

# **Analisi di una sperimentazione didattica**

*La ricostruzione formativa del concetto di onda*

**Giovanni Tarantino**

## *Tema*

I fenomeni di propagazione di perturbazioni attraverso i mezzi elastici

## *Il problema*

La non corretta rappresentazione dei fenomeni ondulatori

La scarsa efficacia dell'approccio tradizionale

**La ricerca**

## *Obiettivo*

Analisi dei cambiamenti prodotti dall'ambiente di apprendimento proposto

# Problematiche aperte

- **Velocità di propagazione come proprietà del mezzo**
- **La velocità di propagazione è una funzione decrescente della densità del mezzo**
- **Dipendenza dalla radice quadrata del rapporto elasticità/inerzia**
- **Gli effetti dispersivi**

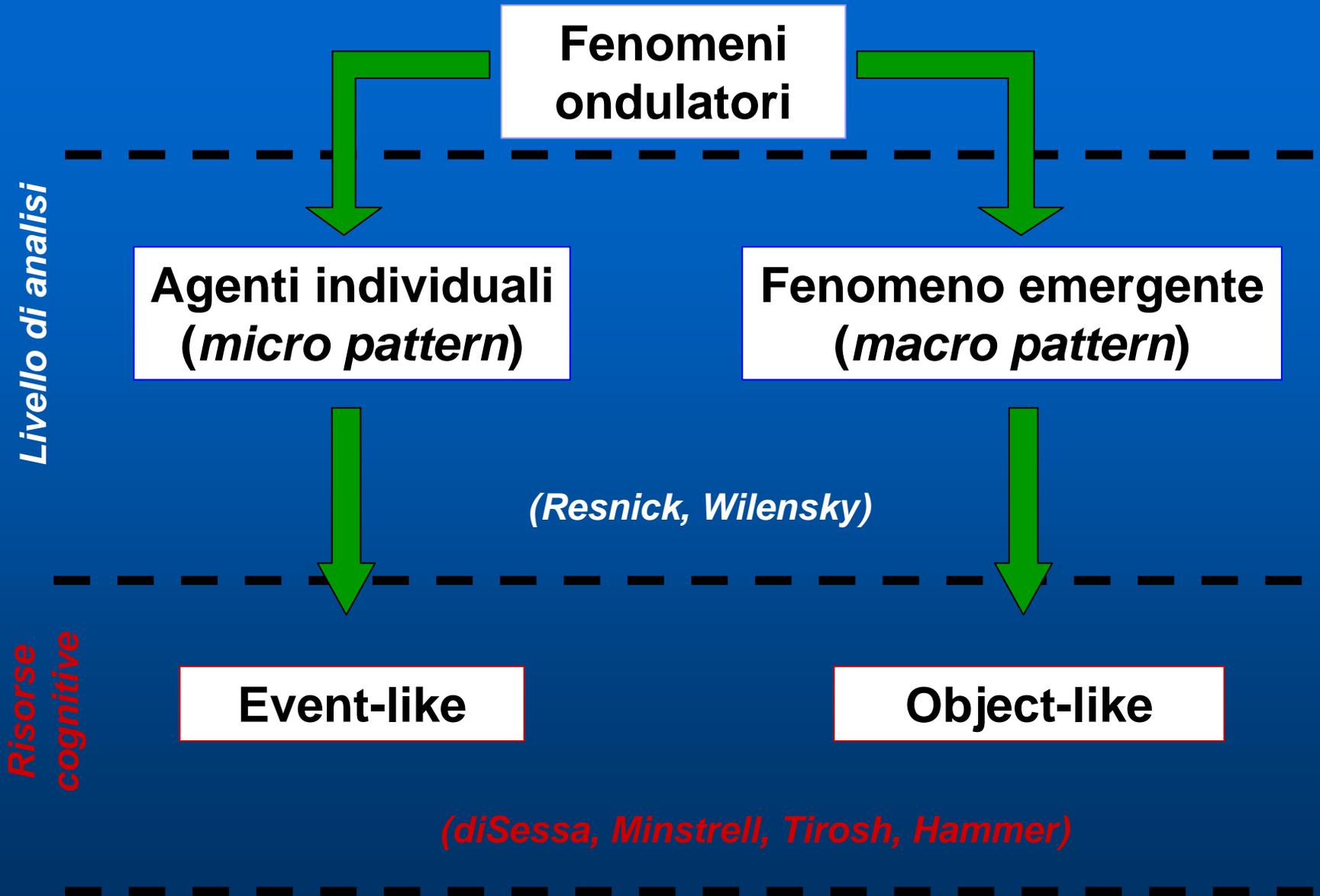
# Definizione del quadro teorico

*La “ricostruzione formativa” del concetto di onda*

*Approccio cognitivo*

*Conoscenze degli studenti*

*Contenuti disciplinari*



# Il quadro teorico (*diSessa & Sherin, 1998*)



## Readout Strategies

Oggetto come  
punto

Onda come  
solido

*Risorse  
cognitive  
relative al moto*

*Risorse  
cognitive  
relative  
all'interazione*

Actuating Agency

Working Harder

Smaller is Faster

Onda come  
oggetto

Somma

Rimbalzo

Eliminazione

(Wittmann, 2002 )



# Rappresentazioni dei fenomeni ondulatori

- **Concettualizzazioni differenti riguardanti la propagazione di segnali sonori**
- **Problemi di carattere ontologico connessi all'uso di modelli particellari per descrivere la propagazione di un impulso**
