

“Sarà giusto?”

Sviluppo di competenze di autovalutazione
Bayesiana nell'apprendimento della fisica.

Francesco Longo^{1,2}

Valentina Bologna¹

Sara Noviello³

Georgia Turri³

Alessandro Pietro Ventura¹

¹ Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Trieste

² Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Trieste

³ Liceo Scientifico Guglielmo Oberdan, Trieste



Il senso di smarrimento che gli studenti esprimono quando devono affrontare un problema di fisica di cui il libro di testo non fornisca già un risultato numerico, oppure quando il frutto del loro procedimento non coincide con quanto indicato come soluzione, è spesso causa di frustrazione e di disincentivo allo studio della Fisica, come se essa consistesse appunto solo nella soluzione esatta di problemi matematici invece che nell'acquisizione di uno stile di ragionamento volto alla comprensione della realtà. A questo scopo si sono progettate e costruite alcune attività volte all'introduzione nella didattica di uno strumento noto come Aggiornamento Bayesiano. Tali attività sono state sperimentate durante il percorso di introduzione ai fenomeni ondulatori per alcune classi quarte di un Liceo Scientifico di Trieste. Vengono qui descritte le caratteristiche salienti di questo strumento, sia in termini di efficacia ai fini dei processi di autovalutazione nell'apprendimento e nella costruzione della consapevolezza disciplinare da parte dello studente sia nella possibilità di sviluppi di percorsi interdisciplinari da parte del docente.

Deficit metacognitivo,
sovrastima della
propria conoscenza

*"Role of teachers as facilitators of the
interplay Physics and Mathematics"*

Evoluzione mondo del
lavoro, valore
all'abilità di
apprendere

*"Learning How to Learn is More Than
Learning"*

Differenti rendimenti
scolastici in base
all'approccio
epistemologico

*"College physics students'
epistemological self-reflection and its
relationship to conceptual learning"*



Necessità di
aggiornare i
curriculum
scolastici

Introduzione attività
dal noto impatto
epistemologico e
metacognitivo

AGGIORNAMENTO BAYESIANO
(Aaron R. Warren)

Aaron R. Warren
Purdue University NorthWest



2018 In: American Journal of Physics

“Quantitative critical thinking: student activities using Bayesian updating”



2020 In: Physical Review Physics Education Research

“Impact of Bayesian updating activities on student epistemologies”

Teorema di Bayes

$$P(H_i | E) = \frac{P(E|H_i) \cdot P(H_i)}{\sum_{j=1}^n P(E|H_j) \cdot P(H_j)}$$

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) \cdot P(H)}{P(E|H) \cdot P(H) + P(E|\bar{H}) \cdot P(\bar{H})}$$

$$P(\bar{H}) = 1 - P(H)$$

$$R = \frac{P(E|\bar{H})}{P(E|H)}$$

$$Cf = P(H|E)$$

$$C_i = P(H)$$

$$Cf = \frac{C_i \cdot R}{C_i \cdot R + 1 - C_i}$$

Aggiornamento Bayesiano

Stabilisco un valore di convinzione iniziale C_i

“ Quanto, da 0 a 1, ritengo efficace il mio metodo/modello? ”

Verifica dell'ipotesi:
IF
AND
THEN
AND/BUT
THEREFORE

R	Interpretazione
$< \frac{1}{150}$	Confutazione molto forte
tra $\frac{1}{150}$ e $\frac{1}{20}$	Confutazione forte
tra $\frac{1}{20}$ e $\frac{1}{3}$	Sostanziale confutazione
1	Esito nullo
tra 1 e 3	Debole conferma
tra 3 e 20	Sostanziale conferma
tra 20 e 150	Conferma importante
> 150	Conferma molto importante

Scala di Jeffreys

Otengo il fattore di Bayes R

$$C_f = C_i \cdot R / (C_i \cdot R + 1 - C_i)$$

Calcolo la convinzione finale C_f

Aggiornamento Bayesiano

Stabilisco un valore di convinzione iniziale C_i

$$C_f = C_i \cdot R / (C_i \cdot R + 1 - C_i)$$

Otengo il fattore di Bayes R

Calcolo la convinzione finale C_f

$0 \leftarrow C_f \rightarrow 1$

Contesto didattico



L'attività è stata proposta a due classi quarte del liceo Oberdan di Trieste.

