

Physics Education

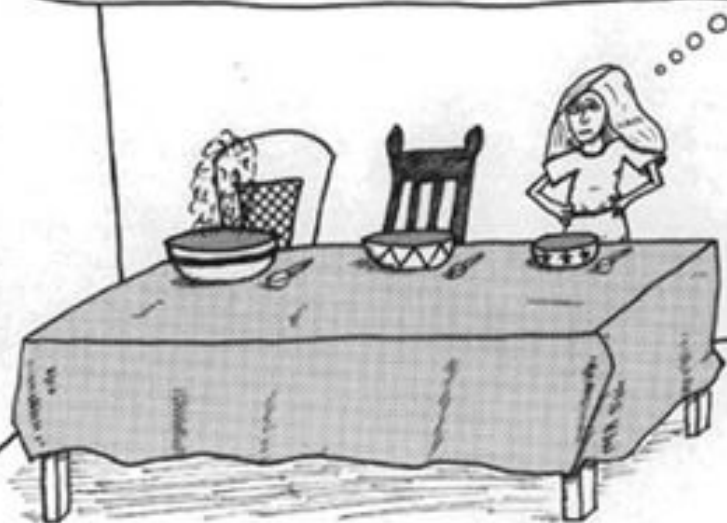
Laboratory

Lecture 11

**Content Knowledge for
Thermodynamics**

Francesco Longo - 27/10/25

BIG BOWL: TOO HOT. MEDIUM BOWL: TOO COLD. SMALL BOWL: JUST RIGHT. THIS GOES AGAINST ALL OF THE THERMODYNAMICS I EVER LEARNED!

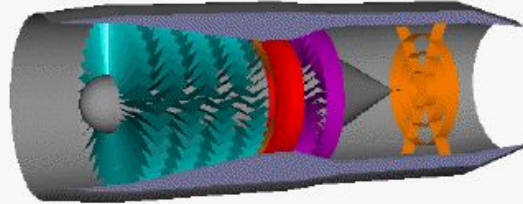


Key concepts in thermodynamics



What is Thermodynamics?

Glenn
Research
Center



Thermodynamics is the study of the effects of work, heat, and energy on a system. Thermodynamics is only concerned with large scale observations.

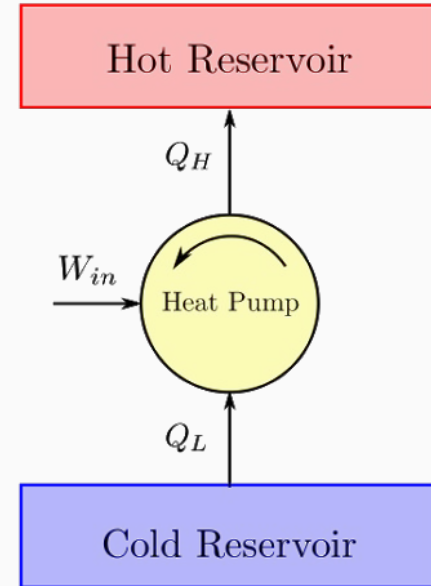
Zeroth Law: Thermodynamic Equilibrium and Temperature

First Law: Work, Heat, and Energy

Second Law: Entropy

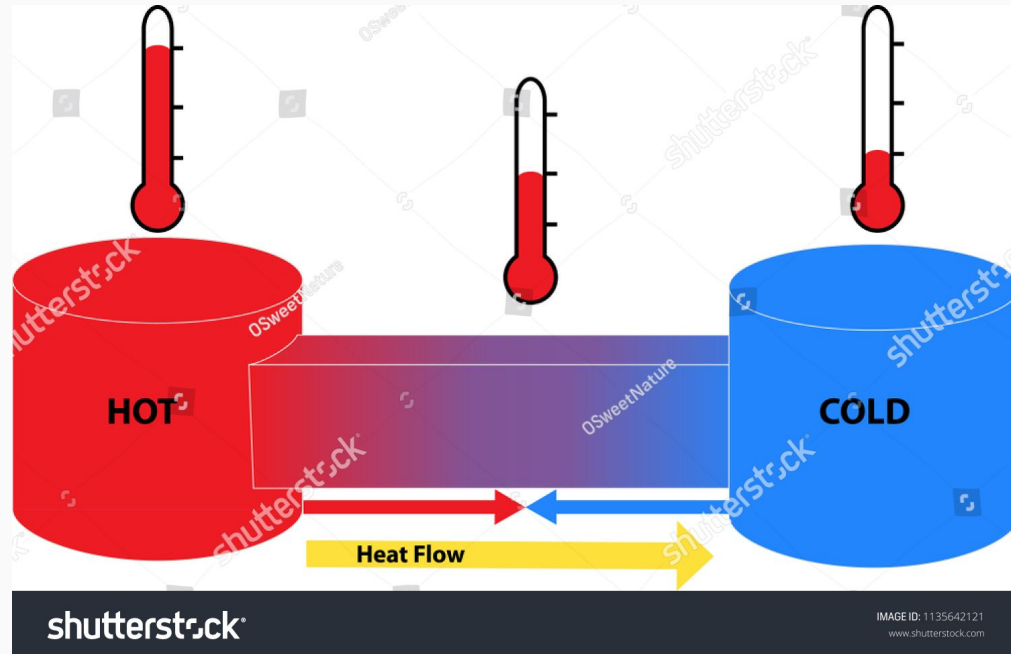
Key concepts in thermodynamics

- Temperature
- Thermodynamic state
- Thermodynamic Equilibrium
- State changes - Latent heat
- Heat - Heat exchange
- Work
- Internal energy
- Laws of gases - pV plane
- Reversibility / irreversibility
- Entropy



