

Cosa c'entra la fisica con la pasta al pomodoro?

Simone Zuccher

E-mail: zuccher@sci.univr.it

Web page: <http://profs.sci.univr.it/~zuccher/>

Liceo Scientifico "E. Medi" e
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali – Università di Verona

Conferenze per i genitori degli studenti e non
21 Aprile 2009

Obiettivo



...un buon (e bel) piatto di spaghetti al pomodoro

Agenda

- 1 La ricetta
- 2 Sugo
- 3 Ebollizione dell'acqua
- 4 Rottura dello spaghetti
- 5 Cottura
- 6 Conclusioni

Agenda

- 1 La ricetta
- 2 Sugo
- 3 Ebollizione dell'acqua
- 4 Rottura dello spaghetti
- 5 Cottura
- 6 Conclusioni

Agenda

- 1 La ricetta
- 2 Sugo
- 3 **Ebollizione dell'acqua**
- 4 Rottura dello spaghetti
- 5 Cottura
- 6 Conclusioni

Agenda

- 1 La ricetta
- 2 Sugo
- 3 Ebollizione dell'acqua
- 4 Rottura dello spaghetti
- 5 Cottura
- 6 Conclusioni

Agenda

- 1 La ricetta
- 2 Sugo
- 3 Ebollizione dell'acqua
- 4 Rottura dello spaghetti
- 5 Cottura
- 6 Conclusioni

Agenda

- 1 La ricetta
- 2 Sugo
- 3 Ebollizione dell'acqua
- 4 Rottura dello spaghetti
- 5 Cottura
- 6 Conclusioni

Ricetta per 4 persone

Ingredienti: 400 g spaghetti; 1 cipolla media; un cucchiaio d'olio; 4 pomodori maturi; 1 ciuffo di basilico.

Ricetta: Mettere a bollire abbondante acqua in una pentola capace. Lavare e tagliare grossolanamente i pomodori. Tagliare a fettine sottili la cipolla e metterla a soffriggere con l'olio in una padella. Quando è leggermente dorata aggiungere i pomodori e aggiustare di sale. Lasciar cuocere il sugo per almeno 10 minuti, alla fine aggiungere qualche foglia di basilico. Quando l'acqua bolle, salarla e versare gli spaghetti. Mescolali subito per un minuto e farlo ripetutamente perché durante la cottura tendono ad attaccarsi. Verificare la cottura assaggiando la pasta, indipendentemente dai tempi consigliati. Dopo aver scolato gli spaghetti condirli con il sugo e qualche foglia di basilico fresco.

Ricetta per 4 persone

Ingredienti: 400 g spaghetti; 1 cipolla media; un cucchiaio d'olio; 4 pomodori maturi; 1 ciuffo di basilico.

Ricetta: Mettere a bollire abbondante acqua in una pentola capace. Lavare e tagliare grossolanamente i pomodori. Tagliare a fettine sottili la cipolla e metterla a soffrigere con l'olio in una padella. Quando è leggermente dorata aggiungere i pomodori e aggiustare di sale. Lasciar cuocere il sugo per almeno 10 minuti, alla fine aggiungere qualche foglia di basilico. Quando l'acqua bolle, salarla e versare gli spaghetti. Mescolali subito per un minuto e farlo ripetutamente perché durante la cottura tendono ad attaccarsi. Verificare la cottura assaggiando la pasta, indipendentemente dai tempi consigliati. Dopo aver scolato gli spaghetti condirli con il sugo e qualche foglia di basilico fresco.

Cosa succede scaldando l'olio?



L'olio è un fluido...

Caratteristiche dei fluidi:

- 1 **Densità**, $\rho = \frac{m}{V}$, rapporto tra massa e volume di un corpo
- 2 **Viscosità** μ , misura il grado di difficoltà che si incontra quando si tenta di *deformare* un fluido (resistenza allo scorrimento).

I fluidi sono sia liquidi (olio, acqua) che aeriformi (aria): come variano densità e viscosità con la temperatura?

Al crescere della temperatura:

- 1 **Liquidi**: densità diminuisce; viscosità diminuisce;
- 2 **Gas**: densità diminuisce; viscosità aumenta;

Esperimento a casa e implicazioni sul controllo dello strato limite: differenza tra sommergibile e aereo.

L'olio è un fluido...

Caratteristiche dei fluidi:

- 1 **Densità**, $\rho = \frac{m}{V}$, rapporto tra massa e volume di un corpo
- 2 **Viscosità** μ , misura il grado di difficoltà che si incontra quando si tenta di *deformare* un fluido (resistenza allo scorrimento).

I fluidi sono sia liquidi (olio, acqua) che aeriformi (aria): come variano densità e viscosità con la temperatura?

Al crescere della temperatura:

- 1 **Liquidi**: densità diminuisce; viscosità diminuisce;
- 2 **Gas**: densità diminuisce; viscosità aumenta;

Esperimento a casa e implicazioni sul controllo dello strato limite: differenza tra sommergibile e aereo.

L'olio è un fluido...

Caratteristiche dei fluidi:

- 1 **Densità**, $\rho = \frac{m}{V}$, rapporto tra massa e volume di un corpo
- 2 **Viscosità** μ , misura il grado di difficoltà che si incontra quando si tenta di *deformare* un fluido (resistenza allo scorrimento).

I fluidi sono sia liquidi (olio, acqua) che aeriformi (aria): come variano densità e viscosità con la temperatura?

Al crescere della temperatura:

- 1 **Liquidi**: densità diminuisce; viscosità diminuisce;
- 2 **Gas**: densità diminuisce; viscosità aumenta;

Esperimento a casa e implicazioni sul controllo dello strato limite: differenza tra sommergibile e aereo.

L'olio è un fluido...

Caratteristiche dei fluidi:

- 1 **Densità**, $\rho = \frac{m}{V}$, rapporto tra massa e volume di un corpo
- 2 **Viscosità** μ , misura il grado di difficoltà che si incontra quando si tenta di *deformare* un fluido (resistenza allo scorrimento).

I fluidi sono sia liquidi (olio, acqua) che aeriformi (aria): come variano densità e viscosità con la temperatura?

Al crescere della temperatura:

- 1 **Liquidi**: densità diminuisce; viscosità diminuisce;
- 2 **Gas**: densità diminuisce; viscosità aumenta;

Esperimento a casa e implicazioni sul controllo dello strato limite: differenza tra sommergibile e aereo.

L'olio è un fluido...

Caratteristiche dei fluidi:

- 1 **Densità**, $\rho = \frac{m}{V}$, rapporto tra massa e volume di un corpo
- 2 **Viscosità** μ , misura il grado di difficoltà che si incontra quando si tenta di *deformare* un fluido (resistenza allo scorrimento).

I fluidi sono sia liquidi (olio, acqua) che aeriformi (aria): come variano densità e viscosità con la temperatura?

Al crescere della temperatura:

- 1 **Liquidi**: densità diminuisce; viscosità diminuisce;
- 2 **Gas**: densità diminuisce; viscosità aumenta;

Esperimento a casa e implicazioni sul controllo dello strato limite: differenza tra sommergibile e aereo.

L'olio è un fluido...

Caratteristiche dei fluidi:

- 1 **Densità**, $\rho = \frac{m}{V}$, rapporto tra massa e volume di un corpo
- 2 **Viscosità** μ , misura il grado di difficoltà che si incontra quando si tenta di *deformare* un fluido (resistenza allo scorrimento).

I fluidi sono sia liquidi (olio, acqua) che aeriformi (aria): come variano densità e viscosità con la temperatura?

Al crescere della temperatura:

- 1 **Liquidi**: densità diminuisce; viscosità diminuisce;
- 2 **Gas**: densità diminuisce; viscosità aumenta;

Esperimento a casa e implicazioni sul controllo dello strato limite: differenza tra sommergibile e aereo.

L'olio è un fluido...

Caratteristiche dei fluidi:

- 1 **Densità**, $\rho = \frac{m}{V}$, rapporto tra massa e volume di un corpo
- 2 **Viscosità** μ , misura il grado di difficoltà che si incontra quando si tenta di *deformare* un fluido (resistenza allo scorrimento).

I fluidi sono sia liquidi (olio, acqua) che aeriformi (aria): come variano densità e viscosità con la temperatura?

Al crescere della temperatura:

- 1 **Liquidi**: densità diminuisce; viscosità diminuisce;
- 2 **Gas**: densità diminuisce; viscosità aumenta;

Esperimento a casa e implicazioni sul controllo dello strato limite: differenza tra sommergibile e aereo.

L'olio è un fluido...

Caratteristiche dei fluidi:

- 1 **Densità**, $\rho = \frac{m}{V}$, rapporto tra massa e volume di un corpo
- 2 **Viscosità** μ , misura il grado di difficoltà che si incontra quando si tenta di *deformare* un fluido (resistenza allo scorrimento).

I fluidi sono sia liquidi (olio, acqua) che aeriformi (aria): come variano densità e viscosità con la temperatura?

Al crescere della temperatura:

- 1 **Liquidi**: densità diminuisce; viscosità diminuisce;
- 2 **Gas**: densità diminuisce; viscosità aumenta;

Esperimento a casa e implicazioni sul controllo dello strato limite: differenza tra sommergibile e aereo.

E se scaldiamo troppo l'olio? Bolle?

- Quando si frigge (o soffigge) meglio avere **olio molto caldo**, ma non troppo: si forma uno strato protettivo esterno croccante (zuccheri caramellati e proteine denaturate)
- Se l'olio si scalda troppo raggiunge il **punto di fumo**: odore nauseante, cucina invasa dal fumo, strato appiccicoso. Olio extravergine: 190° C; vergine: > 200° C.
- Se riscaldato ulteriormente l'olio diventa infiammabile (**flash point**), ma se si toglie dal fuoco smette di bruciare.
- L'**ebollizione** avviene a circa 300° C. Per raggiungerla bisognerebbe aumentare la temperatura ma meglio non farlo in cucina perché prima arrivano i **vigili del fuoco!!!**

Quindi, un buon olio per frittura ha un **punto di fumo molto alto** (al massimo si arriva intorno a 240° C per l'olio di canola)

E se scaldiamo troppo l'olio? Bolle?

- Quando si frigge (o soffigge) meglio avere **olio molto caldo**, ma non troppo: si forma uno strato protettivo esterno croccante (zuccheri caramellati e proteine denaturate)
- Se l'olio si scalda troppo raggiunge il **punto di fumo**: odore nauseante, cucina invasa dal fumo, strato appiccicoso. Olio extravergine: 190° C; vergine: > 200° C.
- Se riscaldato ulteriormente l'olio diventa infiammabile (*flash point*), ma se si toglie dal fuoco smette di bruciare.
- L'**ebollizione** avviene a circa 300° C. Per raggiungerla bisognerebbe aumentare la temperatura ma meglio non farlo in cucina perché prima arrivano i **vigili del fuoco!!!**

Quindi, un buon olio per frittura ha un **punto di fumo molto alto** (al massimo si arriva intorno a 240° C per l'olio di canola)

E se scaldiamo troppo l'olio? Bolle?