- ***Category Mistakes***

(Maurines, 1992; Linder,1993; Wittmann 2001 )

# Modello degli “impulsi particellari” (Redish, Wittmann, 2002)

<i>Comportamento di una particella</i>	<i>Modello Mentale dell'Impulso Particellare</i>	<i>Comportamento di un'onda</i>
Una spinta più intensa implica una maggiore velocità	Una scossa più intensa sulla corda implica un impulso più veloce	La velocità di propagazione è una proprietà del mezzo
E' più facile accelerare i corpi più piccoli	Gli impulsi più piccoli si propagano più rapidamente	La velocità di propagazione è indipendente dalle dimensioni dell'impulso
La traiettoria può essere descritta seguendo il moto di un singolo punto del corpo (centro di massa)	Solo i picchi degli impulsi sono determinanti per la sovrapposizione	E' necessario considerare tutti i punti della perturbazione per sovrapporre correttamente più impulsi
I corpi possono urtarsi subendo variazioni di velocità	Gli impulsi possono urtarsi, cancellandosi l'un l'altro o rimbalzando	Le onde si sovrappongono senza effetti permanenti

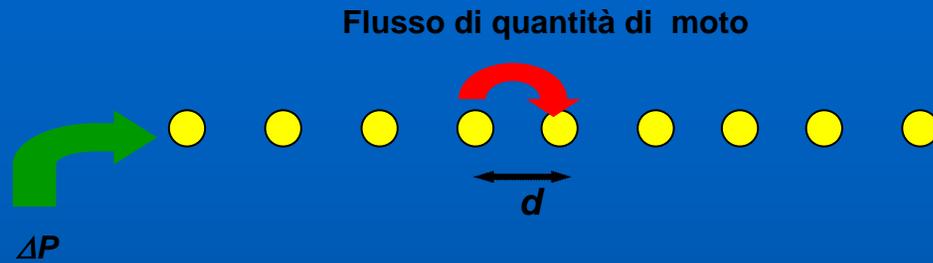
# Le chiavi interpretative per una sequenza

*ruolo giocato dagli agenti individuali*

*correlazione tra aspetti locali e globali*

*raramente vengono affrontati nei corsi  
di fisica tradizionali*

# La propagazione della perturbazione di uno stato dinamico



$$c = \frac{(N-1)d}{(N-1)\Delta t} = \frac{d}{\Delta t}$$

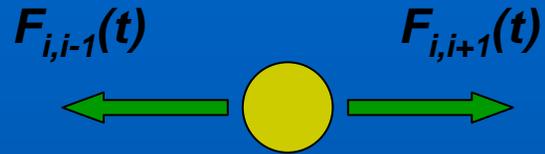
$$c = d \frac{\Delta P / \Delta t}{\Delta t}$$

