

JEAN-PIERRE PETIT

Le avventure di ANSELMO



IL VOLO



L' autore

<http://www.savoir-sans-frontiere.com>



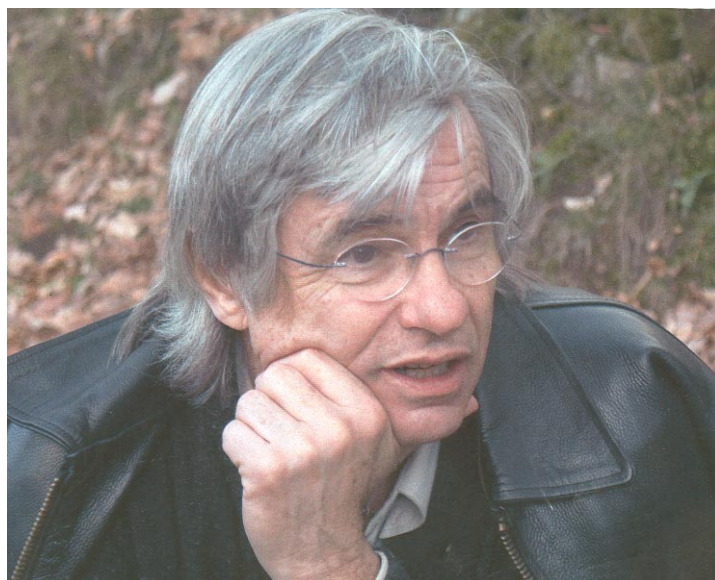
Jean-Pierre Petit, 68 anni, è un astrofisico in pensione (ma continua a produrre lavori scientifici), specializzato in teorie cosmologiche. Ha passato 29 anni all'Osservatorio di Marsiglia e ha scritto 32 libri, molti dei quali sono stati tradotti in varie lingue (otto in tutto).

Potete copiare questo file pdf e distribuirlo a chi volete. Potete anche inserirlo nel vostro sito internet, o mettere un link verso di esso. Lo scopo è di renderlo disponibile al maggior numero di persone possibile.

Savoir sans Frontières

(Sapere senza Frontiere)
Association Loi de 1901 (ONLUS)

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Jean-Pierre Petit, Presidente dell'Associazione

Ex Direttore di Ricerca presso il CNRS, astrofisico e ideatore di un nuovo genere di pubblicazione: il fumetto scientifico. Nel 2005, crea con il suo amico Gilles d'Agostini l'associazione Savoir sans Frontières che si prefigge lo scopo di divulgare gratuitamente il sapere, anche scientifico e tecnico, nel mondo intero. L'associazione, il cui funzionamento è consentito dalle donazioni che riceve, retribuisce traduttori con un compenso di 150 Euro (nel 2007) facendosi carico delle spese bancarie relative all'incasso.

I molti traduttori fanno crescere ogni giorno il numero dei testi tradotti (nel 2007, 200 fumetti scaricabili gratuitamente da internet, in 28 lingue tra cui il Laoziano e lo Ruandese).

Il presente file pdf può essere duplicato e riprodotto liberamente, parzialmente o integralmente, nonché utilizzato da insegnanti nei loro corsi, purché tali operazioni non siano a scopo di lucro. Può essere inserito in biblioteche municipali, scolastiche ed universitarie, sia in forma stampata che in reti digitali di tipo Intranet.

L'autore intende completare questa raccolta di opere con testi maggiormente accessibili ai giovanissimi (ragazzi di 12 anni). Sono inoltre in preparazione dei fumetti "parlanti" per analfabeti, nonché altri "bilingue" destinati all'apprendimento di una lingua straniera partendo dalla propria lingua madre.

L'associazione cerca costantemente nuovi traduttori che traducano nella loro lingua madre e dispongano delle competenze tecniche e linguistiche idonee alla corretta traduzione dei fumetti.

Per contattare l'associazione, vedere la pagina iniziale del sito

Conoscenza senza frontiere

Associazione senza scopo di lucro creata nel 2005 e gestita da due scienziati francesi. Obiettivo: diffondere la conoscenza scientifica utilizzando la banda tracciata attraverso i PDF scaricabili gratuitamente. Nel 2020 sono state così realizzate 565 traduzioni in 40 lingue. Con oltre 500.000 download.



Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

L'associazione è totalmente volontaria. Il denaro è stato interamente donato ai traduttori.

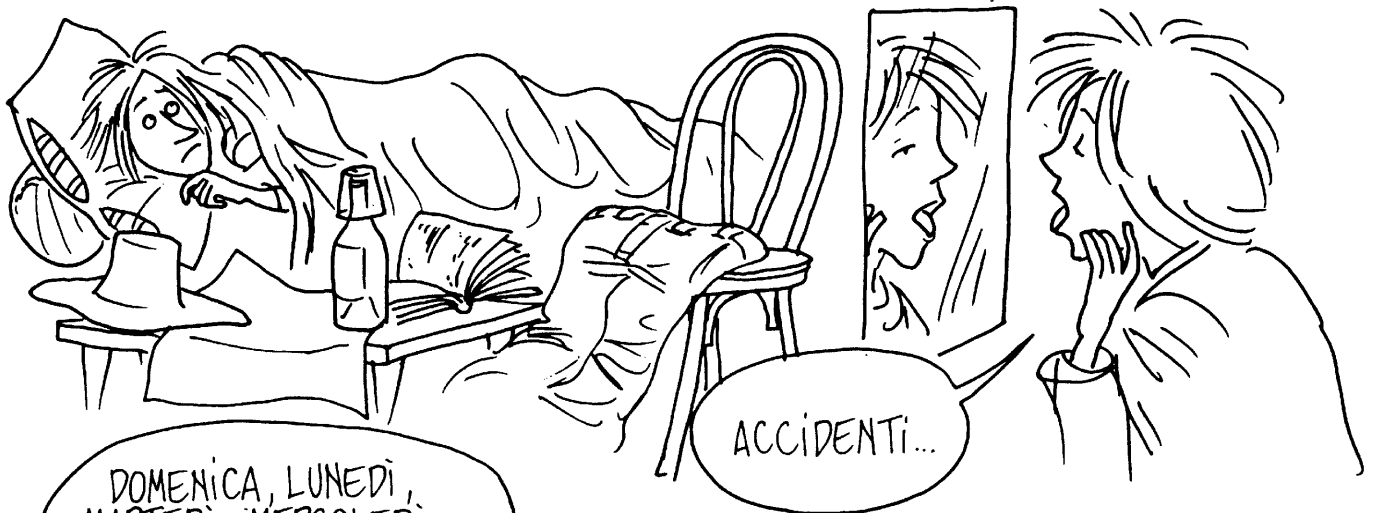
Per effettuare una donazione, utilizzare il pulsante PayPal sulla home page:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



PROLOGO:

UNA MATTINA ANSELMO SI SVEGLIA DI PESSIMO UMORE



ANSELMO SI SENTE TRISTE E VUOTO. TUTTO GLI APPARE BANALE COME NON MAI. I GIORNI SEMBRANO SOMIGLIARSI COME GOCCE D'ACQUA...



MAX,
DOV'E' MAX?

E' LI IN ALTO. CHE
FORTUNA, LA SUA!



MAX!
ANCH' IO
VOGLIO

VOLARE!




VOLARE ? SANTO CIELO!

MAX, DEVI INSEGNARMI A VOLARE. CI SARA' PURE UN SISTEMA!
SONO STUFO DI TRASCINARMI SULLA TERRA!



GUARDA, SOLLEVO UN PIEDE. SE RIESCO A SOLLEVARE CON SUFFICIENTE RAPIDITA' ANCHE L'ALTRO, PUO' DARSÌ CHE...

QUESTO DEVE DIPENDERE DALL'ARIA CHE MI PESA SULLE SPALLE



AL CONTRARIO! LA SPINTA DI ARCHIMEDE FA DIMINUIRE IL TUO PESO DI 80 GRAMMI!

C'ERA UNA VOLTA ARCHIMEDE



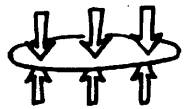
VUOI DIRE CHE, QUANDO MI PESO, LA BILANCIA NON INDICA IL MIO VERO PESO A CAUSA DELLA SPINTA DI ARCHIMEDE?



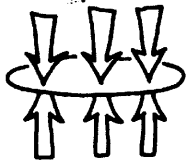
ESATTO, TU PESI IN REALTA' 80 GRAMMI IN PIU'.



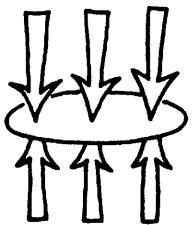
IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE...
SE NE PARLA, SE NE PARLA...
MA CHE COS'E',
ESATTAMENTE?

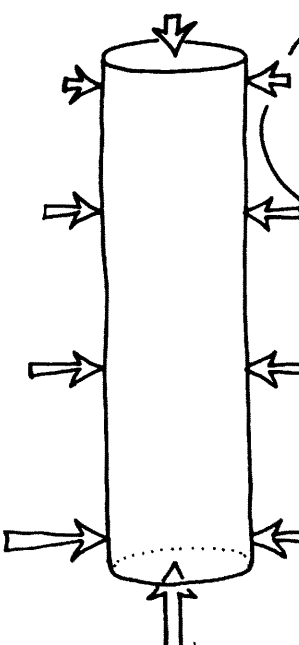


FORZE CHE AGISCONO
SU UN DISCO
IMMERSO IN UN
FLUIDO:




IMMAGINA UN DISCO IMMERSO NELL'
ATMOSFERA. LA COLONNA D'ARIA CHE GLI E' SOPRA PESA
SULLA SUA SUPERFICIE SUPERIORE. PIU' QUESTA COLONNA
D'ARIA E' ALTA, PIU' QUESTA FORZA E' GRANDE. MA SE IL
DISCO E' MOLTO SOTTILE, SULLA SUA SUPERFICIE INFERIORE
AGISCE UNA FORZA DI PRESSIONE, UGUALE ED OPPOSTA,
PER CUI LA SOMMA DELLE DUE FORZE E' NULLA.





IMMAGINA ORA UN CILINDRO. LA PRESSIONE SULLA SUA BASE E' PIU' FORTE CHE SULLA SUA PARTE SUPERIORE; LA DIFFERENZA CORRISPONDE AL PESO DI UN CILINDRO D'ARIA EQUIVALENTE. LE FORZE LATERALI, INVECE, SI ANNULLANO L'UNA CON L'ALTRA.

$$\rightarrow + \leftarrow = 0$$



$\uparrow + \downarrow =$ FORZA D'ARCHIMEDE =
= PESO DEL VOLUME D'ARIA SPOSTATO

GLI 80 GRAMMI DI PRIMA CORRISPONDONO AL PESO DELL'ARIA CHE SI SPOSTA! CAPITO!...

LE FORZE DI ARCHIMEDE HANNO UN RUOLO IMPORTANTE NELLA NATURA:

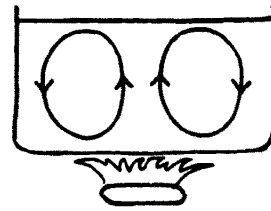
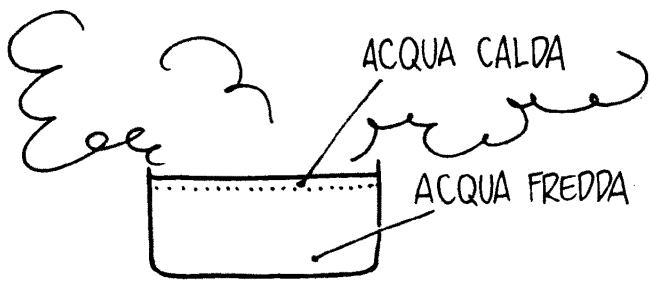
CORRENTI DI CONVEZIONE

OTTANTA GRAMMI...
NON BASTANO PER PERMETTERE
DI ALZARSI IN VOLO...

VADO A FARMi
UN BUON TE'

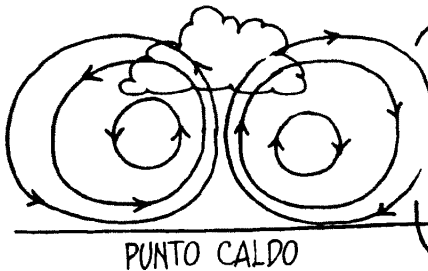
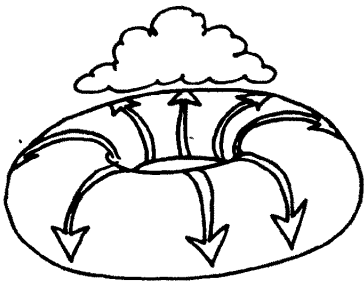
CON CHE COSA POSSO
FAR RISCALDARE L'ACQUA?
SE UTILIZZASSI QUESTO
RADIATORE PARABOLICO?



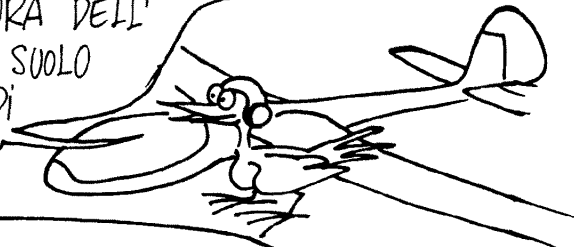


IN COMPENSO, SE SI RISCALDA L'ACQUA DAL DI SOTTO, DI QUI ESSA, DILATATA, DUNQUE MENO Densa, TENDERA' A SALIRE. SI RAFFREDDERA' ALLA SUPERFICIE, SI CONTRARRA' E RIDISCENDERA' DAI LATI: E' LA CONVEZIONE NATURALE.

LO STESSO FENOMENO SI PRODUCE NELL'ATMOSFERA. CERTI PUNTI DEL SUOLO ASSORBONO DI PIU' IL CALORE DEL SOLE. IN QUESTI PUNTI L'ARIA SI RIEMPIE DI UMIDITA' (PIU' FA CALDO, PIU' L'ARIA PUO' CONTENERE ACQUA ALLO STATO DI VAPORE), SI DILATA E TENDE A SALIRE. AD UNA CERTA ALTEZZA, IL RAFFREDDAMENTO PROVOCA LA CONDENSAZIONE DEL VAPORE ACQUEO IN GOCCIOLINE, PRODUCENDO UN BEL CUMULO.



QUESTO FENOMENO DI MESCOLOMENTO RENDE PIU' OMOGENEA LA TEMPERATURA DELL'ARIA. SE NON ESISTESSE, IL SUOLO RAGGIUNGEBBERE CENTINAIA DI GRADI DI TEMPERATURA



SE MI AGGRAPPASSI A UNA DI QUELLE BOLLE D'ARIA CALDA, RIUSCIREI A VOLARE?



ATTENTO A DOVE METTI I PIEDI, SANTO CIELO!



CHI HA PARLATO?

NON POTRESTE ANDARE A
PENSARE DA UN'ALTRA PARTE?

PER POCO NON CI CAMMINATE
ADDOSSO, SANTO CIELO!

OH, SCUSATE!

VOLARE? COME SE GIÀ
COSÌ LA VITA NON FOSSE
COMPLICATA!

INNANZITUTTO I NOSTRI
SCIENZIATI HANNO STABILITO
CHE VOLARE È PRATICAMENTE
IMPOSSIBILE!

E, FRANCAEMENTE, NON
CREDETE CHE CI SIANO COSE
PIÙ SERIE DA FARE CHE...
VOLARE?

ALTRO CHE!

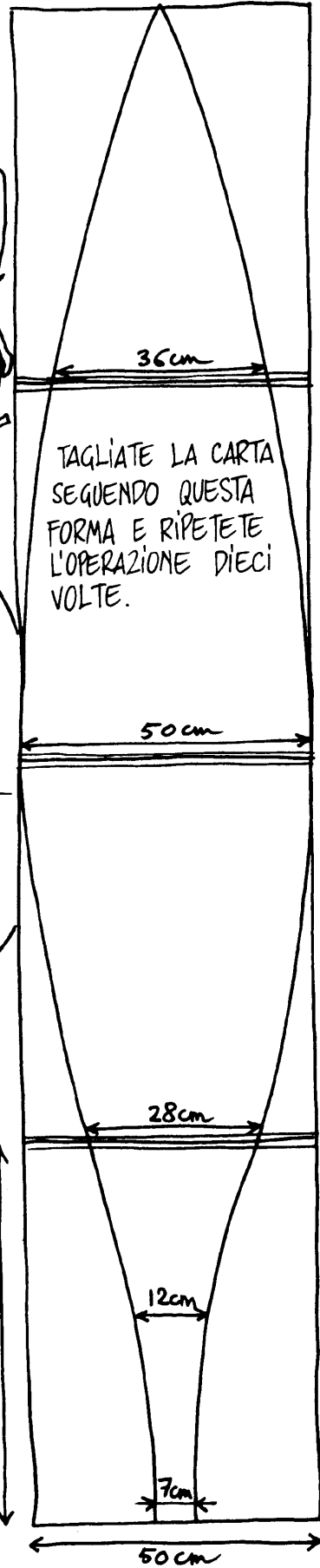
HO TROVATO! METTERO'
UNA BOLLA D'ARIA CALDA
IN UN INVOLUCRO!