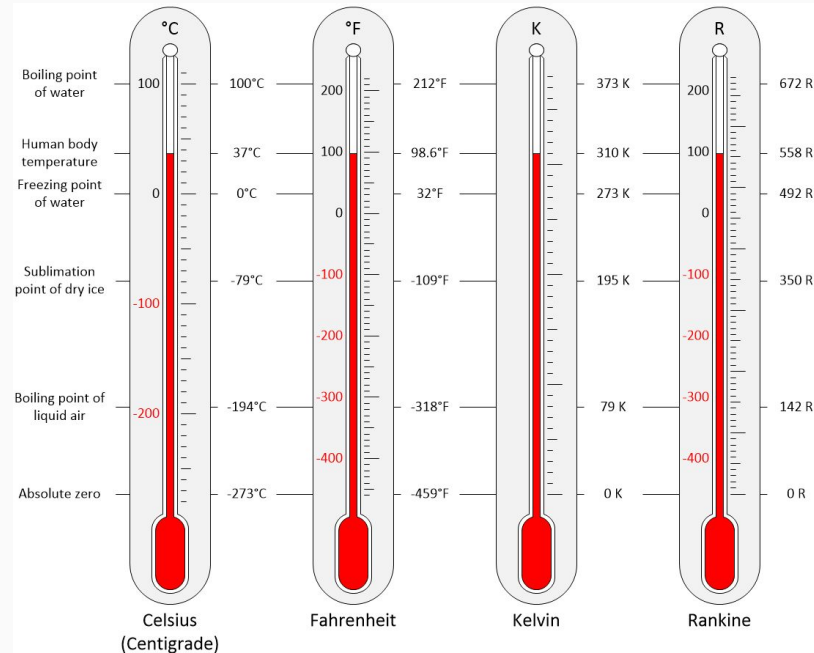
Key concepts in thermodynamics

- Temperature
- Hot vs Cold



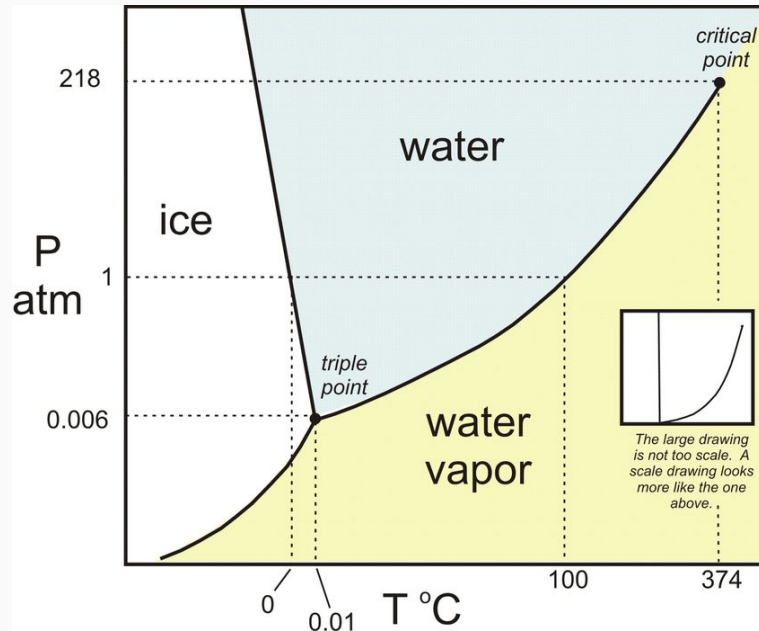
Key concepts in thermodynamics

- Temperature scales



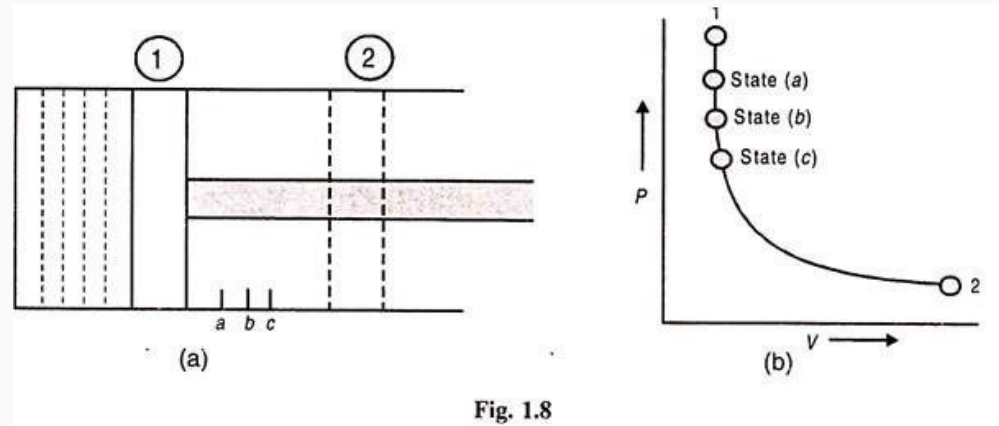
Key concepts in thermodynamics

- State transitions
- Latent heat



Key concepts in thermodynamics

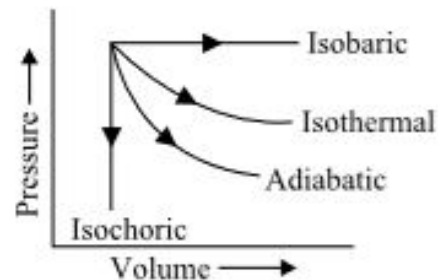
- Reversibility / irreversibility
- pV plane
- quasi-static phenomena



Key concepts in thermodynamics

- Processes in pV plane

Graphical Representation of Various Thermodynamic Processes