- Quando si frigge (o soffigge) meglio avere **olio molto caldo**, ma non troppo: si forma uno strato protettivo esterno croccante (zuccheri caramellati e proteine denaturate)
- Se l'olio si scalda troppo raggiunge il **punto di fumo**: odore nauseante, cucina invasa dal fumo, strato appiccicoso. Olio extravergine: 190° C; vergine: > 200° C.
- Se riscaldato ulteriormente l'olio diventa infiammabile (**flash point**), ma se si toglie dal fuoco smette di bruciare.
- L'**ebollizione** avviene a circa 300° C. Per raggiungerla bisognerebbe aumentare la temperatura ma meglio non farlo in cucina perché prima arrivano i **vigili del fuoco!!!**

Quindi, un buon olio per frittura ha un **punto di fumo molto alto** (al massimo si arriva intorno a 240° C per l'olio di canola)

E se scaldiamo troppo l'olio? Bolle?

- Quando si frigge (o soffigge) meglio avere **olio molto caldo**, ma non troppo: si forma uno strato protettivo esterno croccante (zuccheri caramellati e proteine denaturate)
- Se l'olio si scalda troppo raggiunge il **punto di fumo**: odore nauseante, cucina invasa dal fumo, strato appiccicoso. Olio extravergine: 190° C; vergine: > 200° C.
- Se riscaldato ulteriormente l'olio diventa infiammabile (**flash point**), ma se si toglie dal fuoco smette di bruciare.
- L'**ebollizione** avviene a circa 300° C. Per raggiungerla bisognerebbe aumentare la temperatura ma meglio non farlo in cucina perché prima arrivano i **vigili del fuoco!!!**

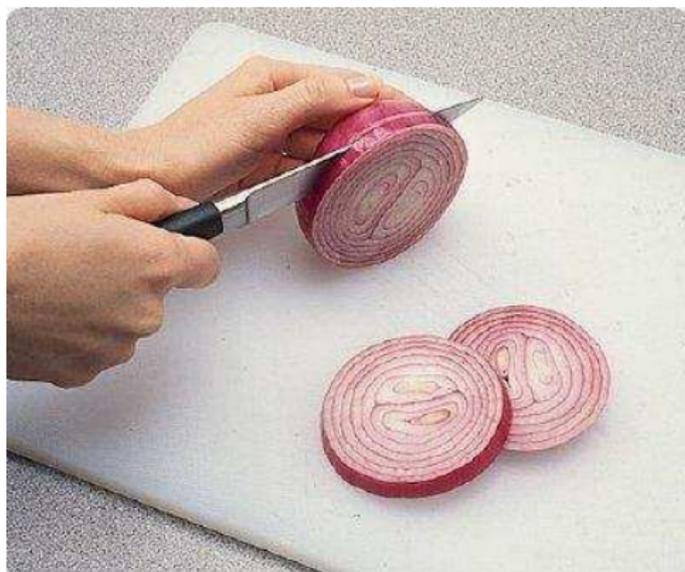
Quindi, un buon olio per frittura ha un **punto di fumo molto alto** (al massimo si arriva intorno a 240° C per l'olio di canola)

E se scaldiamo troppo l'olio? Bolle?

- Quando si frigge (o soffigge) meglio avere **olio molto caldo**, ma non troppo: si forma uno strato protettivo esterno croccante (zuccheri caramellati e proteine denaturate)
- Se l'olio si scalda troppo raggiunge il **punto di fumo**: odore nauseante, cucina invasa dal fumo, strato appiccicoso. Olio extravergine: 190° C; vergine: > 200° C.
- Se riscaldato ulteriormente l'olio diventa infiammabile (**flash point**), ma se si toglie dal fuoco smette di bruciare.
- L'**ebollizione** avviene a circa 300° C. Per raggiungerla bisognerebbe aumentare la temperatura ma meglio non farlo in cucina perché prima arrivano i **vigili del fuoco!!!**

Quindi, un buon olio per frittura ha un **punto di fumo molto alto** (al massimo si arriva intorno a 240° C per l'olio di canola)

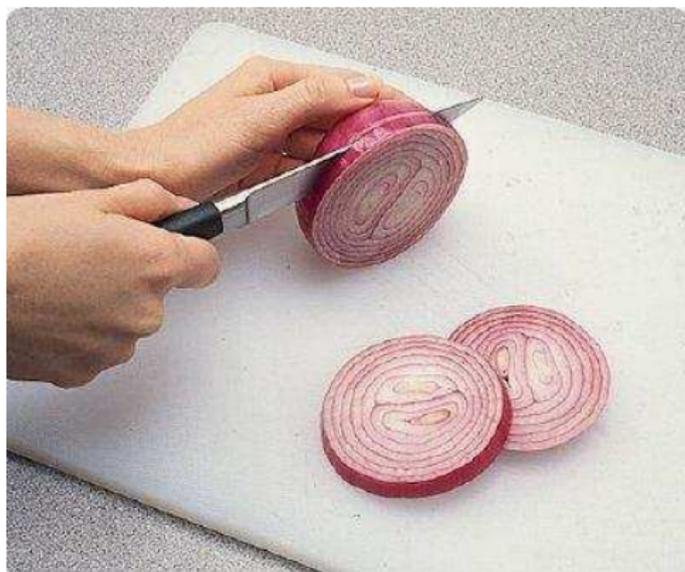
Il taglio della cipolla...



Perché se giro il **coltello dall'altra parte** non riesco a tagliare la cipolla?

Perché se tento di **piantare il mio pollice** in un pezzo di legno non ce la faccio, ma una puntina da disegno sì?

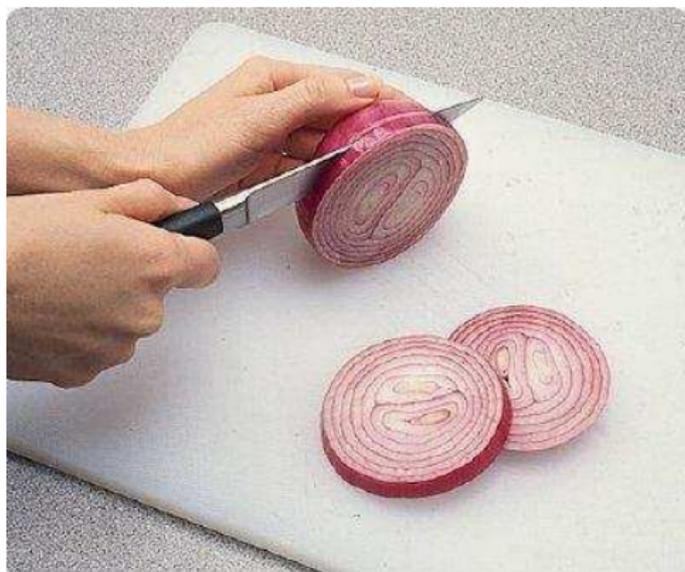
Il taglio della cipolla...



Perché se giro il **coltello dall'altra parte** non riesco a tagliare la cipolla?

Perché se tento di **piantare il mio pollice** in un pezzo di legno non ce la faccio, ma una puntina da disegno sì?

Il taglio della cipolla...



Perché se giro il **coltello dall'altra parte** non riesco a tagliare la cipolla?

Perché se tento di **piantare il mio pollice** in un pezzo di legno non ce la faccio, ma una puntina da disegno sì?

La pressione (1/2)



La pressione (2/2)

Definizione di pressione

rapporto tra forza perpendicolare alla superficie e superficie stessa.

- Perché i chiodi non si infilzano nel fachimiro?
- A parità di forza esercitata, se la superficie è piccola la pressione è alta, se la superficie è grande la pressione è bassa.
- Tanti chiodi non sono uno solo... Quindi la superficie di contatto tra il fachimiro e i chiodi è piuttosto estesa. Altri esempi: sci, racchette da neve, etc.

Quindi, il coltello taglia bene dalla **parte affilata** perché da quella parte a parità di forza esercitata dal cuoco la pressione è molto alta.

La pressione (2/2)

Definizione di pressione

rapporto tra forza perpendicolare alla superficie e superficie stessa.

- Perché i chiodi non si infilzano nel fachimiro?
- A parità di forza esercitata, se la superficie è piccola la pressione è alta, se la superficie è grande la pressione è bassa.
- Tanti chiodi non sono uno solo... Quindi la superficie di contatto tra il fachimiro e i chiodi è piuttosto estesa. Altri esempi: sci, racchette da neve, etc.

Quindi, il coltello taglia bene dalla **parte affilata** perché da quella parte a parità di forza esercitata dal cuoco la pressione è molto alta.

La pressione (2/2)

Definizione di pressione

rapporto tra forza perpendicolare alla superficie e superficie stessa.

- Perché i chiodi non si infilzano nel fachimiro?
- A parità di forza esercitata, se la superficie è piccola la pressione è alta, se la superficie è grande la pressione è bassa.
- Tanti chiodi non sono uno solo... Quindi la superficie di contatto tra il fachimiro e i chiodi è piuttosto estesa. Altri esempi: sci, racchette da neve, etc.

Quindi, il coltello taglia bene dalla **parte affilata** perché da quella parte a parità di forza esercitata dal cuoco la pressione è molto alta.

La pressione (2/2)

Definizione di pressione

rapporto tra forza perpendicolare alla superficie e superficie stessa.

- Perché i chiodi non si infilzano nel fachimiro?
- A parità di forza esercitata, se la superficie è piccola la pressione è alta, se la superficie è grande la pressione è bassa.
- Tanti chiodi non sono uno solo... Quindi la superficie di contatto tra il fachimiro e i chiodi è piuttosto estesa. Altri esempi: sci, racchette da neve, etc.

Quindi, il coltello taglia bene dalla **parte affilata** perché da quella parte a parità di forza esercitata dal cuoco la pressione è molto alta.

La pressione (2/2)

Definizione di pressione

rapporto tra forza perpendicolare alla superficie e superficie stessa.

- Perché i chiodi non si infilzano nel fachimiro?
- A parità di forza esercitata, se la superficie è piccola la pressione è alta, se la superficie è grande la pressione è bassa.
- Tanti chiodi non sono uno solo... Quindi la superficie di contatto tra il fachimiro e i chiodi è piuttosto estesa. Altri esempi: sci, racchette da neve, etc.