OGGETTI PIU' LEGGERI DELL'ARIA



IL SEGRETO DELLE MONGOLFIERE:
PIU' SONO GRANDI, MEGLIO VIAGGIANO.
POTETE COSTRUIRLE CON 40 FOGLI
DOPPI DI UN QUALSIASI QUOTIDIANO
E DEL NASTRO ADESIVO TRASPARENTE,
SEGUENDO IL MODELLO QUI INDICATO,
CHE E' STATO PENSATO IN MODO
DA POTER TRASPORTARE UN
GATTO.

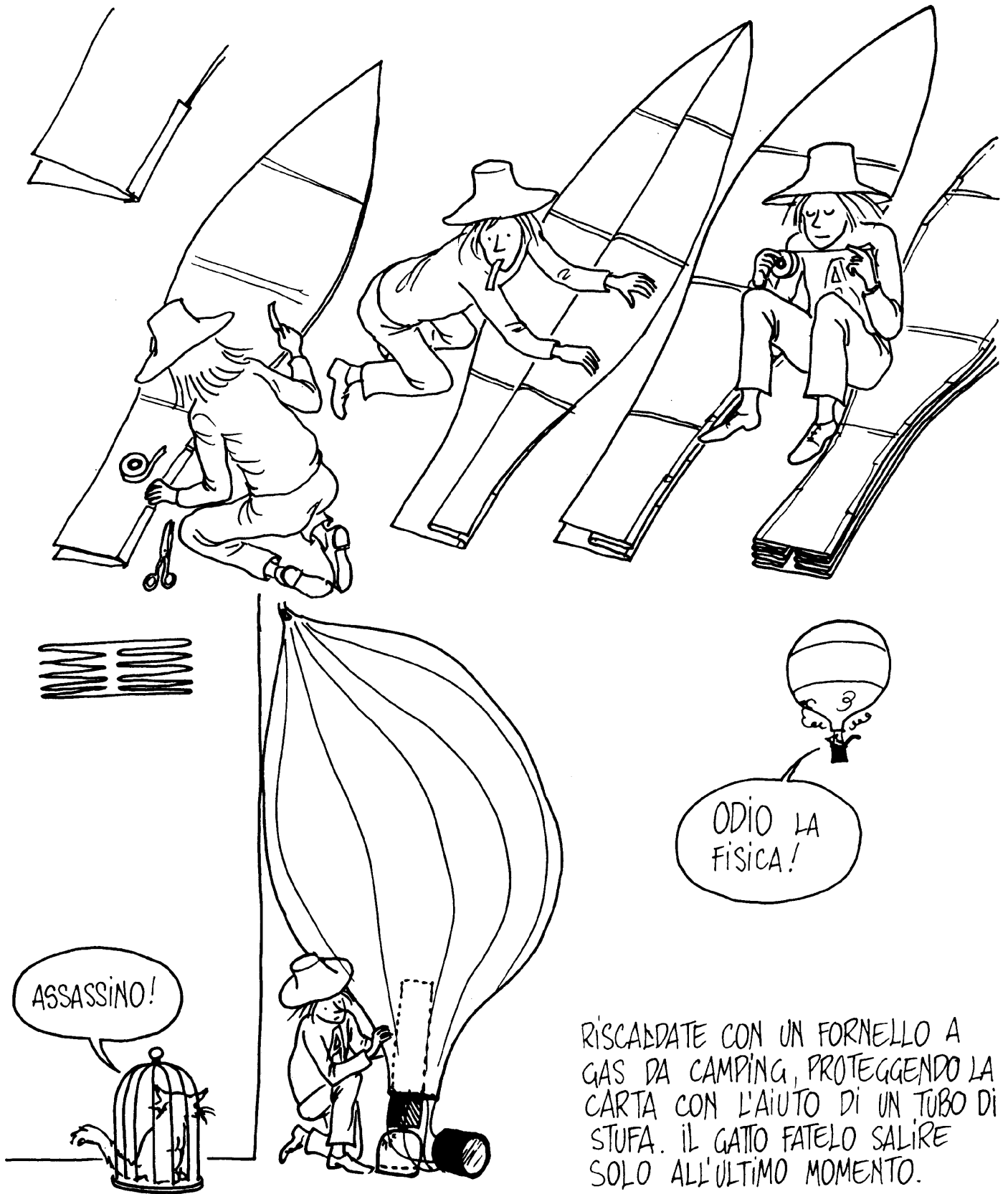
E SE NON
FUNZIONA?!

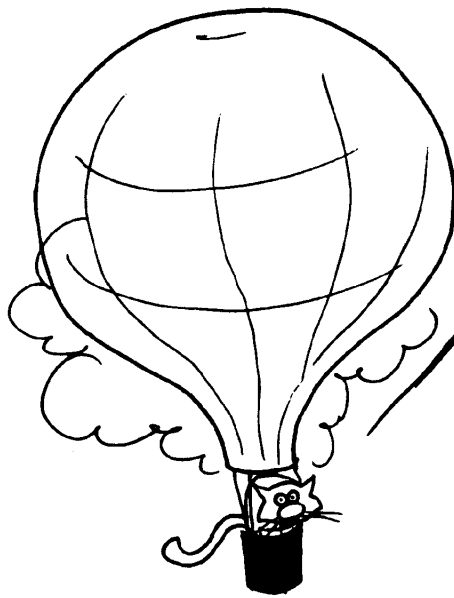


TAGLIATE LA CARTA
SEGUENDO QUESTA
FORMA E RIPETETE
L'OPERAZIONE DIECI
VOLTE.

QUATTRO FOGLI DOPPI DI GIORNALE, UNITI DAL NASTRO ADESIVO

ECCO COME ANSELMO COSTRUISCE LA SUA MACCHINA PIÙ LEGGERA DELL'ARIA:





CIO' CHE STO FACENDO IO, NON LO HA MAI FATTO NESSUN GATTO!

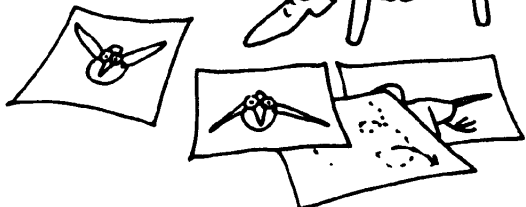



SOGNI DI CARTA... TUTTO QUESTO NON MI PORTERA' MOLTO IN ALTO. E POI, QUESTA MACCHINA E' IN BALIA DEI VENTI, NON POSSO GUIDARLA DOVE VOGLIO...

QUALE E' IL SEGRETO DEL VOLO?




SBRIGATI, MI SONO STANCATO!






NIENTE DA FARE, NON FUNZIONA. C'E'
QUALCOSA CHE MI
SFUGGE...

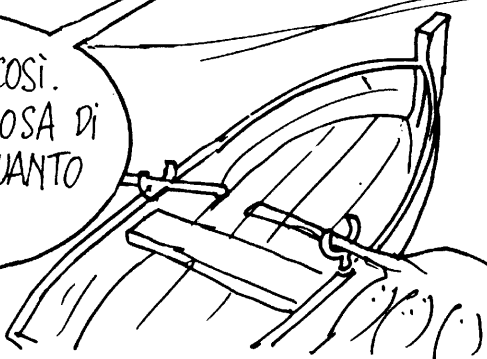


PSSS...
PSSS...



ANSELMO, PER VOLARE E' NECESSARIO
INNANZI TUTTO CHE TI FAMILIARIZZI CON LA
MECCANICA DEI FLUIDI. VOLARE NON
E' COSI' SEMPLICE!

COS'E' ESATAMENTE
UN FLUIDO?
QUALCOSA CHE
SCORRE?



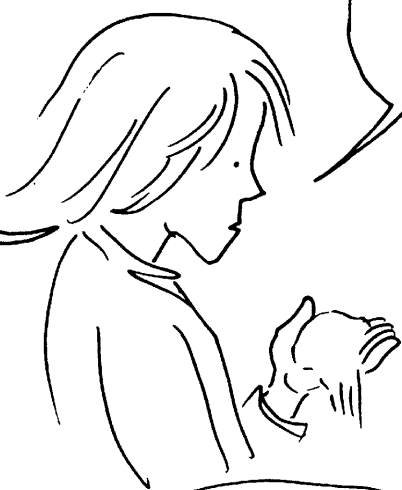
SI', SE VUOI DIRE COSI'.
MA E' ANCHE QUALCOSA DI
PIU' COMPLESSO DI QUANTO
NON IMMAGINI.



GUARDA!

LA SABBIA SCORRE COME L'ACQUA. C'E' UN QUALCHE RAPPORTO TRA LE DUE SOSTANZE?

LA SABBIA E' UN FLUIDO?



SOFIA, IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE FUNZIONA CON LA SABBIA?



PROVA TU STESSO!

i FLUIDi



ECCO DUE OGGETTI: UNA MONETA E UNA PALLINA DA PING-PONG. SE LA SABBIA E' UN FLUIDO, SECONDO IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE QUESTI OGGETTI, IMMERSI NELLA SABBIA, RICEVERANNO UNA SPINTA DAL BASSO PARI AL PESO DEL VOLUME DI SABBIA SPOSTATA.

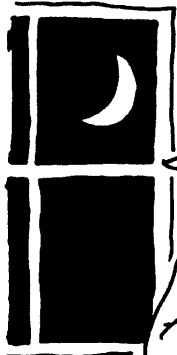
VEDIAMO...



HO MESSO LA PALLINA SOTTO LA SABBIA E LA MONETA IN SUPERFICIE. LOGICAMENTE, LA MONETA DOVREBBE SCENDERE E LA PALLINA TORNARE IN SUPERFICIE.



NIENTE...

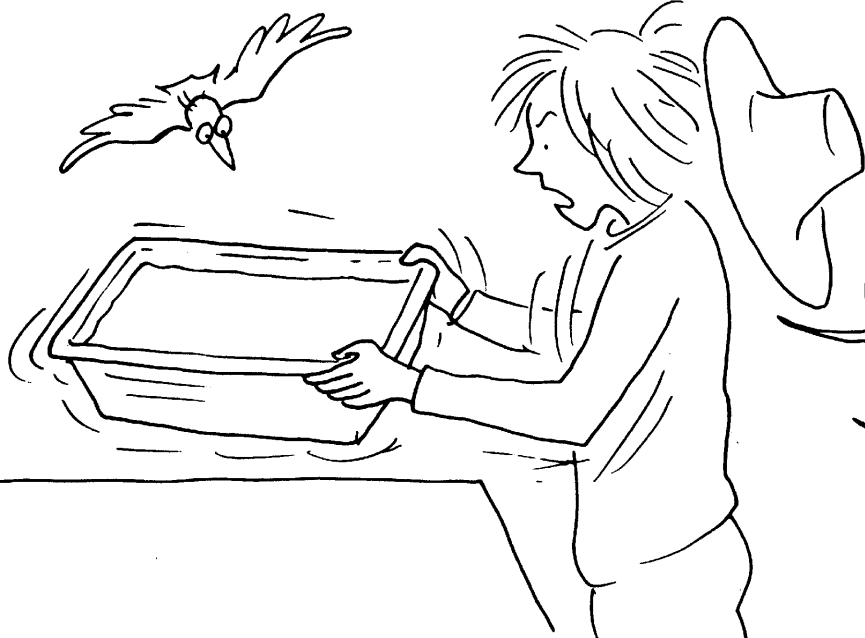
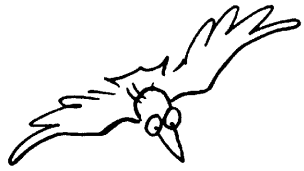


FORSE E' QUESTIONE DI TEMPO...

E' DIVENTATO PROPRIO PAZZO, IL TUO AMICO?



NON CE' DA FIDARSI, DELLA FISICA



CHI ME L'HA FATTO FARE, DI TENTARE UN ESPERIMENTO SIMILE!

MI HA SCOCCIATO!



E LA MONETA E' ANDATA A FONDO. SCUOTENDO LA SABBIA, ANSELMO HA FATTO IN MODO CHE I SUOI GRANELLI SCORRESSERO GLI UNI SUGLI ALTRI. E LA SABBIA E' DIVENTATA FLUIDA.

SOFIA HA DETTO CHE PIU' I GRANELLI SONO FINI, PIU' IL FENOMENO E' RAPIDO.



ALLORA, UN FLUIDO E' UNA SPECIE DI SABBIA DAI GRANELLI MOLTO FINI, CHE POSSONO SCORRERE FACILMENTE GLI UNI SUGLI ALTRI?!?



SOFIA CI HA DETTO CHE E' COSI' CHE LUCREZIO, NEL PRIMO SECOLO AVANTI CRISTO, HA INTUITO L'ESISTENZA DEGLI ATOMI (DE RERUM NATURA)



SA SEMPRE TUTTO MEGLIO DI TUTTI, SOFIA!



(*) EFFETTIVAMENTE, IL VETRO E' UN LIQUIDO ESTREMAMENTE VISCHIOSO.





VEDI, ANSELMO, PER CAPIRE BENE UN FLUIDO, BISOGNA TENER PRESENTE CHE SI TRATTA DI UN INSIEME DI MOLECOLE CHE, COME DELLE PALLINE, RIMBALZANO E SCIVOLANO LE UNE SULLE ALTRE IN QUEL CHE SI CHIAMA IL CAOS MOLECOLARE.

PRONTI PER IL CAOS!



ESISTONO VENTI MILIARDI DI MILIARDI DI QUESTE PALLINE IN UN CENTIMETRO CUBO DELL'ARIA CHE RESPIRIAMO. SONO MOLECOLE COSI' PICCOLE DA NON POTER ESSERE VISTE NEMMENO DAL MICROSCOPIO PIU' POTENTE.

LA DENSITA'



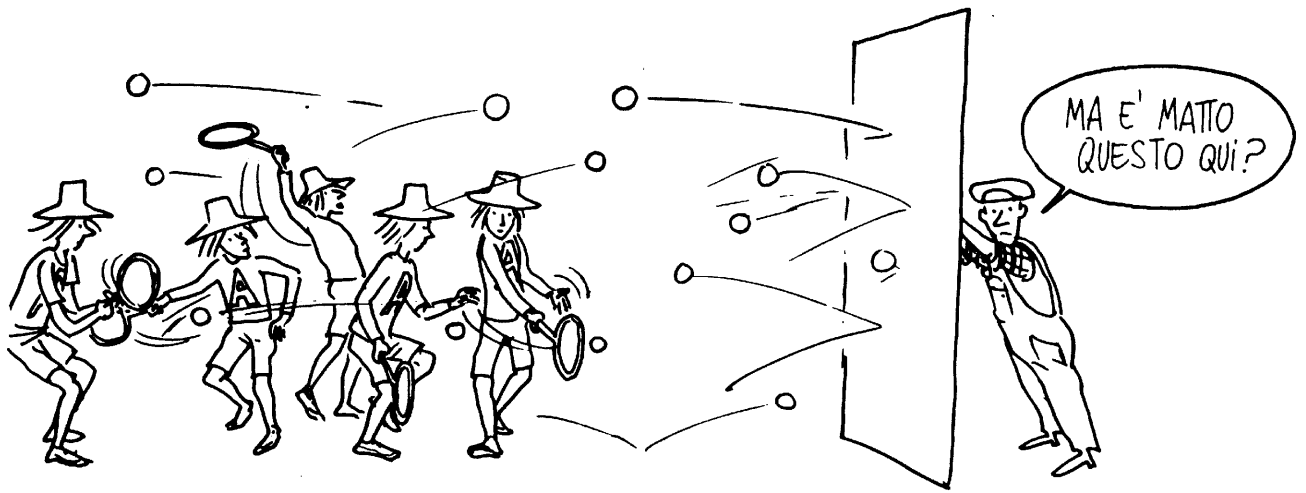
IO NON LO CAPISCO!