$$\Phi = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \bar{F}$$



$$c = d \frac{\bar{F}}{\Delta P}$$

# La propagazione della perturbazione di uno stato dinamico

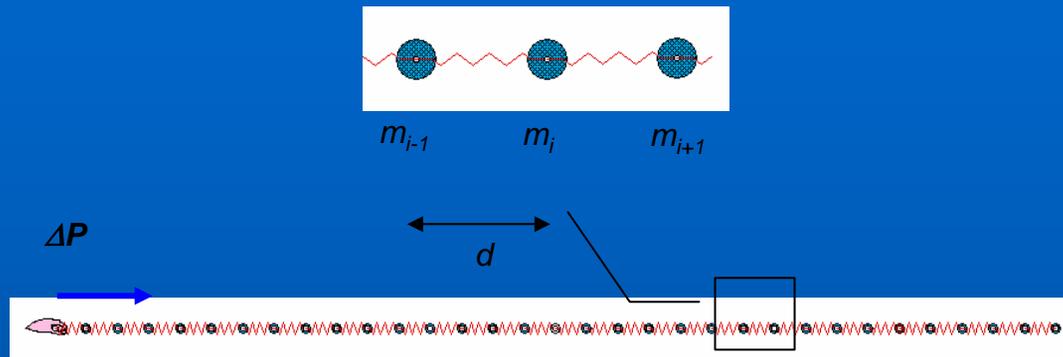


$$\Delta F_i(t) = F_{i,i-1}(t) - F_{i,i+1}(t)$$

$$c \gg \frac{\Delta p}{m}$$

$$c = d \frac{\Delta F_i(t)}{\Delta P}$$

# Le interazioni lineari



$$F_i(t) = -K \left[ (x_i(t) - x_{i-1}(t)) - (x_{i+1}(t) - x_i(t)) \right]$$

$$\Delta F_i = -K (x_i(t + \Delta t) - x_i(t) - x_{i-1}(t + \Delta t) + x_{i-1}(t))$$

$$\Delta F_i = \frac{K}{m} \Delta P \Delta t$$

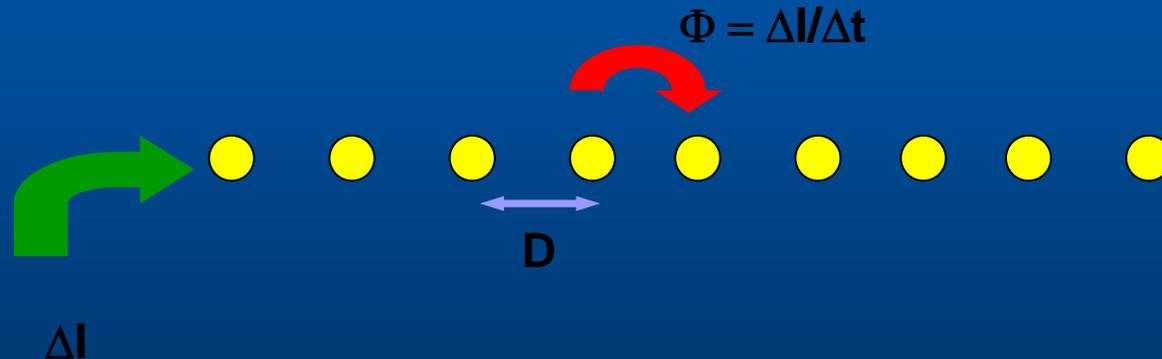
$$c = d \frac{\Delta F}{\Delta P} = d \frac{K}{m} \Delta t = d \frac{K}{m} \frac{d}{c} = d^2 \frac{K}{m c}$$



$$c = d \sqrt{\frac{K}{m}}$$

# Generalizzazione del modello

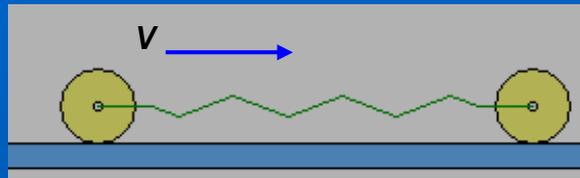
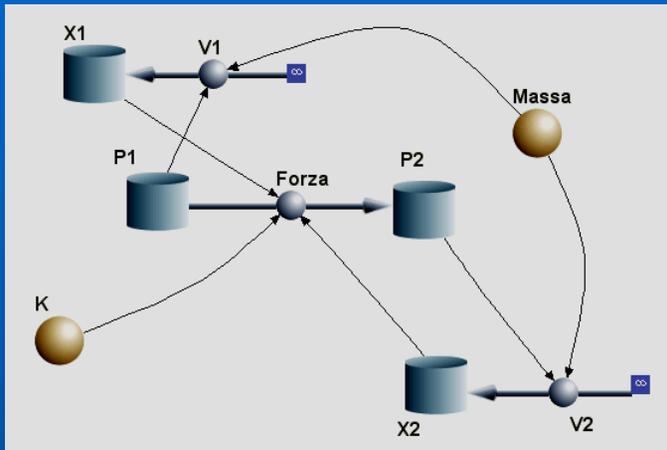
*Propagazione di una quantità di informazione attraverso una catena di elementi interagenti*