Quindi, il coltello taglia bene dalla **parte affilata** perché da quella parte a parità di forza esercitata dal cuoco la pressione è molto alta.

La pressione (2/2)

Definizione di pressione

rapporto tra forza perpendicolare alla superficie e superficie stessa.

- Perché i chiodi non si infilzano nel fachimiro?
- A parità di forza esercitata, se la superficie è piccola la pressione è alta, se la superficie è grande la pressione è bassa.
- Tanti chiodi non sono uno solo... Quindi la superficie di contatto tra il fachimiro e i chiodi è piuttosto estesa. Altri esempi: sci, racchette da neve, etc.

Quindi, il coltello taglia bene dalla **parte affilata** perché da quella parte a parità di forza esercitata dal cuoco la pressione è molto alta.

La pressione (2/2)

Definizione di pressione

rapporto tra forza perpendicolare alla superficie e superficie stessa.

- Perché i chiodi non si infilzano nel fachimiro?
- A parità di forza esercitata, se la superficie è piccola la pressione è alta, se la superficie è grande la pressione è bassa.
- Tanti chiodi non sono uno solo... Quindi la superficie di contatto tra il fachimiro e i chiodi è piuttosto estesa. Altri esempi: sci, racchette da neve, etc.

Quindi, il coltello taglia bene dalla **parte affilata** perché da quella parte a parità di forza esercitata dal cuoco la pressione è molto alta.

Perché la cipolla ci fa piangere?

- Gli stimoli olfattivi non c'entrano niente (**no psicologia**)
- Quando si taglia la cipolla si tagliano anche le cellule di cui è fatta. Gli **enzimi** che si liberano causano una serie di rapidissime reazioni chimiche a carico di alcuni composti a base di **zolfo** che sono volatili.
- A contatto con l'occhio bagnato si forma **acido solforico**, molto irritante.
- L'occhio reagisce aumentando il contenuto di acqua per diminuire la **concentrazione** di acido solforico: lacrime a volontà!
- **Curiosità:** si ottengono acidi di zolfo anche affettando aglio, erba cipollina e porro, ma questi non formano la stessa sostanza volatile irritante, solo un forte odore.

Perché la cipolla ci fa piangere?

- **Gli stimoli olfattivi non c'entrano niente (no psicologia)**
- Quando si taglia la cipolla si tagliano anche le cellule di cui è fatta. Gli **enzimi** che si liberano causano una serie di rapidissime reazioni chimiche a carico di alcuni composti a base di **zolfo** che sono volatili.
- A contatto con l'occhio bagnato si forma **acido solforico**, molto irritante.
- L'occhio reagisce aumentando il contenuto di acqua per diminuire la **concentrazione** di acido solforico: lacrime a volontà!
- **Curiosità:** si ottengono acidi di zolfo anche affettando aglio, erba cipollina e porro, ma questi non formano la stessa sostanza volatile irritante, solo un forte odore.

Perché la cipolla ci fa piangere?

- Gli stimoli olfattivi non c'entrano niente (**no psicologia**)
- Quando si taglia la cipolla si tagliano anche le cellule di cui è fatta. Gli **enzimi** che si liberano causano una serie di rapidissime reazioni chimiche a carico di alcuni composti a base di **zolfo** che sono volatili.
- A contatto con l'occhio bagnato si forma **acido solforico**, molto irritante.
- L'occhio reagisce aumentando il contenuto di acqua per diminuire la **concentrazione** di acido solforico: lacrime a volontà!
- **Curiosità:** si ottengono acidi di zolfo anche affettando aglio, erba cipollina e porro, ma questi non formano la stessa sostanza volatile irritante, solo un forte odore.

Perché la cipolla ci fa piangere?

- Gli stimoli olfattivi non c'entrano niente (**no psicologia**)
- Quando si taglia la cipolla si tagliano anche le cellule di cui è fatta. Gli **enzimi** che si liberano causano una serie di rapidissime reazioni chimiche a carico di alcuni composti a base di **zolfo** che sono volatili.
- A contatto con l'occhio bagnato si forma **acido solforico**, molto irritante.
- L'occhio reagisce aumentando il contenuto di acqua per diminuire la **concentrazione** di acido solforico: lacrime a volontà!
- **Curiosità:** si ottengono acidi di zolfo anche affettando aglio, erba cipollina e porro, ma questi non formano la stessa sostanza volatile irritante, solo un forte odore.

Perché la cipolla ci fa piangere?

- Gli stimoli olfattivi non c'entrano niente (**no psicologia**)
- Quando si taglia la cipolla si tagliano anche le cellule di cui è fatta. Gli **enzimi** che si liberano causano una serie di rapidissime reazioni chimiche a carico di alcuni composti a base di **zolfo** che sono volatili.
- A contatto con l'occhio bagnato si forma **acido solforico**, molto irritante.
- L'occhio reagisce aumentando il contenuto di acqua per diminuire la **concentrazione** di acido solforico: lacrime a volontà!
- **Curiosità:** si ottengono acidi di zolfo anche affettando aglio, erba cipollina e porro, ma questi non formano la stessa sostanza volatile irritante, solo un forte odore.

Perché la cipolla ci fa piangere?

- Gli stimoli olfattivi non c'entrano niente (**no psicologia**)
- Quando si taglia la cipolla si tagliano anche le cellule di cui è fatta. Gli **enzimi** che si liberano causano una serie di rapidissime reazioni chimiche a carico di alcuni composti a base di **zolfo** che sono volatili.
- A contatto con l'occhio bagnato si forma **acido solforico**, molto irritante.
- L'occhio reagisce aumentando il contenuto di acqua per diminuire la **concentrazione** di acido solforico: lacrime a volontà!
- **Curiosità:** si ottengono acidi di zolfo anche affettando aglio, erba cipollina e porro, ma questi non formano la stessa sostanza volatile irritante, solo un forte odore.

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Cosa fare per non piangere?

- Mi metto gli occhialini da nuotatore ...ma se la cucina è piena di vapore mi taglio le dita!
- Evito di stare sopra le cipolle ...ma prima o poi piangerò perché le sostanze sono volatili
- Metto in bocca un limone tagliato, del pane, dello zucchero ...ma sembra che non funzioni sempre
- La **fisica** mi può aiutare? L'acqua è una **molecola polare** (esperimento a casa per dimostrarlo), per questo funziona così bene da solvente

Quindi...

- 1 Bagno il coltello con dell'acqua
- 2 Taglio la cipolla tenendola immersa in acqua
- 3 Taglio la cipolla vicino ad un filo d'acqua del rubinetto
- 4 Uso cipolle coltivate in terreni a basso contenuto di zolfo

Come si arriva all'acqua bollente?



- 1 Chi riscalda l'acqua?
- 2 In che modo il calore passa all'acqua?
- 3 Come cambia la temperatura dell'acqua nella pentola?

Come si arriva all'acqua bollente?



- 1 Chi riscalda l'acqua?
- 2 In che modo il calore passa all'acqua?
- 3 Come cambia la temperatura dell'acqua nella pentola?

Come si arriva all'acqua bollente?



- 1 Chi riscalda l'acqua?
- 2 In che modo il calore passa all'acqua?
- 3 Come cambia la temperatura dell'acqua nella pentola?

Come si arriva all'acqua bollente?



- 1 Chi riscalda l'acqua?
- 2 In che modo il calore passa all'acqua?
- 3 Come cambia la temperatura dell'acqua nella pentola?

Calore e sua trasmissione

L'acqua è riscaldata dal **calore**. Esso è una forma di energia *in transito* che passa da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa (esiste solo *fin che passa*).

Meccanismi di **trasmissione del calore**:

- 1 **Conduzione**: implica il **contatto** tra i corpi ed avviene senza trasporto di materia (quando **appoggio** la mano su un oggetto caldo per scaldarmi)
- 2 **Convezione**: implica un **trasporto di materia** ed avviene tramite i fluidi (quando avvicino la mano al termoconvettore per scaldarmi)
- 3 **Irraggiamento**: implica l'**assenza di materia interposta** ed avviene nel vuoto (quando volgo la mano verso il sole per scaldarmi).

Quale/i meccanismi usiamo per riscaldare l'acqua?

Calore e sua trasmissione

L'acqua è riscaldata dal **calore**. Esso è una forma di energia *in transito* che passa da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa (esiste solo *fin che passa*).

Meccanismi di **trasmissione del calore**:

- 1 **Conduzione**: implica il **contatto** tra i corpi ed avviene senza trasporto di materia (quando **appoggio** la mano su un oggetto caldo per scaldarmi)
- 2 **Convezione**: implica un **trasporto di materia** ed avviene tramite i fluidi (quando avvicino la mano al termoconvettore per scaldarmi)
- 3 **Irraggiamento**: implica l'**assenza di materia interposta** ed avviene nel vuoto (quando volgo la mano verso il sole per scaldarmi).

Quale/i meccanismi usiamo per riscaldare l'acqua?

Calore e sua trasmissione

L'acqua è riscaldata dal **calore**. Esso è una forma di energia *in transito* che passa da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa (esiste solo *fin che passa*).

Meccanismi di **trasmissione del calore**:

- 1 **Conduzione**: implica il **contatto** tra i corpi ed avviene senza trasporto di materia (quando **appoggio** la mano su un oggetto caldo per scaldarmi)
- 2 **Convezione**: implica un **trasporto di materia** ed avviene tramite i fluidi (quando avvicino la mano al termoconvettore per scaldarmi)
- 3 **Irraggiamento**: implica l'**assenza di materia interposta** ed avviene nel vuoto (quando volgo la mano verso il sole per scaldarmi).

Quale/i meccanismi usiamo per riscaldare l'acqua?

Calore e sua trasmissione

L'acqua è riscaldata dal **calore**. Esso è una forma di energia *in transito* che passa da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa (esiste solo *fin che passa*).

Meccanismi di **trasmissione del calore**:

- 1 **Conduzione**: implica il **contatto** tra i corpi ed avviene senza trasporto di materia (quando **appoggio** la mano su un oggetto caldo per scaldarmi)
- 2 **Convezione**: implica un **trasporto di materia** ed avviene tramite i fluidi (quando avvicino la mano al termoconvettore per scaldarmi)
- 3 **Irraggiamento**: implica l'**assenza di materia interposta** ed avviene nel vuoto (quando volgo la mano verso il sole per scaldarmi).

Quale/i meccanismi usiamo per riscaldare l'acqua?

Calore e sua trasmissione

L'acqua è riscaldata dal **calore**. Esso è una forma di energia *in transito* che passa da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa (esiste solo *fin che passa*).