IL CONCETTO DI DENSITA' E' COSI' INTUITIVO CHE NON VARREBBE LA PENA NEMMENO DI PARLARNE

E' IL NUMERO DI MOLECOLE PER UNITA' DI VOLUME.

LA PRESSIONE:

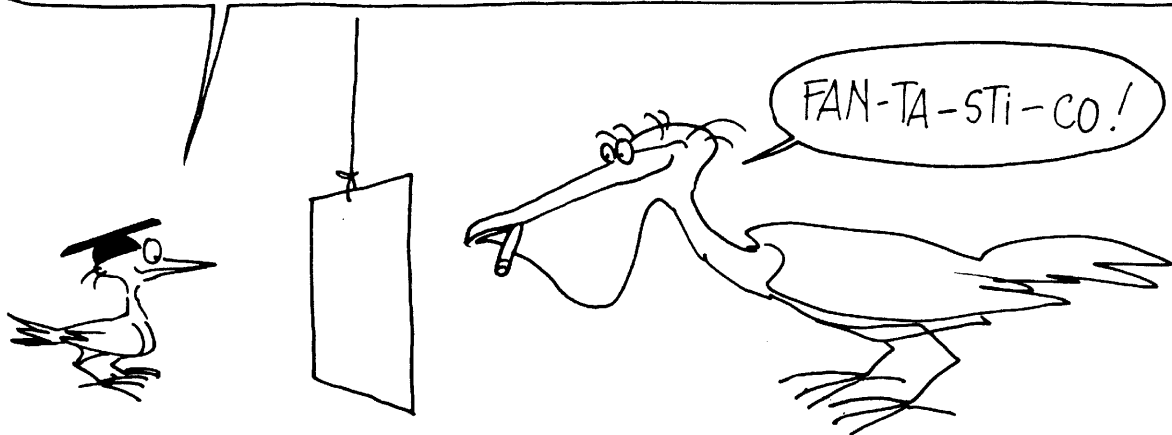




SONO GLI INNUMEREVOLI URTI MOLECOLARI CHE SI PRODUCONO SU DI UNA PARETE A CREARE IL FENOMENO CHE CHIAMIAMO PRESSIONE.

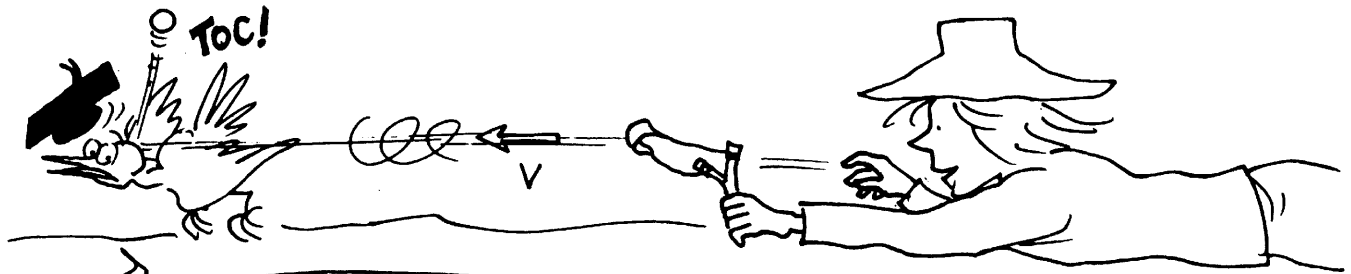


...RIMANE IMMOBILE PERCHE' LE SPINTE DELLE MOLECOLE, CHE SI ESERCITANO DA UN LATO E DALL'ALTRO, CON LE COLLISIONI, SI EQUILIBRANO.



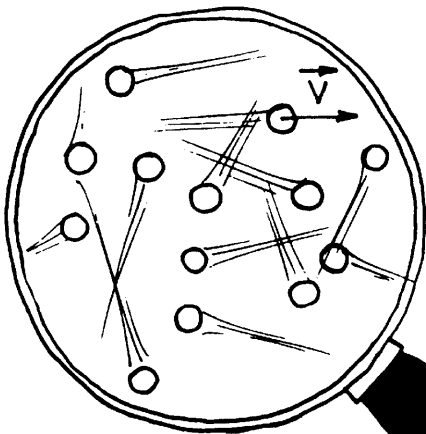
L'ENERGIA CINETICA:

UN OGGETTO DI MASSA m ,
CHE SI MUOVE CON VELOCITA' v ...



... POSSIEDE, PER DEFINIZIONE,
UNA ENERGIA CINETICA PARI
A $\frac{1}{2} m v^2$

L'ENERGIA TERMICA



ESAMINIAMO UNA CERTA QUANTITA' DI GAS. LE MOLECOLE DI MASSA m IN ESSA CONTENUTE SONO ANIMATE DA MOVIMENTI DISORDINATI. LA VELOCITA' CON CUI SI MUOVONO IN TUTTE LE DIREZIONI, CHIAMATA VELOCITA' DI AGITAZIONE TERMICA, E' v

L'ENERGIA TERMICA DI QUESTO SISTEMA,
E' SEMPLICEMENTE LA SOMMA DELLE ENERGIE
CINETICHE ($\frac{1}{2} m v^2$) DI TUTTE LE MOLECOLE
CHE LO COMPONGONO



LA TEMPERATURA:



LA TEMPERATURA ASSOLUTA DI UN GAS E' LA MISURA DELL'ENERGIA CINETICA DI AGITAZIONE ($\frac{1}{2}mv^2$) DI UNA MOLECOLA DI QUEL GAS

La Direzione



NON SI PUO' SCENDERE SOTTO LO ZERO ASSOLUTO: NON SI PUO' ESSERE MENO AGITATI DI QUANDO SI E' IMMOBILI, NON E' VERO?

SENZA AGITAZIONE MOLECOLARE NON CI SONO PIU' COLLISIONI SULLE PARETI, DUNQUE NON C'E' PIU' PRESSIONE!

E' PROPRIO COSI', L'HO CAPITO!



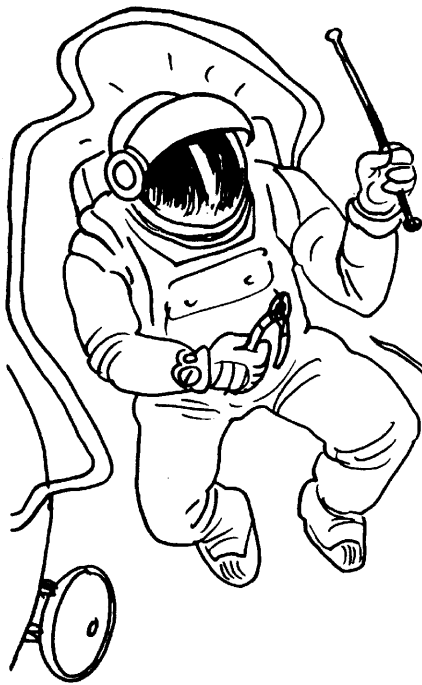
RIASSUMIAMO: PIU' SONO LE MOLECOLE, PIU' SONO AGITATE, CALDE, E PIU' E' ALTA LA PRESSIONE DEL GAS



IL CALORE



UN OGGETTO IMMERSO IN UN FLUIDO E' SOTTOPOSTO A UN' INFINITA' DI MICROURTI MOLECOLARI. IN QUESTO MODO, LE MOLECOLE POSSONO TRASMETTERE, SCAMBIARE ENERGIA, CALORE. IL POTERE DI TRASMETTERE CALORE CRESCE CON LA DENSITA' DEL FLUIDO. PER QUESTO MOTIVO L'ACQUA E' PIU' CONDUTTRICE DI CALORE DELL'ARIA.



QUANDO "CAMMINA" NELLO SPAZIO, UN COSMONAUTA SI MUOVE IN UN'ARIA ESTREMAMENTE RAREFATTA (DIECI MOLECOLE PER CENTIMETRO CUBO). IL GRADO DI AGITAZIONE DELLE MOLECOLE CORRISPONDE A UNA TEMPERATURA DI 2500° . E TUTTAVIA QUEST'ARIA NON BRUCIA IL COSMONAUTA, PERCHE' E' TROPPO POCO DENSA PER TRASMETTERE EFFICACEMENTE IL SUO CALORE.

BRR... 2500° E SI GELA!

LA TEMPERATURA E' ELEVATA, MA IL FLUSSO DI CALORE E' QUASI NULLO.

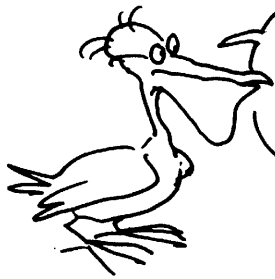
ENERGIA D'INSIEME:



ECCO UN INSIEME, UN SISTEMA DI N MOLECOLE, A UNA TEMPERATURA ASSOLUTA T

ANSELMO LANCIA UNA BOTTIGLIA DI GAS IMPRIMENDOLE UNA VELOCITA' D'INSIEME v

A QUESTA VELOCITA' D'INSIEME v CORRISPONDE UN' ENERGIA CINETICA D'INSIEME $\frac{1}{2} M v^2$ IN CUI M E' LA MASSA TOTALE DI GAS CONTENUTA NELLA BOTTIGLIA



VUOI DIRE, ALLORA, CHE CI SONO DUE TIPI DI ENERGIE CINETICHE?



SÌ E NO... IL SISTEMA DELLE MOLECOLE CONTENUTE NELLA BOTTIGLIA HA UNA ENERGIA TOTALE CHE E' LA SOMMA DI QUESTA ENERGIA D'INSIEME E DELL' ENERGIA DI AGITAZIONE TERMICA



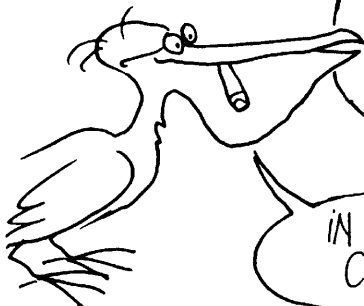
MA LO SAI CHE E' MALEDETTAMENTE COMPLICATA LA MECCANICA DEI FLUIDI!

NON VOLEVI VOLARE?
ALLORA IMPARA
COME SI VOLA!



ALLORA... NEL LIBRO E' SCRITTO CHE, IN UN SISTEMA DI MOLECOLE, SI PUO' TRASFORMARE L'ENERGIA DI AGITAZIONE TERMICA IN ENERGIA D'INSIEME

IN ALTRE PAROLE: TRASFORMARE CALORE IN MOVIMENTO

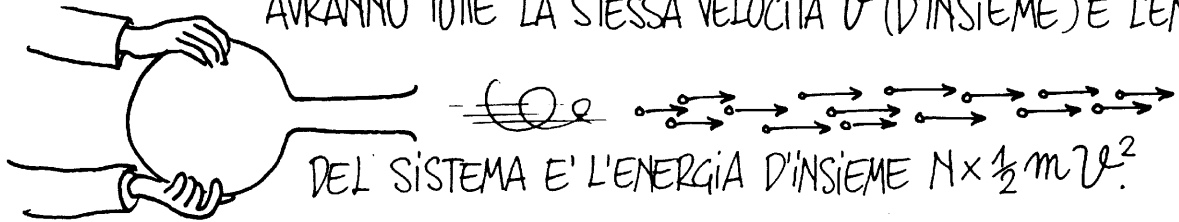




LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA :



SE QUESTA TRASFORMAZIONE CALORE → MOVIMENTO È TOTALE, LE MOLECOLE AVRANNO TUTTE LA STESSA VELOCITÀ v (D'INSIEME) E L'ENERGIA



SECONDO LA LEGGE DELLA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA, IN QUESTO PROCESSO L'ENERGIA TOTALE DEL SISTEMA, OVVERO LA SOMMA DELL'ENERGIA D'INSIEME E DELL'ENERGIA CINETICA D'AGITAZIONE (TERMICA) È COSTANTE.

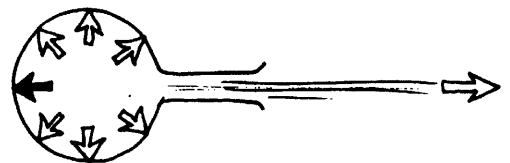
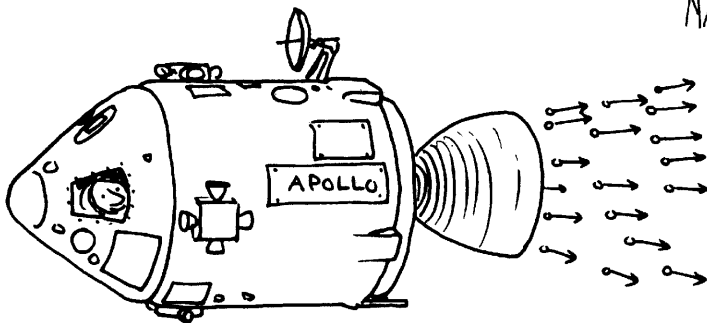
La Direzione



APPLICAZIONE DI QUESTA TRASFORMAZIONE DI ENERGIA TERMICA IN ENERGIA CINETICA D'INSIEME:

PROPULSIONE PER REAZIONE

IL "TUBO DI SCAPPAMENTO" DEI MOTORI A RAZZO È STATO STUDIATO PER CONSENTIRE LA MIGLIORE TRASFORMAZIONE CALORE → VELOCITÀ. LA FORZA DI PROPULSIONE NASCE DAL FATTO CHE, IN QUESTA ESPANSIONE, LA SOMMA DELLE FORZE DI PRESSIONE SUL RIVESTIMENTO



NON RISULTA PIÙ NULLA.

HO CAPITO!

PER VOLARE, EVIDENTEMENTE, DOVREBBE BASTARE IL FATTO DI SPINGERE DELL'ARIA VERSO IL BASSO!

PROVIAMO.



BEH, NON MI SEMBRA MOLTO EFFICACE...



GUARDA, ANSELMO, LE ALI DEGLI UCCELLI NON HANNO LA FORMA DI UN OMBRELLO! TU VUOI SEMPRE CAPIRE TUTTO E SUBITO. CONTINUA A STUDIARE, INVECE...

HAI RAGIONE, SOFIA!

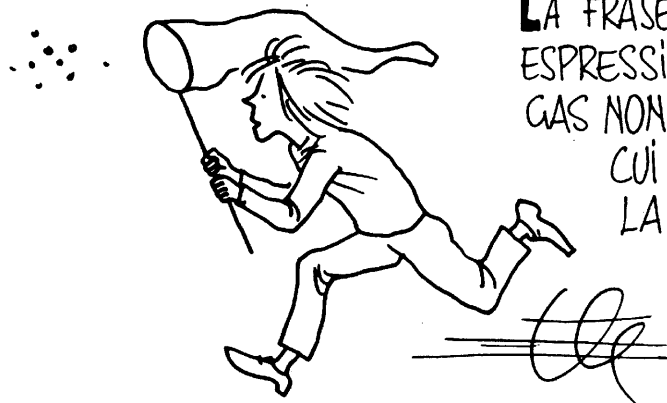
E' PROPRIO BRAVA QUESTA RAGAZZA!

MMM...

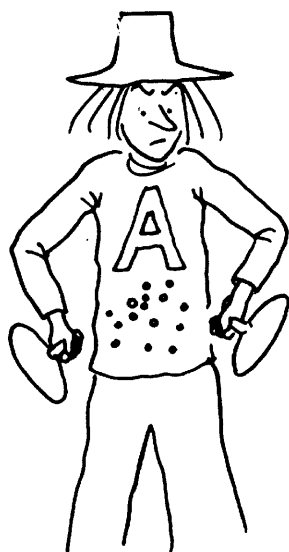


SE E' PER QUESTO, ANCHE TU SEI MICA MALE...

SCORRIMENTI A DENSITA' COSTANTE



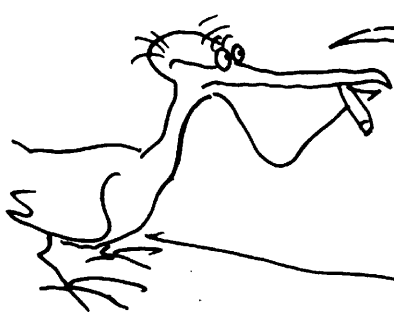
LA FRASE "LIBERO COME L'ARIA" NON E' UN' ESPRESSIONE CASUALE. LE MOLECOLE DI UN GAS NON SOPPORTANO LA PROMISCUITA', PER CUI CERCANO DI MANTENERE TRA LORO LA MAGGIORE DISTANZA POSSIBILE.



PROPRIO NON RIESCO IN QUESTO MODO AD AUMENTARE LA DENSITA' DELL'ARIA

MANCATO! NON SEI ABBASTANZA RAPIDO! T'HO VISTO IN TEMPO!