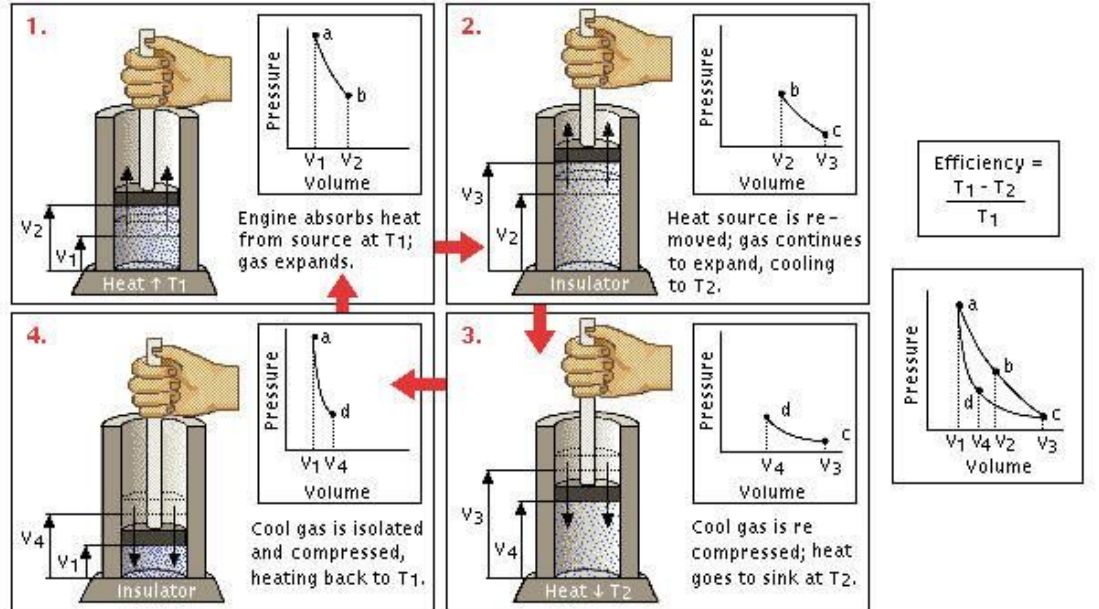
Thermodynamic process

- (i) If $dq = 0$, process is adiabatic.
- (ii) If $dT = 0$, the process is isothermal.
- (iii) If $dV = 0$, process is isochoric.
- (iv) If $dP = 0$, process is isobaric.



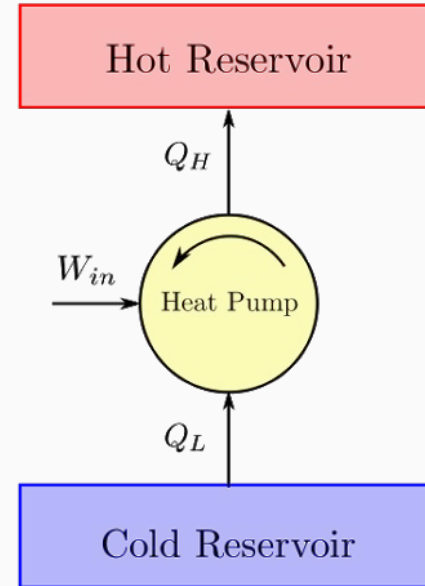
Key concepts in thermodynamics

- Thermodynamic cycles



Key concepts in thermodynamics

- Thermodynamics machines



Key concepts in thermodynamics

- Entropy as state variable
- Universe, System
- Closed or Open Systems
- Increase/Decrease of order

