



Approcci didattici allo studio della tensione superficiale

G. Termini, O. R. Battaglia, A. Agliolo Gallitto, C. Fazio

Dipartimento di Fisica e Chimica - Emilio Segrè
Università degli Studi di Palermo

Sommario

- Introduzione
- Strumenti didattici
- Sequenza
insegnamento/apprendimento
- Attività
- Applicazioni e risultati preliminari



Background teorico

- Il concetto di tensione superficiale permette di spiegare una serie di fenomeni interessanti nell'ambito della Fisica, che trovano applicazione in Chimica, Ingegneria ecc.

- La complessità dell'argomento comporta spesso difficoltà nella sua presentazione e trattazione



Tensione superficiale



- scarso interesse da parte degli studenti
- comprensione lacunosa dell'argomento
- difficoltà nell'assimilazione dei concetti



- M. V. Berry, Physics Education, 1971
- A. Marchand, J. H. Weijs, J. H. Snoeijer, B. Andreotti, American Journal of Physics, 2011

Necessità di ricostruire il contenuto sulla base dei risultati di Ricerca in Didattica della Fisica

Approcci pedagogici alla tensione superficiale

APPROCCIO TRADIZIONALE



APPROCCIO «SPERIMENTALE»

macroscopico

- Energia libera per unità di area
- Forza per unità di lunghezza

microscopico

- Gradiente di pressione
- Forza anisotropa
- Forza isotropa

mesoscopico

- Fluido descritto come un set di N particelle lagrangiane
- Forze attrattive su grandi distanze
- Forze repulsive su piccole distanze

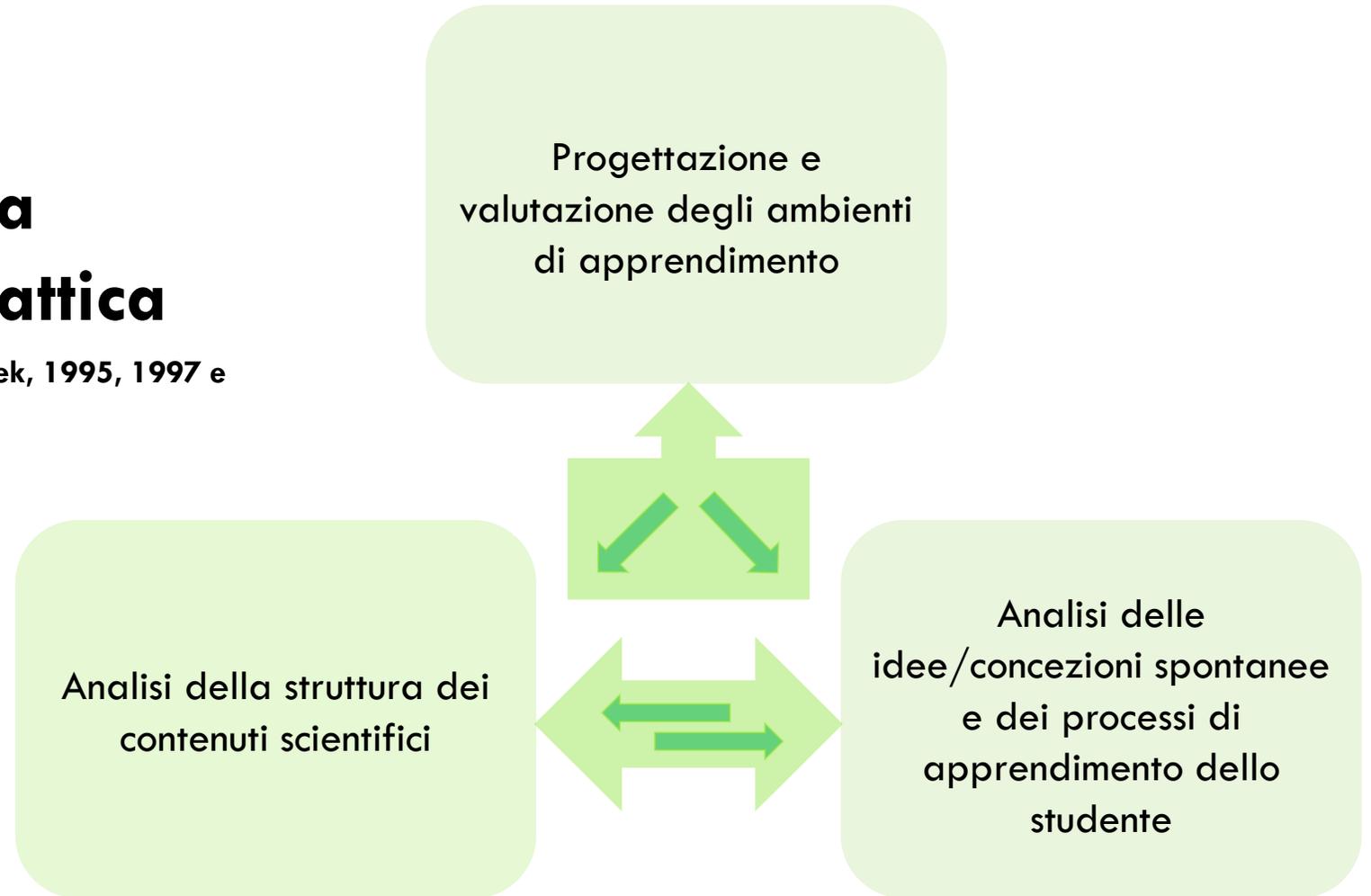
Ricerca in Didattica della Fisica

- U. Besson & L. Viennot, *International Journal of Science Education*, 2004
- O. R. Battaglia, A. Agliolo Gallitto, C. Fazio, *Computer Applications in Engineering Education* 2019
- O. R. Battaglia, A. Agliolo Gallitto, G. Termini C. Fazio, *European Journal of Physics*, 2021