CHE COSA FA FUGGIRE LE MOLECOLE NEL MOMENTO IN CUI LE RACCHETTE SI AVVICINANO?



LA FIFA FORSE?

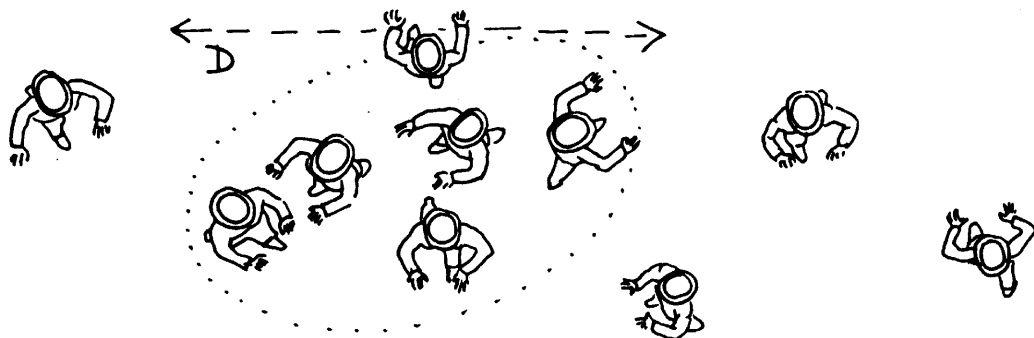
IMMAGINIAMO UNO SPAZIO IN CUI SI AGGIRINO DELLE PERSONE CON GLI OCCHI BENDATI. IL LORO COMPORTAMENTO E' COME QUELLO DELLE MOLECOLE: LA VELOCITA' CON CUI SI SPOSTANO, A CASO, IN OGNI DIREZIONE, CI FORNISE L'IMMAGINE DELLA VELOCITA' DI AGITAZIONE TERMICA V .



ESSE NON SI DIRIGONO IN ALCUN POSTO PARTICOLARE. OGNI T SECONDI, IN MEDIA, DOPO AVER PERCORSO UN CAMMINO ℓ , SI URTANO. CHIAMIAMO ℓ IL LIBERO PERCORSO MEDIO (E t IL TEMPO DI LIBERO PERCORSO MEDIO).

NELL'ARIA CHE RESPIRIAMO, V , LA VELOCITA' D'AGITAZIONE TERMICA, SI AVVICINA A 340 m/sec. IL LIBERO PERCORSO MEDIO MOLECOLARE E' DI CIRCA UN CENTOMILLESIMO DI CENTIMETRO, MENTRE IL TEMPO CHE PASSA TRA DUE COLLISIONI DI UNA MOLECOLA CON LE ALTRE VICINE E' DI SOLO UN DECIMILLESIMO DI MILIONESIMO DI SECONDO.

NULLA SPINGE QUESTE PERSONE DAGLI OCCHI BENDATI A RAGGRUPParsi, ANZI: IL LORO INCESSANTE MOVIMENTO DI AGITAZIONE PUO' CONDURRE OGNI ASSEMBRAMENTO DI DIAMETRO D A DISPERSI IN UN TEMPO D/V



SI TRATTA IN EFFETTI DEL TEMPO CHE OCCORRE A QUESTE PERSONE PER PERCORRERE LA DISTANZA D , DUNQUE PER LASCIARE IL LUOGO DELL'ASSEMBRAMENTO.



QUESTE PERSONE, CHE SONO ANCHE MUTE, NON VEDONO OLTRE LA PUNTA DELLE LORO DITA. SE IN QUESTA FOLLA PENETRA UN OGGETTO, AD UNA VELOCITA' v INFERIORE ALLA VELOCITA' DI AGITAZIONE v , QUELLE PERSONE POTRANNO ESSERNE INFORMATE, URTANDOSI, GRADATAMENTE. POTRANNO COSI' SPOSTARSI PRIMA CHE L'OGGETTO LE COLPISCA. L'INFORMAZIONE VIAGGIA ALLA VELOCITA' DEL LORO CAMMINO, CIOE' ALLA VELOCITA' DI AGITAZIONE v

IL SUONO

E' LA PROPAGAZIONE, A DENSITA' COSTANTE, DI UN IMPULSO DI PRESSIONE. E' UNA SORTA DI ONDA D'URTO CHE SI PROPAGA ALLA VELOCITA' v .

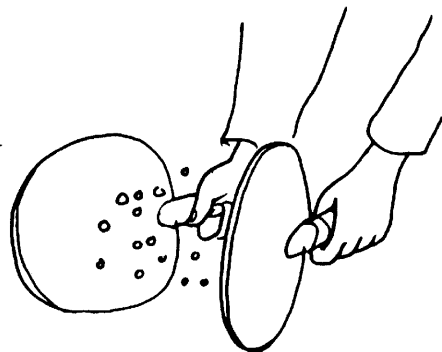


OCCORRE AVER CHIARO CHE IL SUONO E' LA PROPAGAZIONE DI UN IMPULSO E NON LA PROPAGAZIONE DELLA MATERIA

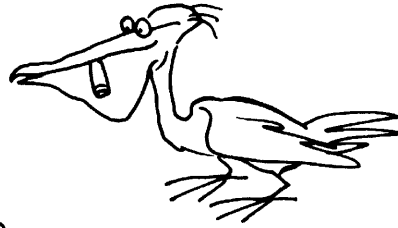
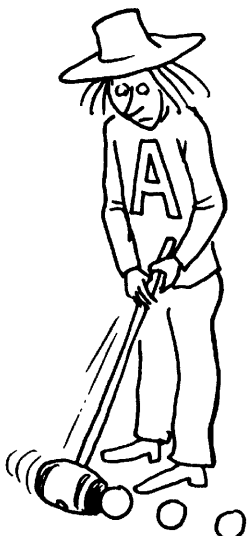
IL SUONO E' UN' ONDA DI PRESSIONE



E' ALLA VELOCITA' DEL SUONO CHE LE MOLECOLE SONO INFORMATE DEL MINIMO SPOSTAMENTO DELLE RACCHETTE DI ANSELMO. ESSE POSSONO COSI' SFUGGIRE FACILMENTE, CONSERVANDO LA LORO DENSITA' COSTANTE.



ANSELMO HA ALLINEATO DELLE PALLE DA CROQUET E COMUNICA UNA SPINTA ALLA PRIMA, CHE LA TRASMETTE ALLA SECONDA ...E COSÌ VIA. E' UN'IMMAGINE LINEARE DELLA PROPAGAZIONE DEL SUONO

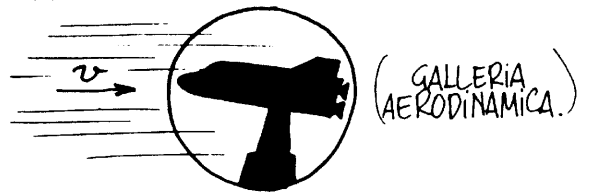


COME SI PROPAGA L'IMPULSO

LA NOZIONE DI VELOCITÀ È RELATIVA. COSÌ v SARÀ PER NOI INDIFFERENTEMENTE LA VELOCITÀ DI UN OGGETTO CHE PENETRA IN UN FLUIDO IMMOBILE, O LA VELOCITÀ D'INSIEME DEL GAS CHE GIUNGE SU



UN OGGETTO FISSO:



IL RAPPORTO $M = \frac{v}{v}$ SARÀ CHIAMATO, PER DEFINIZIONE, NUMERO DI MACH. v È LA VELOCITÀ DEL SUONO.

SE $v < v$, CIOÈ SE $M < 1$ (*), IL FLUIDO SARÀ DETTO IN REGIME SUBSONICO. LO SCORRIMENTO SI EFFETTUERA' A DENSITÀ COSTANTE E SARÀ CHIAMATO "INCOMPRESSIBILE"

la Divergenza

(*) < = È INFERIORE A

TEOREMA DI BERNOULLI



ECCO, E' PRONTO

PRONTO
CHE COSA?

IL MIO SISTEMA DI
VENTILAZIONE AUTOMATICA!

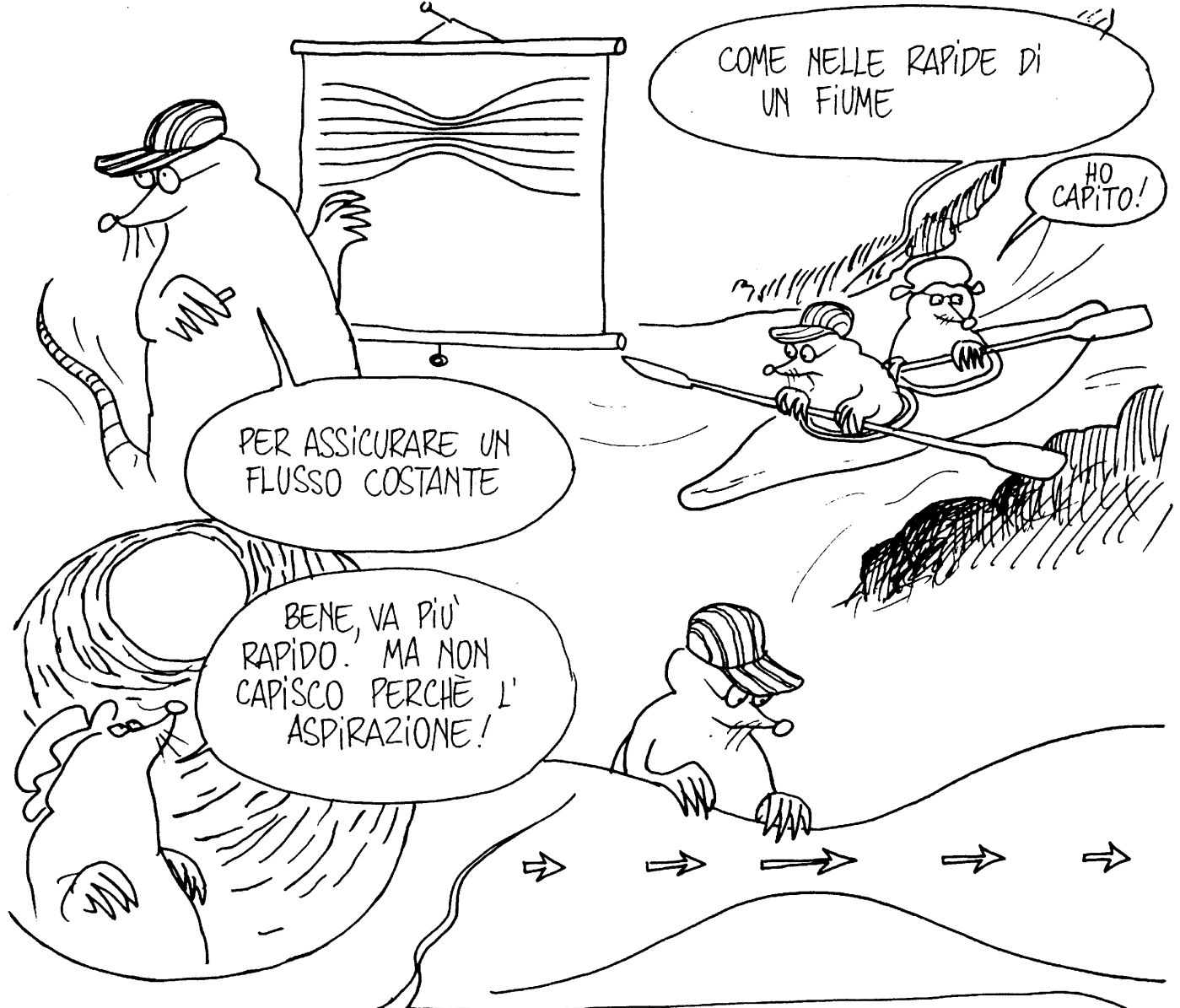
ORA CHE IL VENTO SOFFIA,
SENTI L'ASPIRAZIONE?

?!?

SI', MA PERCHE' COSI'
L'ARIA DELLA TANA E'
ASPIRATA?

IL TUMULO E' UN
OSTACOLO AL PASSAGGIO
DEL VENTO. PER SUPERARLO,
QUESTO DEVE ACCELERARE

ACCELERARE?
E PERCHE'?



COME NELLE RAPIDE DI UN FIUME

HO CAPITO!

PER ASSICURARE UN FLUSSO COSTANTE

BENE, VA PIU' RAPIDO. MA NON CAPISCO PERCHE' L'ASPIRAZIONE!

ESAMINIAMO UNA CERTA QUANTITA' DI FLUIDO CHE PASSA PER UNA STROZZATURA. LA SUA ENERGIA RIMANE COSTANTE. L'ACCELERAZIONE DEVE DUNQUE AVVENIRE A DANNO DELL'ENERGIA TERMICA, DUNQUE DEL MOVIMENTO DI AGITAZIONE.



E SE LA VELOCITA' D'AGITAZIONE SI ABBASSA LA PRESSIONE DIMINUISCE

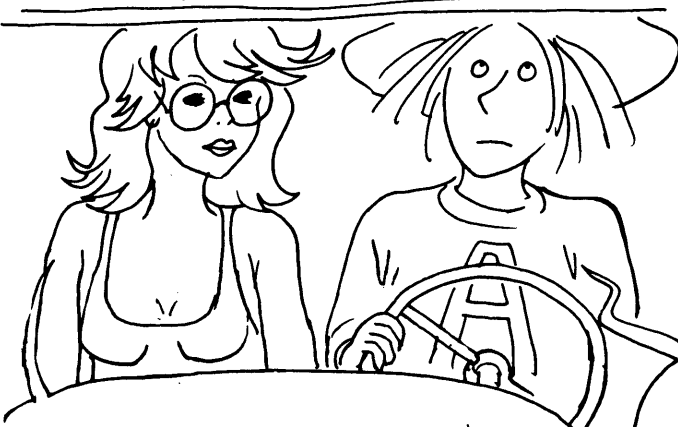
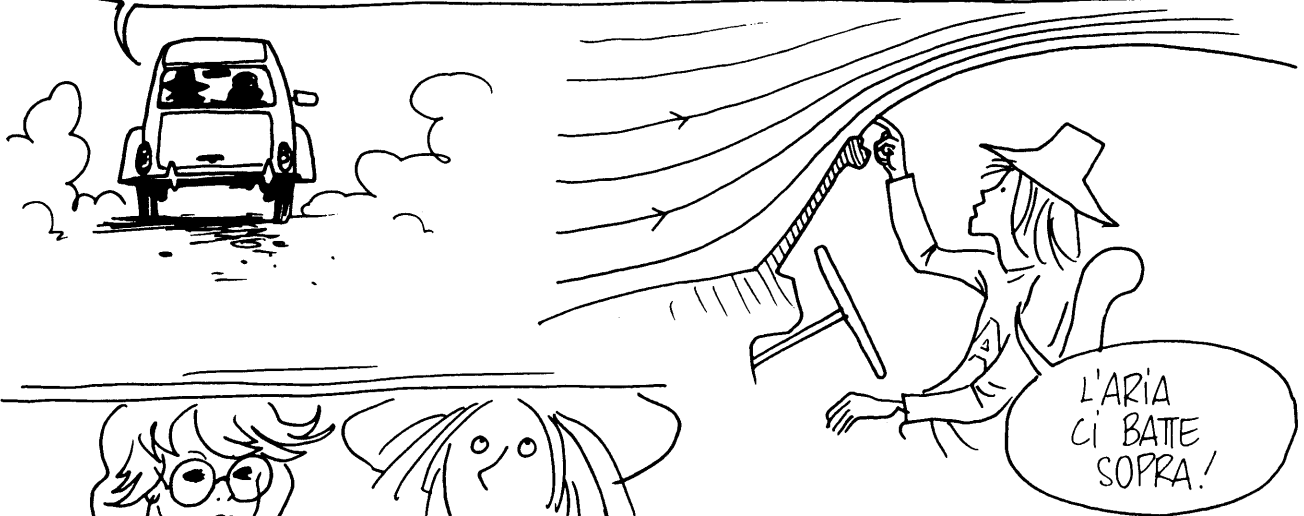


POICHE' LA PRESSIONE VARIA IN PROPORZIONE ALLA TEMPERATURA E ALLA DENSITA', QUESTA PRESSIONE SI ABBASSA

PER QUESTO MOTIVO L'ARIA DELLA TANA FINISCE PER ESSERE ASPIRATA.