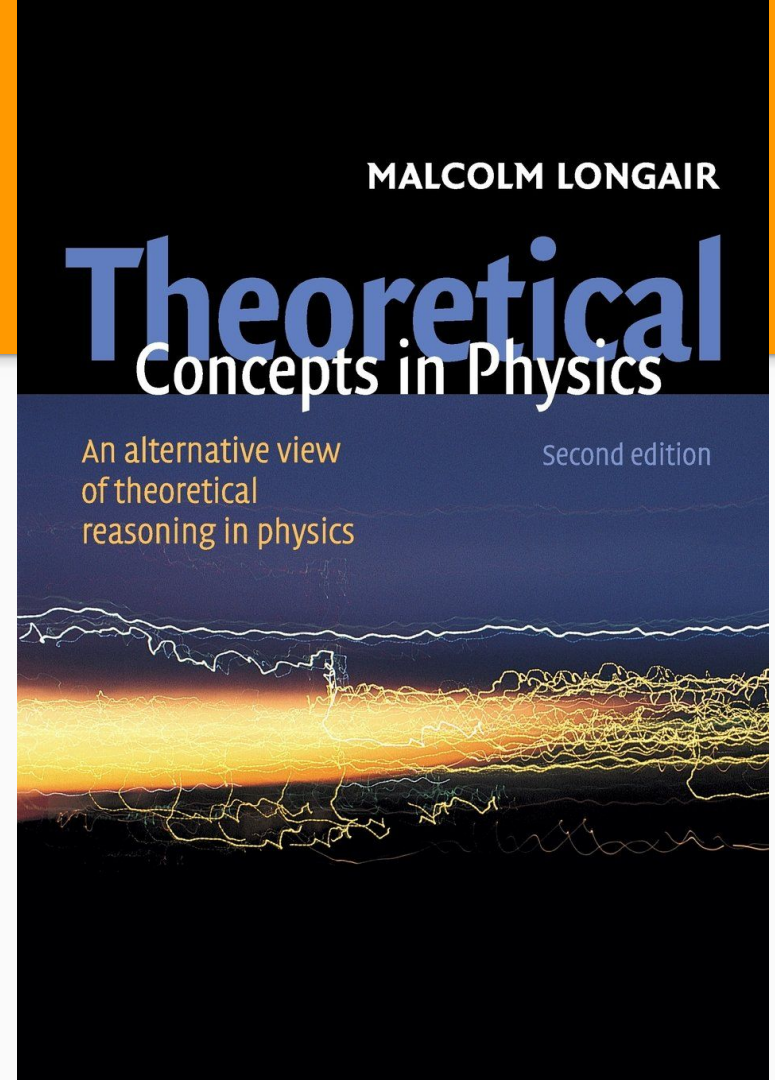
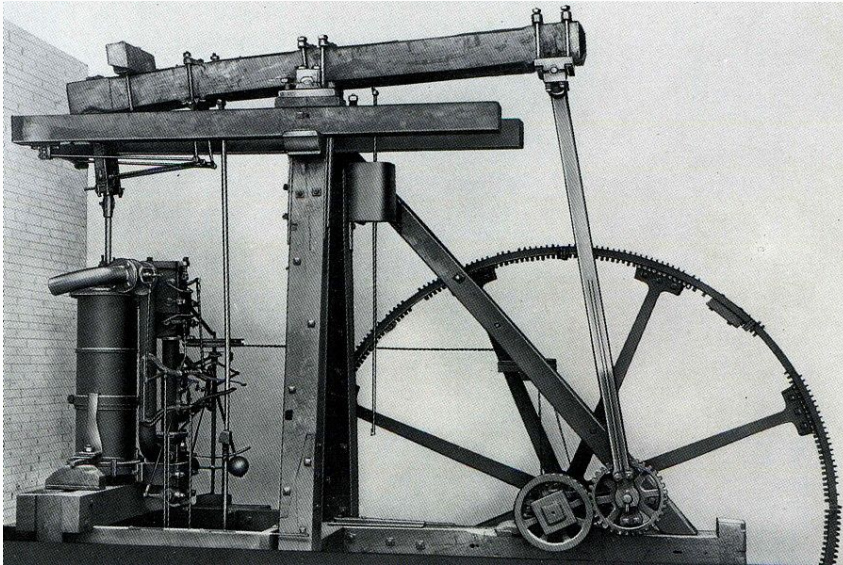
$$\Delta S = S_f - S_i = \int \frac{dq_{rev}}{T}$$



This is why we don't teach our children about entropy until much later...

Knowledge of curricula

- Link to cultural needs ...



Misconceptions

- Open vs. closed systems
- Evaluation of properties
- State concept
- Transient vs. steady state
- Realizing entropy is a thermodynamic property
- Reversibility
- Correct application of process equations vs. rate equations

Misconception - examples

Students find it counter-intuitive that temperature can increase when there is no heat transfer into a closed system. This occurs when there is a work transfer into an adiabatic system. The work transfer causes an increase in the internal energy, and the internal energy of a single phase substance is dependent on temperature, so it increases. There appears to be no easy way to teach these concepts such that students easily grasp this subtly other than being explicit in highlighting when the anticipated intuition of the student will lead the student toward an incorrect response.

