

ماجراهای آنسلم لانتورلو

# L'ASPIRISOUFFLE

## مکش و زش

ژان پیر پتی



ترجمه : کتایون شادمهر

بنیاد دانستن بدون مرز با پایه گذاری و مدیریت پرفسور ژان پیر پتی، فیزیکدان نجوم، برای تحقق هدف ترویج دانش علمی و فناوری در بیشترین کشورها و زبان های ممکن فعالیت می کند. به این منظور پرفسور کلیه تولیدات سی ساله خود را در زمینه عامی سازی علم، بخصوص آلبو های مصور خود را در دسترس عموم قرار داده است. همه اجازه دارند این فایل ها را چه به صورت دیجیتال یا چاپی تکثیر کرده و در کتابخانه ها یا فضاهای آموزشی، دانشگاهی و یا هر بنیاد دیگری که اهداف مشابه بنیاد فوق را دارد عرضه کنند. به شرط آنکه هیچ سود مادی یا اهداف سیاسی، فرقه ای بدنبال نداشته باشد.

همچنین این فایلها با فرمت PDF می توانند روی شبکه های کامپیوتری کتابخانه های مدارس یا دانشگاهها قرار گیرند.

ژان پیر پتی در صدد خلق آثار دیگری است که قابل استفاده برای شمار بیشتری از مخاطبین باشد. برخی از آنها توسط بی سوادان نیز قابل خواندن است، به این شکل که وقتی در قسمت متن کلیک شود متن خوانده می شود. بنابراین آثار می توانند بعنوان منابع سواد آموزی مورد استفاده قرار گیرند. برخی دیگر از آلبوم ها دو زبانه هستند بصورتی که با یک کلیک ساده، متن از یک زبان انتخابی به زبانی دیگر تبدیل می شود که خود منبع جدیدی برای یادگیری زبان های خارجی است.

ژان پیر پتی در سال ۱۳۹۷ به دنیا آمد. او کار خود را در تحقیقات فرانسه به ثمر رسانده است. او فیزیکدان پلاسما بوده، یک مرکز کامپیوتری را هدایت کرده، نرم افزارهایی بوجود آورده، صدها مقاله در نشریات علمی به چاپ رسانده، در زمینه های بسیار متنوع از مکانیک سیالات گرفته تا تئوری علوم فضایی از او سی کتاب به چاپ رسیده که به بسیاری از زبان ها ترجمه شده اند، برای تماس با بنیاد می توانید به آدرس سایت مراجعه کنید.

... متوجه هستین ، بدون اصطکاک هوا ،  
چریان در اطراف بال کاملاً متفاوت  
خواهر بود و باعث بلند شدن فوآهر شد ...



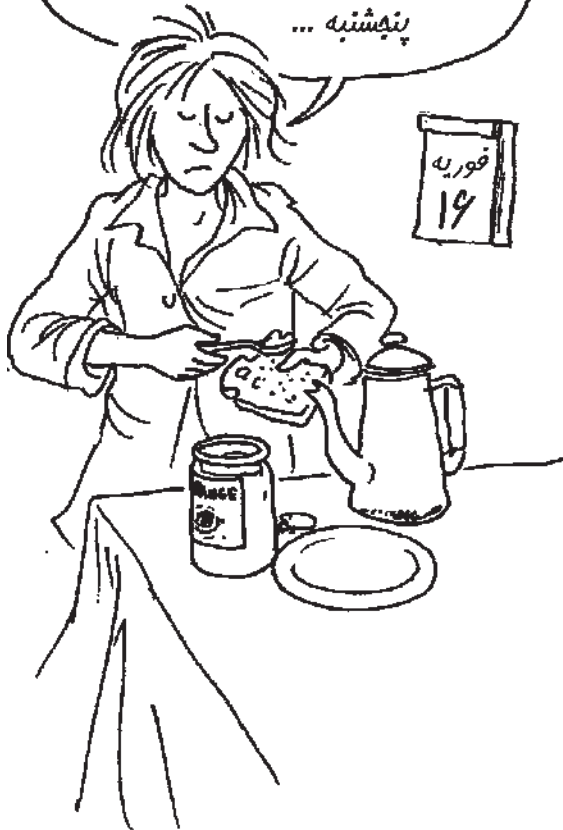
# مقرمه :

یک روز صبح ، آنسلم لانتورلو در کمال برقلقی از خواب بیدار شد .