- Una classe ad indirizzo scientifico tradizionale
- Una classe a indirizzo scienze applicate

Teoria della probabilità
(affrontata in corso d'opera)

Fenomeni ondulatori
(meccanici e ottici)

Febbraio - Marzo 2021
DAD (15h per classe)

 Google Meet

the Physics Classroom

desmos

Struttura del percorso

Parte 1:
**Introduzione alla
teoria della probabilità**

*Analisi delle differenti
definizioni di probabilità,
operazioni elementari,
probabilità condizionata*

TEOREMA DI BAYES
(con esercizi e applicazioni)

Parte 2:
**Applicazione dei
metodi Bayesiani sui
fenomeni ondulatori**

*Aggiornamento Bayesiano,
esercizi guidati e non sui
fenomeni ondulatori con
aggiornamento*

VERIFICA INDIRETTA
(elaborazione esp. concettuale)

Parte 3:
**Applicazione dei
metodi Bayesiani
all'esperienza di
Young**

*Struttura di un'esperienza con
aggiornamento bayesiano,
esperimento di Young*

VERIFICA DIRETTA
(esp. simulata, causa covid-19)

Probabilità

Definizione soggettiva della probabilità:

*Definiamo la probabilità P
grado di convinzione*

ESEMPI CONCRETI

Penne difettose

Rivelatori particelle

Scommessa al bar

Penso che questo tipo di definizione non si possa applicare in ambito scientifico. Questo perché il grado di convinzione non rispecchia sempre la realtà. Per esempio alla lotteria io posso dire che sono sicuro di vincere ma non posso esserne convinto. Certo posso guardare degli eventi passati ma essendo totalmente soggettivo la mia speranza di vittoria può far sì che io diventi convinto di vincere.

non penso si possa spiegare con una formula matematica, quindi dubito che possa essere considerata una cosa scientifica

Secondo me non si può parlare di definizione scientifica perché le condizioni basate solo sulle sensazioni di chi "scommette" non hanno molta valenza, a meno che usando delle valutazioni riferite al passato non si abbiano risultati

non credo sia un approccio scientifico perché sebbene si possa associare un numero al mio livello di convinzione, questa concezione non è fondata su niente. Però ovviamente dipende dalla situazione, perché se io posso fondare questo grado di convinzione su qualcosa di tangibile e oggettivo allora può essere un approccio scientifico.

Questa definizione ha secondo me valore solo in casi in cui lo sforzo umano abbia un ruolo preponderante (es: gara sportiva)

Complicato a dirsi, almeno per me in questo momento. Avrei bisogno di interiorizzare di più il concetto. A "occhio" si

RACCOLTA OPINIONI DEGLI STUDENTI

Fenomeni ondulatori

Introduzione
all'aggiornamento Bayesiano

Applicazione meccanica del teorema
ed utilizzo della scala di Jeffreys

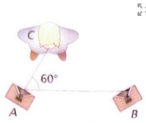
Struttura dell'esperimento
concettuale

Risoluzione guidata di problemi sui
fenomeni ondulatori, con aggiornamento

Compiti per casa

Rielaborazione esercizi – verifica indiretta

34 Due altoparlanti A e B, che vibrano in fase alla frequenza di 85 Hz, sono posizionati come in figura. Una ragazza è ferma nel punto C più vicino ad A, da cui dista 1,0 m, che a B. Assumendo che il suono si propaghi nell'aria alla velocità di 340 m/s, determina qual è la distanza minima fra i due altoparlanti tale da far sì che la ragazza dalla sua postazione non oda nulla.



Prova tu:

Partiamo da un problema sull'interferenza di onde sonore. Che padronanza pensi di avere sull'argomento, quanto ti sembra di aver capito e di saper risolvere problemi simili?

fai una scommessa coerente, razionale ed onesta sulla tua preparazione e attribuisce un valore a C_i che vada da 0 a 1 esclusi gli estremi.

0.7

0.33

0.9

0.5

quale dei seguenti esperimenti concettuali pensi fornisca una conferma o confutazione maggiore?