Misconception - examples

It is counter-intuitive to students that no work is done by a gas trapped in a piston-cylinder apparatus when the position of the piston doesn't change yet pressure does change. Students need to grasp the concept that boundary work is always zero when there is no change in volume of a closed system. This is analogous to determining the work done by a person pushing with increasing force on an immovable wall. No work is done on the wall because it doesn't move.

Investigative Science Learning Environment (ISLE approach)



by G. Planinsek and L. L. H. (2020)

SE IL proprietario E'1). E IO lo contatto a Gennaio per il mio matrimonio, ma mi sposo a giugno ALLORA al primo incontro ha un certo fisico, mentre il giorno del mio matrimonio è più in forma e come foto profile ha una foto con moglie e figlio

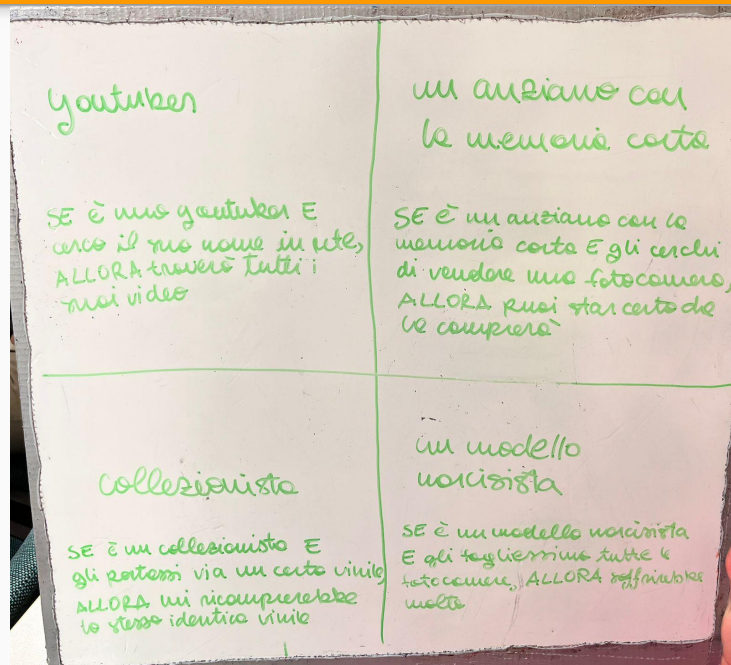
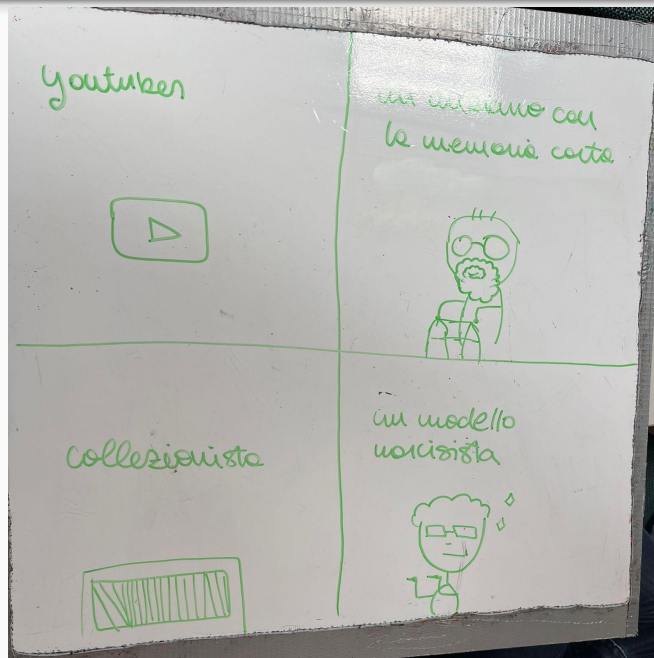
Se il proprietario è un mago e lo faccio arrabbiare ALLORA lui mi trasformerà in macchina fotografica e mi affiancherà un gomito di lana (lavoro all'uncinetto)

Se fosse un paparazzo ed essendo io una persona famosa mi venisse regalato un peluche allora mi aspetterei che parti private della mia vita venissero divulgate

