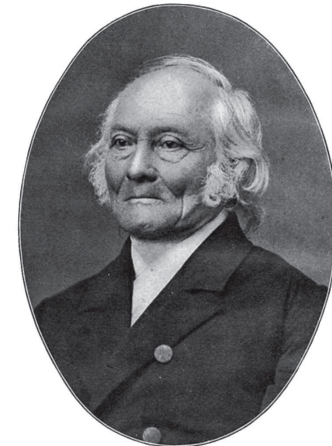
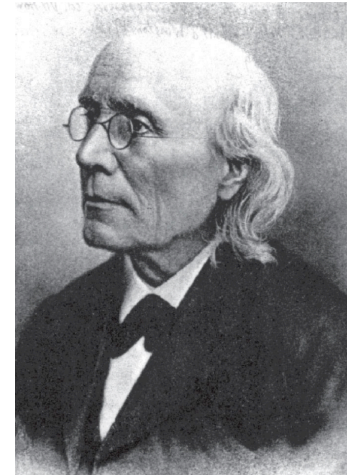


# Breve cenno della psicofisica

- Il termine psicofisica, coniato dal fisico e filosofo tedesco Gustav Theodor Fechner (1801-1887)
  - studio di metodi quantitativi per valutare le relazioni fra le variabili fisiche (gli stimoli) e le corrispondenti variabili psicologiche.
- Il punto di partenza del lavoro di Fechner furono una serie di osservazioni dovute al fisiologo suo compatriota Ernst Weber (1795-1878)



# Legge di Weber

- Weber si accorse che la sensibilità, intesa come capacità di rilevare la differenza fra due stimoli, non è costante ma è invece inversamente proporzionale all'intensità fisica dello stimolo di riferimento.

$$\Delta I / I = k$$

- dove  $\Delta I$  è la soglia differenziale,  $I$  è l'intensità dello stimolo di riferimento, e  $k$  è la costante di Weber
- Questa relazione è uno dei principi fondamentali della percezione

# Legge di Weber

- La costante di Weber è una costante caratteristica di un canale sensoriale, misurato in determinate condizioni.
  - variabile a seconda di cosa si misura!

**TABLE 1.1** ■ Weber Fractions for a Number of Different Sensory Dimensions

Electric shock	0.01
Lifted weight	0.02
Sound intensity	0.04
Light intensity	0.08
Taste (salty)	0.08

Source: Teghtsoonian (1971).

# Legge di Weber

- Introduce il concetto della soglia differenziale
  - JND , Just Noticeable Difference
- l'incremento minimo che rende percepibile la differenza fra i due stimoli

# Legge di Weber

- La capacità discriminativa (misurata dalla soglia differenziale) che tende a diventare sempre peggiore al crescere dell'intensità dello stimolo è una proprietà generale dei sistemi sensoriali.
- La legge di Weber riflette quindi un aspetto adattivo della percezione
  - il sistema biologico è dotato della possibilità di modificare la sensibilità in funzione dell'ordine di grandezza dello stimolo

# Legge di Fechner

- Possibilità di misurare oggettivamente le variabili mentali, attraverso l'uso del lavoro di Weber.
- Propose che la relazioni fra la percezione e le corrispondenti variabili fisiche potessero essere rappresentate da funzioni in cui una dimensione ha l'unità di misura fisica appropriata e l'altra viene invece misurata in unità derivate a partire dalle soglie differenziali.