Un cambio di frequenza 9 studenti

Un cambio di distanza 6 studenti

Un caso limite: la perfetta sovrapposizione spaziale dei due altoparlanti 0 studenti

Un cambio di frequenza 1 studente

Un cambio di distanza 3 studenti

Un caso limite: la perfetta sovrapposizione spaziale dei due altoparlanti 14 studenti

(classe tradizionale)

(classe sc. app.)

Un caso limite: L'interferenza è dovuta alla differenza di cammino. Nel caso limite in cui i due altoparlanti sono perfettamente sovrapposti l'uno all'altro e coincidono nello stesso punto dello spazio (condizione non fisicamente realizzabile), non dovrebbe esserci differenza di cammino, rendendo dunque impossibile la presenza di interferenza. traducendo:

SE il mio metodo risolutivo è corretto, E sovrappongo perfettamente e idealmente i due altoparlanti ALLORA mi aspetto che la condizione di interferenza non si possa verificare

E svolgendo i calcoli trovo:
 $|d_a - d_b| = 0m$ diverso da $\frac{\lambda}{2} = 2,00m$ quindi NON ho interferenza, come atteso. DI CONSEGUENZA posso affermare di aver ottenuto una nuova conferma... (Attribuire di conseguenza un valore a R)

debole 1 studente

sostanziale 4 studenti

importante 6 studenti

molto importante 2 studenti

90

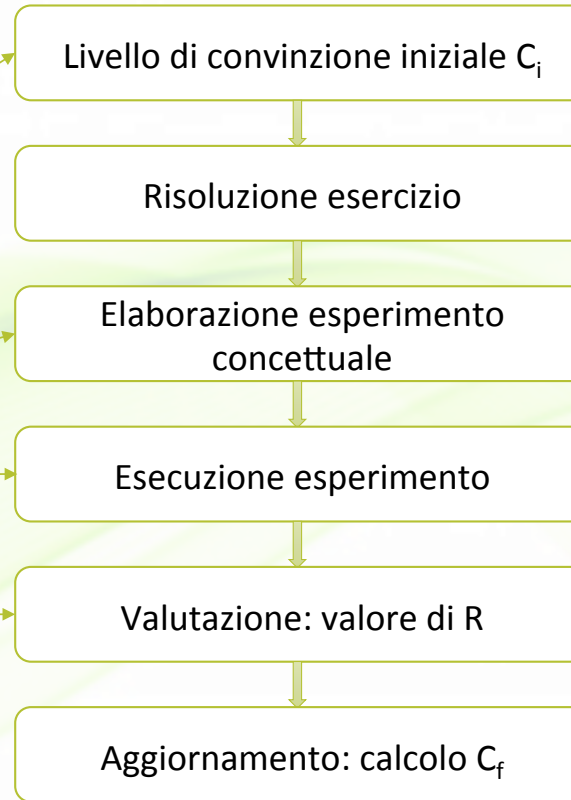
20

3

R = 8

R = 5

R = 3



Quanto sono convinto di saper risolvere questo problema?

0,40	0,9
0,55	0,9999
0,20	0,998
0,4	0,9994
0,3	0,65
0,7	0,96
0,4	0,997

C_i C_f

Registro l'aumento o la diminuzione nella mia convinzione di saper risolvere il problema.

Rielaborazione esperienza – verifica diretta



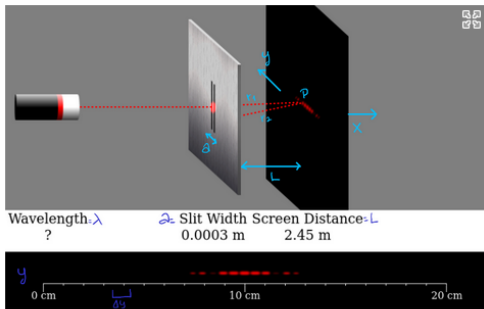
Andando su ebay decidi di comprare un kit composto da 3 laser, rosso, verde e blu.

Per svolgere alcuni esperimenti di ottica, ti interessa sapere quale sia l'esatta lunghezza d'onda di quello rosso ed il rivenditore sostiene che questa sia $\lambda = 700\text{nm}$

Ma ammette anche di aver perso il libretto di istruzioni e di non poterlo quindi affermare con certezza. Come per la macchinina, testiamo ora questa ipotesi:

La lunghezza d'onda del laser rosso è 700nm.

Qual è il tuo livello di confidenza iniziale? danne una motivazione.
Ci?