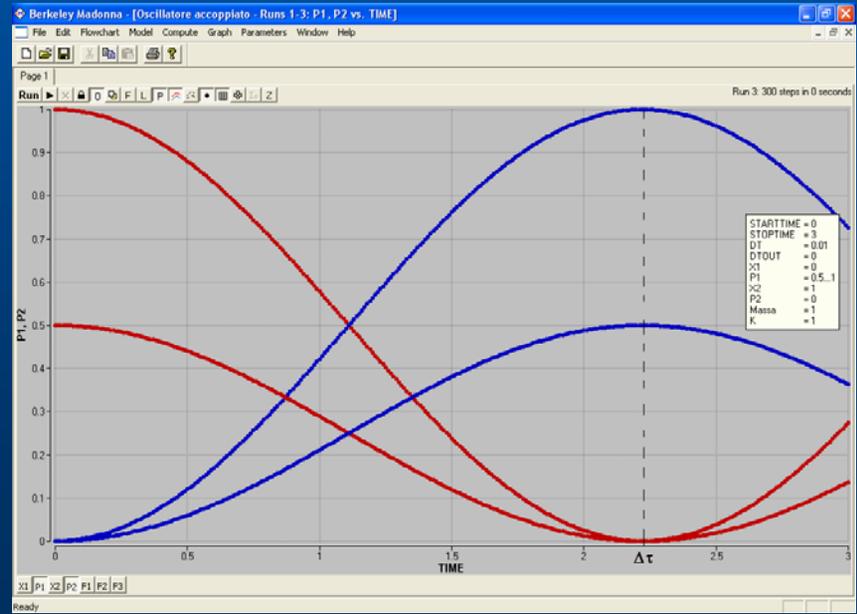
$$c = D \frac{\Phi}{\Delta I}$$



# Esempio con BM: Oscillatore accoppiato



$$F_{12}(t) = K [l_0 + x_1(t) - x_2(t)] = K \frac{V}{\omega} \sin \omega t = \frac{mV}{2} \omega \sin \omega t$$



# Linee guida

- Associare la propagazione di un'onda con la propagazione di un evento attraverso un sistema costituito da elementi interagenti
- Identificare le proprietà dell'evento che si sta propagando (che genere di informazione si propaga? Con quali modalità?)
- Identificare le grandezze che regolano il meccanismo di propagazione e quindi il meccanismo con cui due elementi del sistema “comunicano” scambiandosi informazioni

# Alcune scelte su piani diversi

- Terminologia
- Scaffolding
- Ciclo PEOE (Predict-Explain-Observe-Explain)

Attività	Durata (T.O.)	Obiettivo	Materiali
<b>A1</b> <i>Pre-test</i>	1		• Test di ingresso.doc
<b>A2</b> <i>Gli agenti nella propagazione</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidenziare l'assenza di trasporto di massa</li> <li>• Evidenziare che ciò che si propaga è uno stato</li> <li>• Evidenziare il ruolo degli agenti microscopici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheda S 1</li> <li>• Analisi video di filmati de "La Ola" e di lunghe file di tessere da domino</li> <li>• Molle <i>slinky</i> di diversa lunghezza e densità di spire</li> </ul>
<b>A3</b> <i>La propagazione e il mezzo</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidenziare che il suono può propagarsi in mezzi solidi con diverse velocità caratteristiche del mezzo</li> <li>• Evidenziare l'essenzialità del mezzo nella propagazione</li> <li>• Evidenziare l'indipendenza della velocità di propagazione dalle condizioni al contorno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperimento: Chi arriva prima?</li> <li>• Scheda S2</li> <li>• Esperimento: la velocità del suono in mezzi diversi</li> <li>• Scheda S3</li> </ul>
<b>A4</b> <i>Passa-Parola</i>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellizzare la propagazione di una certa quantità di informazione attraverso un mezzo discreto</li> <li>• Ricavare una definizione di velocità di propagazione</li> <li>• Evidenziare il ruolo della distanza tra gli elementi e del numero totale degli elementi</li> </ul>	• Scheda S4
<b>A5</b> <i>Modelli di propagazione</i>	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidenziare che la velocità di propagazione in generale dipende dalle condizioni iniziali tranne che nel caso di interazioni lineari</li> <li>• Applicare il modello precedente per interpretare la propagazione di una certa quantità di informazione attraverso un mezzo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schede S5</li> <li>• Simulazione Catene Masse Molle.ip</li> <li>• Simulazione Catene parallele.ip</li> <li>• Simulazione Catene distanze diverse.ip</li> <li>• Urti tra sfere.ip</li> <li>• Domino.ip</li> </ul>
<b>A6*</b> <i>Oscillatori accoppiati</i>	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidenziare la proporzionalità tra flusso di informazione e quantità di informazione in presenza di interazioni lineari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheda S6</li> <li>• Oscillatori accoppiati.ip</li> </ul>
<b>A7</b> <i>Passaggio dal discreto al continuo</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ricavare le espressioni della velocità di propagazione di un segnale meccanico in vari mezzi elastici continui</li> </ul>	
<b>A8</b> <i>Post-test</i>	1		• Test di uscita.doc