Meccanismi di **trasmissione del calore**:

- 1 **Conduzione**: implica il **contatto** tra i corpi ed avviene senza trasporto di materia (quando **appoggio** la mano su un oggetto caldo per scaldarmi)
- 2 **Convezione**: implica un **trasporto di materia** ed avviene tramite i fluidi (quando avvicino la mano al termoconvettore per scaldarmi)
- 3 **Irraggiamento**: implica l'**assenza di materia interposta** ed avviene nel vuoto (quando volgo la mano verso il sole per scaldarmi).

Quale/i meccanismi usiamo per riscaldare l'acqua?

Calore e sua trasmissione

L'acqua è riscaldata dal **calore**. Esso è una forma di energia *in transito* che passa da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa (esiste solo *fin che passa*).

Meccanismi di **trasmissione del calore**:

- 1 **Conduzione**: implica il **contatto** tra i corpi ed avviene senza trasporto di materia (quando **appoggio** la mano su un oggetto caldo per scaldarmi)
- 2 **Convezione**: implica un **trasporto di materia** ed avviene tramite i fluidi (quando avvicino la mano al termoconvettore per scaldarmi)
- 3 **Irraggiamento**: implica l'**assenza di materia interposta** ed avviene nel vuoto (quando volgo la mano verso il sole per scaldarmi).

Quale/i meccanismi usiamo per riscaldare l'acqua?

Calore e sua trasmissione

L'acqua è riscaldata dal **calore**. Esso è una forma di energia *in transito* che passa da un corpo a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa (esiste solo *fin che passa*).

Meccanismi di **trasmissione del calore**:

- 1 **Conduzione**: implica il **contatto** tra i corpi ed avviene senza trasporto di materia (quando **appoggio** la mano su un oggetto caldo per scaldarmi)
- 2 **Convezione**: implica un **trasporto di materia** ed avviene tramite i fluidi (quando avvicino la mano al termoconvettore per scaldarmi)
- 3 **Irraggiamento**: implica l'**assenza di materia interposta** ed avviene nel vuoto (quando volgo la mano verso il sole per scaldarmi).

Quale/i meccanismi usiamo per riscaldare l'acqua?

Come inizia l'ebollizione dell'acqua?

- Dapprima l'acqua si scalda e la differenza di densità provoca **moti convettivi** (aquile, alianti, camino, termosifone, etc.)
- Durante il riscaldamento si formano **bollicine di vapore** con pressione interna pari alla pressione di vapore saturo per quella temperatura. Cos'è il **vapore saturo**?
- Fintanto che la pressione all'interno delle bollicine è minore di quella atmosferica esse **non crescono** (sul fondo, dove la temperatura è maggiore)
- Quando la pressione interna raggiunge quella atmosferica (in una "giornata standard" a livello del mare quanto $T = 100^\circ \text{C}$), le bollicine crescono e grazie alla *spinta di Archimede* risalgono verso l'alto e **inizia l'ebollizione**

Come inizia l'ebollizione dell'acqua?

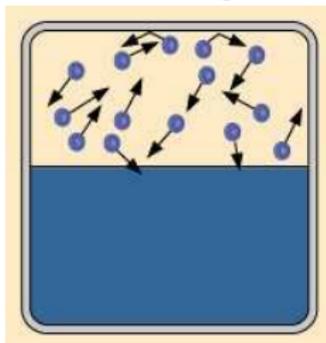
- Dapprima l'acqua si scalda e la differenza di densità provoca **moti convettivi** (aquile, alianti, camino, termosifone, etc.)
- Durante il riscaldamento si formano **bollicine di vapore** con pressione interna pari alla pressione di vapore saturo per quella temperatura. Cos'è il **vapore saturo**?
- Fintanto che la pressione all'interno delle bollicine è minore di quella atmosferica esse **non crescono** (sul fondo, dove la temperatura è maggiore)
- Quando la pressione interna raggiunge quella atmosferica (in una "giornata standard" a livello del mare quanto $T = 100^\circ \text{C}$), le bollicine crescono e grazie alla *spinta di Archimede* risalgono verso l'alto e **inizia l'ebollizione**

Come inizia l'ebollizione dell'acqua?

- Dapprima l'acqua si scalda e la differenza di densità provoca **moti convettivi** (aquile, alianti, camino, termosifone, etc.)
- Durante il riscaldamento si formano **bollicine di vapore** con pressione interna pari alla pressione di vapore saturo per quella temperatura. Cos'è il **vapore saturo**?
- Fintanto che la pressione all'interno delle bollicine è minore di quella atmosferica esse **non crescono** (sul fondo, dove la temperatura è maggiore)
- Quando la pressione interna raggiunge quella atmosferica (in una "giornata standard" a livello del mare quanto $T = 100^\circ \text{C}$), le bollicine crescono e grazie alla *spinta di Archimede* risalgono verso l'alto e **inizia l'ebollizione**

Come inizia l'ebollizione dell'acqua?

- Dapprima l'acqua si scalda e la differenza di densità provoca **moti convettivi** (aquile, alianti, camino, termosifone, etc.)
- Durante il riscaldamento si formano **bollicine di vapore** con pressione interna pari alla pressione di vapore saturo per quella temperatura. Cos'è il **vapore saturo**?



- Fintanto che la pressione all'interno delle bollicine è minore di quella atmosferica esse **non crescono** (sul fondo, dove la temperatura è maggiore)

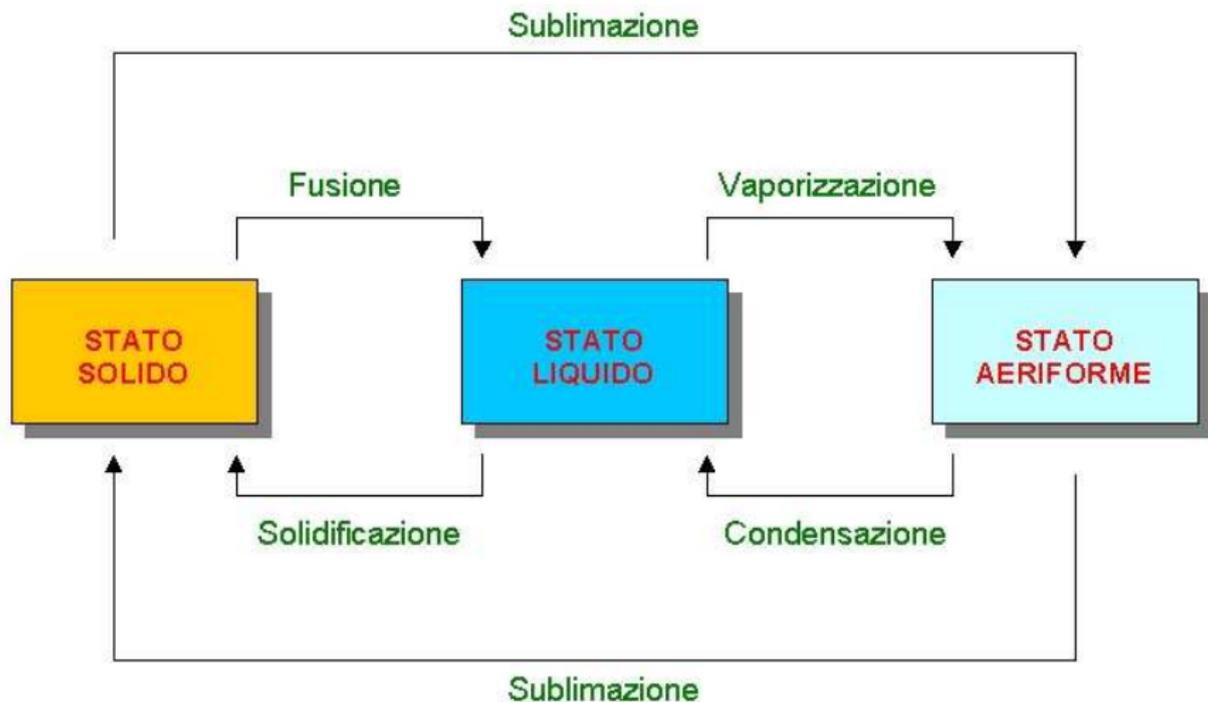
Come inizia l'ebollizione dell'acqua?

- Dapprima l'acqua si scalda e la differenza di densità provoca **moti convettivi** (aquile, alianti, camino, termosifone, etc.)
- Durante il riscaldamento si formano **bollicine di vapore** con pressione interna pari alla pressione di vapore saturo per quella temperatura. Cos'è il **vapore saturo**?
- Fintanto che la pressione all'interno delle bollicine è minore di quella atmosferica esse **non crescono** (sul fondo, dove la temperatura è maggiore)
- Quando la pressione interna raggiunge quella atmosferica (in una "giornata standard" a livello del mare quanto $T = 100^\circ \text{C}$), le bollicine crescono e grazie alla *spinta di Archimede* risalgono verso l'alto e **inizia l'ebollizione**

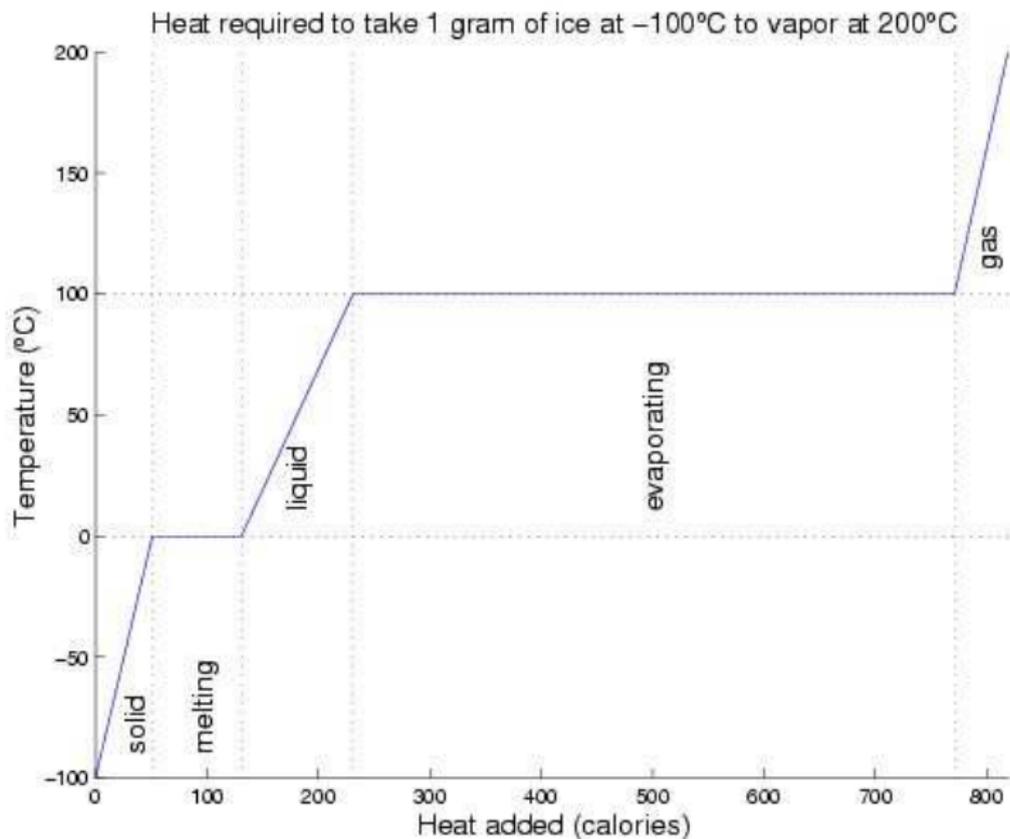
Come inizia l'ebollizione dell'acqua?