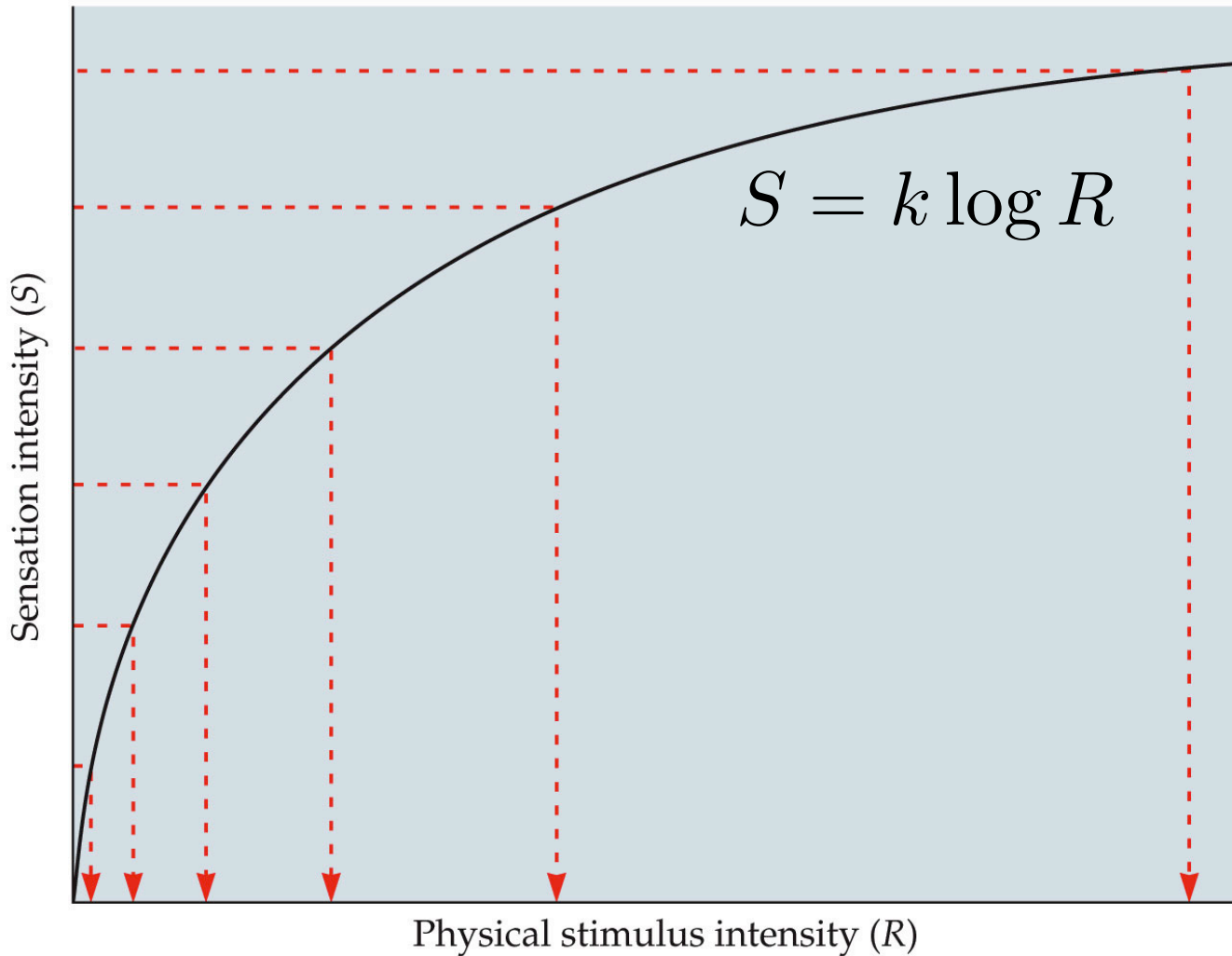
# Legge di Fechner

- l'intensità percepita ( $S$ ) è proporzionale al logaritmo dell'intensità fisica ( $R$ )

$$S = K * \log(R)$$

- La relazione tra Percezione e Stimolo non è lineare
- $K$  è una costante, non è quella di Weber
- A valori fisici più bassi la curva cresce rapidamente, per valori fisici più alti si ha una attenuazione

# Legge di Weber-Fechner





# Legge di Weber-Fechner

Esempi di utilizzo:

- in ambito clinico, per la valutazione della funzionalità uditiva
- in contesti ingegneristici per tarare la regolazione del “volume” negli apparati per la riproduzione delle musica.

# Misura della Soglia

- L'idea è riuscire a quantificare il minimo valore dell'intensità dello stimolo che è possibile percepire.
- I metodi sviluppati da Fechner utilizzati per la misura della soglia:
  - Metodo dell'aggiustamento
  - Metodo dei limiti
  - Metodo degli stimoli costanti