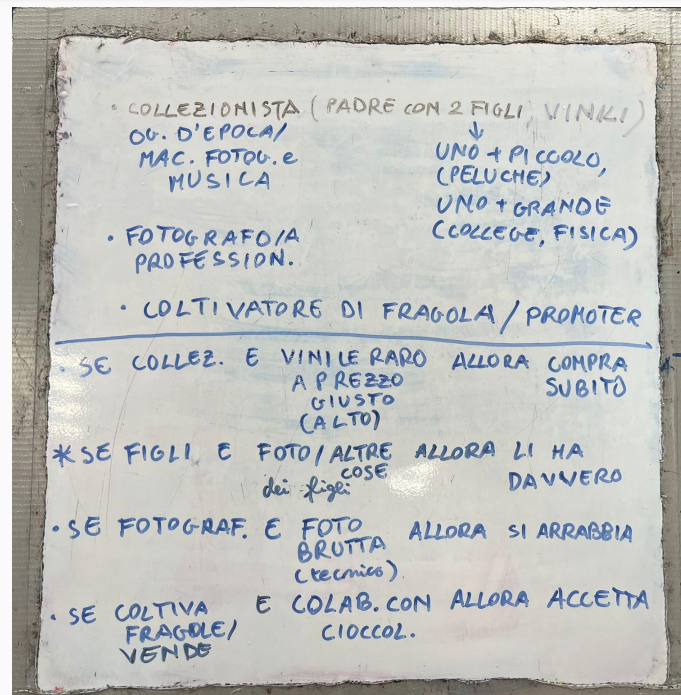
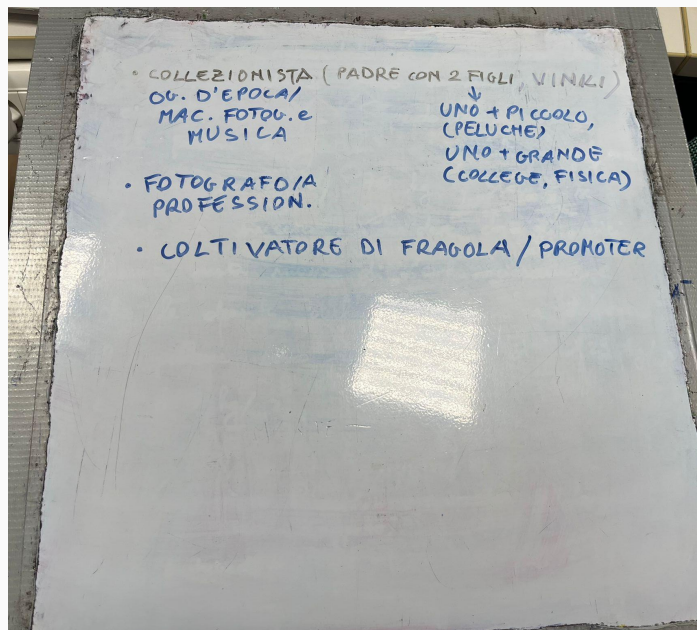
se il possessore dellamacchina è un elfo allora se mi recassi in Lapponia prima di Natale potrei scegliere la macchina fotografica migliore

Se il proprietario fosse lo studente di scienze multimediali e qualcuno gli rubasse tutte le fotocamere non riuscirebbe a laurearsi nei tempi che si era previsto

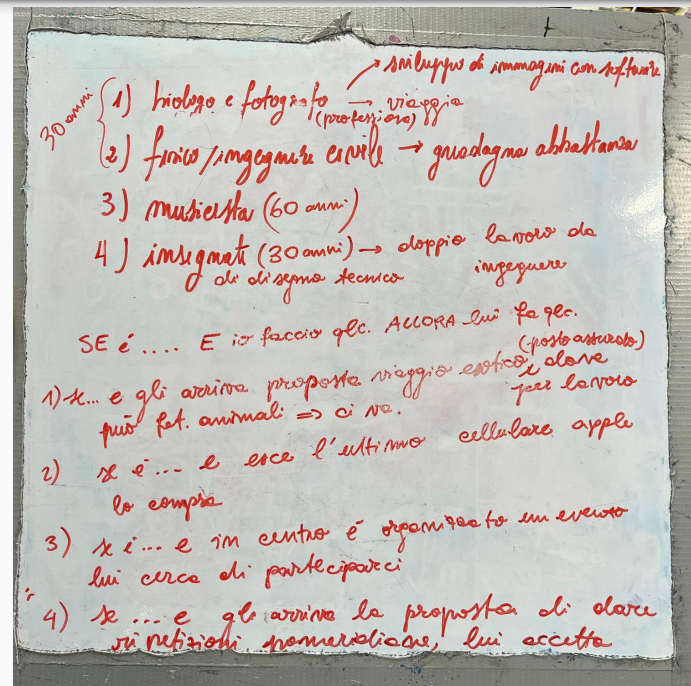
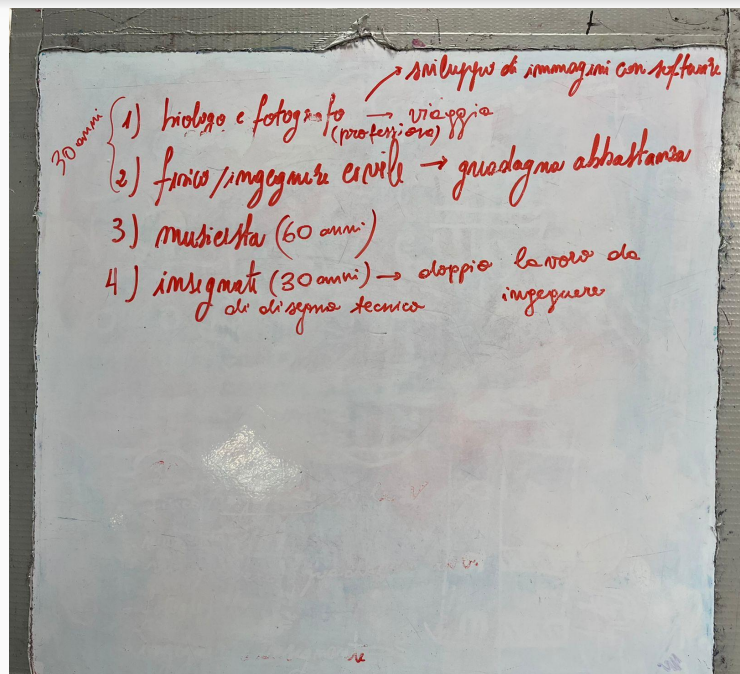
ISLE - Laboratory 1