یکشنبه ، دوشنبه ،  
سه شنبه ، چهارشنبه ،  
پنجشنبه ...

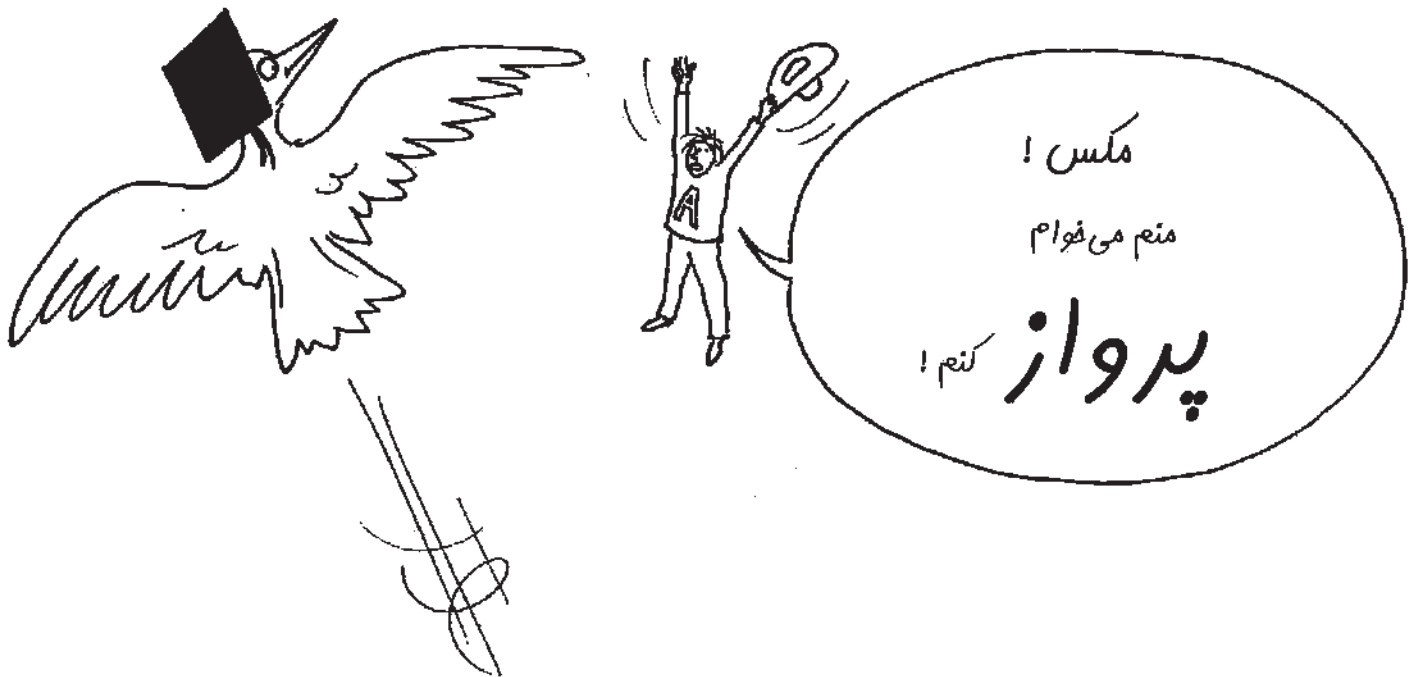