## Il “passa-parola”

*Con quale velocità una parola di  $n$  lettere si propaga attraverso una catena umana di  $N$  elementi?*

$$C = D \frac{f}{n}$$

# La sperimentazione

*La sperimentazione è stata realizzata in 4 classi  
(quarto anno di scuola superiore)*

*Hanno preso parte due docenti (tirocinio  
SSIS) ed un ricercatore*

# La metodologia

*L'analisi dei dati si basa principalmente su metodi qualitativi (Strauss & Corbin, 1990)*

*L'oggetto primario dello studio è l'evoluzione dei processi di apprendimento di piccoli gruppi di studenti calati in un ambiente di tipo classe attraverso un'analisi dinamica, piuttosto che il semplice testing finale di ipotesi di ricerca*

# La metodologia

*Sono state utilizzate diverse fonti per la raccolta dei dati:*

*Due test a risposta aperta (Pre-Test e Post-Test) come strumento diagnostico dei cambiamenti nei modelli interpretativi*

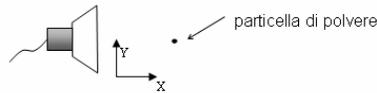
*Analisi delle schede di lavoro*

*Interviste*

*Logbook di docenti e ricercatori*

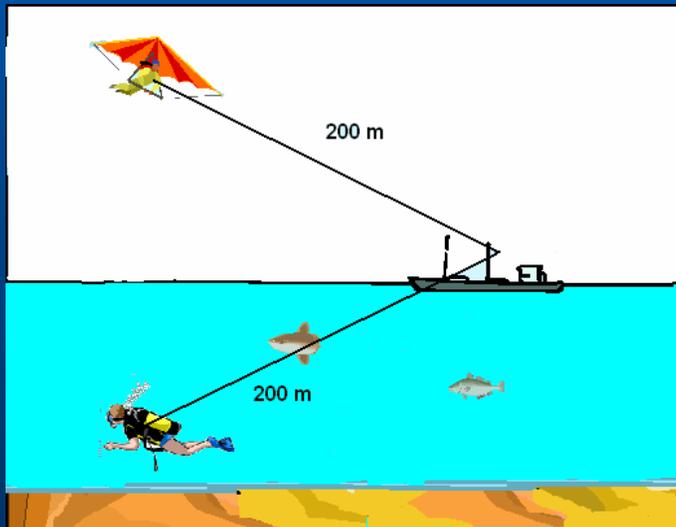
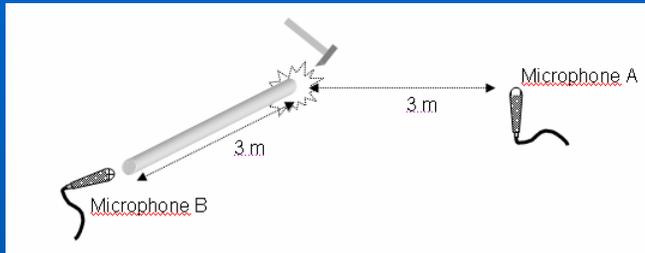
# Propagazione e moto delle particelle del mezzo

3) Una particella di polvere si trova davanti a un altoparlante. Se l'altoparlante comincia a diffondere un segnale sonoro di una certa frequenza (costante), cosa succede alla particella?