# Metodo degli Aggiustamenti

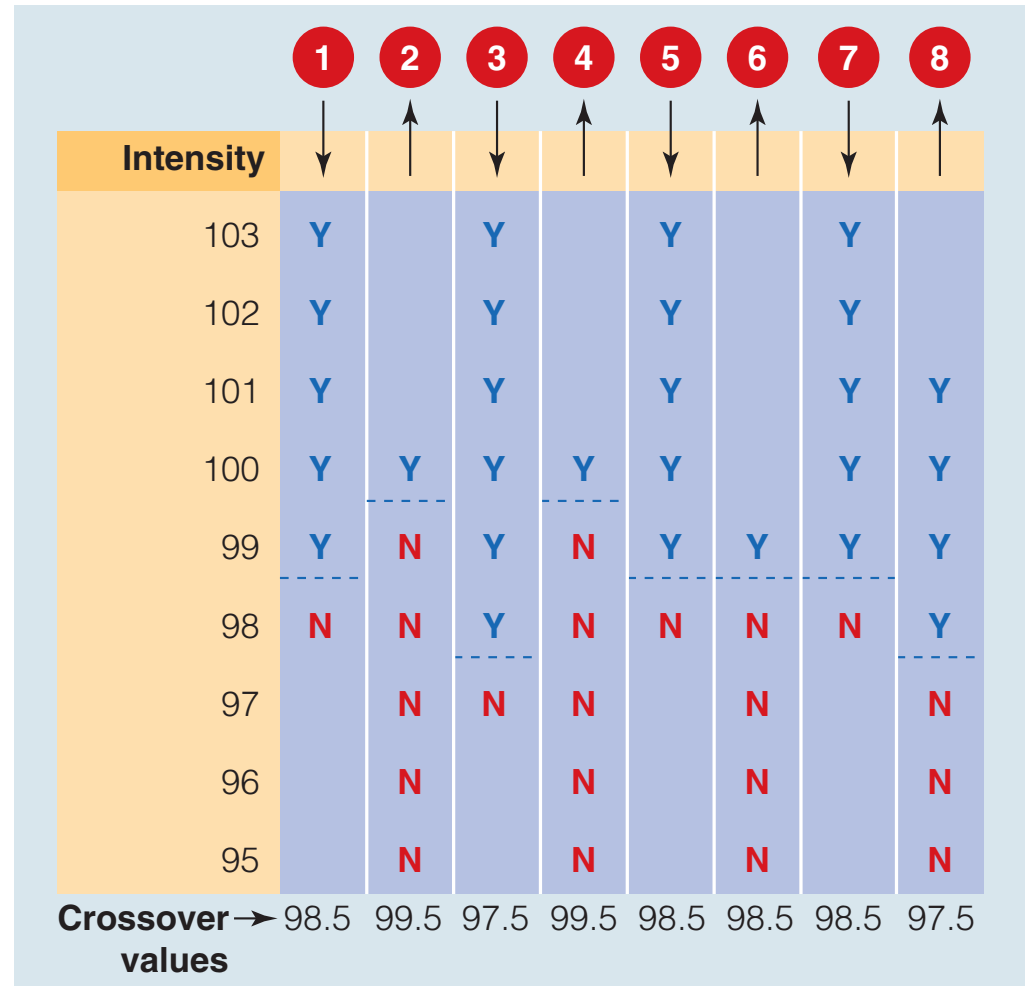
- Il partecipante ha l'opportunità di modificare direttamente l'intensità dello stimolo lungo la dimensione di interesse.
- L'intensità viene posta all'inizio di ogni prova a un valore molto alto (prove discendenti) o a un valore molto basso (prove ascendenti)
  - il numero di prove ascendenti e discendenti deve essere uguale
- Il partecipante modifica l'intensità fino a quando è appena percepibile.
  - La prova viene ripetuta numerose volte.
- La soglia assoluta è la media aritmetica delle intensità scelte.

# Metodo dei Limiti

- Vengono creati stimoli a diversi livelli discreti di intensità. Questi vengono presentati in sequenza in serie discendenti o ascendenti, il partecipante comunica quando riconosce lo stimolo
- La soglia viene stimata calcolando la media aritmetica dei valori in cui il partecipante cambia la sua risposta di percezione

# Metodo dei Limiti

- Esempio di determinazione della soglia di «percezione»
- Soglia Ricavata = Media singole Soglie= 98.5