E' CURIOSO, MENTRE ERAVAMO FERMI LA CAPOTE DELL'AUTO ERA DISTESA E PENDEVA VERSO L'INTERNO. ORA CHE SIAMO IN MARCIA, E' TUTTA GONFIA VERSO L'ESTERNO!



E' LA STESSA COSA CHE HAI VISTO PER LA TANA DELLA TALPA. DEL RESTO QUEST'AUTO, UNA DUE CA-VALLI, LE SOMIGLIA UN PO', NO?


ALLORA L'ARIA DEVE ACCELE-RARE PER AGGIRARE L'AUTO A DENSITA' COSTANTE. LA TEMPERATURA DIMINUISCE, E COSÌ LA PRESSIONE, E LA CAPOTE E' ASPIRATA, HO CAPITO

(*) GIOCO DI PAROLE: IN FRANCESE "FARE LA TALPA" SIGNIFICA ANCHE FREQUENTARE LA CLASSE PROPEDEUTICA ALLA SCUOLA POLITECNICA



E' LO STESSO FENOMENO CHE FA SALIRE IL PROFUMO NEL MIO VAPORIZZATORE...

...E CHE ASPIRA IL FUMO NEI CAMINI, GRAZIE AL VENTO.



DA QUANDO IN QUA I CAMINI PARLANO?


E' STRANO, AVREI CREDUTO PIUTTOSTO CHE L'ARIA SI SAREBBE AMMASSATA IN QUESTO IMBUTO

SECONDO IL

TEOREMA DI BERNOULLI:

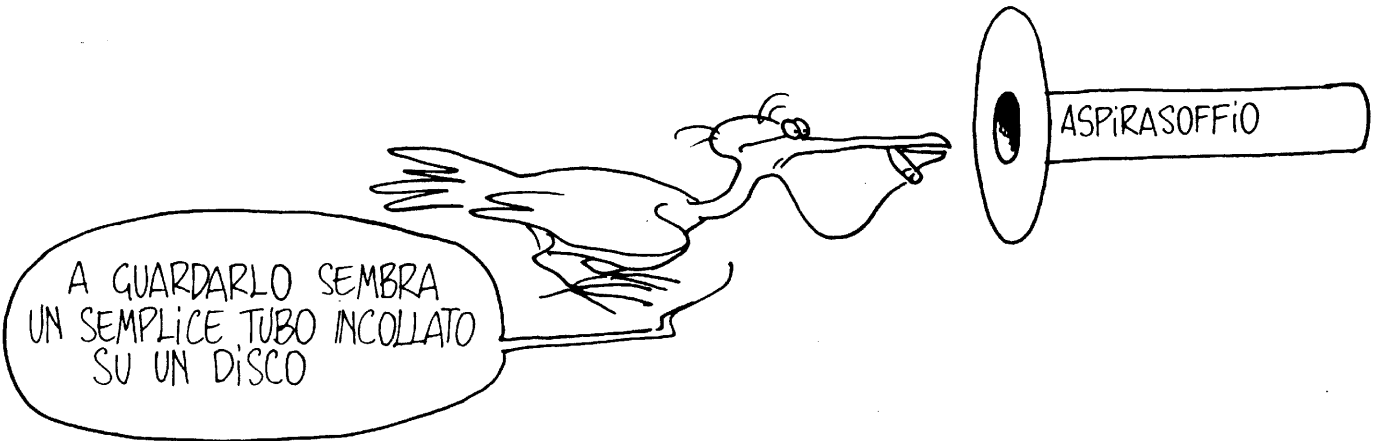
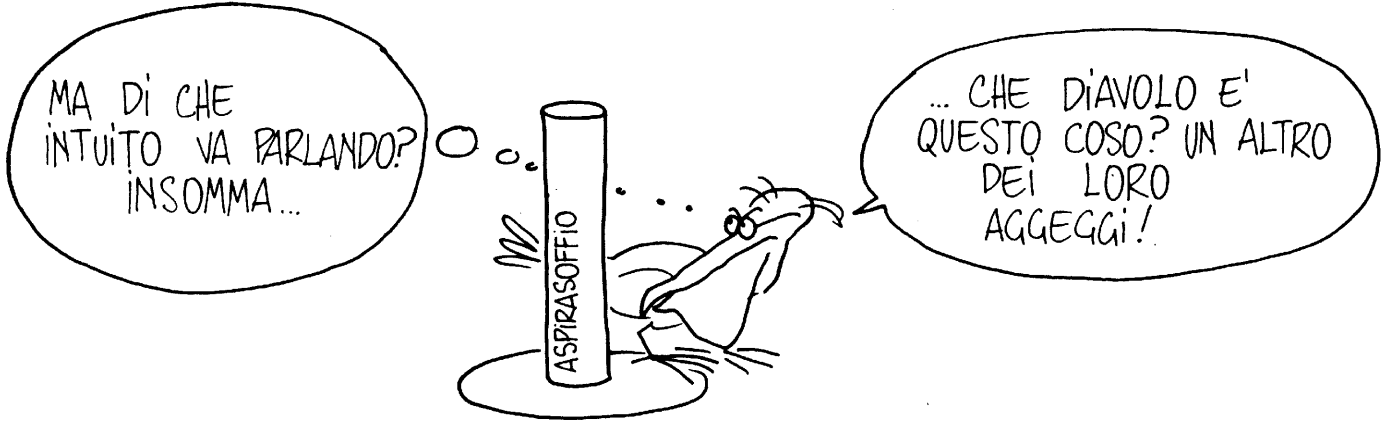
PRESSIONE E VELOCITA' SONO INVERSAMENTE PROPORZIONALI

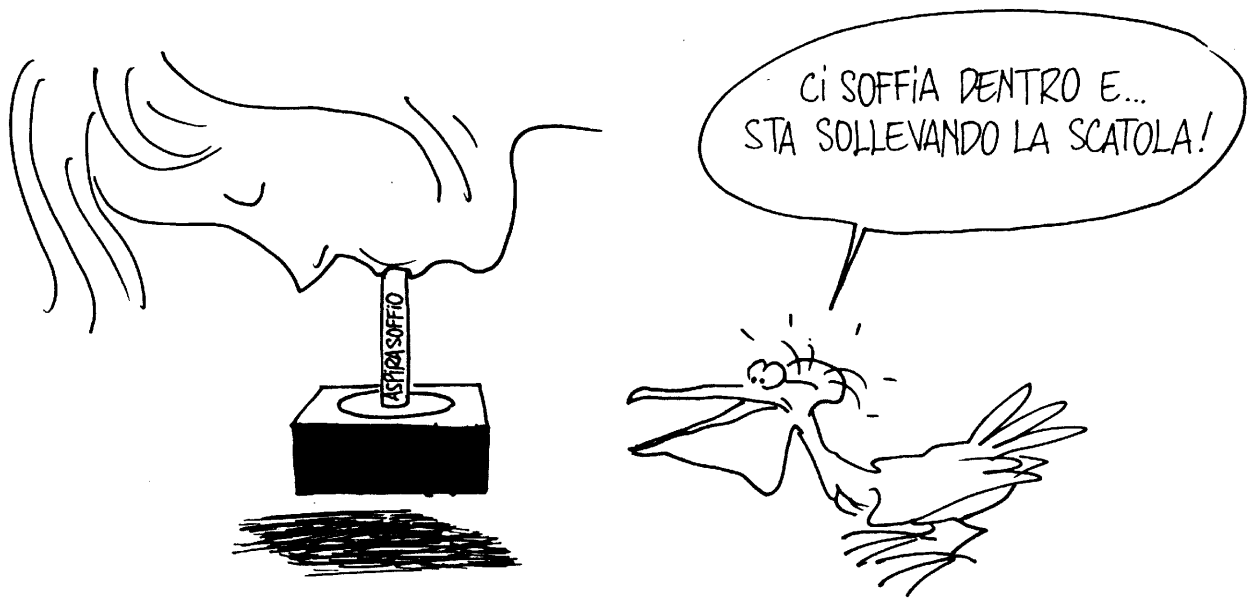
La Diverzione



A DIRE IL VERO, LA MECCANICA DEI FLUIDI MOLTO SPESSO E' UNA SFIDA ALLA NOSTRA INTUIZIONE E AL NOSTRO STESSO SENSO COMUNE

ESEMPIO DI
PARADOSSO LEGATO AL TEOREMA DI BERNOULLI





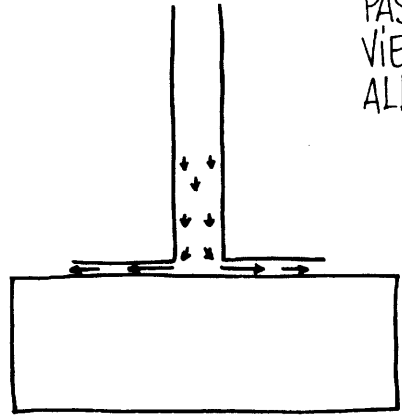
CI SOFFIA DENTRO E...
STA SOLLEVANDO LA SCATOLA!



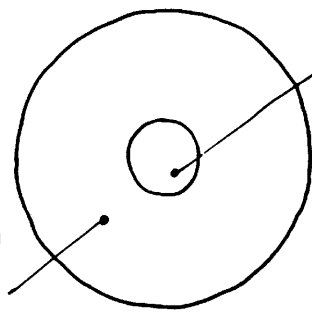
LA MISERIA...

COME'E' POSSIBILE
ASPIRARE SOFFIANDO?

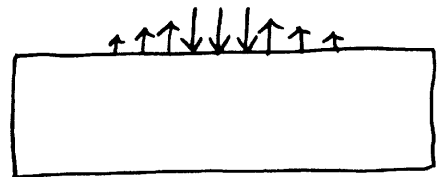
DOVE IL CILINDRO SI RACCORDA AL DISCO, LA SEZIONE DI PASSAGGIO DEL GAS SI RESTRINGE BRUSCAMENTE E L'ARIA VIENE VIOLENTEMENTE ACCELERATA. LA PRESSIONE DIVENTA ALLORA INFERIORE ALLA PRESSIONE ATMOSFERICA.



LA PARTE PERIFERICA, RISPETTO ALLA PRESSIONE ATMOSFERICA, E' IN DEPRESSIONE.

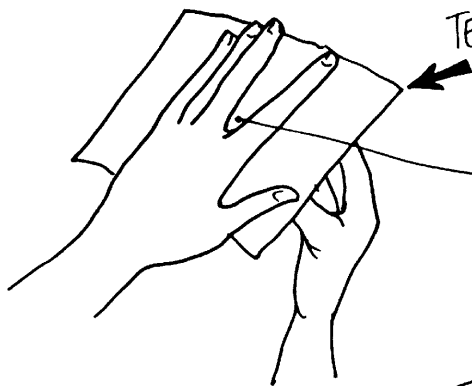


LA PORZIONE DELLA PARETE DELLA SCATOLA CHE E' DI FRONTE AL CANALE CENTRALE, SI TROVA, RISPETTO ALLA PRESSIONE AMBIENTALE, IN SOVRAPRESSIONE.



IL RISULTATO DI TUTTO QUESTO E' UN'ASPIRAZIONE

POTETE REALIZZARE ANCHE VOI UN ESPERIMENTO ANALOGO CON UN SEMPLICE FOGLIO DI CARTA.

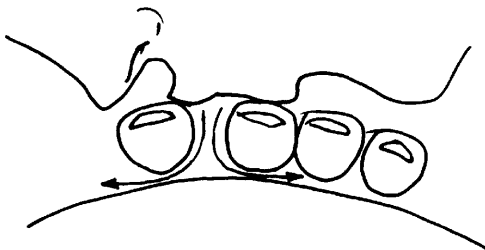


TENETELO IN QUESTO MODO

SOFFIATE IN QUESTO PUNTO, MOLTO FORTE.



NON APPENA INIZIATE A SOFFIARE, LASCIATE IL FOGLIO. VEDRETE CHE RESTERA' PER QUALCHE ISTANCE ANCORA ATTACCATO



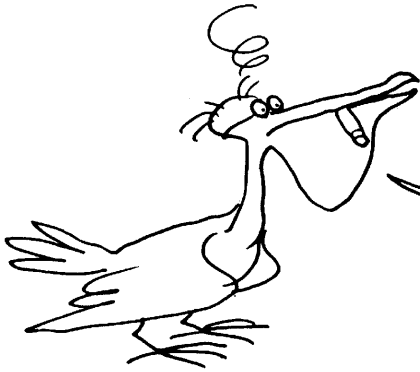
Nota bene:

BISOGNA SOFFIARE FORTE!

la Direzione



TI FAI UN VOLO CON ME?



CON TUTTO QUEL CHE HO VISTO OGGI, PREFERISCO ANDARE A PIEDI!

FLUIDO, DENSITA', PRESSIONE, TEMPERATURA, REAZIONE, BERNOULLI. HO TUTTE LE PAROLE CHIAVE PER POTER VOLARE



DENSITA' PRESSIONE

NO, TE NE MANCA UNA

QUALE?

?



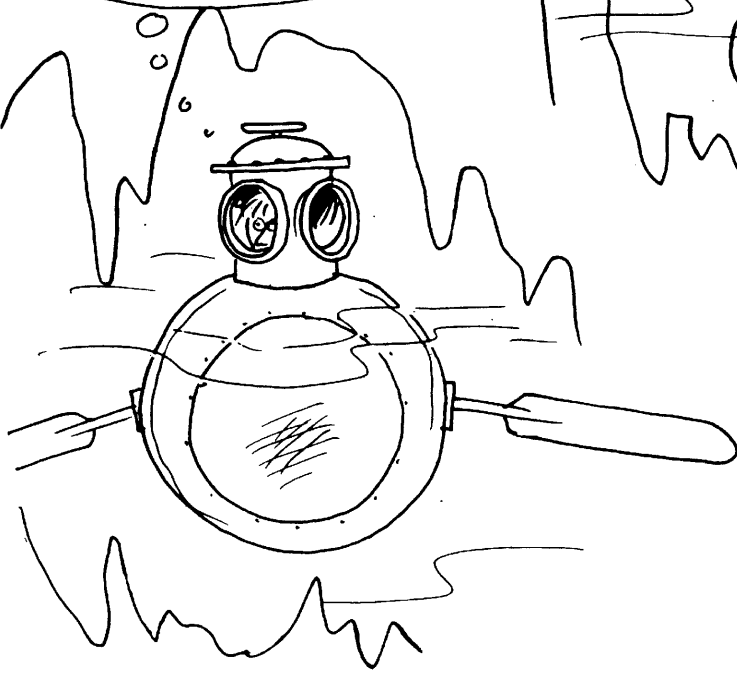
IL SOGNO DI ANSELMO:



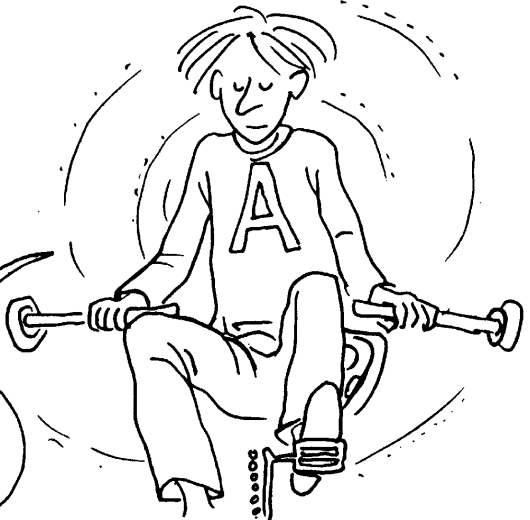
IN NOME DI UN
VORTICE, DOVE SONO?



A QUANTO PARE, MI TROVO
IN UN SOMMERGIBILE. CHE
LUOGO INQUIETANTE...