- Dapprima l'acqua si scalda e la differenza di densità provoca **moti convettivi** (aquile, alianti, camino, termosifone, etc.)
- Durante il riscaldamento si formano **bollicine di vapore** con pressione interna pari alla pressione di vapore saturo per quella temperatura. Cos'è il **vapore saturo**?
- Fintanto che la pressione all'interno delle bollicine è minore di quella atmosferica esse **non crescono** (sul fondo, dove la temperatura è maggiore)
- Quando la pressione interna raggiunge quella atmosferica (in una "giornata standard" a livello del mare quanto $T = 100^\circ \text{C}$), le bollicine crescono e grazie alla *spinta di Archimede* risalgono verso l'alto e **inizia l'ebollizione**

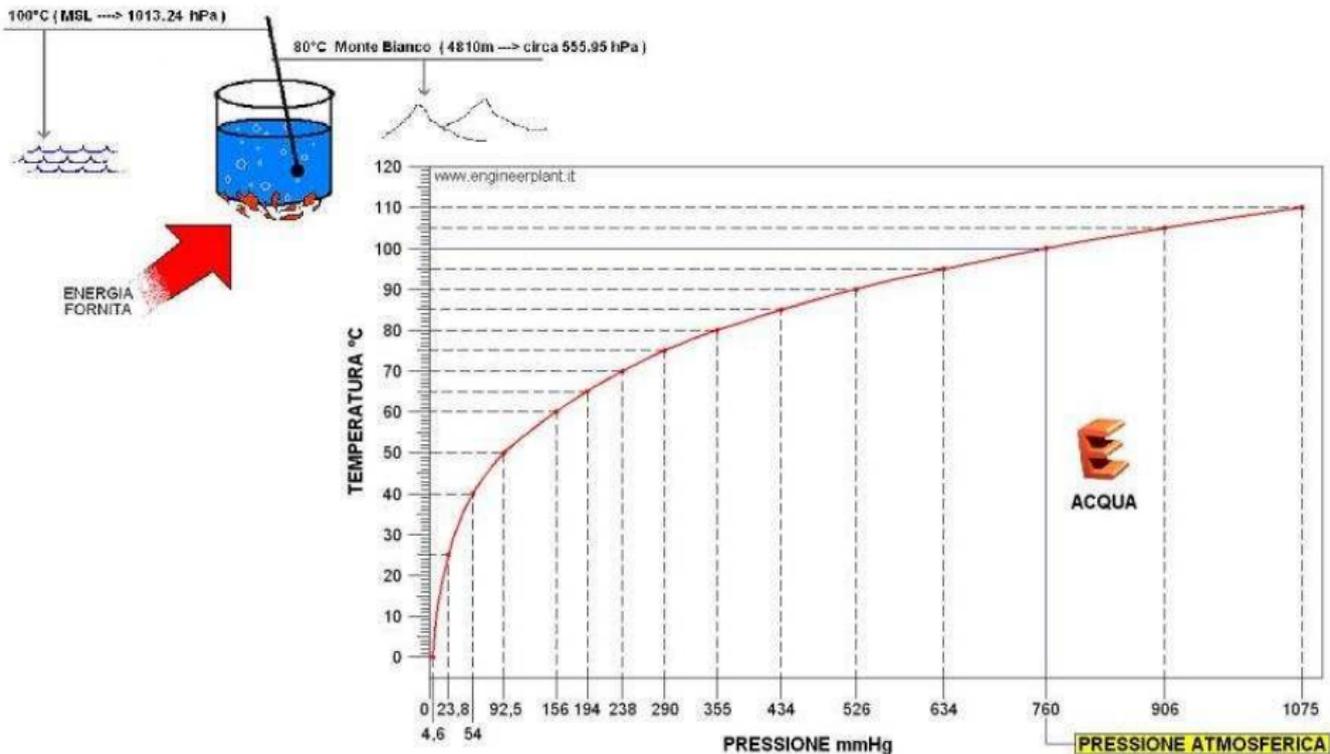
Cos'è "l'acqua bollente"?



Come varia la temperatura dell'acqua?



A che temperatura bolle l'acqua?



Volendo anche a temperatura ambiente...



Saliamo l'acqua bollente: cosa succede?

Chiunque abbia cucinato la pasta almeno una volta nella vita sa che quando l'acqua bolle e si butta il sale...

- 1 dapprima si nota una specie di “**esplosione**” (bollore maggiore)
- 2 poi per qualche secondo l'acqua **smette di bollire**
- 3 quindi l'acqua **riprende a bollire** regolarmente

Tutto questo **perché?**

Saliamo l'acqua bollente: cosa succede?

Chiunque abbia cucinato la pasta almeno una volta nella vita sa che quando l'acqua bolle e si butta il sale...

- 1 dapprima si nota una specie di “**esplosione**” (bollore maggiore)
- 2 poi per qualche secondo l'acqua **smette di bollire**
- 3 quindi l'acqua **riprende a bollire** regolarmente

Tutto questo **perché?**

Saliamo l'acqua bollente: cosa succede?

Chiunque abbia cucinato la pasta almeno una volta nella vita sa che quando l'acqua bolle e si butta il sale...

- 1 dapprima si nota una specie di **“esplosione”** (bollore maggiore)
- 2 poi per qualche secondo l'acqua **smette di bollire**
- 3 quindi l'acqua **riprende a bollire** regolarmente

Tutto questo **perché?**

Saliamo l'acqua bollente: cosa succede?

Chiunque abbia cucinato la pasta almeno una volta nella vita sa che quando l'acqua bolle e si butta il sale...

- 1 dapprima si nota una specie di “**esplosione**” (bollore maggiore)
- 2 poi per qualche secondo l'acqua **smette di bollire**
- 3 quindi l'acqua **riprende a bollire** regolarmente

Tutto questo **perché?**

Saliamo l'acqua bollente: cosa succede?

Chiunque abbia cucinato la pasta almeno una volta nella vita sa che quando l'acqua bolle e si butta il sale...

- 1 dapprima si nota una specie di “**esplosione**” (bollore maggiore)
- 2 poi per qualche secondo l'acqua **smette di bollire**
- 3 quindi l'acqua **riprende a bollire** regolarmente

Tutto questo **perché?**

Saliamo l'acqua bollente: cosa succede?

Chiunque abbia cucinato la pasta almeno una volta nella vita sa che quando l'acqua bolle e si butta il sale...

- 1 dapprima si nota una specie di “**esplosione**” (bollore maggiore)
- 2 poi per qualche secondo l'acqua **smette di bollire**
- 3 quindi l'acqua **riprende a bollire** regolarmente

Tutto questo **perché?**

Sale in acqua

L'aggiunta di sale provoca:

- 1 **Nucleazione:** fenomeno *fisico* e non chimico; i grani di sale offrono “centri di nucleazione” per la liberazione di vapore acqueo o gas (*bolle violente*). Sia in **soluzioni** (sale, zucchero) che in **sospensioni** (sabbia, cenere, particolato). Esempi: zucchero nell'aperitivo, sale nella birra, effetto coca-cola + mentos (**attenzione allo stomaco!!!**)
- 2 **Innalzamento ebulloscopico:** aumento della temperatura di ebollizione della soluzione rispetto al solvente “puro”. Circa mezzo grado ogni 58 g di sale in 1 kg d'acqua (ci vuole qualche secondo prima che riprenda l'ebollizione). Proprietà colligativa (dipende solo dal numero di particelle non dal tipo), limitata alle **soluzioni**.
- 3 L'acqua **riprende a bollire** regolarmente ad una **temperatura superiore** a prima

Sale in acqua

L'aggiunta di sale provoca:

- 1 **Nucleazione:** fenomeno **fisico** e non chimico; i grani di sale offrono “centri di nucleazione” per la liberazione di vapore acqueo o gas (*bolle violente*). Sia in **soluzioni** (sale, zucchero) che in **sospensioni** (sabbia, cenere, particolato). Esempi: zucchero nell'aperitivo, sale nella birra, effetto coca-cola + mentos (**attenzione allo stomaco!!!**)
- 2 **Innalzamento ebulloscopico:** aumento della temperatura di ebollizione della soluzione rispetto al solvente “puro”. Circa mezzo grado ogni 58 g di sale in 1 kg d'acqua (ci vuole qualche secondo prima che riprenda l'ebollizione). Proprietà colligativa (dipende solo dal numero di particelle non dal tipo), limitata alle **soluzioni**.
- 3 L'acqua **riprende a bollire** regolarmente ad una **temperatura superiore** a prima

Sale in acqua

L'aggiunta di sale provoca:

- 1 **Nucleazione:** fenomeno **fisico** e non chimico; i grani di sale offrono “centri di nucleazione” per la liberazione di vapore acqueo o gas (*bolle violente*). Sia in **soluzioni** (sale, zucchero) che in **sospensioni** (sabbia, cenere, particolato). Esempi: zucchero nell'aperitivo, sale nella birra, effetto coca-cola + mentos (**attenzione allo stomaco!!!**)
- 2 **Innalzamento ebulloscopico:** aumento della temperatura di ebollizione della soluzione rispetto al solvente “puro”. Circa mezzo grado ogni 58 g di sale in 1 kg d'acqua (ci vuole qualche secondo prima che riprenda l'ebollizione). Proprietà colligativa (dipende solo dal numero di particelle non dal tipo), limitata alle **soluzioni**.
- 3 L'acqua **riprende a bollire** regolarmente ad una **temperatura superiore** a prima

Sale in acqua

L'aggiunta di sale provoca:

- 1 **Nucleazione:** fenomeno **fisico** e non chimico; i grani di sale offrono “centri di nucleazione” per la liberazione di vapore acqueo o gas (*bolle violente*). Sia in **soluzioni** (sale, zucchero) che in **sospensioni** (sabbia, cenere, particolato). Esempi: zucchero nell'aperitivo, sale nella birra, effetto coca-cola + mentos (**attenzione allo stomaco!!!**)
- 2 **Innalzamento ebulloscopico:** aumento della temperatura di ebollizione della soluzione rispetto al solvente “puro”. Circa mezzo grado ogni 58 g di sale in 1 kg d'acqua (ci vuole qualche secondo prima che riprenda l'ebollizione). Proprietà colligativa (dipende solo dal numero di particelle non dal tipo), limitata alle **soluzioni**.
- 3 L'acqua **riprende a bollire** regolarmente ad una **temperatura superiore** a prima

Sale in acqua

L'aggiunta di sale provoca:

- 1 **Nucleazione:** fenomeno **fisico** e non chimico; i grani di sale offrono “centri di nucleazione” per la liberazione di vapore acqueo o gas (*bolle violente*). Sia in **soluzioni** (sale, zucchero) che in **sospensioni** (sabbia, cenere, particolato). Esempi: zucchero nell'aperitivo, sale nella birra, effetto coca-cola + mentos (**attenzione allo stomaco!!!**)
- 2 **Innalzamento ebulloscopico:** aumento della temperatura di ebollizione della soluzione rispetto al solvente “puro”. Circa mezzo grado ogni 58 g di sale in 1 kg d'acqua (ci vuole qualche secondo prima che riprenda l'ebollizione). Proprietà colligativa (dipende solo dal numero di particelle non dal tipo), limitata alle **soluzioni**.
- 3 L'acqua **riprende a bollire** regolarmente ad una **temperatura superiore** a prima

Sale in acqua

L'aggiunta di sale provoca:

- 1 **Nucleazione:** fenomeno **fisico** e non chimico; i grani di sale offrono “centri di nucleazione” per la liberazione di vapore acqueo o gas (*bolle violente*). Sia in **soluzioni** (sale, zucchero) che in **sospensioni** (sabbia, cenere, particolato). Esempi: zucchero nell'aperitivo, sale nella birra, effetto coca-cola + mentos (**attenzione allo stomaco!!!**)
- 2 **Innalzamento ebulloscopico:** aumento della temperatura di ebollizione della soluzione rispetto al solvente “puro”. Circa mezzo grado ogni 58 g di sale in 1 kg d'acqua (ci vuole qualche secondo prima che riprenda l'ebollizione).
Proprietà colligativa (dipende solo dal numero di particelle non dal tipo), limitata alle **soluzioni**.
- 3 L'acqua **riprende a bollire** regolarmente ad una **temperatura superiore** a prima

Sale in acqua

L'aggiunta di sale provoca:

- 1 **Nucleazione:** fenomeno **fisico** e non chimico; i grani di sale offrono “centri di nucleazione” per la liberazione di vapore acqueo o gas (*bolle violente*). Sia in **soluzioni** (sale, zucchero) che in **sospensioni** (sabbia, cenere, particolato). Esempi: zucchero nell'aperitivo, sale nella birra, effetto coca-cola + mentos (**attenzione allo stomaco!!!**)
- 2 **Innalzamento ebulloscopico:** aumento della temperatura di ebollizione della soluzione rispetto al solvente “puro”. Circa mezzo grado ogni 58 g di sale in 1 kg d'acqua (ci vuole qualche secondo prima che riprenda l'ebollizione). Proprietà colligativa (dipende solo dal numero di particelle non dal tipo), limitata alle **soluzioni**.
- 3 L'acqua **riprende a bollire** regolarmente ad una **temperatura superiore** a prima

Sale in acqua

L'aggiunta di sale provoca:

- 1 **Nucleazione:** fenomeno **fisico** e non chimico; i grani di sale offrono “centri di nucleazione” per la liberazione di vapore acqueo o gas (*bolle violente*). Sia in **soluzioni** (sale, zucchero) che in **sospensioni** (sabbia, cenere, particolato). Esempi: zucchero nell'aperitivo, sale nella birra, effetto coca-cola + mentos (**attenzione allo stomaco!!!**)
- 2 **Innalzamento ebulloscopico:** aumento della temperatura di ebollizione della soluzione rispetto al solvente “puro”. Circa mezzo grado ogni 58 g di sale in 1 kg d'acqua (ci vuole qualche secondo prima che riprenda l'ebollizione). Proprietà colligativa (dipende solo dal numero di particelle non dal tipo), limitata alle **soluzioni**.
- 3 L'acqua **riprende a bollire** regolarmente ad una **temperatura superiore** a prima

Come si rompe lo spaghetti?

- Spezzare gli spaghetti è considerato un **terribile sacrilegio** da parte di molti cuochi (tutti)
- Facciamolo per scopi scientifici... In quanti pezzi si rompe lo spaghetti? **Mai in due, sempre in tre o più pezzi.**
- Perfino il grandissimo fisico e premio nobel per la fisica (elettrodinamica quantistica) **Richard Feynman** (la migliore mente dopo Einstein) se ne era interessato senza riuscire a spiegarlo
- Fino al **2005** è stato un mistero della fisica ma...

Come si rompe lo spaghetti?

- Spezzare gli spaghetti è considerato un **terribile sacrilegio** da parte di molti cuochi (tutti)
- Facciamolo per scopi scientifici... In quanti pezzi si rompe lo spaghetti? **Mai in due, sempre in tre o più pezzi.**
- Perfino il grandissimo fisico e premio nobel per la fisica (elettrodinamica quantistica) **Richard Feynman** (la migliore mente dopo Einstein) se ne era interessato senza riuscire a spiegarlo
- Fino al **2005** è stato un mistero della fisica ma...

Come si rompe lo spaghetti?

- Spezzare gli spaghetti è considerato un **terribile sacrilegio** da parte di molti cuochi (tutti)
- Facciamolo per scopi scientifici... In quanti pezzi si rompe lo spaghetti? **Mai in due, sempre in tre o più pezzi.**
- Perfino il grandissimo fisico e premio nobel per la fisica (elettrodinamica quantistica) **Richard Feynman** (la migliore mente dopo Einstein) se ne era interessato senza riuscire a spiegarlo
- Fino al **2005** è stato un mistero della fisica ma...

Come si rompe lo spaghetti?

- Spezzare gli spaghetti è considerato un **terribile sacrilegio** da parte di molti cuochi (tutti)
- Facciamolo per scopi scientifici... In quanti pezzi si rompe lo spaghetti? **Mai in due, sempre in tre o più pezzi.**
- Perfino il grandissimo fisico e premio nobel per la fisica (elettrodinamica quantistica) **Richard Feynman** (la migliore mente dopo Einstein) se ne era interessato senza riuscire a spiegarlo
- Fino al **2005** è stato un mistero della fisica ma...

Come si rompe lo spaghetti?

- Spezzare gli spaghetti è considerato un **terribile sacrilegio** da parte di molti cuochi (tutti)
- Facciamolo per scopi scientifici... In quanti pezzi si rompe lo spaghetti? **Mai in due, sempre in tre o più pezzi.**
- Perfino il grandissimo fisico e premio nobel per la fisica (elettrodinamica quantistica) **Richard Feynman** (la migliore mente dopo Einstein) se ne era interessato senza riuscire a spiegarlo
- Fino al **2005** è stato un mistero della fisica ma...

Come si rompe lo spaghetti?

- Spezzare gli spaghetti è considerato un **terribile sacrilegio** da parte di molti cuochi (tutti)
- Facciamolo per scopi scientifici... In quanti pezzi si rompe lo spaghetti? **Mai in due, sempre in tre o più pezzi.**
- Perfino il grandissimo fisico e premio nobel per la fisica (elettrodinamica quantistica) **Richard Feynman** (la migliore mente dopo Einstein) se ne era interessato senza riuscire a spiegarlo
- Fino al **2005** è stato un mistero della fisica ma...

Come si rompe lo spaghetti?

- Spezzare gli spaghetti è considerato un **terribile sacrilegio** da parte di molti cuochi (tutti)
- Facciamolo per scopi scientifici... In quanti pezzi si rompe lo spaghetti? **Mai in due, sempre in tre o più pezzi.**
- Perfino il grandissimo fisico e premio nobel per la fisica (elettrodinamica quantistica) **Richard Feynman** (la miglior mente dopo Einstein) se ne era interessato senza riuscire a spiegarlo
- Fino al **2005** è stato un mistero della fisica ma...

Articolo su Physical Review Letters (1/2)

PRL **95**, 095505 (2005)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
26 AUGUST 2005

Fragmentation of Rods by Cascading Cracks: Why Spaghetti Does Not Break in Half

Basile Audoly and Sébastien Neukirch

Laboratoire de Modélisation en Mécanique, CNRS/Université Paris VI, 4 place Jussieu, Paris, France

(Received 22 December 2004; published 25 August 2005)

When thin brittle rods such as dry spaghetti pasta are bent beyond their limit curvature, they often break into more than two pieces, typically three or four. With the aim of understanding these multiple breakings, we study the dynamics of a bent rod that is suddenly released at one end. We find that the sudden relaxation of the curvature at this end leads to a burst of flexural waves, whose dynamics are described by a self-similar solution with no adjustable parameters. These flexural waves locally *increase* the curvature in the rod, and we argue that this counterintuitive mechanism is responsible for the fragmentation of brittle rods under bending. A simple experiment supporting the claim is presented.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.95.095505

PACS numbers: 62.20.Mk, 46.50.+a, 46.70.De

The physical process of fragmentation is relevant to several areas of science and technology. Because different physical phenomena are at work during the fragmentation of a solid body, it has mainly been studied from a statistical viewpoint [1–5]. Nevertheless, a growing amount of works

advance. In the model problem, the rod is initially uniformly bent and at rest. This is achieved by clamping one end and applying a moment M_0 at the other end: M_0 plays the role of the internal moment transmitted across the section that is about to fail; see Fig. 1. At time $t = 0$,

- 2006 Ig Nobel prize
- Aste vs. corde: **instabilità di Eulero**
- Importante: **cedimento** (di schianto) di strutture lunghe e sottili (ponti, edifici, parti di veicoli/velivoli, ossa, etc.)
- **pagina web**

Articolo su Physical Review Letters (1/2)

PRL **95**, 095505 (2005)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
26 AUGUST 2005

Fragmentation of Rods by Cascading Cracks: Why Spaghetti Does Not Break in Half

Basile Audoly and Sébastien Neukirch

Laboratoire de Modélisation en Mécanique, CNRS/Université Paris VI, 4 place Jussieu, Paris, France

(Received 22 December 2004; published 25 August 2005)