# Il metodo dei Limiti

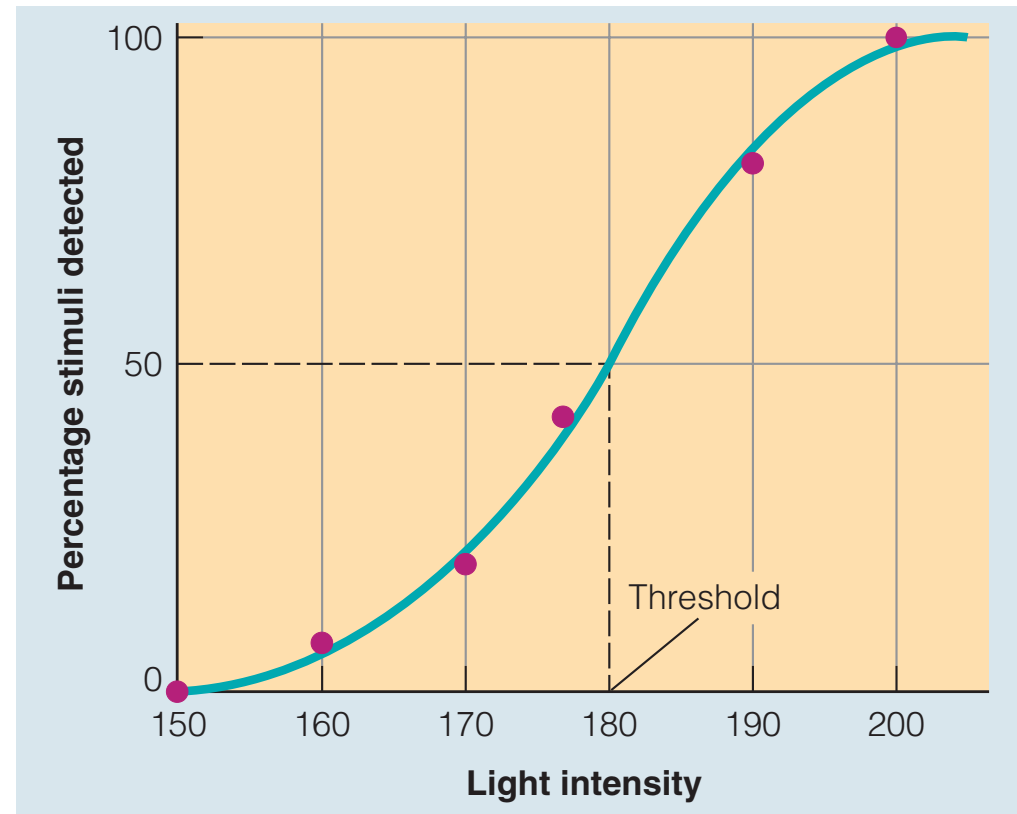
- Il metodo dei limiti è basato su una procedura di somministrazione molto semplice da gestire, e i risultati possono essere rapidamente interpretati quasi senza fare calcoli.
- rappresenta una alternativa utile quando è necessario avere una rapida idea della zona in cui si trova la soglia
- Si presta meno bene ad una stima precisa
  - punti di inversione sono spesso alterati
  - errori da aspettativa

# Metodo degli Stimoli Costanti

- Un certo numero di stimoli di differente intensità è presentato ai soggetti più volte, in ordine casuale.
- In ogni prova è presentato uno stimolo di una certa intensità e il soggetto deve riferire se ha avvertito o no la sensazione.
- Si considera come soglia assoluta il valore dello stimolo che nel 50% dei casi ha la probabilità di suscitare la sensazione corrispondente

# Metodo degli Stimoli Costanti

- Facile da usare
- Permette di avere misure più accurate
  - Stimoli in ordine casuale
  - Molte prove





# Le relazioni psicofisiche

- Le funzioni psicofisiche hanno molte applicazioni pratiche perché descrivono, con un'ottima approssimazione, come le percezioni di un osservatore tipico cambieranno al variare di uno stimolo fisico
- La generalizzazione empirica proposta da Weber è approssimativamente corretta per una gamma ampia di forme di energia stimolante, ma lo è tipicamente solo quando l'intensità dello stimolo non è troppo bassa o troppo alta
- Di conseguenza, anche la legge di Weber-Fechner descrive meno bene la forma della funzione psicofisica

# Lo sviluppo della psicofisica

- La psicofisica, a partire da Fechner, ha visto l'introduzione di nuove idee e metodologie, tali da renderla una disciplina a tutt'oggi ancora molto utile.
- Stevens, psicologo americano che a partire dagli anni '30 permise un importante sviluppo della psicofisica, introducendo una serie di critiche alla psicofisica di Fechner
- La teoria di Fechner contemplava principalmente un metodo di quantificazione delle sensazioni di tipo indiretto, votato alla scoperta delle soglie di sensazione sulla base di giudizi di tipo "assente/presente" oppure "sì/no"

# Psicofisica diretta

- Stevens sviluppò una serie di metodi di misurazione in cui i soggetti dovevano assegnare direttamente dei valori numerici agli stimoli che venivano presentati. Questo approccio prende il nome di **psicofisica diretta**.
- Questi metodi fanno leva sul fatto che la quantificazione delle sensazioni è un processo che ciascun soggetto può svolgere autonomamente, perché le grandezze fisiche corrispondono normalmente a dei valori psicologici e questi possono venir comunicati direttamente
- Diversamente da quanto teorizzato da Fechner, che richiedeva di identificare la presenza o assenza di stimolazione oppure di rilevare la presenza o assenza di un aumento della stimolazione (rispettivamente soglia assoluta e soglia differenziale).

# I Metodi di Stevens

- I principali metodi sviluppati da Stevens furono tre:
  - Stima della grandezza (magnitude estimation)
  - Produzione di grandezza (Magnitude production)
  - Matching intermodale (crossmodal matching)

# Stima della grandezza

- La Magnitude Estimation è un metodo in cui il soggetto deve attribuire dei valori numerici agli stimoli, noti che siano i valori estremi dell'insieme
- Esempio: al soggetto vengono mostrati lo stimolo più piccolo e quello più grande e gli viene detto che essi hanno valore di 1 e di 100, rispettivamente
- In questo metodo psicofisico il soggetto deve quindi assegnare dei numeri agli stimoli che gli vengono presentati.