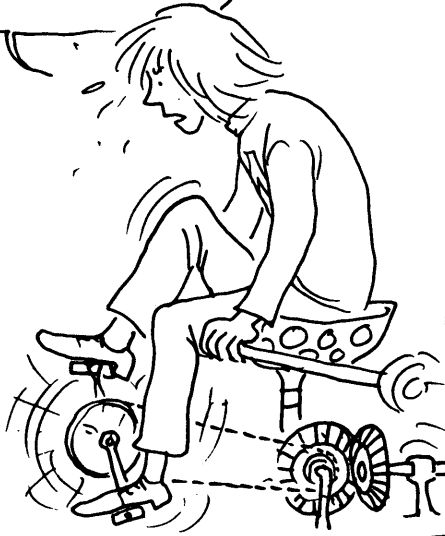


BI SOGNA CHE VENGA
FUORI DI QUI AL
PIÙ PRESTO

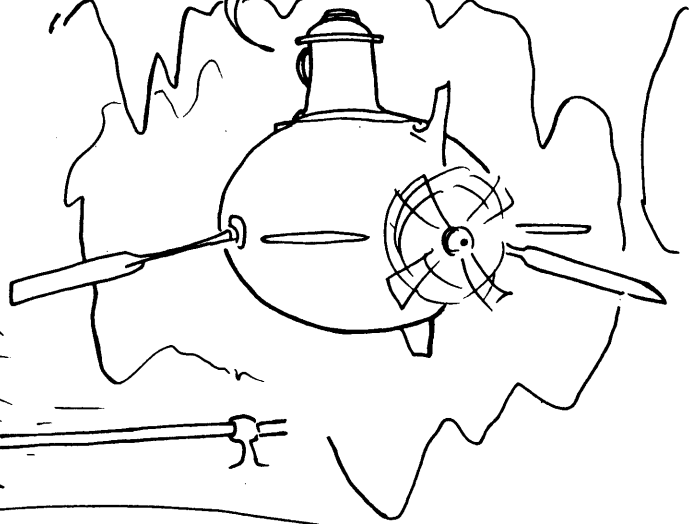


QUESTA MACCHINA HA DUE TIPI DI PROPULSIONE:
I REMI E UN'ELICA MOSSA DA
PEDALI.

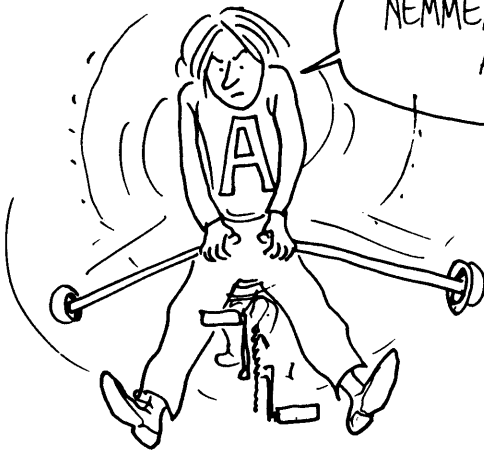
AL DIAVOLO, STO PEDALANDO DA UN'ORA...



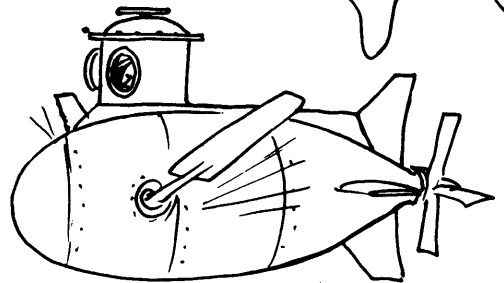
...E NON AVANZO DI UN MILLIMETRO!

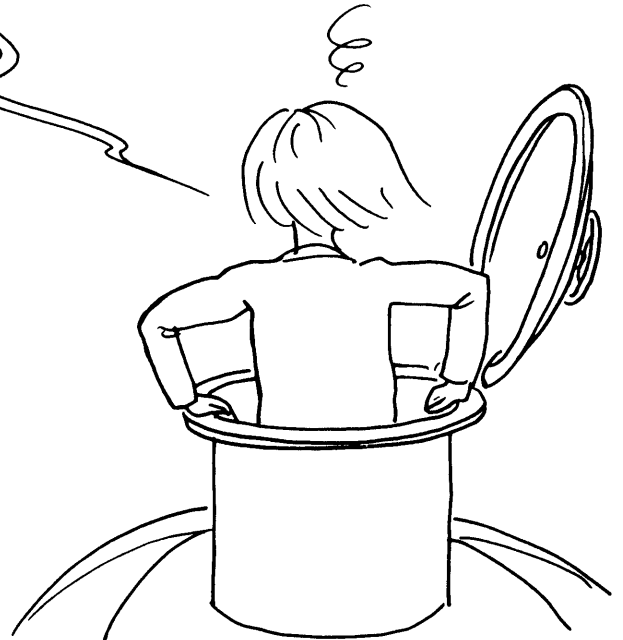
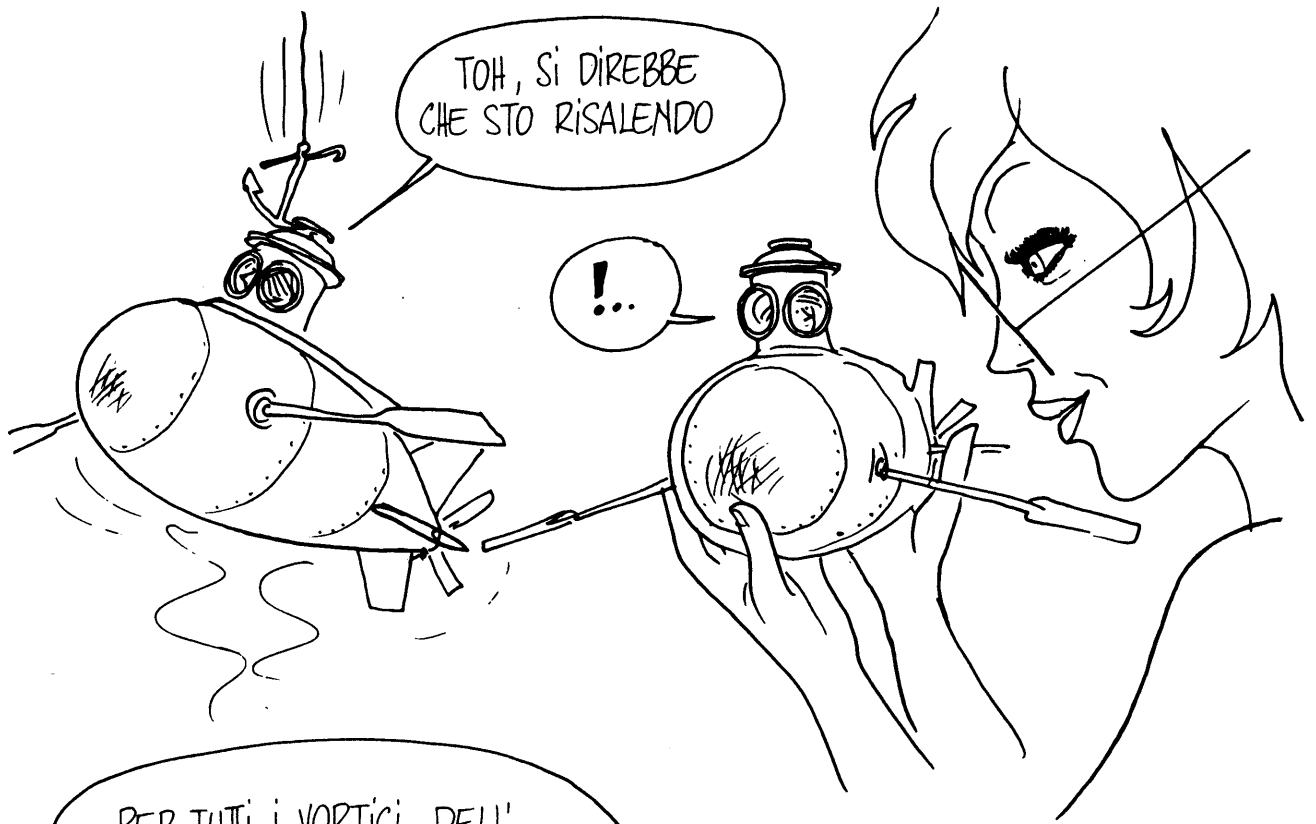


TENTIAMO CON I REMI... NON FUNZIONA NEMMENO COSI'... E NON AVVERTO ALCUNA RESISTENZA!!



VUOI VEDERE CHE MI TROVO NEL VUOTO? MA NO, SE FOSSI NEL VUOTO, IL MIO SOMMERCIBILE NON GALLEGGEREBBE!







DUNQUE, E' SEMPLICE: TI TROVAVI NELL' ELIO SUPERFLUIDO. RICORDATI LA CASSETTA DI SABBIA, IN CUI L'ATTRITO DEI GRANELLI GLI UNI SUGLI ALTRI ERA TALMENTE FORTE CHE LA SABBIA SCORREVA CON DIFFICOLTA'.

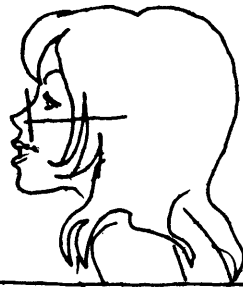
QUI E' IL CONTRARIO: AL DI SOTTO DI UNA CERTA TEMPERATURA, MOLTO BASSA, LA FLUIDITA' DELL'ELIO DIVENTA INFINITA E L'ATTRITO NON ESISTE PIU'.



MA CHE RAPPORTO C'E' TRA L'ATTRITO E IL FATTO DI REMARE, VOLARE, O MUOVERSI CON L'AIUTO DI UN'ELICA?



NON AVEVI TUTTI I TORTI, CON IL TUO OMBRELLO. PER ESSERE SOSTENUTI DALL'ARIA, OCCORRE AVER PRESA SU DI ESSA.



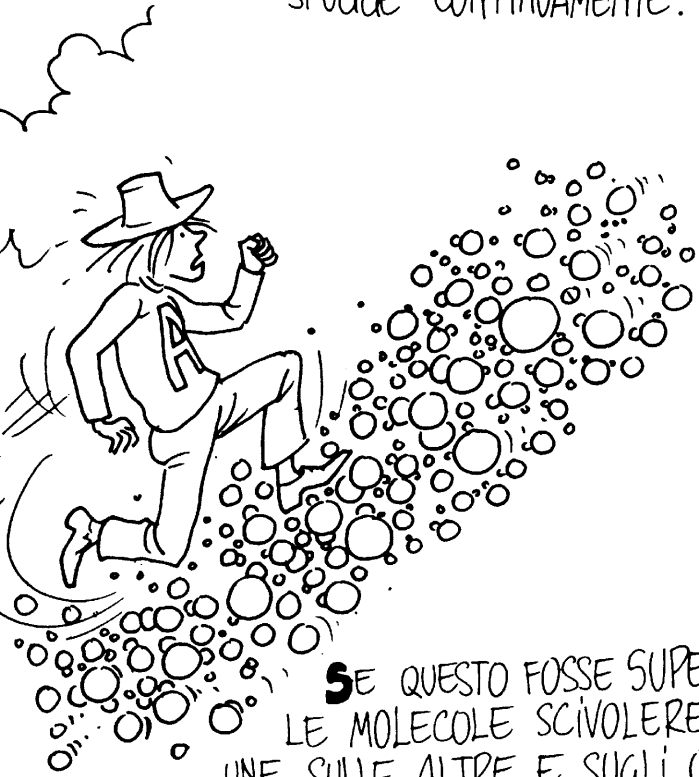
SE L'ARIA FOSSE SUPERFLUIDA, IL TUO PARACADUTE NON TI SERVIREBBE A NULLA. ANZI, NON SI CONFIEREBBE NEMMENO, E TU FINIRESTI IN CADUTA LIBERA!

IL PRIMO ANIMALE CHE SI PROVO' A DAR LA SCALATA AL CIELO, COMPRESO BEN PRESTO CHE GLI SAREBBE STATO NECESSARIO UN QUALCHE APPIGLIO NELL'ATMOSFERA.

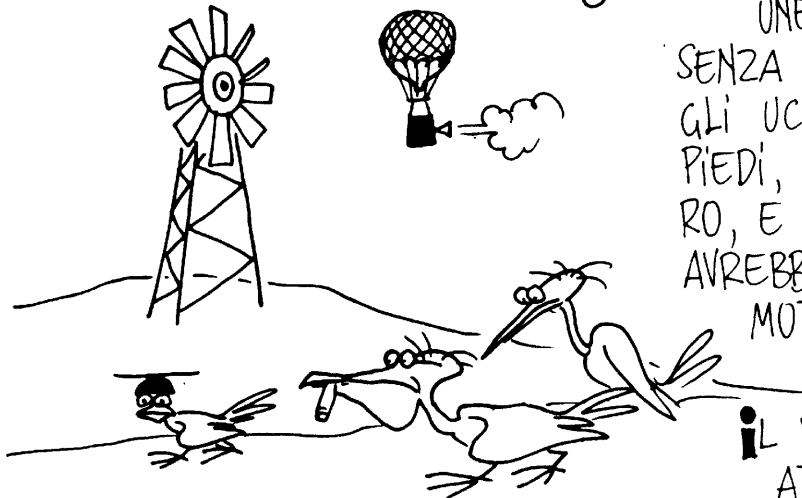


COSI' IL VOLO DI OGNI OGGETTO PIU' PESANTE DELL'ARIA, SOMIGLIA AD UNA CORSA SENZA FINE IN CUI SI CERCA DI FAR PRESA SU UN MEZZO CHE INVECE SFUGGE CONTINUAMENTE.

BISOGNA INVECE POTER AVERE UNA QUALCHE PRESA SU QUESTO AMBIENTE



SE QUESTO FOSSE SUPERFLUIDO, LE MOLECOLE SCIVOLEREBBERO LE UNE SULLE ALTRE E SUGLI OGGETTI SENZA ALCUN ATTRITO: IN QUESTO CASO, GLI UCCELLI FINIREBBERO PER ANDARE A PIEDI, I MULINI A VENTO NON GIREREBBERO, E GLI UNICI TRASPORTI AEREI SI AVREBBERO CON DEI PALLONI MOSSI DA MOTORI A REAZIONE.

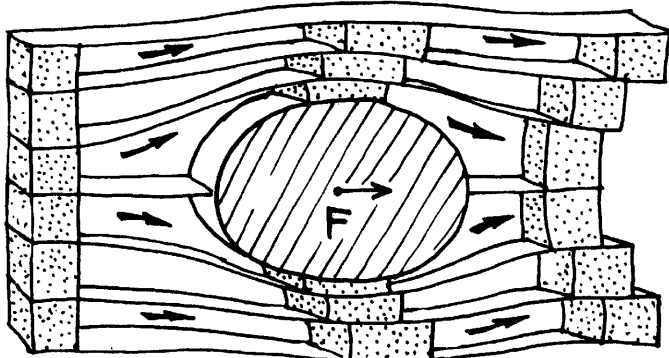
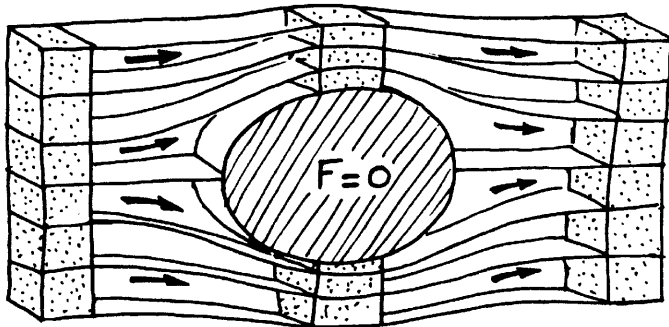


IL VOLO E' DUNQUE LEGATO ALL'ATTRITO DEI GAS.

FLUIDI E ATTRITO

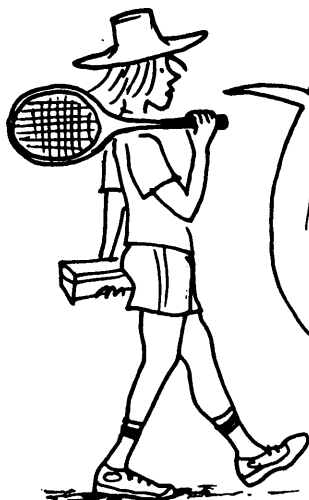


COME QUESTI PIATTI, COSÌ GLI STRATI SOVRAPPosti DI GAS SCIVOLANO GLI UNI SUGLI ALTRI CON UN CERTO ATTRITO.



IMMAGINIAMO UN OGGETTO IMMOBILE SUL QUALE GIUNGANO DELLE MOLECOLE CHE RAPPRESENTEREMO COME SE FOSSE RO DENTRO SCATOLE CUBICHE.

- IN ASSENZA DI OGNI ATTRITO, DOPO AVER AGGIROTO L'OGGETTO LE MOLECOLE SI RITROVERANNO AMMUCCHiate LE UNE SULLE ALTRE, COM'ERANO PRIMA.
- LA PRESENZA DELL'ATTRITO, INVECE, RALLENTERA' LE MOLECOLE POSTE VICINO ALL'OGGETTO, CHE GIUNGERANNO ALLA FINE SFALSATE TRA LORO. L'OGGETTO FRENA IL GAS, E A SUA VOLTA IL GAS ESERCITA UNA FORZA F SULL'OGGETTO: LA RESISTENZA D'ATTRITO.