When thin brittle rods such as dry spaghetti pasta are bent beyond their limit curvature, they often break into more than two pieces, typically three or four. With the aim of understanding these multiple breakings, we study the dynamics of a bent rod that is suddenly released at one end. We find that the sudden relaxation of the curvature at this end leads to a burst of flexural waves, whose dynamics are described by a self-similar solution with no adjustable parameters. These flexural waves locally *increase* the curvature in the rod, and we argue that this counterintuitive mechanism is responsible for the fragmentation of brittle rods under bending. A simple experiment supporting the claim is presented.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.95.095505

PACS numbers: 62.20.Mk, 46.50.+a, 46.70.De

The physical process of fragmentation is relevant to several areas of science and technology. Because different physical phenomena are at work during the fragmentation of a solid body, it has mainly been studied from a statistical viewpoint [1–5]. Nevertheless, a growing amount of works

advance. In the model problem, the rod is initially uniformly bent and at rest. This is achieved by clamping one end and applying a moment M_0 at the other end: M_0 plays the role of the internal moment transmitted across the section that is about to fail; see Fig. 1. At time $t = 0$,

- 2006 Ig Nobel prize
- Aste vs. corde: **instabilità di Eulero**
- Importante: **cedimento** (di schianto) di strutture lunghe e sottili (ponti, edifici, parti di veicoli/velivoli, ossa, etc.)
- **pagina web**

Articolo su Physical Review Letters (1/2)

PRL **95**, 095505 (2005)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
26 AUGUST 2005

Fragmentation of Rods by Cascading Cracks: Why Spaghetti Does Not Break in Half

Basile Audoly and Sébastien Neukirch

Laboratoire de Modélisation en Mécanique, CNRS/Université Paris VI, 4 place Jussieu, Paris, France

(Received 22 December 2004; published 25 August 2005)

When thin brittle rods such as dry spaghetti pasta are bent beyond their limit curvature, they often break into more than two pieces, typically three or four. With the aim of understanding these multiple breakings, we study the dynamics of a bent rod that is suddenly released at one end. We find that the sudden relaxation of the curvature at this end leads to a burst of flexural waves, whose dynamics are described by a self-similar solution with no adjustable parameters. These flexural waves locally *increase* the curvature in the rod, and we argue that this counterintuitive mechanism is responsible for the fragmentation of brittle rods under bending. A simple experiment supporting the claim is presented.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.95.095505

PACS numbers: 62.20.Mk, 46.50.+a, 46.70.De

The physical process of fragmentation is relevant to several areas of science and technology. Because different physical phenomena are at work during the fragmentation of a solid body, it has mainly been studied from a statistical viewpoint [1–5]. Nevertheless, a growing amount of works

advance. In the model problem, the rod is initially uniformly bent and at rest. This is achieved by clamping one end and applying a moment M_0 at the other end: M_0 plays the role of the internal moment transmitted across the section that is about to fail; see Fig. 1. At time $t = 0$,

- 2006 Ig Nobel prize
- Aste vs. corde: **instabilità di Eulero**
- Importante: **cedimento** (di schianto) di strutture lunghe e sottili (ponti, edifici, parti di veicoli/velivoli, ossa, etc.)
- **pagina web**

Articolo su Physical Review Letters (1/2)

PRL **95**, 095505 (2005)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
26 AUGUST 2005

Fragmentation of Rods by Cascading Cracks: Why Spaghetti Does Not Break in Half

Basile Audoly and Sébastien Neukirch

Laboratoire de Modélisation en Mécanique, CNRS/Université Paris VI, 4 place Jussieu, Paris, France

(Received 22 December 2004; published 25 August 2005)

When thin brittle rods such as dry spaghetti pasta are bent beyond their limit curvature, they often break into more than two pieces, typically three or four. With the aim of understanding these multiple breakings, we study the dynamics of a bent rod that is suddenly released at one end. We find that the sudden relaxation of the curvature at this end leads to a burst of flexural waves, whose dynamics are described by a self-similar solution with no adjustable parameters. These flexural waves locally *increase* the curvature in the rod, and we argue that this counterintuitive mechanism is responsible for the fragmentation of brittle rods under bending. A simple experiment supporting the claim is presented.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.95.095505

PACS numbers: 62.20.Mk, 46.50.+a, 46.70.De

The physical process of fragmentation is relevant to several areas of science and technology. Because different physical phenomena are at work during the fragmentation of a solid body, it has mainly been studied from a statistical viewpoint [1–5]. Nevertheless, a growing amount of works

advance. In the model problem, the rod is initially uniformly bent and at rest. This is achieved by clamping one end and applying a moment M_0 at the other end: M_0 plays the role of the internal moment transmitted across the section that is about to fail; see Fig. 1. At time $t = 0$,

- 2006 Ig Nobel prize
- Aste vs. corde: **instabilità di Eulero**
- Importante: **cedimento** (di schianto) di strutture lunghe e sottili (ponti, edifici, parti di veicoli/velivoli, ossa, etc.)
- **pagina web**

Articolo su Physical Review Letters (1/2)

PRL **95**, 095505 (2005)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
26 AUGUST 2005

Fragmentation of Rods by Cascading Cracks: Why Spaghetti Does Not Break in Half

Basile Audoly and Sébastien Neukirch

Laboratoire de Modélisation en Mécanique, CNRS/Université Paris VI, 4 place Jussieu, Paris, France

(Received 22 December 2004; published 25 August 2005)

When thin brittle rods such as dry spaghetti pasta are bent beyond their limit curvature, they often break into more than two pieces, typically three or four. With the aim of understanding these multiple breakings, we study the dynamics of a bent rod that is suddenly released at one end. We find that the sudden relaxation of the curvature at this end leads to a burst of flexural waves, whose dynamics are described by a self-similar solution with no adjustable parameters. These flexural waves locally *increase* the curvature in the rod, and we argue that this counterintuitive mechanism is responsible for the fragmentation of brittle rods under bending. A simple experiment supporting the claim is presented.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.95.095505

PACS numbers: 62.20.Mk, 46.50.+a, 46.70.De

The physical process of fragmentation is relevant to several areas of science and technology. Because different physical phenomena are at work during the fragmentation of a solid body, it has mainly been studied from a statistical viewpoint [1–5]. Nevertheless, a growing amount of works

advance. In the model problem, the rod is initially uniformly bent and at rest. This is achieved by clamping one end and applying a moment M_0 at the other end: M_0 plays the role of the internal moment transmitted across the section that is about to fail; see Fig. 1. At time $t = 0$,

- 2006 Ig Nobel prize
- Aste vs. corde: **instabilità di Eulero**
- Importante: **cedimento** (di schianto) di strutture lunghe e sottili (ponti, edifici, parti di veicoli/velivoli, ossa, etc.)
- **pagina web**

Articolo su Physical Review Letters (2/2)

Riassumendo:

- quando la **curvatura** dello spaghetti raggiunge un valore critico, rottura in due pezzi
- questa prima rottura genera un'**onda** che si diffonde lungo i due frammenti... la curvatura, invece di smorzarsi, supera il valore critico e genera **ulteriori fratture**
- queste a loro volta possono generare delle altre onde e produrre altri frammenti (**effetto a cascata** – *cascading cracks*)
- il tutto è descritto dall'**equazione** di Gustav **Kirchhoff** (1850)
- **Grandezza dello studio sugli spaghetti**: la soluzione è **universale**, indipendente dal tipo di materiale \implies notevoli ricadute ingegneristiche

Articolo su Physical Review Letters (2/2)

Riassumendo:

- quando la **curvatura** dello spaghetti raggiunge un valore critico, rottura in due pezzi
- questa prima rottura genera un'onda che si diffonde lungo i due frammenti... la curvatura, invece di smorzarsi, supera il valore critico e genera **ulteriori fratture**
- queste a loro volta possono generare delle altre onde e produrre altri frammenti (**effetto a cascata** – *cascading cracks*)
- il tutto è descritto dall'**equazione** di Gustav **Kirchhoff** (1850)
- **Grandezza dello studio sugli spaghetti**: la soluzione è **universale**, indipendente dal tipo di materiale \implies notevoli ricadute ingegneristiche

Articolo su Physical Review Letters (2/2)

Riassumendo:

- quando la **curvatura** dello spaghetti raggiunge un valore critico, rottura in due pezzi
- questa prima rottura genera un'**onda** che si diffonde lungo i due frammenti... la curvatura, invece di smorzarsi, supera il valore critico e genera **ulteriori fratture**
- queste a loro volta possono generare delle altre onde e produrre altri frammenti (**effetto a cascata** – *cascading cracks*)
- il tutto è descritto dall'**equazione** di Gustav **Kirchhoff** (1850)
- **Grandezza dello studio sugli spaghetti**: la soluzione è **universale**, indipendente dal tipo di materiale \implies notevoli ricadute ingegneristiche

Articolo su Physical Review Letters (2/2)

Riassumendo:

- quando la **curvatura** dello spaghetti raggiunge un valore critico, rottura in due pezzi
- questa prima rottura genera un'**onda** che si diffonde lungo i due frammenti... la curvatura, invece di smorzarsi, supera il valore critico e genera **ulteriori fratture**
- queste a loro volta possono generare delle altre onde e produrre altri frammenti (**effetto a cascata** – *cascading cracks*)
- il tutto è descritto dall'**equazione** di Gustav **Kirchhoff** (1850)
- **Grandezza dello studio sugli spaghetti**: la soluzione è **universale**, indipendente dal tipo di materiale \implies notevoli ricadute ingegneristiche

Articolo su Physical Review Letters (2/2)

Riassumendo:

- quando la **curvatura** dello spaghetti raggiunge un valore critico, rottura in due pezzi
- questa prima rottura genera un'**onda** che si diffonde lungo i due frammenti... la curvatura, invece di smorzarsi, supera il valore critico e genera **ulteriori fratture**
- queste a loro volta possono generare delle altre onde e produrre altri frammenti (**effetto a cascata** – *cascading cracks*)
- il tutto è descritto dall'**equazione** di Gustav **Kirchhoff** (1850)
- **Grandezza dello studio sugli spaghetti**: la soluzione è **universale**, indipendente dal tipo di materiale \implies notevoli ricadute ingegneristiche

Articolo su Physical Review Letters (2/2)

Riassumendo:

- quando la **curvatura** dello spaghetti raggiunge un valore critico, rottura in due pezzi
- questa prima rottura genera un'**onda** che si diffonde lungo i due frammenti... la curvatura, invece di smorzarsi, supera il valore critico e genera **ulteriori fratture**
- queste a loro volta possono generare delle altre onde e produrre altri frammenti (**effetto a cascata** – *cascading cracks*)
- il tutto è descritto dall'**equazione** di Gustav **Kirchhoff** (1850)
- **Grandezza dello studio sugli spaghetti**: la soluzione è **universale**, indipendente dal tipo di materiale \implies notevoli ricadute ingegneristiche

Articolo su Physical Review Letters (2/2)

Riassumendo:

- quando la **curvatura** dello spaghetti raggiunge un valore critico, rottura in due pezzi
- questa prima rottura genera un'**onda** che si diffonde lungo i due frammenti... la curvatura, invece di smorzarsi, supera il valore critico e genera **ulteriori fratture**
- queste a loro volta possono generare delle altre onde e produrre altri frammenti (**effetto a cascata** – *cascading cracks*)
- il tutto è descritto dall'**equazione** di Gustav **Kirchhoff** (1850)
- **Grandezza dello studio sugli spaghetti**: la soluzione è **universale**, indipendente dal tipo di materiale \implies notevoli **ricadute ingegneristiche**

Come avviene la cottura degli spaghetti?