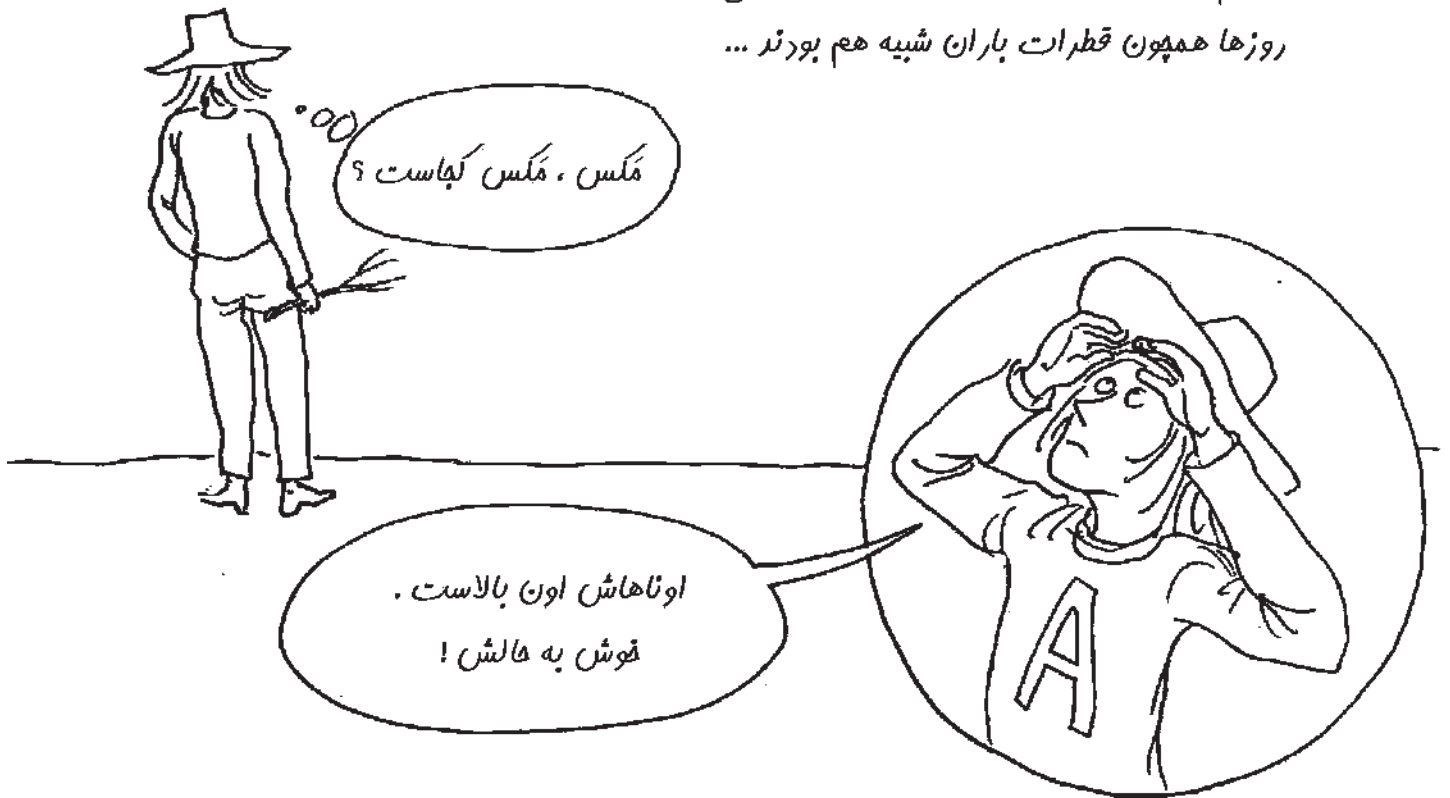
جمعه ، شنبه ، یکشنبه ... و  
دوباره تکرار می شه . چه ابتزالی !