Background teorico: Ricostruzione didattica del contenuto

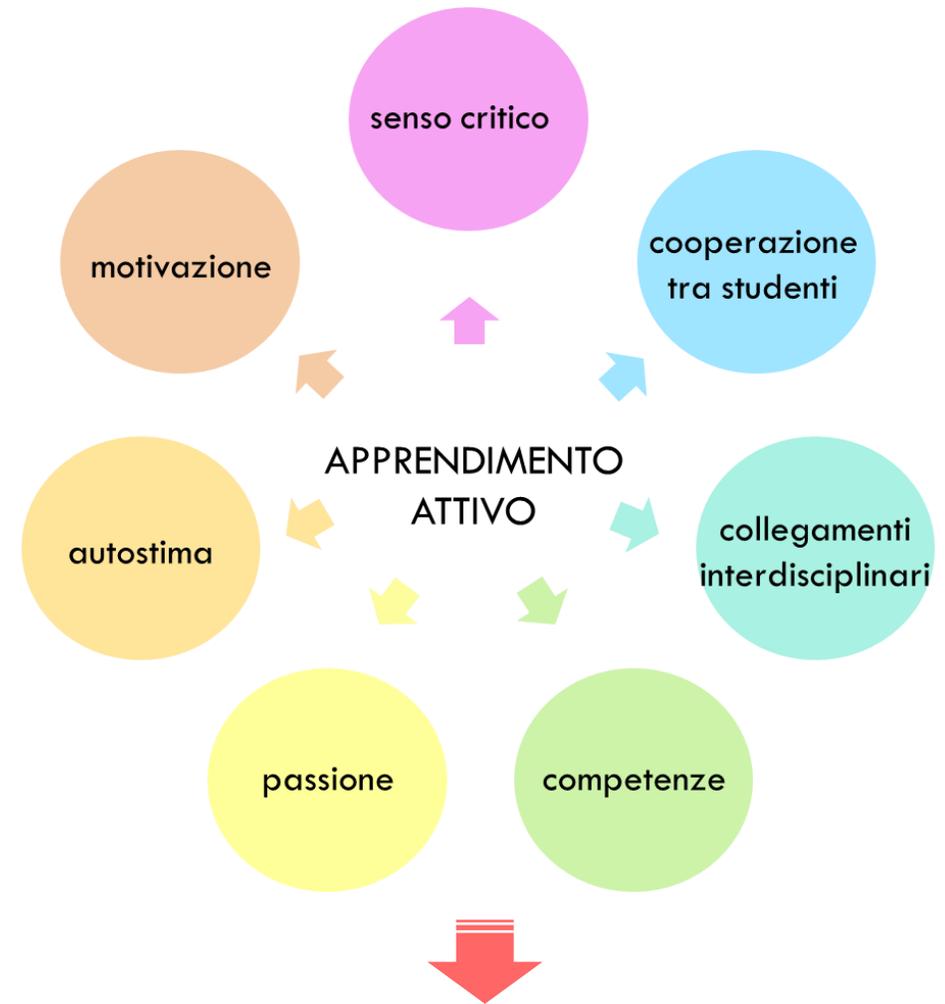
Modello della ricostruzione didattica

Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1995, 1997 e
lavori successivi



Background teorico: Apprendimento attivo

- Aiuta lo studente a sviluppare un pensiero critico
- Permette allo studente di sviluppare la capacità di collaborare all'interno di un gruppo di lavoro
- Aiuta lo studente a trovare collegamenti interdisciplinari tra gli argomenti/esperienze affrontati
- Favorisce lo sviluppo di competenze trasversali che permettono allo studente di agire attivando le proprie risorse e abilità a seconda della situazione
- Contribuisce a coinvolgere emotivamente lo studente, appassionandolo
- Migliora l'autostima dello studente e fa crescere la sua motivazione



Metodologia Inquiry

e.g. Linn, Davis, & Bell, 2004

Approccio basato sul modello Inquiry: le «5 E»

R. W. Bybee, 1993

Engage

Gli studenti vengono coinvolti attivamente con domande ed attività in cui hanno la possibilità di mettersi in gioco. Le conoscenze pregresse degli studenti vengono portate alla luce.

Explore

Gli studenti investigano sul fenomeno in esame, mettono in discussione le loro conoscenze pregresse, sviluppano nuove idee

Explain

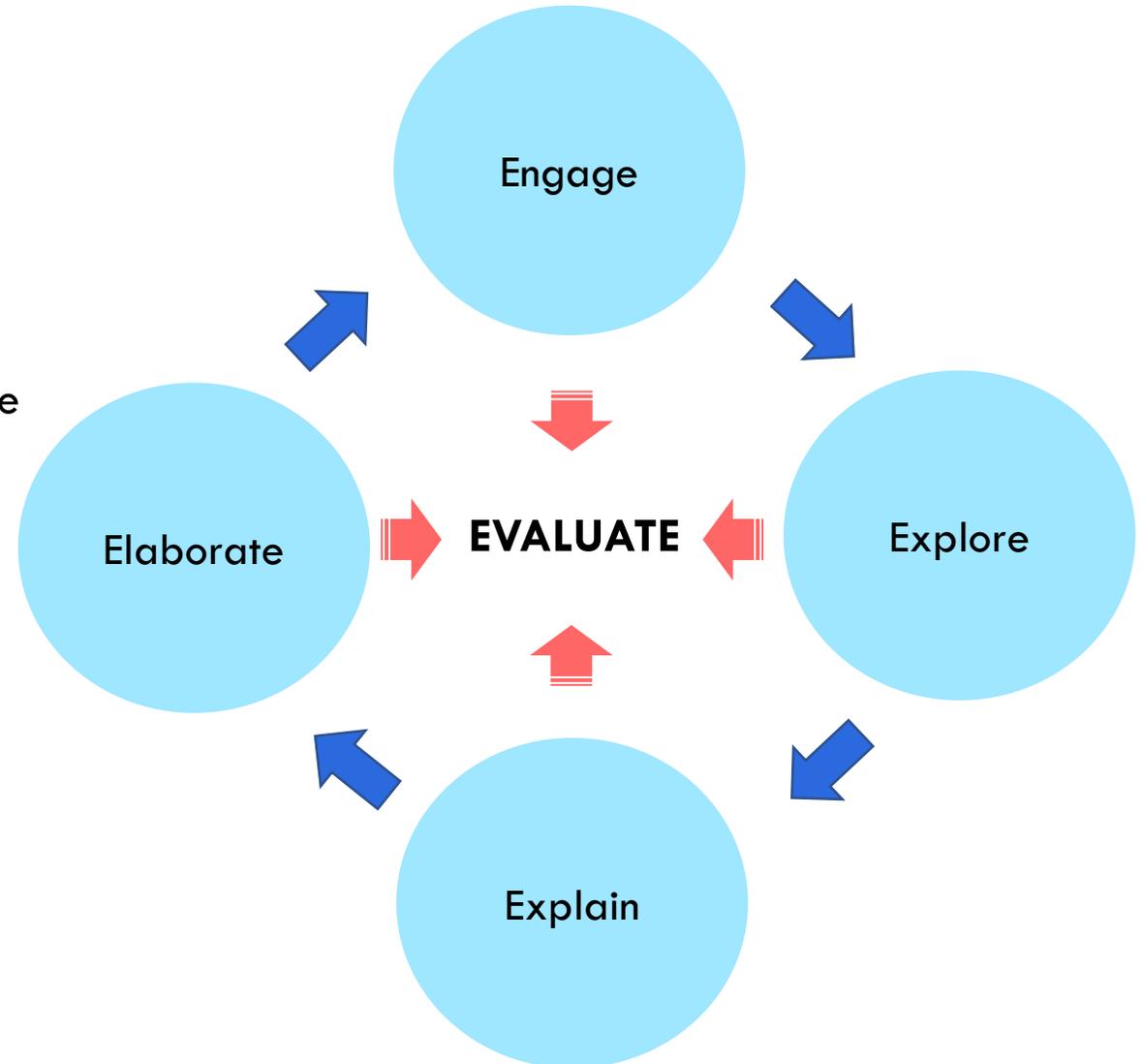
Gli studenti sviluppano e formulano spiegazioni del fenomeno a partire dalle evidenze raccolte