M1	Quiete	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>Le onde sonore non influenzano la particella di polvere che continua a rimanere ferma</i></li></ul>	<b>11,9% (8)</b>
M2	Moto in avanti	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>Si muove a causa della vibrazioni</i></li><li>➤ <i>Si muove in avanti</i></li><li>➤ <i>Si muove perchè le onde la spingono portandola con sè</i></li></ul>	<b>83,6% (56)</b>
M3	Oscillazione	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>La particella oscilla avanti e indietro come le molecole d'aria che la circondano</i></li></ul>	<b>4,5% (3)</b>

# Propagazione del suono attraverso mezzi diversi



M1	<b>Nessuna Propagazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'impulso raggiunge i due microfoni contemporaneamente poiché si propaga solo in aria. Dato che essi distano dalla stessa quantità dal punto in cui viene data la martellata, anche il tempo sarà lo stesso.</li> <li>L'impulso raggiunge prima il microfono B. Tutte le parti dell'asta, infatti, vibrano contemporaneamente ed il microfono B è molto vicino all'estremità della sbarra.</li> </ul>	<b>28,4% (21)</b>
M2	<b>Mezzo Passivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'impulso raggiunge prima il microfono A in quanto il metallo è molto più denso dell'aria e quindi si oppone maggiormente alla propagazione del suono.</li> </ul>	<b>35,1% (26)</b>
M3	<b>Distanza tra le particelle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'impulso raggiunge prima il microfono B perché le particelle che compongono il metallo sono molto più vicine tra loro. Questo facilita la propagazione del suono.</li> <li>L'impulso raggiunge prima il microfono B. Infatti esso viene trasferito meglio quando le particelle sono tra loro più vicine.</li> </ul>	<b>31,1% (23)</b>
M4	<b>Elasticità e rigidità</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'impulso raggiunge prima B perché il metallo è più elastico dell'aria.</li> <li>L'impulso raggiunge prima B perché il metallo è più rigido dell'aria.</li> </ul>	<b>5,4% (4)</b>
M5	<b>Elasticità e inerzia</b>		<b>0% (0)</b>

**C:** Il microfono A sente il suono prima di B perché la velocità del suono in aria è maggiore.....

**F:** Non credo! Secondo me arrivano insieme! Il suono si propaga in aria in entrambi i casi.

**C:** Mah! In realtà le vibrazioni si propagano dentro la sbarra, ma è suono?

**F:** Queste vibrazioni producono un suono?

**T:** Sicuramente possiamo dire che un impulso di compressione si sta propagando in aria e nella sbarra ...OK?

**C:** Sì e va più velocemente in aria che nel metallo!

**F:** No, non è possibile! La velocità del suono è più grande nel metallo!!!

**T:** E perchè?

**C:** Secondo me il suono viene più ostacolato nel metallo perché è più compatto dell'aria...

**F:** Ma no! Bisogna considerare le forze tra gli atomi del metallo!

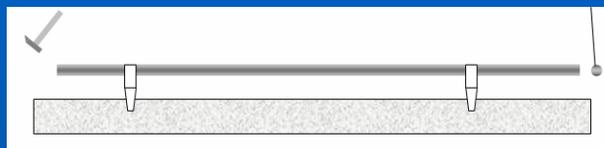
**T:** Che intendi più precisamente?

**F:** Mah, secondo me gli atomi dell'aria trasmettono le loro forze più lentamente perché sono più distanti e ogni particella deve fare un cammino più lungo prima di trasferire la forza!

**C:** Secondo me, è una questione di vibrazioni e non di forze anche se non so bene come le molecole dell'aria possono trasferire queste vibrazioni....forse urtandosi?