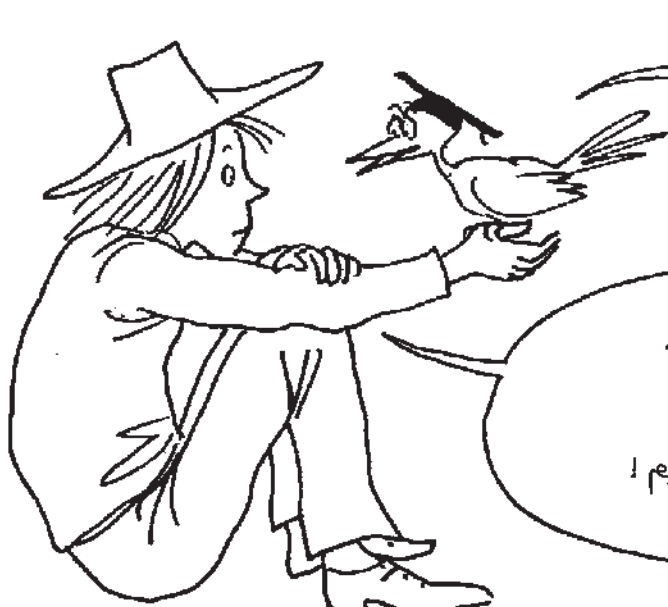


معلومه ... نون کره و مریام ...  
از طرف کره دارش افتاده !




آنسلم احساس فلاء و اندوه می کرد. زمین هیچ وقت به این مسطقی نبوده.  
روزها همچون قطرات باران شبیه هم بودند ...






پرواز؟ فدای من!


مکس، تو پرواز رو به من یاد میدی.  
یه راهی پیدا خواهیم کرد. موصله ام  
سر رفت بس که روی این سیاره فزیریم!



نگاه کن، من یه پام رو بلند می کنم.  
و اگه دومی رو خیلی سریع بالا ببرم، شاید که من ...

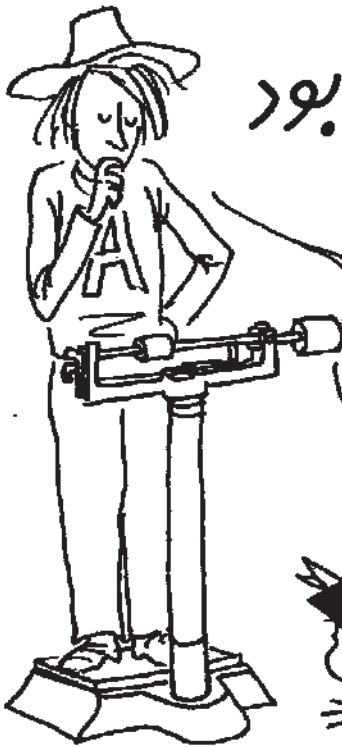


لابد به قاطر هوایی یه که  
رو شونه هام فشار میاره.



بر عکس! فشار آرشمیرس وزنت رو هشتاد گرم کم می کنه.

# روزی ، روزگاری ارشمیدسی بود



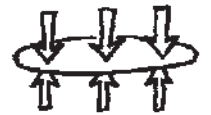
منظورت اینه که وقتی خودم رو وزن می کنم ،  
ترازو به دلیل فشار ارشمیدس وزن واقعی من رو نشون نمیده ؟



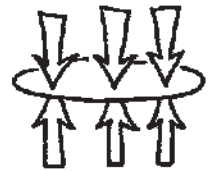
«دقیقا» ، در واقع تو وزنت ۱۰ گرم بیشتره .