Elaborate

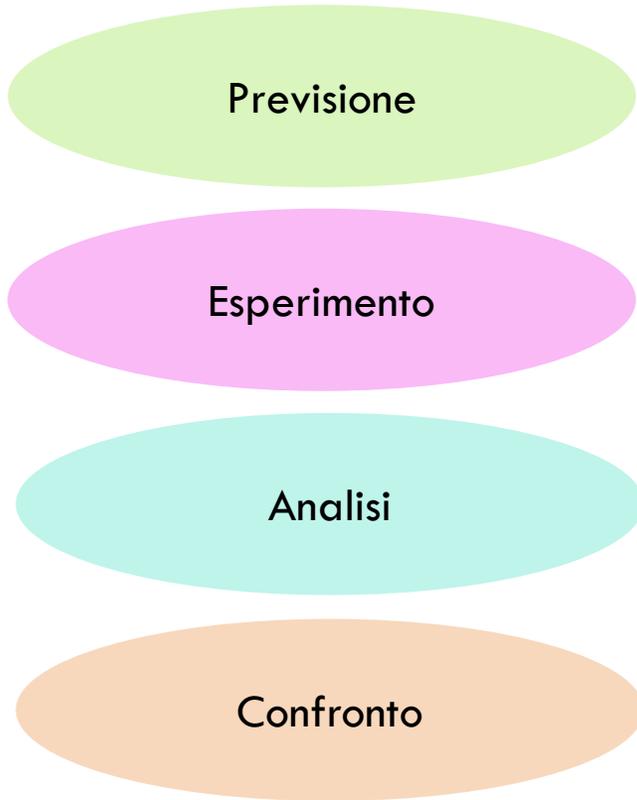
Gli studenti applicano le conoscenze acquisite a nuove situazioni. Le conoscenze acquisite vengono approfondite ed estese anche attraverso il confronto

Evaluate

Gli studenti riflettono sulle conoscenze acquisite e sul processo di apprendimento



Sequenza insegnamento/apprendimento: attività



Ogni attività proposta sarà basata su un ciclo didattico PEC:

- Previsione del comportamento di un dato sistema fisico e/o dei risultati che si otterranno con un particolare esperimento
- Osservazione del comportamento del sistema fisico in esame
- Analisi dei risultati ottenuti
- Confronto dei risultati ottenuti con quelli che erano stati previsti

Sequenza insegnamento/apprendimento: il campione previsto

Il **campione** è costituito da circa 50 studenti iscritti al quarto anno del Liceo Scientifico. Questo verrà suddiviso in modo random in due sotto-campioni di circa 25 studenti ciascuno.

Gruppo 1

Approccio tradizionale
macroscopico

*

Esperimenti qualitativi

**

Esperimenti quantitativi

Gruppo 2

Approccio «sperimentale»
mesoscopico

*

Esperimenti qualitativi

**

Esperimenti quantitativi

Durata delle attività

24 ore
in
6 giornate

* Approccio bounded inquiry

** Approccio guided inquiry

Sequenza insegnamento/apprendimento: il campione previsto

Il **campione** è costituito da circa 50 studenti iscritti al quarto anno del Liceo Scientifico. Questo verrà suddiviso in modo random in due sotto-campioni di circa 25 studenti ciascuno.

Gruppo 1

Approccio tradizionale
macroscopico

Esperimenti qualitativi

Esperimenti quantitativi

Focus sull'analisi delle
grandezze fisiche
macroscopiche che
servono a spiegare i
fenomeni trattati

Gruppo 2

Approccio «sperimentale»
mesoscopico

Esperimenti qualitativi

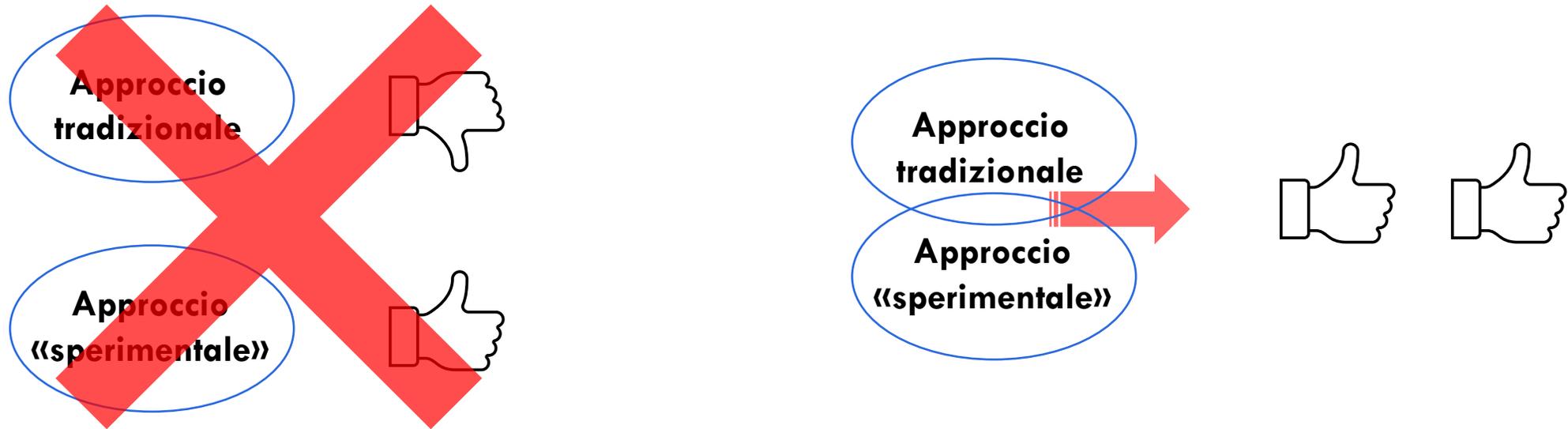
Esperimenti quantitativi

Utilizzo della simulazione
per l'analisi delle
grandezze fisiche coinvolte
nei fenomeni analizzati

Ad entrambi i gruppi verranno
proposti gli stessi spunti di
riflessione attraverso video,
osservazioni, attività ecc.