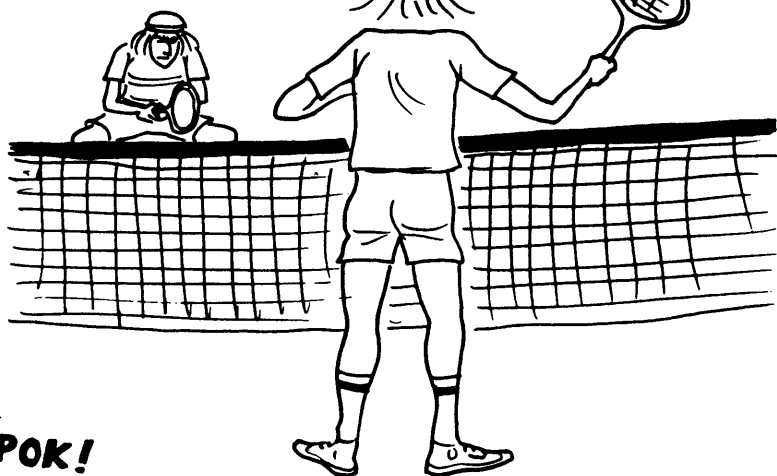
EH SÌ, TUTTO QUESTO E' DAVVERO COMPLICATO. PER RILASSARMI, MI FACCIÒ UNA BELLA PARTITA A TENNIS, CHE ALMENO E' ROBA DA SEMPLICE MECCANICA, DA BALISTICA. UN COLPO ALLA PALLA, E VIA, BASTA MANDARLA IN CAMPO

LA PALLA LIFTATA



VEDIAMO SE C'E' UN POSTO LIBERO. ECCO QUI. BJÖN BORG... MI GIUNGE NUOVO...

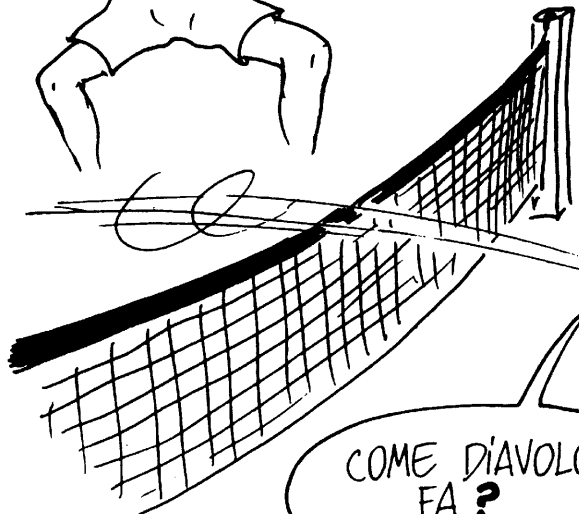
READY?



ЧПРК!



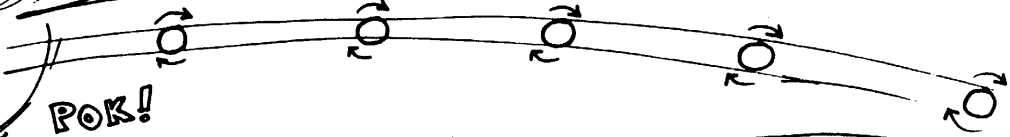
ACCIDENTI, NON RIESCO A PRENDERE UNA PALLA! QUESTO BORG HA UNO STRANO MODO DI TENERE LA RACCHETTA SULLA BATUTA. LA PALLA DOVREBBE SALIRE



...E INVECE SCENDE!

COME DIAVOLO FA?

E' SEMPLICE: FACCIÒ RUOTARE LA PALLA IN QUESTO SENSO.



COSÌ TENDE A SCENDERE. CIÒ MI CONSENTE DI BATTERE PIÙ FORTE, FACENDOLA FINIRE COMUNQUE IN CAMPO.



Sì, sì, CERTO...

6-0, 6-0
INSOMMA!...

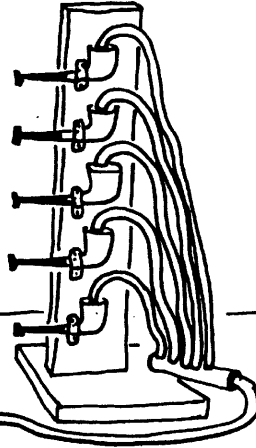
CHIARO COME LA MORCHIA DI UNA PIPA!





VEDIAMO CHE NELLA FIGURA DELLA PAGINA PRECEDENTE BORG INVIA LA PALLA DA SINISTRA VERSO DESTRA. SE IO FACCIO ARRIVARE L'ARIA SULLA PALLA DA DESTRA A SINISTRA, IL RISULTATO NON CAMBIA

ANSELMO COSTRUISCE UNA SORTA DI GALLERIA AERODINAMICA



GUARDA, SOFIA, IL FUMO DELLE PIPE RENDERA' EVIDENTI GLI SPOSTAMENTI DELL'ARIA



NON RIMANE CHE FAR RUOTARE LA PALLA: QUESTO DOVREBBE ANDAR BENE

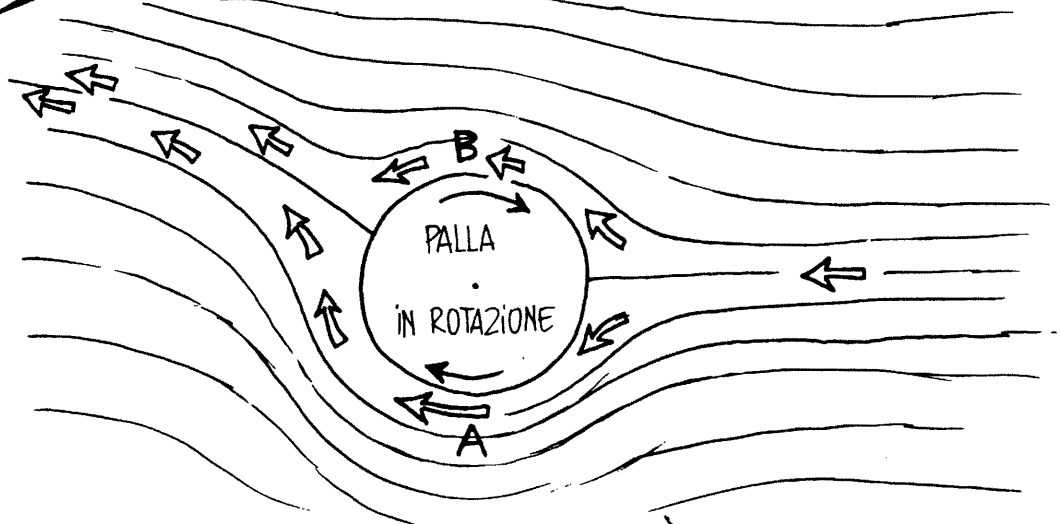


ECCO, FUNZIONA BENISSIMO!



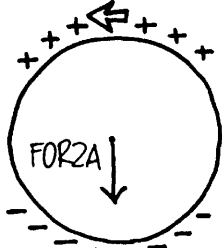


SPIEGAZIONE: GRAZIE ALL'ATTRITO, LA ROTAZIONE DELLA PALLA TRASCINA L'ARIA. SI CREANO COSI' UNA SUPERVELOCITA' IN A ED UNA SUBVELOCITA' IN B



NON RESTA ORA CHE APPLICARE IL TEOREMA DI BERNOULLI

SUBVELOCITA' - SOVRAPRESSIONE



VELOCITA'
DELL'ARIA

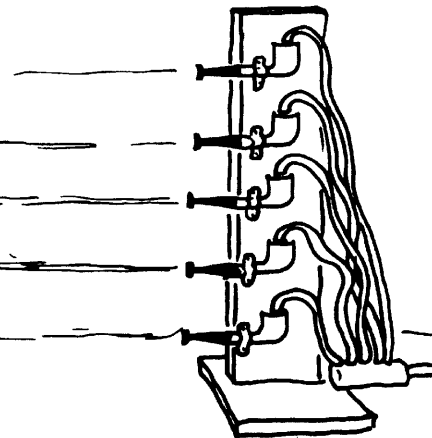


PRESSIONE E VELOCITA' VARIANO INVERSA-
MENTE. DUNQUE AVREMO SOTTO UNA DEPRES-
SIONE, E IN ALTO UNA SOVRAPRESSIONE: DI
QUI IL SENSO DELLA FORZA AERODINAMICA



TUTTO QUESTO AVVIENE
SOLO GRAZIE ALL'ATTRITO DELL'
ARIA SULLA PALLA.
IN UN'ATMOSFERA SUPERFLUIDA,
PRIVA DI ATTRITO, LEI NON
POTREBBE PIU' LANCIARE
PALLE LIFTATE

ECCO, CAMBIANDO IL SENSO DI ROTAZIONE,
IL FUMO E' SOFFIATO VERSO IL BASSO E
LA FORZA INVERTE IL SUO SENSO. OTTENGO
COSI' UNA PORTANZA

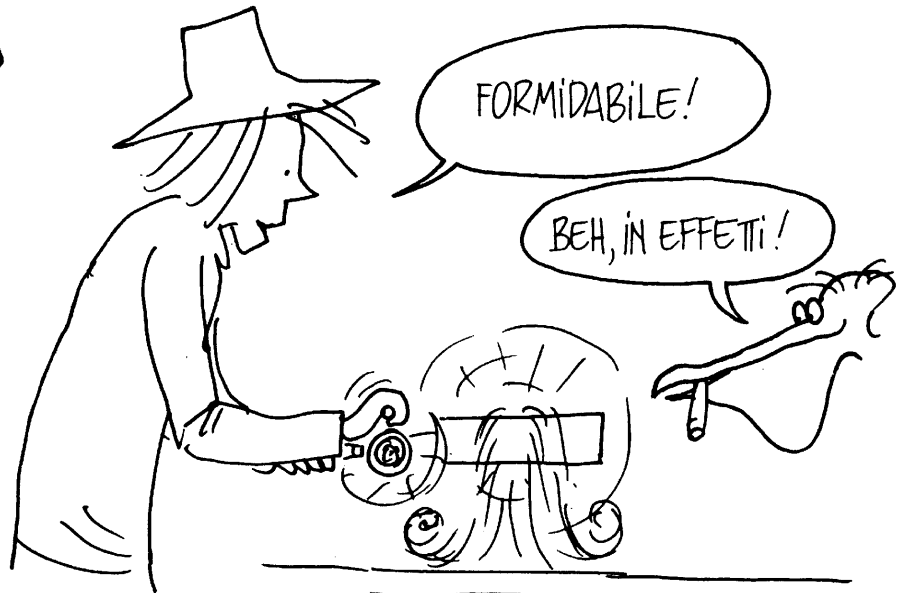


TUTTO QUESTO FUNZIONA
CON UNA SFERA: FUNZIONE-
REBBE ALLO STESSO MODO CON
UN CILINDRO IN ROTAZIONE?

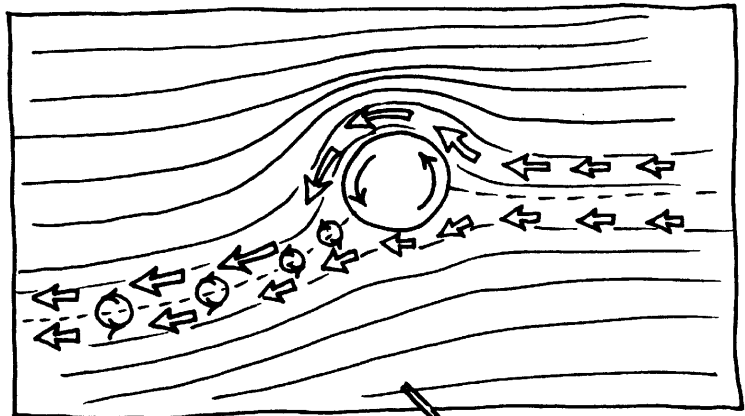


SCOMMETTIAMO!

IL ROTORE DI FLETTNER



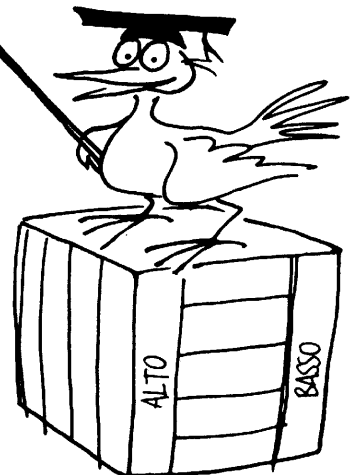
CARI COLLEGI E AMICI,
ESAMINIAMO INSIEME COSA
SUCCEDA NELLA SCIA.
LA ROTAZIONE DEL CILINDRO
PRODUCE VELOCITA' DIFFERENTI
TRA FLUSSO SUPERIORE E
FLUSSO INFERIORE.



A VALLE DEL CILINDRO, QUANDO I DUE STRATI D'ARIA SI
RIUNISCONO, PRODUCONO ATRITO L'UNO CONTRO L'ALTRO, CON
L'EFFETTO:

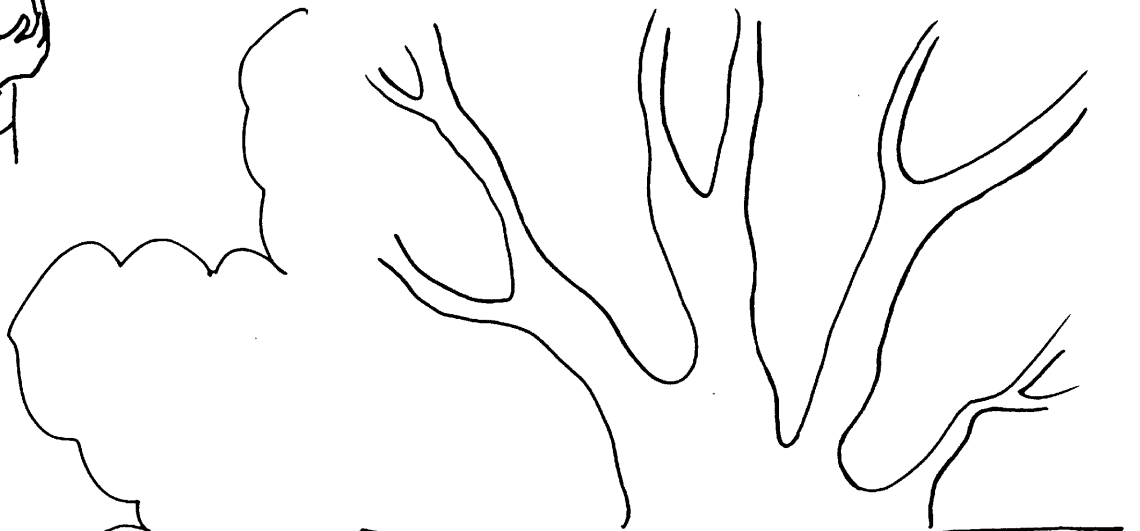
- a) DI CREARE DEI MICROVORTICI,
- b) DI SOPPRIMERE PROGRESSIVAMENTE LA DIFFERENZA
TRA LE VELOCITA'.

TRA LA PARTE SUPERIORE E QUELLA INFERIORE DELLO
STRATO D'ARIA, ESISTE UNA DIFFERENZA DI PRESSIONE
LEGATA ALLO SCARTO TRA LE VELOCITA' (BERNOULLI). IL CHE
SPIEGA LA CURVATURA DELLE CORRENTI D'ARIA A VALLE.





SPOSTANDO NELL'ARIA UN CILINDRO IN ROTAZIONE OTTENGO UNA PORTANZA. QUESTO MI SUGGERISCE UN'IDEA: DOVREI POTER COSTRUIRE ORA UNA MACCHINA VOLANTE.




COSA STA FABBRICANDO?




ADOTTERO' UNA PROPULSIONE A REAZIONE



SEMBRA QUALCOSA DI COMPLICATO!



VORRESTI ESSERE COSÌ GENTILE DA ACCENDERE IL RAZZO, QUI DIETRO?