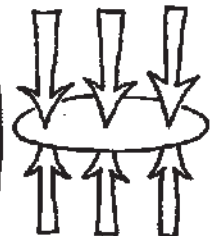
قانون ارشمیدس ... در موردش حرف می زنن ...  
حرف می زنن ... ولی اون واقعا "چی" ؟

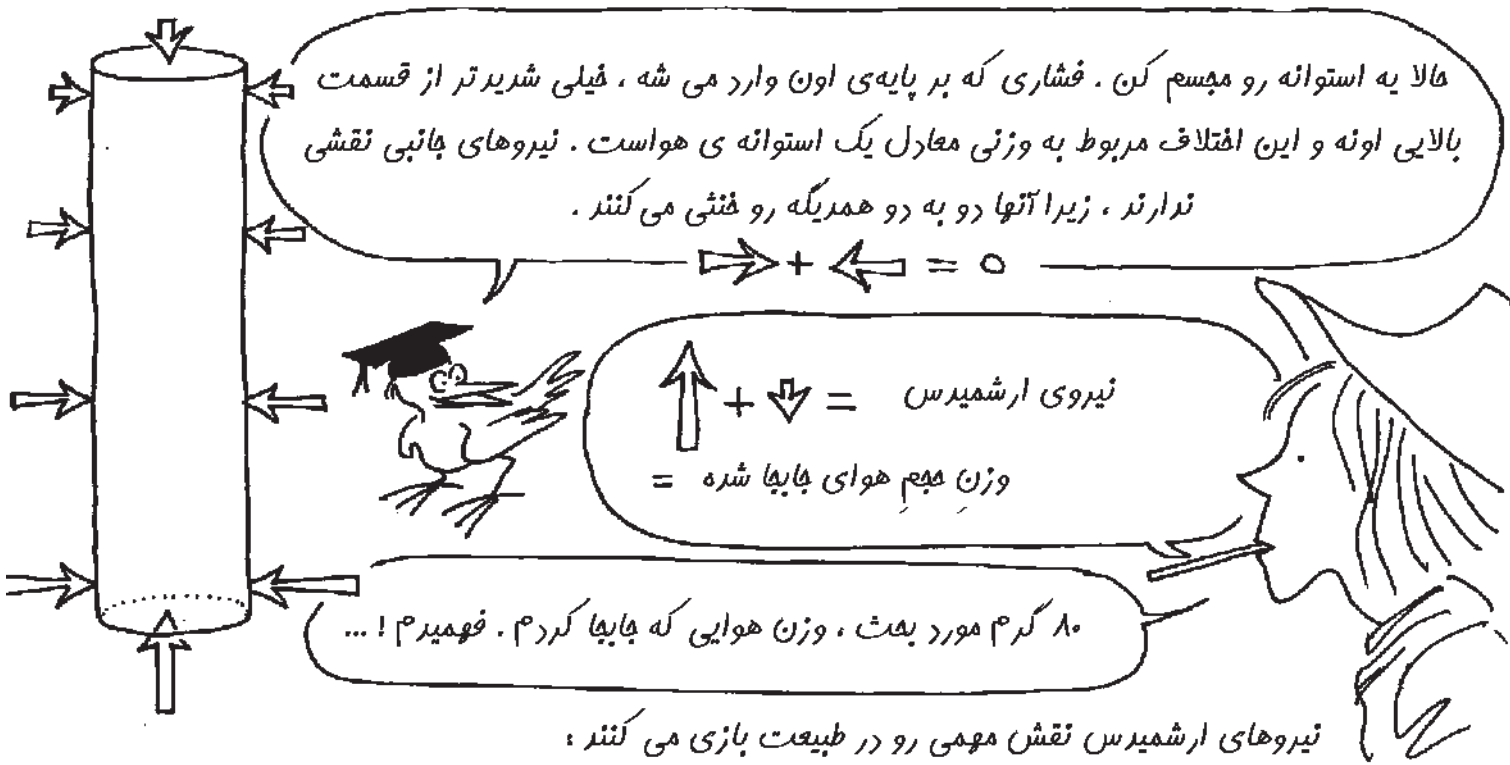


نیروهایی که بر یک صفحه‌ی  
غوطه ور در یک سیال  
اثر می گذارد ؛



یک صفحه‌ی غوطه ور در جوّ رو مجسم کن . ستون هوایی که در بالا قرار گرفته ،  
بر روی سطح بالاییش فشار می آورد . هر چه این ستون هوا بالاتر باشه ، این نیرو مهمتره .  
اما اگه این صفحه بی نهایت نازک باشه ، یک نیروی فشار ، برابر و مخالف ، بر سطح پایینیش  
وارد می شود و مجموع این نیروها صفر می باشد .





# چریان انتقال هوای گرم

... ۱۰ گرم ...  
 ... با این که پرواز نمی کنن ...







فیلی موثره ، به همین  
زودی داره می‌پوشه !



ولی این پایی که  
کاملاً سرده !!

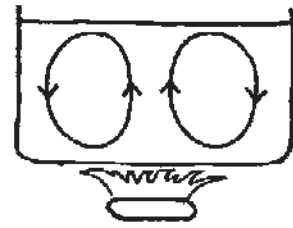
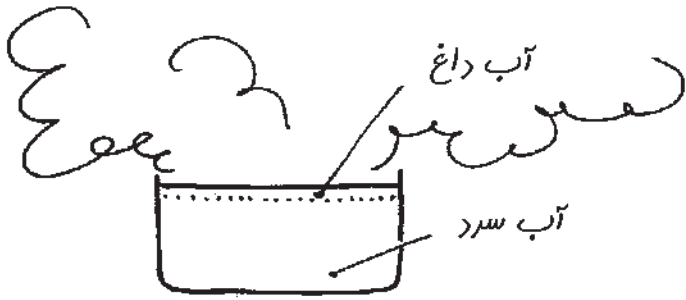
آب تو قابلمه هم همینطور !!



فیلاتی نشدم . این آب یک دقیقه  