**Ciò che differenzierà i due
gruppi è la modalità di
analisi delle grandezze
fisiche del sistema**

Obiettivo del percorso



L'obiettivo principale non è quello di andare ad identificare quale dei due gruppi evidenzia un apprendimento migliore in virtù della differenza di approccio ma quello di verificare quelli aspetti di ciascun approccio possono essere considerati veramente rilevanti nel favorire un apprendimento significativo.

Eventuale proposta di percorso didattico che unisca tutti gli aspetti che si sono rivelati significativi per l'apprendimento durante lo svolgimento dei due approcci.

Struttura base del percorso didattico

Pre test su argomenti generali



PERCORSO DIDATTICO

Post test su argomenti generali

Altro Post test su argomenti specifici del corso

Re-test su argomenti specifici del corso dopo due mesi

- Esperimenti qualitativi
- Esperimenti quantitativi
- Esperimenti simulati

Strumenti di valutazione: questionari

- Pre test su argomenti generali
- Post test su argomenti generali
- Post test su argomenti specifici del corso
- Re-test su argomenti specifici del corso

Questionario n. 1

- 12 domande
- Argomenti di tipo generale, non specifici del percorso didattico
- **Validazione** effettuata su un campione diverso da quello su cui verrà sperimentato la sequenza insegnamento/apprendimento

Questionario n. 2

Work in progress

Questionario n. 1

Questionario n. 2



Questionario n. 1

Domande...qualche esempio

1. Immagina di inzuppare una piccola porzione di biscotto nel latte o nel tè. Cosa succede al livello del liquido?
2. Cosa pensi accada al biscotto?
3. Spiega perché succede quanto osservato nei due punti precedenti.
4. Perché per lavare i nostri indumenti è preferibile aggiungere il detersivo all'acqua?
5. Perché se mettiamo dell'olio in una pentola antiaderente non si assiste alla formazione di gocce come accade sostituendo l'olio con l'acqua? In particolare, qual è il comportamento dell'olio? A cosa pensi sia dovuto?
6. Perché per rimuovere delle macchie da un indumento è preferibile utilizzare l'acqua calda?

Questionario n. 1: Tipologie tipiche di risposta nel gruppo di validazione

1. Immagina di inzuppare una piccola porzione di biscotto nel latte o nel tè. Cosa succede al livello del liquido?

- a) Non risponde
- b) Il liquido risale su per il biscotto
- c) Il livello aumenta (no indicazioni)

2. Cosa pensi accada al biscotto?

- a) Ipotesi su struttura interna che permette l'assorbimento
- b) Ipotesi su proprietà del materiale/liquido
- c) Modifica legami tra le molecole del biscotto
- d) Spiegazione in termini chimici (solvente-soluto) e legame tra molecole del biscotto e del liquido
- e) Spiegazione "common sense": il biscotto si ammorbidisce e si sgretola

3. Spiega perché succede quanto osservato nei due punti precedenti.

- a) Spiegazione "common sense": il liquido distrugge il biscotto
- b) Indebolimento dei legami tra gli atomi/aumento della distanza tra gli atomi
- c) Aumento del peso della parte inzuppata, descrizione in termini di forze macroscopiche
- d) Spiegazione in termini di legami chimici
- e) Descrive ma non spiega

Questionario n. 1: tipologie di risposta nel gruppo di validazione

4. Perché per lavare i nostri indumenti è preferibile aggiungere il detersivo all'acqua?

- a) Non coglie il ruolo del sapone come tensioattivo. Il sapone agisce separatamente rispetto all'acqua
- b) Cita proprietà del sapone (sanificazione, proprietà chimiche) ma non cita l'acqua o la cita marginalmente
- c) Evidenzia il ruolo del sapone citando proprietà chimiche specifiche: reazione chimica tra sapone e acqua
- d) Risposta "common sense": il detersivo lava e sgrassa
- e) Risposta in termini biologici: il sapone uccide i microrganismi

5. Perché se mettiamo dell'olio in una padella antiaderente non si assiste alla formazione di gocce come accade sostituendo l'olio con l'acqua? In particolare, qual è il comportamento dell'olio? A cosa pensi sia dovuto?

- a) Cita proprietà del liquido come la densità
- b) Cita la densità del liquido, ma accenna a legami liquido/solido
- c) Non risponde

6. Perché per rimuovere delle macchie da un indumento è preferibile utilizzare l'acqua calda?

- a) Cita proprietà generiche del "calore"
- b) Cita meccanismi di agitazione termica e molecolare
- c) Cita meccanismi di agitazione termica e molecolare e inserisce considerazioni energetiche e di dinamica molecolare
- d) Effetto del "calore" sui legami chimici (solo in termini energetici)
- e) Mera constatazione della fenomenologia

The background of the slide is white and features several realistic water droplets of various sizes. Some are large and prominent, while others are small and scattered. The droplets have a soft, translucent appearance with subtle gradients and shadows, giving them a three-dimensional effect. They are distributed across the top, bottom, and right sides of the frame, leaving the center area relatively clear for the text.

Qualche esempio...

Esperimento qualitativo

- *Evidenza sperimentale di un dato comportamento del liquido in esame*
- *Set di materiali a disposizione del piccolo gruppo*

1. **Progettazione** di un possibile **esperimento** utile a mostrare il comportamento del liquido messo in luce precedentemente
2. Ipotesi sui risultati
1. Discussione in piccolo gruppo
2. Utilizzo di materiali di supporto come libri, contenuti online ecc.
3. Scelta dell'esperimento da attuare
4. Ipotesi sul comportamento del sistema che verrà esaminato
5. Svolgimento dell'esperimento
6. Evidenze sperimentali
7. Discussione dei risultati e confronto con le previsioni
8. Discussione in grande gruppo
9. Conclusioni del grande gruppo
10. Confronto tra le conclusioni del grande gruppo e quelle del piccolo gruppo
11. Confronto tra le conclusioni del grande gruppo e quelle del singolo studente

BOUNDED INQUIRY

SINGOLO

PICCOLO GRUPPO

GRANDE GRUPPO

Esperimento quantitativo

- *Evidenza sperimentale di un dato comportamento del liquido in esame*
- *Visione di un filmato che mostra in che modo si svolgerà l'esperimento*
- *Set di materiali a disposizione del piccolo gruppo*

GUIDED INQUIRY

- Fasi dell'esperimento
- Registrazione grandezze misurate

- Previsione del singolo studente
- Previsione del piccolo gruppo

- Osservazione del singolo studente
- Osservazione del piccolo gruppo
- Discussione in piccolo gruppo

- Osservazione di grande gruppo
- Conclusioni raggiunte dal grande gruppo
- Confronto tra le conclusioni del grande gruppo e le previsioni del piccolo gruppo
- Confronto tra le conclusioni del grande gruppo e le previsioni del singolo studente

Un esempio di esperimento qualitativo

- **Obiettivo**

Osservare che la pressione all'interno di una bolla è inversamente proporzionale alle dimensioni della bolla.