Consideriamo come miglior stimatore della grandezza cercata la media delle precedenti misurazioni.

$\lambda_{\text{rosso}} = ?$

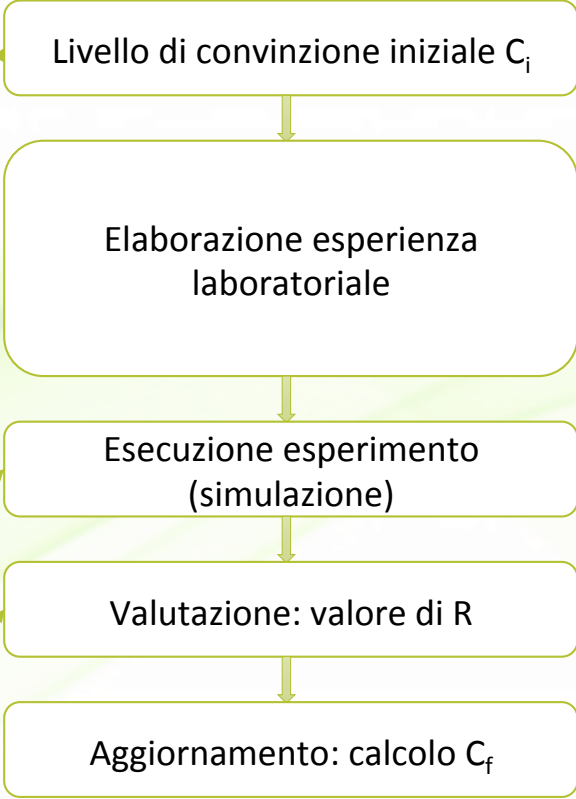
Prova ad eseguire correttamente le misure per ottenere la lunghezza d'onda. (Si ricorda che il Massimo ed i minimi centrali sono di ordine 0, $m = 0$)

Delta_y(m)	a(m)	L(m)	m1-m2	lunghezza d'onda (nm)
	0.00025			
	0.00025			
	0.00025			

Che tipo di Risultato hai ottenuto? stabilisci un valore di R ed esegui l'update bayesiano.

$$C_f = \frac{C_i \cdot R}{C_i \cdot R + 1 - C_i} = ?$$

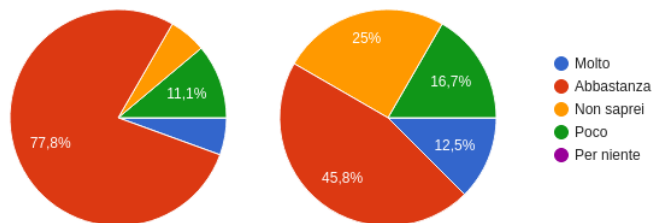
(Inserisci prima Ci, poi R, poi Cf)



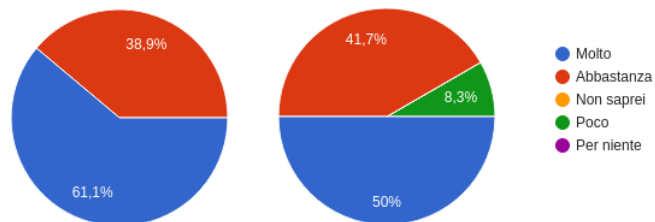
Registro l'aumento o la diminuzione nella convinzione che ripongo nell'ipotesi.

Questionario attività

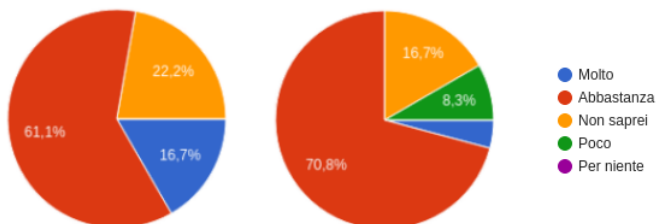
Pensi che aver appreso una strategia per il controllo dei propri metodi risolutivi sia stato per te utile?



Quanto pensi sia importante la capacità di valutare autonomamente il proprio elaborato?



Ritieni che lo strumento fornito sia efficace nell'autovalutazione dei propri progressi?



(classa tradizionale) (classe sc. app.)

IMPATTO
METACOGNITIVO

Prospettive future