**T:** Va bene! Scrivete le vostre osservazioni sulla scheda.

# Relazione tra velocità di propagazione e caratteristiche del segnale

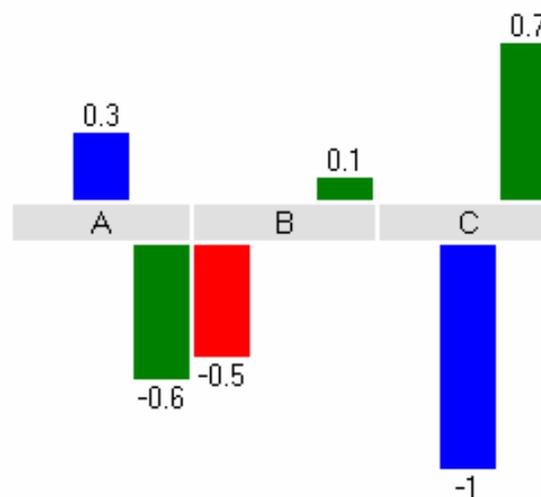
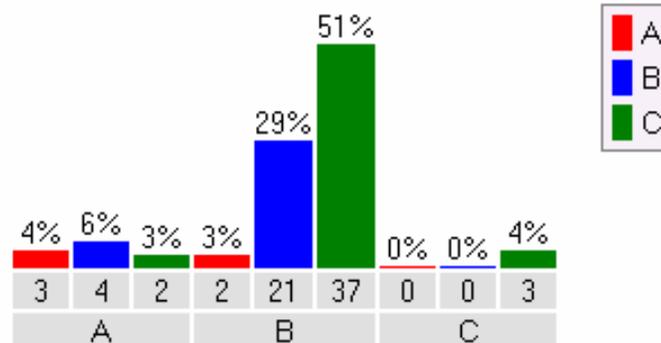


M1	<b>Proprietà del segnale</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>Aumentando l'ampiezza del moto della mano</i></li><li>➤ <i>Muovendo più rapidamente la mano</i></li><li>➤ <i>Aumentando la forza esercitata sulla corda</i></li></ul>	<b>54 (75,0%)</b>
M2	<b>Proprietà del mezzo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <i>Aumentando la tensione della corda</i></li><li>➤ <i>Riducendo la massa della corda</i></li></ul>	<b>18 (25,0%)</b>

# Analisi pre-post

Tabella a doppia entrata:  
MM-Pre x MM-Post

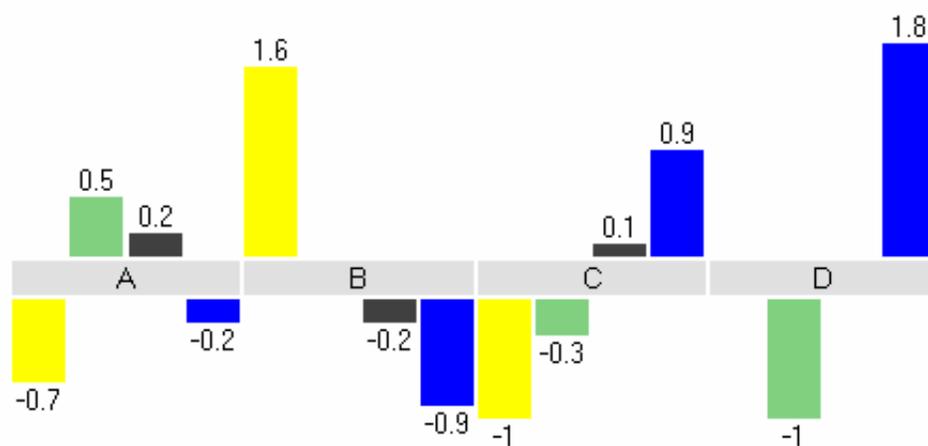
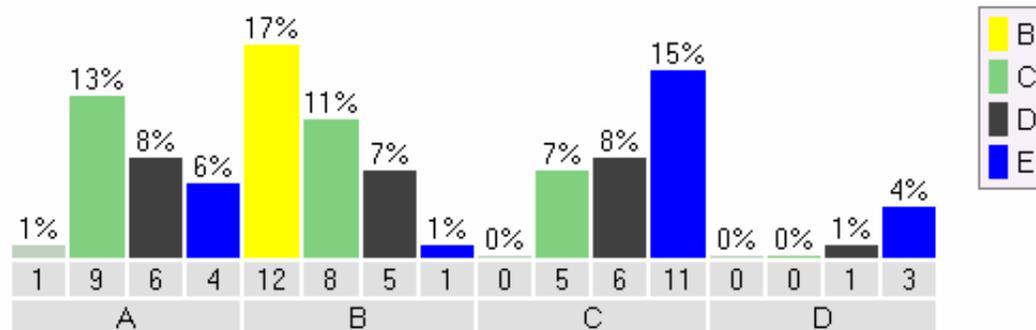
MM-Post→ MM-Pre	A	B	C	Marginale di riga
<b>A</b>	3 <i>0.6</i> -	4 <i>3.1</i> 0.3	2 <i>5.3</i> -0.6	9
<b>B</b>	2 <i>4.2</i> -0.5	21 <i>20.8</i> 0	37 <i>35</i> 0.1	60
<b>C</b>	0 <i>0.2</i> -	0 <i>1</i> -1	3 <i>1.8</i> 0.7	3
Marginale di colonna	5	25	42	72