- **Materiale occorrente**

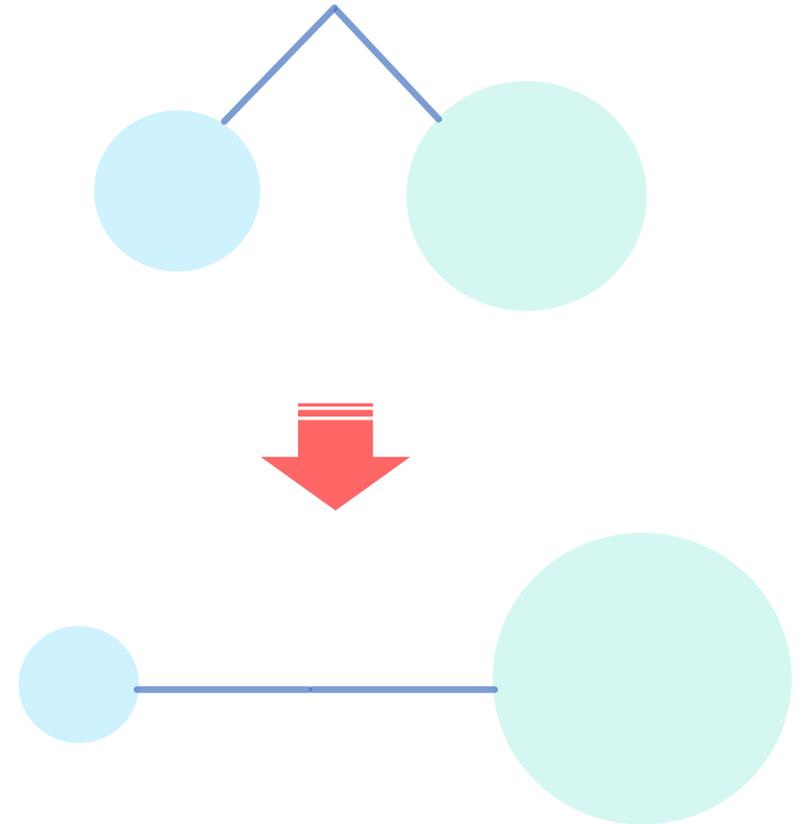
Cannuccia, soluzione di acqua e sapone.

- **Procedimento**

Piegare la cannuccia a metà e praticare un piccolo foro in corrispondenza della piegatura. In questo modo, soffiando nel foro, sarà possibile formare due bolle di dimensioni diverse, una su ogni estremità della cannuccia. Una volta chiuso il foro da cui si è soffiato, l'aria passerà da una bolla all'altra.

- **Osservazione**

In che direzione si muoverà l'aria? Si osserverà che la bolla più grande diventerà ancora più grande, la bolla piccola sempre più piccola. Questo dimostra che la pressione all'interno di una bolla è tanto maggiore quanto più piccola è la dimensione della bolla.



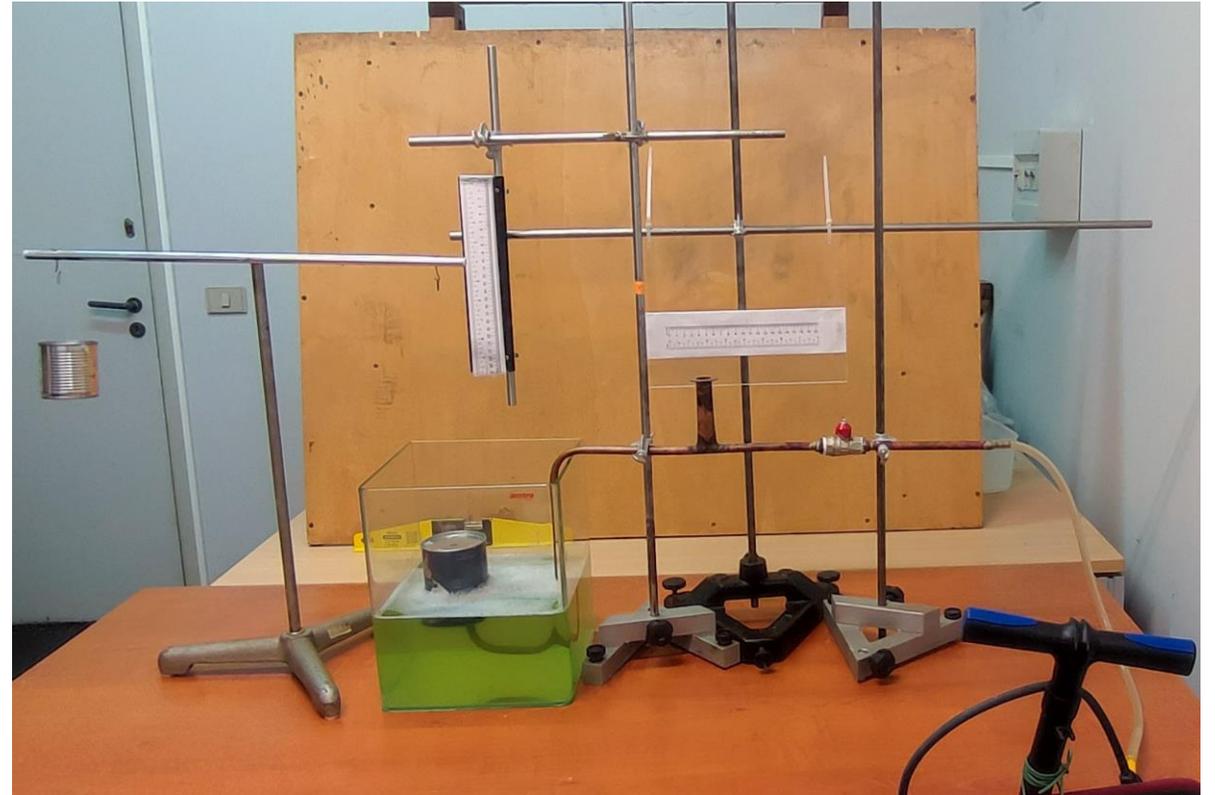
Un esempio di esperimento quantitativo

- **Obiettivo**

- Osservare che la pressione all'interno di una bolla è inversamente proporzionale alle sue dimensioni.
- Ottenere una stima del valore di tensione superficiale di una soluzione di acqua e sapone.