# Produzione di grandezza

- La Magnitude production è un metodo nel quale al soggetto viene offerto un valore numerico e deve scegliere lo stimolo fisico corrispondente a quel valore.
- Per esempio regolandone l'intensità come nel metodo dell'aggiustamento, o scegliendolo tra un certo numero di alternative
- In questo metodo, al contrario della magnitude estimation, il soggetto deve accoppiare degli stimoli fisici ai numeri che gli vengono presentati

# Matching intermodale

- Il Crossmodal matching è un metodo che prevede che al soggetto vengano presentati gli stimoli in una certa modalità e deve esprimere il proprio giudizio sull'intensità di questi non tanto assegnando dei numeri (come nella magnitude estimation) ma scegliendo uno stimolo fisico di intensità soggettivamente corrispondente in un'altra modalità sensoriale.
- Esempio: si immagina di dover valutare l'intensità soggettiva della temperatura ambientale, regolando l'intensità luminosa di una lampadina
  - tanto più caldo si percepisce, quanto più si aumenterà la luminosità della lampadina

# La legge psicofisica di Stevens

- Stevens propose che la forma generale delle funzioni psicofisiche non è la curva logaritmica di Fechner ma una famiglia di curve in cui l'intensità della sensazione è proporzionale all'intensità fisica elevata a esponenti caratteristici del canale sensoriale indagato (funzioni potenza)



# La legge psicofisica di Stevens

- Stevens: importante idea fu quella di rielaborare la legge di Weber-Fechner sulla base dei risultati ottenuti con i metodi diretti da lui escogitati. Stevens giunse ad una legge della sensazione che matematicamente “incorporava” quella di Weber-Fechner

$$S = c * I^a$$

- Dove  $S$  è l'intensità della sensazione ed  $I$  l'intensità dello stimolo fisico
- $c$  ed  $a$  sono invece delle costanti che dipendono dal canale sensoriale studiato

# La legge psicofisica di Stevens

- Valori dell'esponente « $a$ » inferiori a 1:
  - la legge di Stevens incorpora quella di Weber-Fechner caso in cui l'equazione è espressa in termini logaritmici.
  - Questo caso è quello di tutte le modalità sensoriali in cui la variazione dell'estensione possibile è talmente grande da dover venir “compressa” attraverso la funzione logaritmo, come la luminosità ambientale nella modalità visiva o l'intensità sonora

# La legge psicofisica di Stevens

- Valore dell'esponente « $a$ » pari a 1:
  - l'equazione assume una corrispondenza di tipo lineare tra sensazione ed intensità fisica, cioè aumenti costanti della grandezza fisica percepita si accompagnano ad aumenti costanti della sensazione.
  - Questo caso è, banalmente, quello delle lunghezze visive: il nostro sistema percettivo permette una valutazione con una precisione paragonabile nella stima di lunghezze sia molto piccole (nell'ordine dei millimetri) che molto grandi (nell'ordine dei chilometri)