ISLE - Laboratory 1



ISLE - Laboratory 1



ISLE - Laboratory 1

- 1) Insegnante di fisica (libro) appassionato di giardinaggio (per piante), in particolare coltiva molte fragole (pupozze)
- 2) Regista che sta girando un video per far capire che l'introduzione delle tecnologie nell'ambiente domestico ci può controllare
- 3) Ragazzo con la passione per la serena e la musica che nel tempo libero si dedica alla fotografia e al montaggio di video
- 4) Operatore di national geographic laureato in fisica

- 1) Se è insegnante di fisica e appassionato di giardinaggio allora verrà alla presentazione di fluidodinamica dei sistemi per arraffare efficientemente a cui è stata invitata
- 2) Se è un regista e gli viene proposto di pubblicare il suo video con un'alta retribuzione allora accetterà
- 3) Se si dedica alla fotografia e già chiesto se ha animali domestici allora mi mostrerà le foto più belle che ha con loro.
- 4) Se è un operatore di national geographic e lo invito allo zoo allora mi spiegherà che è contrario all'idea

As teachers, how do we create an environment in which students can discover and learn physics for themselves - to own it, so to speak?

ISLE approach involves students' development of their own ideas by

- Observing phenomena and looking for patterns,
- Developing explanations for these patterns,
- Using these explanations to make predictions about the outcomes of testing experiments,
- Deciding if the outcomes of the testing experiments are consistent with the predictions,
- Revising the explanations if necessary,
- Encouraging students to represent physical processes in multiple ways.

The combination of these features is applied to every conceptual unit in the ISLE learning system, thus helping them develop productive representations for qualitative reasoning and for problem solving.

The ISLE Game

ISLE is a game that models the process by which physicists create their knowledge.

The key to what makes it non-threatening is that it is like a mystery investigation.

Students construct physics concepts and develop science process abilities emulating the processes that physicists use to construct knowledge.

The steps of the ISLE cycle proceed as follows:

1. Students come upon some interesting physical phenomenon that needs explaining.
2. Students gather data about the phenomenon, identify interesting patterns and come up with multiple mechanistic explanations for why the phenomenon is happening.
We say “come up with any crazy idea that could explain this” because we DO NOT want students to feel deeply emotionally attached to their ideas.
3. They then test their explanations by conducting one or more testing experiments.

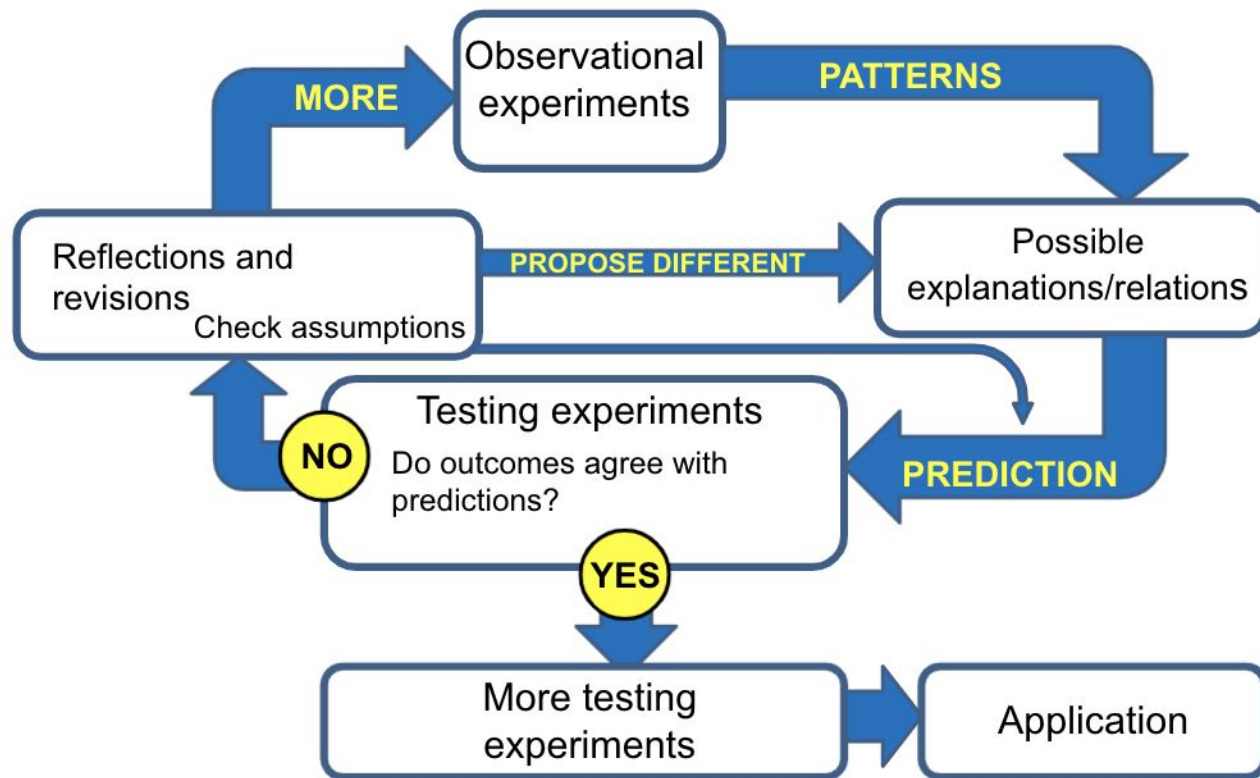
The primary goal is to eliminate explanations rather than “prove” them.