- **Materiale occorrente**

- Per l'apparato sperimentale: vaschetta in vetro, tubo in rame/plastica/vetro, rubinetto valvola, flangia, lattine in alluminio, filo da pesca, pesetti, bilancia a due bracci, supporti da laboratorio, scale graduate, serbatoio d'aria.
- Per la preparazione delle bolle di sapone: acqua, sapone, zucchero e glicerina.
- Per la registrazione delle misure in laboratorio: macchina fotografica digitale.
- Per l'analisi dati: foglio di calcolo Microsoft Excel.

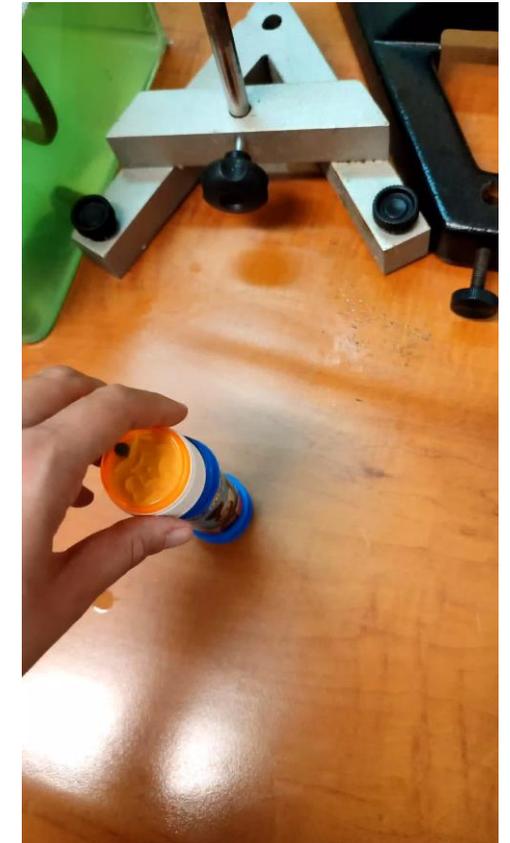


M. Specht, Tom Frömbgen, Hannah Wessely and Moritz Sokolowski, 2019

Un esempio di esperimento quantitativo

- **Procedimento**

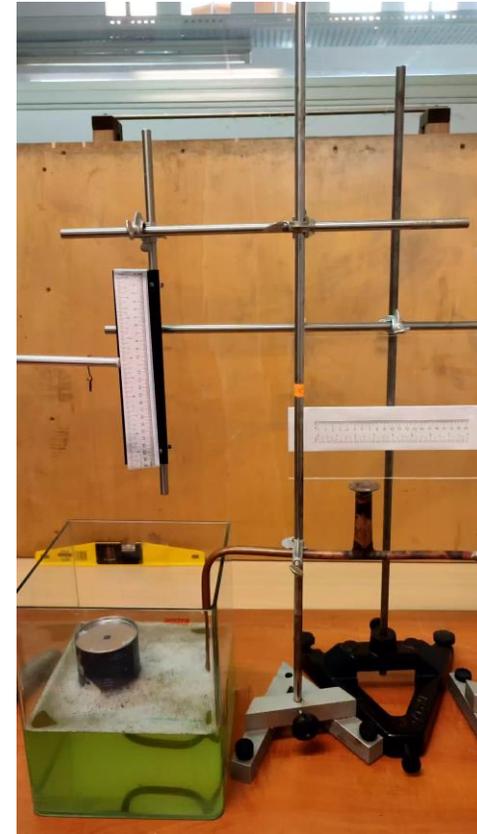
- Una lattina viene sospesa ad uno dei bracci di una bilancia. Il contrappeso sul braccio opposto deve essere tale che i bracci della bilancia risultino orizzontali quando la pressione all'interno della lattina è uguale alla pressione atmosferica.
- La lattina viene parzialmente immersa all'interno della vaschetta piena d'acqua.
- Un sottile film di acqua e sapone viene depositato sulla flangia posta all'estremità superiore del tubo verticale.



Un esempio di esperimento quantitativo

- **Procedimento**

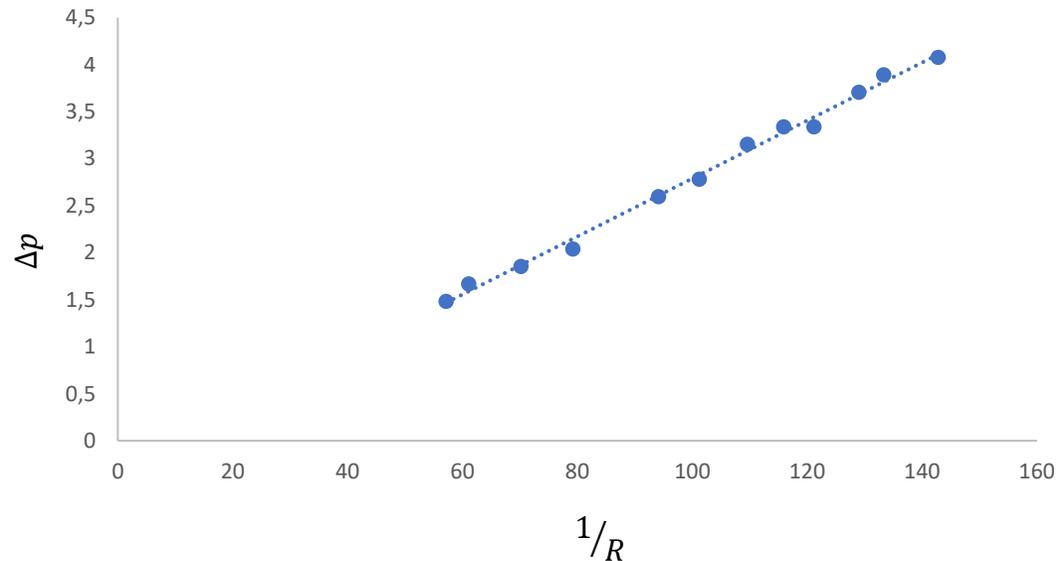
- Viene immessa aria all'interno del tubo utilizzando il serbatoio d'aria a disposizione, quindi viene chiusa la valvola.
- All'equilibrio, la pressione all'interno della lattina è uguale a quella all'interno della bolla di sapone. Il volume d'aria racchiuso all'interno della lattina è collegato al volume d'aria racchiusa all'interno della bolla di sapone attraverso il tubo.
- Quando la pressione all'interno della lattina immersa in acqua diventa maggiore della pressione atmosferica di una certa quantità Δp , una forza risultante solleva la lattina verso l'alto parzialmente fuori dall'acqua fino a quando questa forza viene compensata dalla crescente perdita della spinta di galleggiamento.