# Analisi pre-post

Tabella a doppia entrata:  
MM-Pre x MM-Post

MM-Post→ MM-Pre	B	C	D	E	Marginale di riga
A	1 <i>3.6</i> -0.7	9 <i>6.1</i> 0.5	6 <i>5</i> 0.2	4 <i>5.3</i> -0.2	20
B	12 <i>4.7</i> 1.6	8 <i>7.9</i> 0	5 <i>6.5</i> -0.2	1 <i>6.9</i> -0.9	26
C	0 <i>4</i> -1	5 <i>6.7</i> -0.3	6 <i>5.5</i> 0.1	11 <i>5.8</i> 0.9	22
D	0 <i>0.7</i> -	0 <i>1.2</i> -1	1 <i>1</i> 0	3 <i>1.1</i> 1.8	4
Marginale di colonna	13	22	18	19	72

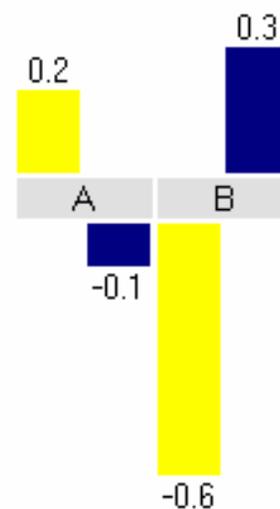
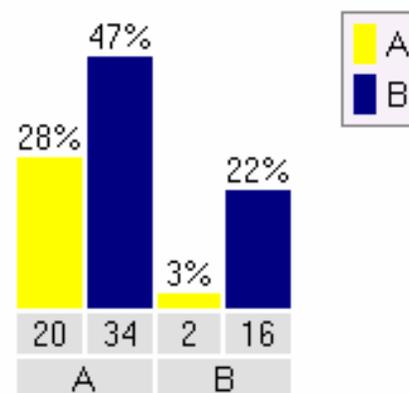


# Analisi pre-post

Tabella a doppia entrata:  
MM-Pre x MM-Post

MM-Post-> MM-Pre	A	B	Marginale di riga
<b>A</b>	20 <i>16.5</i> 0.2	34 <i>37.5</i> -0.1	54
<b>B</b>	2 <i>5.5</i> -0.6	16 <i>12.5</i> 0.3	18
Marginale di colonna	22	50	72

$\chi^2$  quadro = 4.28. Significatività = 0.04



# Conclusioni

- *Molti dei modelli identificati e riportati in letteratura sono stati evidenziati nella fase diagnostica*
- *La maggior parte degli studenti ha acquisito una certa abilità nel distinguere le caratteristiche dei segnali dal comportamento del mezzo*
- *Gli strumenti didattici preparati per la sequenza sono stati fondamentali come elementi di scaffolding per la comprensione delle proprietà delle onde meccaniche*
- *Le procedure di modelling hanno permesso di dotare gli studenti di strumenti di ragionamento per confrontare i loro modelli mentali spontanei con i risultati di esperimenti e simulazioni*

# Punti di forza

- *giustificazione dell'indipendenza della velocità del segnale dalle caratteristiche del segnale stesso nel caso di interazioni lineari dipendenti dalla distanza tra gli elementi*
- *giustificazione immediata della relazione esistente tra densità del mezzo e velocità di propagazione*
- *interpretazione qualitativa dell'aumento della velocità di propagazione in presenza di termini non lineari*
- *rispondenza di questo modello ad alcune tipologie di set di risorse cognitive possedute dagli studenti*

# Punti di debolezza

- *Giustificazione dell'insuccesso di alcuni studenti*
- *analisi della relazione tra le rappresentazioni in meccanica e quelle delle onde*