- Appena buttiamo gli spaghetti il bollore si ferma, **perché?**
- Bastano solo acqua e calore (il sale lo mettiamo per il sapore!), **perché?**

Come avviene la cottura degli spaghetti?



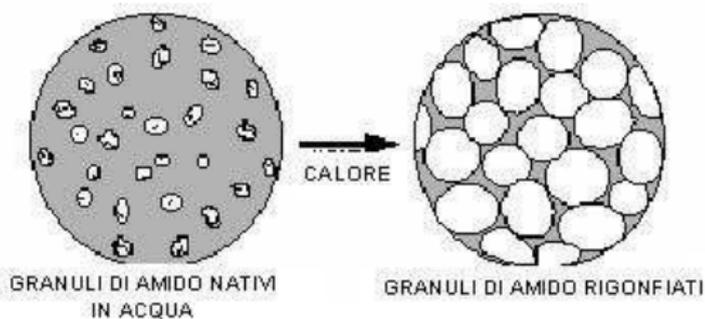
- Appena buttiamo gli spaghetti il bollore si ferma, **perché?**
- Bastano solo acqua e calore (il sale lo mettiamo per il sapore!), **perché?**

Come avviene la cottura degli spaghetti?



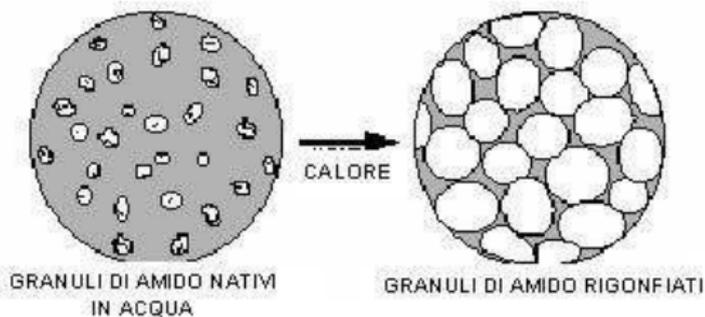
- Appena buttiamo gli spaghetti il bollore si ferma, **perché?**
- Bastano solo acqua e calore (il sale lo mettiamo per il sapore!), **perché?**

Gelatinizzazione dell'amido (1/2)



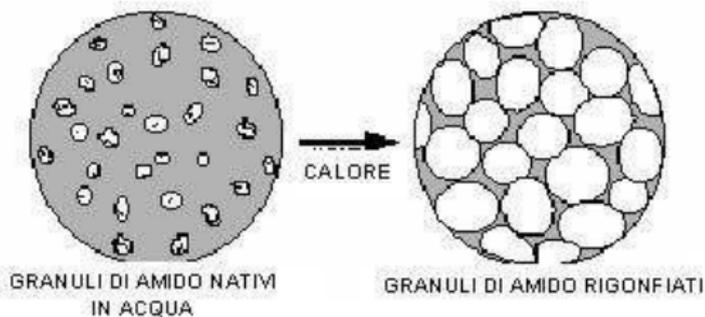
- **Granuli d'amido:** struttura di deposito energetico nei semi di cereali e altri vegetali
- **Struttura del granulo:** successione alternata di regioni amorphe e regioni cristalline concentriche
- **Gelatinizzazione dell'amido:** disorganizzazione dei granuli d'amido in acqua tra 50 e 70° C. Non si tratta di una reazione chimica, ma di un **processo fisico**.

Gelatinizzazione dell'amido (1/2)



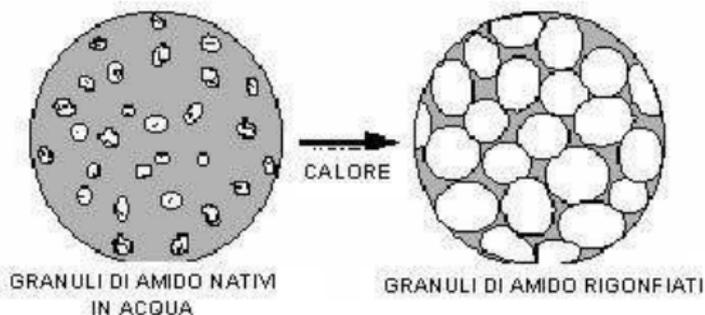
- **Granuli d'amido:** struttura di deposito energetico nei semi di cereali e altri vegetali
- **Struttura del granulo:** successione alternata di regioni amorphe e regioni cristalline concentriche
- **Gelatinizzazione dell'amido:** disorganizzazione dei granuli d'amido in acqua tra 50 e 70° C. Non si tratta di una reazione chimica, ma di un **processo fisico**.

Gelatinizzazione dell'amido (1/2)



- **Granuli d'amido:** struttura di deposito energetico nei semi di cereali e altri vegetali
- **Struttura del granulo:** successione alternata di regioni amorphe e regioni cristalline concentriche
- **Gelatinizzazione dell'amido:** disorganizzazione dei granuli d'amido in acqua tra 50 e 70° C. Non si tratta di una reazione chimica, ma di un **processo fisico**.

Gelatinizzazione dell'amido (1/2)



- **Granuli d'amido:** struttura di deposito energetico nei semi di cereali e altri vegetali
- **Struttura del granulo:** successione alternata di regioni amorphe e regioni cristalline concentriche
- **Gelatinizzazione dell'amido:** disorganizzazione dei granuli d'amido in acqua tra 50 e 70° C. Non si tratta di una reazione chimica, ma di un **processo fisico**.

Gelatinizzazione dell'amido (2/2)

- la gelatinizzazione avviene solo sopra la **temperatura di transizione vetrosa** (T_g), in presenza di una **adeguata quantità di acqua** (eccesso di acqua almeno del 70% in peso)
- l'acqua diffonde all'interno della struttura porosa e la gelatinizzazione dell'amido procede **dall'esterno** del prodotto che si rigonfia (zona gelificata) **verso l'interno** del prodotto
- la posizione del **fronte di avanzamento** cambia nel tempo: la velocità di cottura dipende dall'interazione fra amido e acqua all'interfaccia di separazione. **Pasta più o meno al dente**
- **Formula:** $t = aD^2 + b$ (Andrei Varlamov), dove a dipende dal tipo di pasta (grano duro, tenero, all'uovo etc.), b dipende dalla nazionalità del mangiatore ($b < 0$ per gli italiani, $b > 0$ per gli americani).

Gelatinizzazione dell'amido (2/2)

- la gelatinizzazione avviene solo sopra la **temperatura di transizione vetrosa** (T_g), in presenza di una **adeguata quantità di acqua** (eccesso di acqua almeno del 70% in peso)
- l'acqua diffonde all'interno della struttura porosa e la gelatinizzazione dell'amido procede **dall'esterno** del prodotto che si rigonfia (zona gelificata) **verso l'interno** del prodotto
- la posizione del **fronte di avanzamento** cambia nel tempo: la velocità di cottura dipende dall'interazione fra amido e acqua all'interfaccia di separazione. **Pasta più o meno al dente**
- **Formula:** $t = aD^2 + b$ (Andrei Varlamov), dove a dipende dal tipo di pasta (grano duro, tenero, all'uovo etc.), b dipende dalla nazionalità del mangiatore ($b < 0$ per gli italiani, $b > 0$ per gli americani).

Gelatinizzazione dell'amido (2/2)

- la gelatinizzazione avviene solo sopra la **temperatura di transizione vetrosa** (T_g), in presenza di una **adeguata quantità di acqua** (eccesso di acqua almeno del 70% in peso)
- l'acqua diffonde all'interno della struttura porosa e la gelatinizzazione dell'amido procede **dall'esterno** del prodotto che si rigonfia (zona gelificata) **verso l'interno** del prodotto
- la posizione del **fronte di avanzamento** cambia nel tempo: la velocità di cottura dipende dall'interazione fra amido e acqua all'interfaccia di separazione. **Pasta più o meno al dente**
- **Formula:** $t = aD^2 + b$ (Andrei Varlamov), dove a dipende dal tipo di pasta (grano duro, tenero, all'uovo etc.), b dipende dalla nazionalità del mangiatore ($b < 0$ per gli italiani, $b > 0$ per gli americani).

Gelatinizzazione dell'amido (2/2)

- la gelatinizzazione avviene solo sopra la **temperatura di transizione vetrosa** (T_g), in presenza di una **adeguata quantità di acqua** (eccesso di acqua almeno del 70% in peso)
- l'acqua diffonde all'interno della struttura porosa e la gelatinizzazione dell'amido procede **dall'esterno** del prodotto che si rigonfia (zona gelificata) **verso l'interno** del prodotto
- la posizione del **fronte di avanzamento** cambia nel tempo: la velocità di cottura dipende dall'interazione fra amido e acqua all'interfaccia di separazione. **Pasta più o meno al dente**
- **Formula:** $t = aD^2 + b$ (Andrei Varlamov), dove a dipende dal tipo di pasta (grano duro, tenero, all'uovo etc.), b dipende dalla nazionalità del mangiatore ($b < 0$ per gli italiani, $b > 0$ per gli americani).

Conclusioni

adesso scolate la pasta,
aggiungete il sugo e...
BUON APPETITO!

...Però non dimenticate che senza la fisica non avremmo
cucinato un buon piatto di spaghetti al pomodoro!!!

Conclusioni

**adesso scolate la pasta,
aggiungete il sugo e...
BUON APPETITO!**

...Però non dimenticate che senza la fisica non avremmo cucinato un buon piatto di spaghetti al pomodoro!!!

Conclusioni

**adesso scolate la pasta,
aggiungete il sugo e...
BUON APPETITO!**

**...Però non dimenticate che senza la fisica non avremmo
cucinato un buon piatto di spaghetti al pomodoro!!!**

Domande?