Un esempio di esperimento quantitativo

- **Misura delle grandezze di interesse**
 - Misura del raggio della bolla di sapone
 - Misura dell'altezza raggiunta dalla lattina
 - Misura della grandezza Δp

$$\Delta p \sim \frac{\gamma}{R}$$



Principio di Archimede



stima di Δp

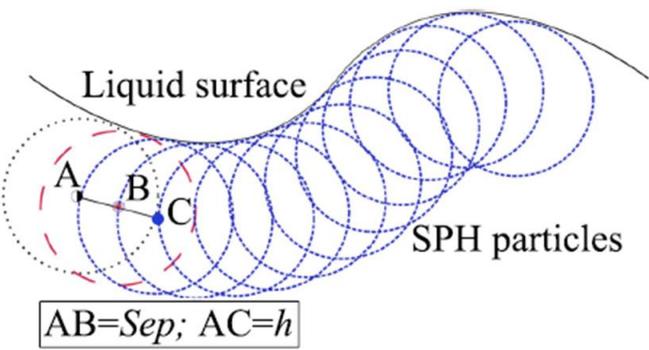


- Verifica legge di Y-L
- Stima di γ *

* Tensione superficiale determinata come parametro del fitting

Implementazione simulativa dell'approccio mesoscopico: metodo SPH

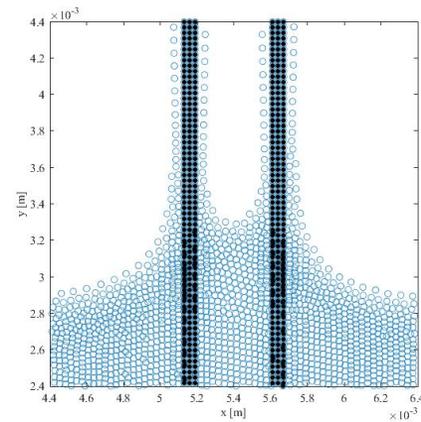
mesoscopico + metodo SPH



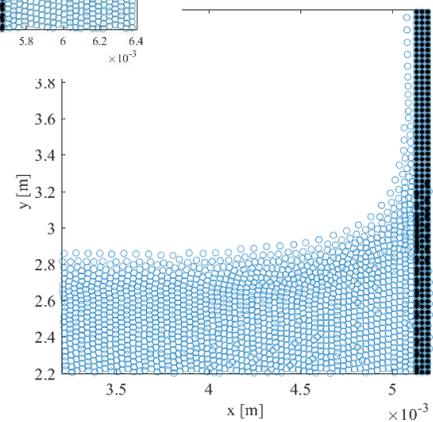
Sep: separazione iniziale tra le particelle
h: parametro legato alle dimensioni delle particelle



Studenti ed insegnanti possono controllare i parametri della simulazione ed analizzare passo dopo passo in che modo la loro variazione influenza l'evoluzione del sistema.



Menischi di un liquido SPH in una fase di risalita capillare



- O. R. Battaglia, A. Agliolo Gallitto, C. Fazio, Computer Applications in Engineering Education 2019
- O. R. Battaglia, A. Agliolo Gallitto, G. Termini C. Fazio, European Journal of Physics, 2021

Un esempio di esperimento simulato

- **Obiettivo**

- Osservare che la pressione all'interno di una bolla è inversamente proporzionale alle sue dimensioni
- Ottenere una stima del valore di tensione superficiale di una goccia di liquido.

- **Procedimento**

- Utilizzare un codice FORTRAN per costruire la simulazione del liquido da studiare
- Modificare un file di testo contenente i valori in input dei principali parametri del sistema prima di lanciare una nuova simulazione
- Utilizzare i valori in output delle grandezze di interesse per tracciare grafici che descrivano l'andamento delle quantità di interesse
- Visualizzare l'output video della simulazione (immagini/animazioni) attraverso il programma Matlab

Un esempio di esperimento simulato

Simulazione di una goccia di liquido in assenza di gravità



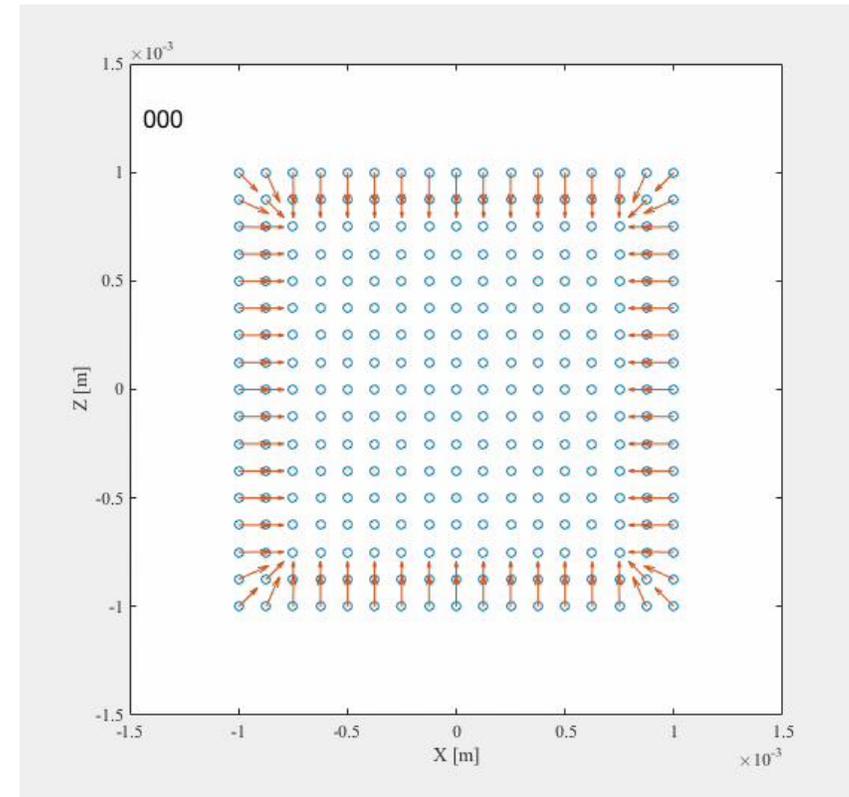
**Stima della tensione superficiale
Verifica della legge di Young-Laplace**