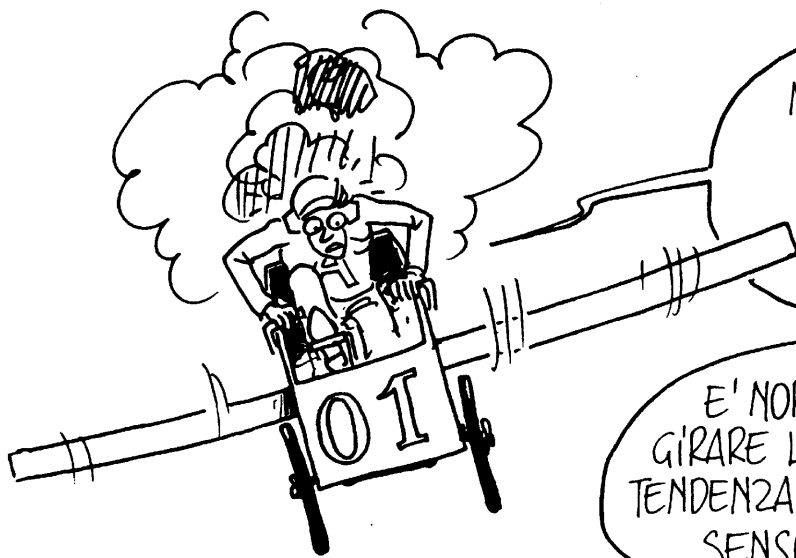
COMBINANDO I DUE MOVIMENTI E SOFFIANDO L'ARIA VERSO IL BASSO, CREO UNA PORTANZA.



FUNZIONA! STO VOLANDO! (*)

STO VOLANDO!

(*) IN EFFETTI, METTENDOCI LA POTENZA NECESSARIA, QUESTA MACCHINA POTREBBE BENISSIMO VOLARE!

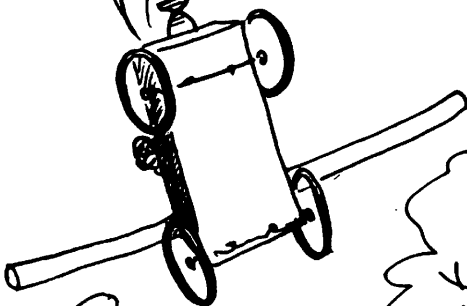


MA!... CHE STA
SUCCEDENDO?!?
LA MACCHINA VA
IN PICCHIATA!?!

E' NORMALE! POICHE' FAI
GIRARE L'ARIA, SI SVILUPPA LA
TENDENZA A FARTI GIRARE IN
SENSO INVERSO.

E' IL PRINCIPIO
DELL' AZIONE-REAZIONE

IL PRINCIPIO
DI CHE COSA?



ANSELMO, NON POTEVI PARLARNE CON ME, PRIMA?
SAREBBE TUTTO MOLTO PIU' SEMPLICE, SE TU NON
VOLESSI AGIRE SEMPRE DA SOLO! VIENI, IL CAFFE' E' PRONTO





AH, QUESTI SCIENZIATI DA STRAPAZZO!

ROBA DA MATTI, QUELLO CHE SUCCEDA IN UNA TAZZINA DI CAFFÈ!



VEDI, QUANDO FACCIAMO GIRARE IL CUCCHIAINO LENTAMENTE, AVVERTO SOLO UNA DEBOLE RESISTENZA, DOVUTA ALL'ATTRITO



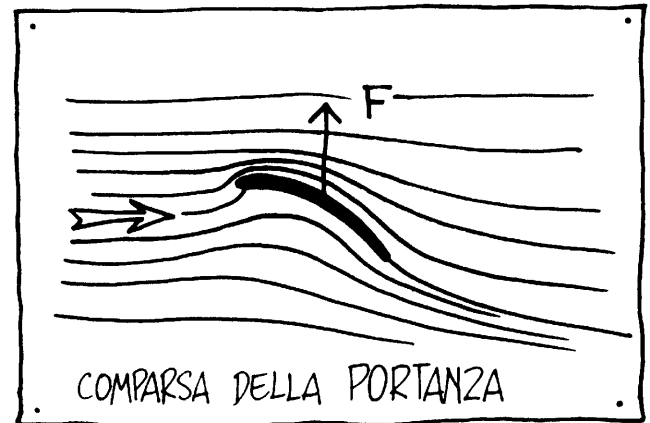
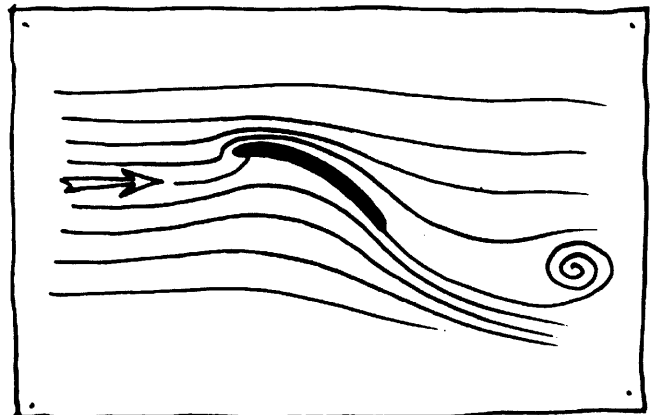
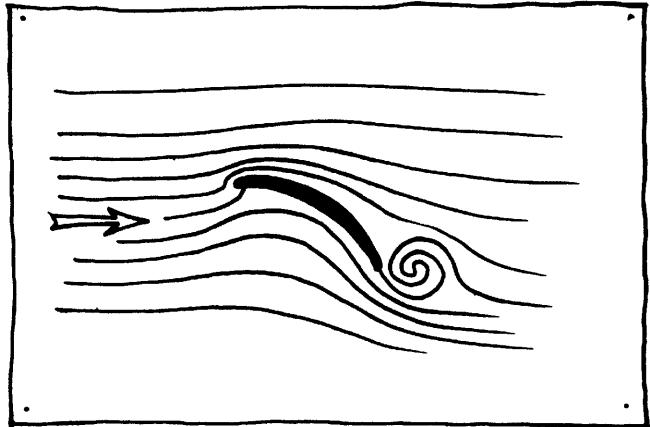
SE LO FACCIAMO GIRARE VELOCEMENTE, INVECE, SI CREA UN VORTICE.

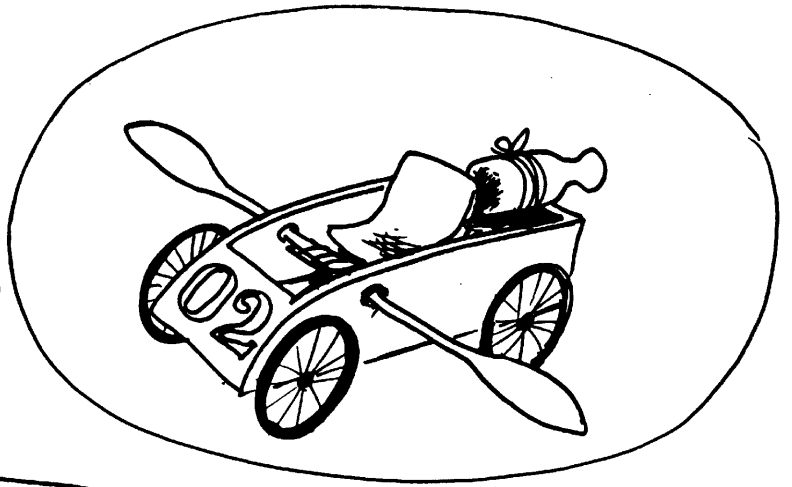




HA DEGLI OCCHI AFFASCINANTI

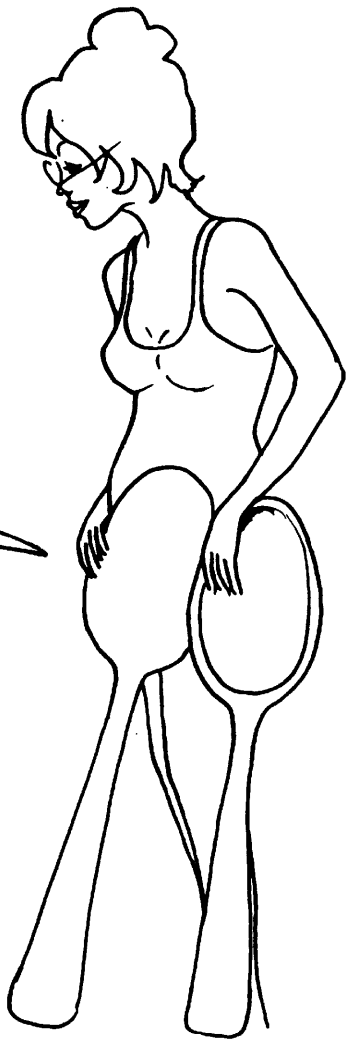
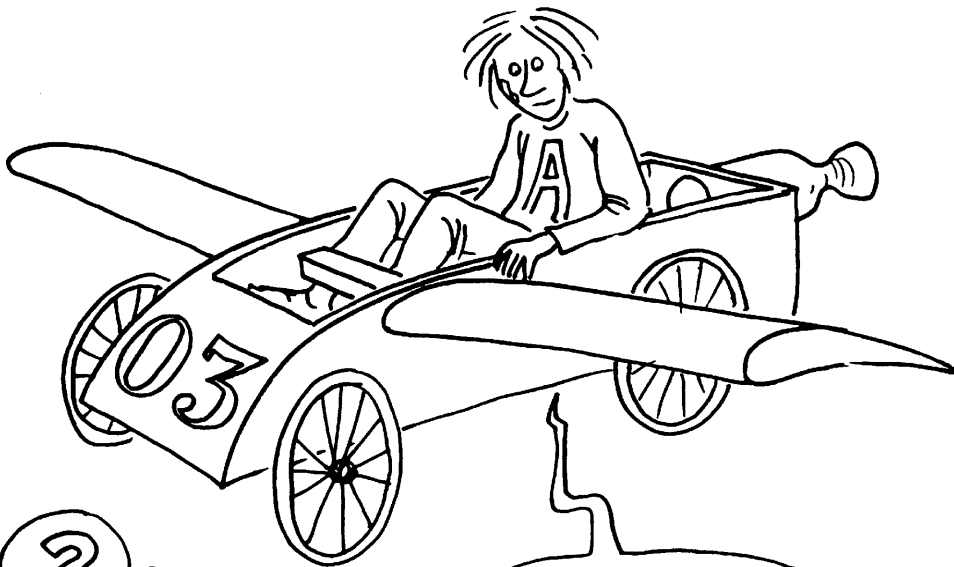
SUL DISEGNO QUI A FIANCO PUOI VEDERE COME IL FLUSSO INTORNO AL CUCCHIAINO SI MODIFICHIA VIA VIA CHE SI LASCIANO LE VELOCITA' MOLTO BASSE. NASCE UN VORTICE E SI STABILISCE UN SISTEMA DI SUPERVELOCITA' SULL' ESTRADOSSO (AL DI SOPRA) E DI SUBVELOCITA' SULL' INFRADOSSO (AL DI SOTTO).



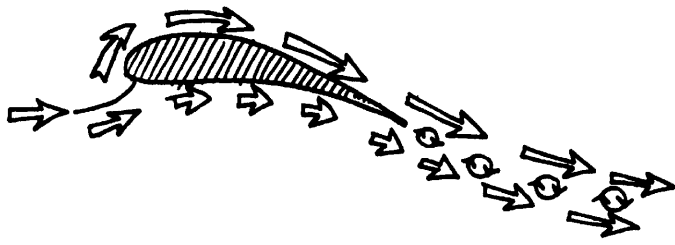


FORMIDABILE, POTRO' VOLARE
CON DEI CUCCHIAI!

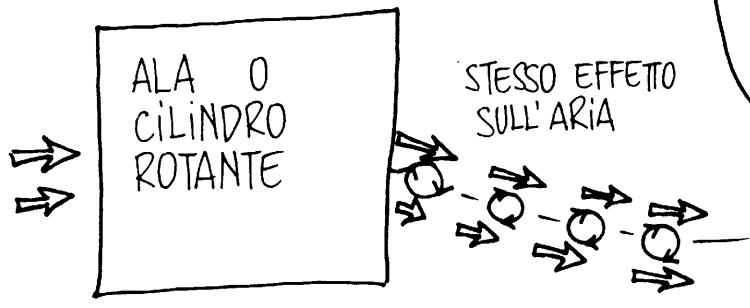
L'ALA E' IN FONDO UN
CUCCHIAIO PERFEZIONATO



D'ACCORDO, MA LA
ROTAZIONE DOV'E'?



DIETRO L'ALA
RITROVIAMO LO STESSO SISTE-
MA DI MICROVORTICI CHE AB-
BIAMO VISTO DIETRO IL CILINDRO
ROTANTE. COSI' POSSIAMO CON-
SIDERARE L'ALA UN ROTORE
FISSO



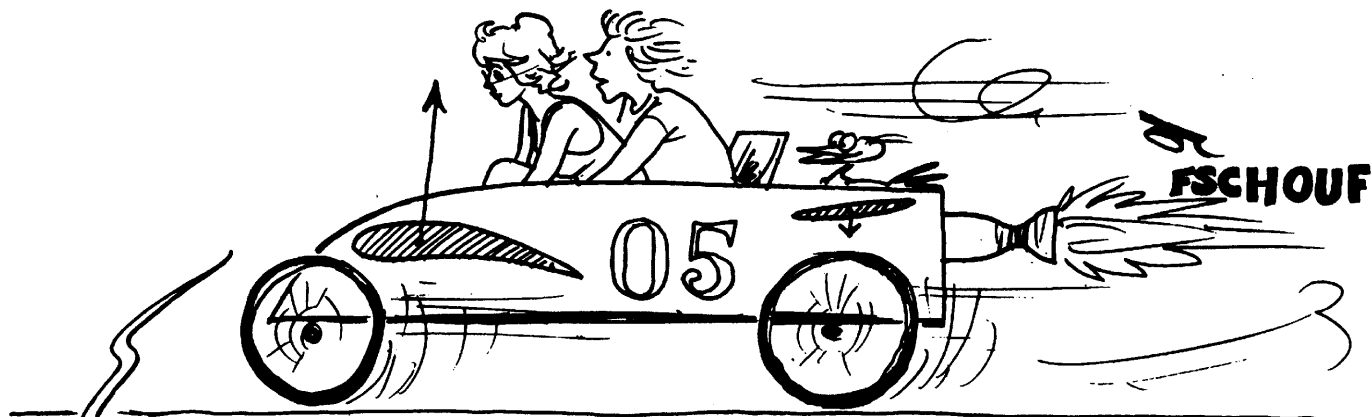
ALA O
CILINDRO
ROTANTE

STESSO EFFETTO
SULL'ARIA



ATTENTO! COSI' FINISCI ANCORA PER ROMPERTI
IL COLLO! QUESTA MACCHINA, FACENDO RUOTARE
L'ARIA, FINIRA' IN PICCHIATA COME
PRIMA!

BISOGNA AGGIUNGE-
RE UN IMPENNAGGIO



L'IMPENNAGGIO E' UNA PICCOLA ALA INCLINATA NELL' ALTRO SENSO, CHE PRODUCE QUINDI UNA PORTANZA NEGATIVA E "ABBASSA" LA CODA DELL' AEREO, CHE QUINDI NON FINISCE PIÙ IN PICCHIATA.

GUARDA, ANSELMO, QUESTO SISTEMA E' AUTOSTABILE

VEDO,
MMM....



QUANDO SI SVILUPPA LA TENDENZA ALLA PICCHIATA, LA PRESSIONE SULL' IMPENNAGGIO TENDERÀ A RIPORTARE TUTTO IN LINEA DI VOLO.



LO STESSO AVVIENE QUANDO
SI FINISCE IN CABRATA



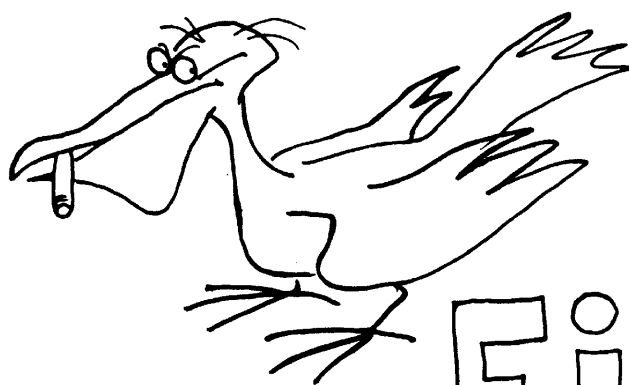
MA ANSELMO, NON
STAI ASCOLTANDO QUELLO
CHE DICO!

MA SÌ, MA SÌ...

E' MERAVIGLIOSO
SENTIRSI AUTOSTABILILI!



ED E' COSI' CHE ANSELMO
IMPARO' A VOLARE.
TUTTO SOMMATO NON ERA TROPPO
DIFFICILE. E IL SUO INTERESSE
PER LA SCIENZA NON FECE CHE
AUMENTARE CON L'ALTITUDINE...



FINE