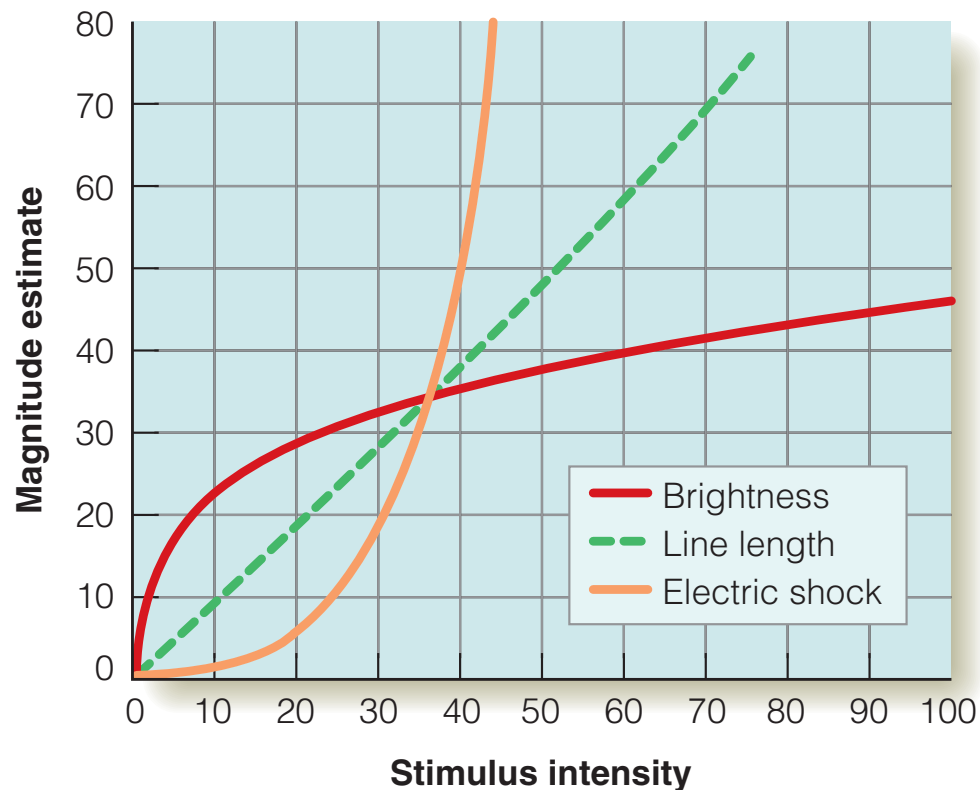
# La legge psicofisica di Stevens

- Valore dell'esponente « $a$ » superiore a 1:
  - è quello esattamente previsto da una funzione di tipo esponenziale, in cui cioè aumenti costanti della stimolazione fisica determinano aumenti di tipo sempre maggiore della sensazione corrispondente
  - Questo tipo di relazione è stato individuato nello studio delle sensazioni di tipo doloroso
    - Esempio: la sensazione di dolore che si accompagna alla somministrazione di scosse elettriche sulla cute.
    - Aumentando di una quantità costante la corrente elettrica erogata si ottiene un aumento esponenziale della sensazione dolorosa
  - Anche questo tipo di relazione, come nel caso della compressione del dominio sensoriale operata dalla funzione logaritmo, ha un valore biologico molto importante: segnali di tipo doloroso è meglio che vengano “amplificati” rapidamente, mettendo il soggetto nella condizione di allontanarsene altrettanto rapidamente

# La legge psicofisica di Stevens

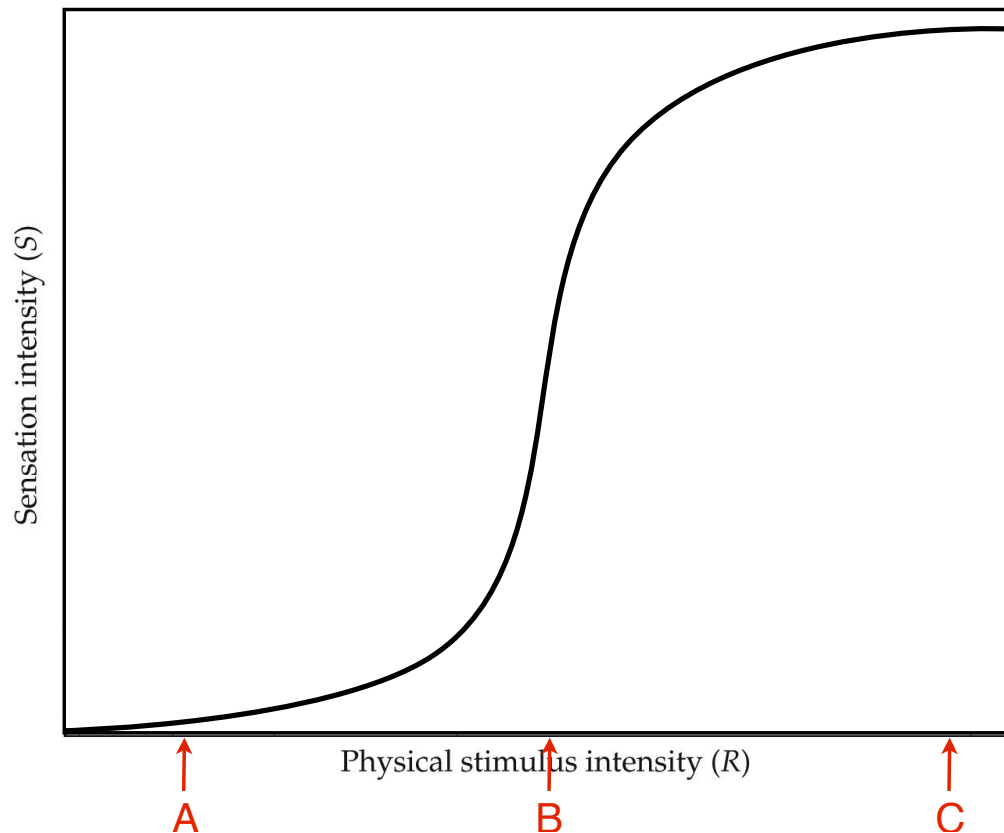
$$S = c * I^a$$

- $S$  è l'intensità della sensazione
- $I$  l'intensità fisica dello stimolo
- $c$  è una costante di proporzionalità che dipende dall'unità di misura dello stimolo
- $a$  è un esponente che dipende dal tipo di stimolo che viene misurato



# Le misure psicofisiche

- Quale intensità provoca cambiamenti rilevanti?