$$P_0 = \frac{\gamma}{R}$$

γ : tensione superficiale

R : raggio di equilibrio della goccia

P_0 : pressione all'interno della goccia



Un esempio di esperimento simulato

Simulazione di una goccia di liquido in assenza di gravità



**Stima della tensione superficiale
Verifica della legge di Young-Laplace**

$$P_0 = \frac{\gamma}{R}$$

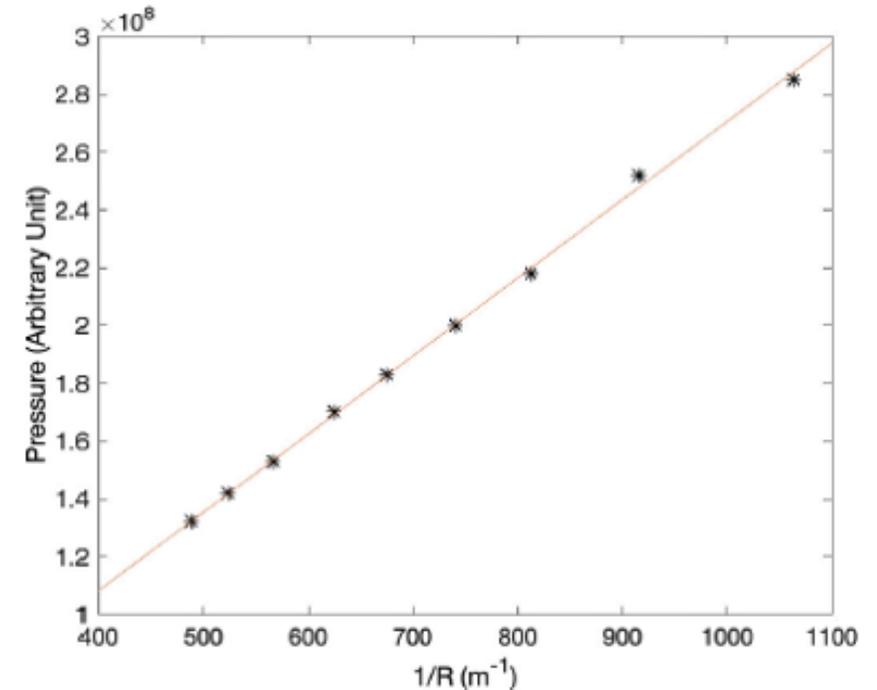
γ : tensione superficiale

R : raggio di equilibrio della goccia

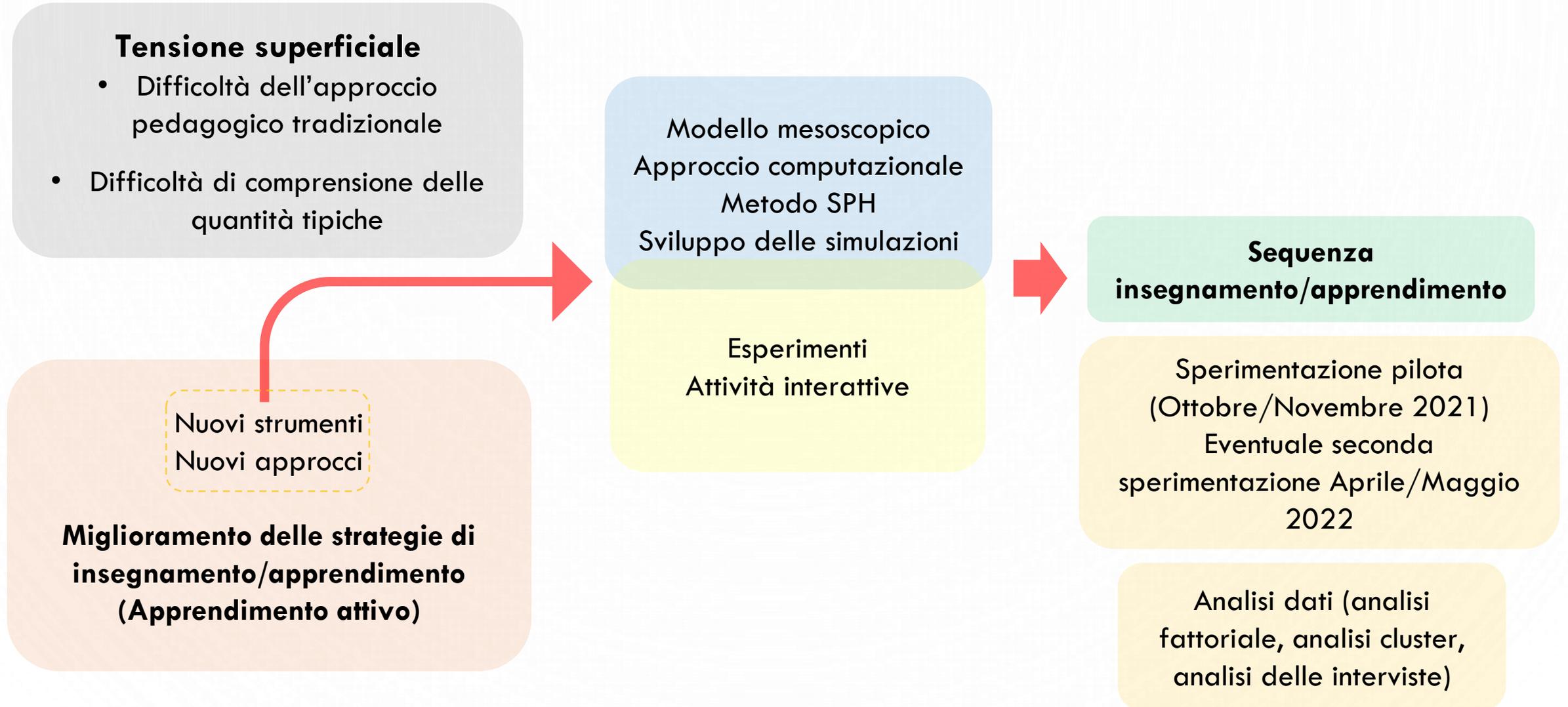
P_0 : pressione all'interno della goccia



Tensione superficiale determinata come parametro del fitting



Panoramica sul Progetto di ricerca



The background of the slide is white and features several realistic water droplets of various sizes. Some are large and prominent, while others are small and scattered. The droplets have a soft, realistic appearance with subtle gradients and shadows, giving them a three-dimensional look. They are distributed across the slide, with a higher concentration in the top-left and bottom-right corners.

Grazie per l'attenzione