robots (1986)

Intelligence without representation (1991)

Building brains for bodies (1993)