# Le misure psicofisiche

- Si basano su:
  - Rilevazione stimolo (si/no)
  - Discriminazione per paragone (maggiore/minore di un riferimento)
  - Stima
- Tutte quante sono misure indirette dello stato mentale dell'utente

# Le misure psicofisiche

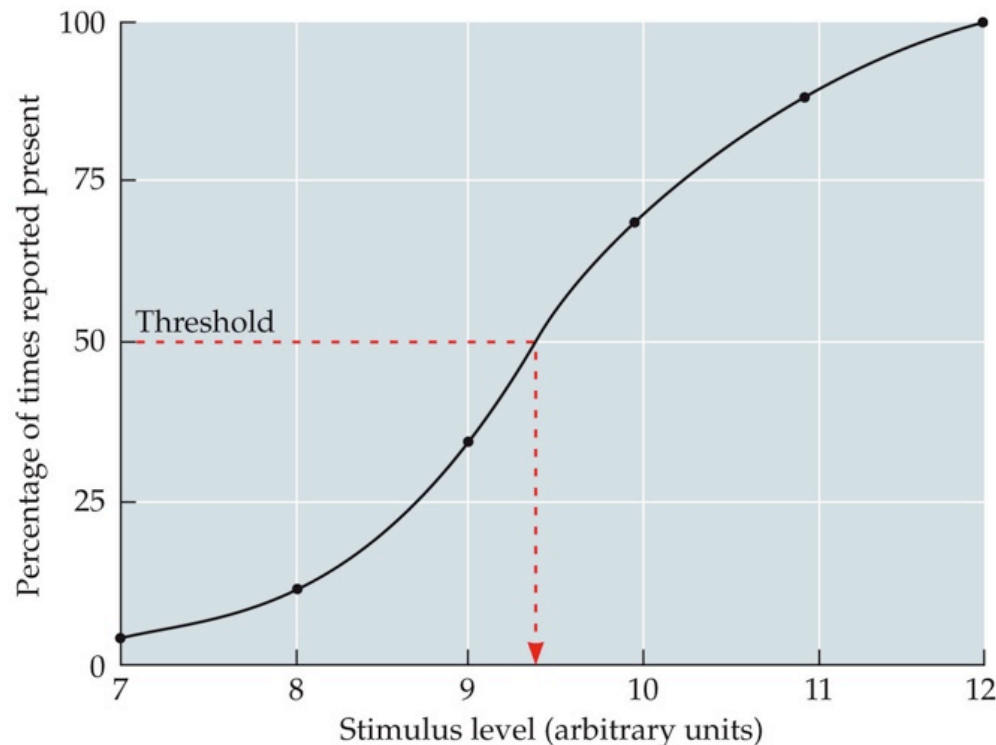
- Situazione ideale





# Le misure psicofisiche

- Situazione reale: soglia determinata attraverso la probabilità di percepire l'evento



# Signal Detection Theory

- La Teoria Rilevamento del Segnale (SDT, Swets, 1964), usa un modello più realistico dei compiti psicofisici.
  - la capacità di rilevazione o discriminazione dipende anche dal criterio di risposta adottato dal partecipante
  - Non più dalla sola sensibilità sensoriale

# Signal Detection Theory

- La SDT propone che le risposte siano il risultato di due processi psicologici:
  - un primo processo di elaborazione sensoriale
  - un processo post-percettivo
- La SDT misura entrambi attraverso prove in cui l'esperimento prevede: segnale + rumore oppure solo rumore
  - Segnale = Stimolo
  - Rumore = ambiente + sistema nervoso
  - Il rumore è sempre presente, mentre il segnale può non esserlo