This is key to the non-threatening nature of the process. In ISLE, “predicting” means saying what would be the outcome of the testing experiment if a particular hypothesis were true. Ideas that are not eliminated are kept and re-tested with further experimentation.

Finally students apply the ideas they have established to solve real-world problems.

The cycle repeats twice, first qualitatively, then quantitatively.

Investigative Science Learning Environment - ISLE cycle





Video plays
15-times faster

© G. Planinsic and E. Etkina (2020)

Dell'acqua viene versata in un bicchiere, il vetro si appanna e si formano goccioline d'acqua sulla parete esterna, l'acqua si muoveva un po' sulla sua superficie, con il passare del tempo le goccioline diventano sempre più grandi fino a colare.

IPOTESI 1: l'acqua raggiunge la superficie esterna passando attraverso il vetro.

VERIFICA 1: se chiudessimo il bicchiere e segnassimo il livello dell'acqua con un pennarello, dopo un certo intervallo di tempo il livello dovrebbe essere sceso.

IPOTESI 2: l'acqua è responsabile dello scioglimento del vetro, quindi le goccioline che si vedono esternamente non sono d'acqua ma sono di vetro sciolto

VERIFICA 2: misuro prima e dopo lo spessore del bicchiere e mi aspetto che sia diminuito

IPOTESI 3: il vetro attira l'acqua, quindi le gocce provengono dall'ambiente esterno

VERIFICA 3: in un ambiente chiuso, senza fonti d'acqua, il fenomeno non si verifica (non si creano le gocce sul vetro)

osserviamo un bicchiere che contiene dell'acqua, inizialmente lo vediamo opaco poi piano piano la superficie esterna diventa trasparente e iniziano a formarsi delle goccioline sull'esterno del bicchiere. Il fenomeno è dovuto alla presenza di due sistemi che si scambiano calore.

ipotesi 1: le goccioline d'acqua all'esterno del bicchiere sono dovute al fatto che, a causa della calda temperatura esterna, l'acqua all'interno del bicchiere oltrepassa la superficie del bicchiere di vetro. Se cambiassimo materiale del bicchiere questo fenomeno non accadrebbe

Ipotesi 2: L'ambiente esterno, più caldo dell'acqua all'interno del bicchiere, causa la deposizione di gocce d'acqua sulla superficie del bicchiere, se isolassimo il bicchiere questa cosa non dovrebbe accadere

Descrizione del fenomeno: dell'acqua viene versata in un bicchiere e si osserva la formazione di goccioline sulla superficie esterna del bicchiere (il video viene accelerato)

Ipotesi:

- degli schizzi di acqua sono finiti sul bicchiere
- le goccioline in qualche modo attraversano il bicchiere
- è stato acceso l'impianto di irrigazione del giardino che ha bagnato il bicchiere

Verifica:

- se la causa sono gli schizzi finiti sul bicchiere la persona che versa dovrà fare più attenzione, ripetendo il versamento
- se la causa è la porosità del materiale ,uso lo stesso materiale per le mie finestre e verifico che quando piove l'acqua non passi attraverso
- se la causa fosse l'impianto di irrigazione allora dovrei verificare che gli oggetti circostanti siano bagnati

Osservazione: viene versata dell'acqua in un bicchiere e il video viene accelerato, nel frattempo si vedono delle gocce sulle pareti esterne del bicchiere. Il livello dell'acqua rimane invariato.

Prima ipotesi: se la superficie del bicchiere fosse permeabile.
Verifica: se mettessimo del liquido colorato, lo dovremmo vedere anche sulla parete esterna.

Seconda ipotesi: se il materiale del bicchiere a contatto con l'acqua secerne delle gocce.
Verifica: riempiamo il bicchiere di olio e verifichiamo se le gocce sono presenti.

© G. Planinsic and E. Etkina (2020)



TESTING EXPERIMENT

<https://www.youtube.com/watch?v=x6bNApNaeQA>