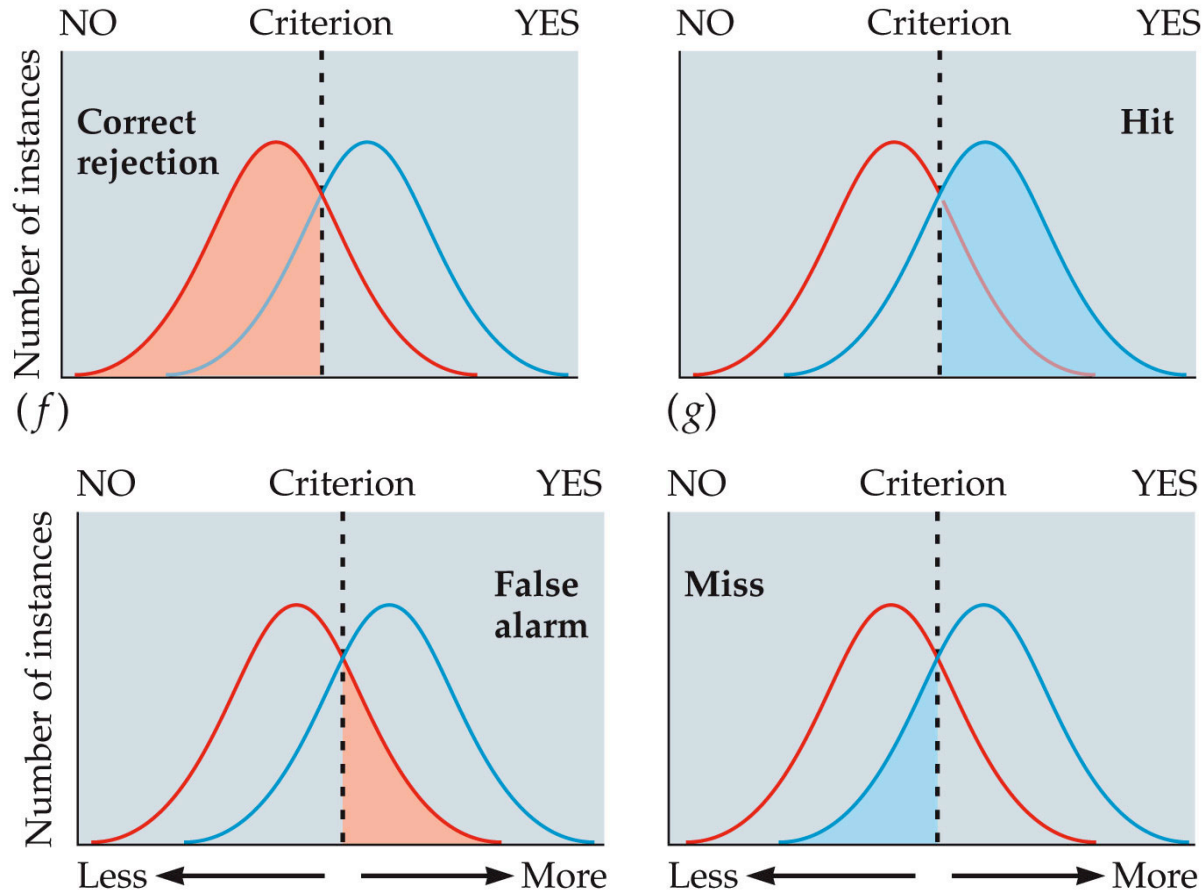
# Signal Detection Theory

- Questo metodo prevede quattro possibili esiti:

	S+N	N
Si	Hit	FA
No	M	CR

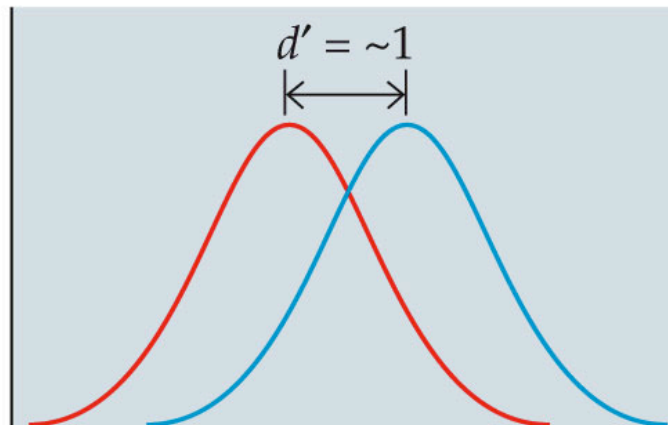
- **Hit**: risposta corretta, viene rilevata la presenza dello stimolo
- **M=Miss**: non rileva la presenza del segnale (miss=mancato)
- **CR= Correct Rejection**: risposta corretta, rileva che c'è solo rumore
- **FA= False Alarm**: dichiara la presenza dello stimolo, quando questo non c'è

# Signal Detection Theory



# Signal Detection Theory

- Durante il Rumore:
  - una certa quota di risposte sensoriali con distribuzione di errore casuale centrata sullo zero e con una certa dispersione.
- Durante le prove S+N
  - L'aggiunta del segnale ha l'effetto di spostare la media della distribuzione delle risposte sensoriali verso l'alto, di una quantità pari a  $d'$
  - $d'$  = sensibilità sensoriale dell'utente



# Signal Detection Theory

- Calcolando le probabilità empiriche di FA e H è possibile ricavare la sensibilità  $d'$
- Per la misura del criterio si può invece notare che la scelta del criterio di risposta equivale a decidere sopra quale livello del rapporto segnale/rumore va emessa la risposta