پیش می‌پوشید !

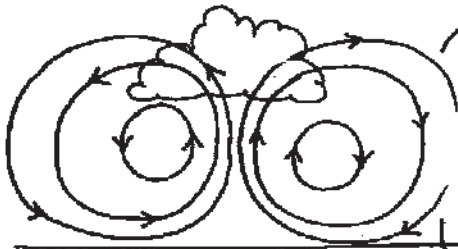
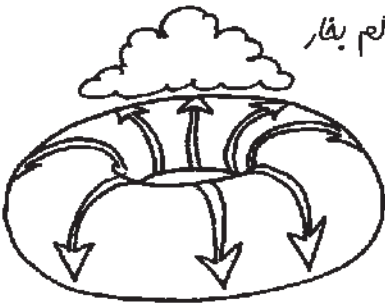


تو فقط لایه‌ی بالایی رو گرم کردی ، و این لایه‌ی آب داغ  
منبسط شده ، بنابراین غلظتش کمتر شده و به جنبش درآمده .  
فقط همین .



برعکس ، آگه آب رو از زیر تا آن درجه حرارت دهیم ، این آب منبسط شده ، بنابراین غلظتش کمتر می شود و گرایش فواید داشت که به بالا بیاید . آب در سطح سرد و منقبض فواید شد و دوباره به سمت پیرامون پایین فواید آمد . این انتقال گرمای طبیعی است ،

در جو نیز همین فرآیند رخ می دهد . بعضی نقاط زمین گرمای خورشید را بیشتر جذب می کنند . هوا ، در این نقاط از رطوبت اشباع می شود ( هر چه آن گرمتر باشد ، بیشتر می تواند حاوی آب به حالت بخار باشد ) . هوا منبسط شده و شروع به بالا رفتن می کند . در ارتفاع ، عمل سرد شدن موجب تراکم بخار آب به صورت قطرات کوچک می شود و یک کومولوس زیبا حاصل می گردد .




این پدیده ی بوم آمیفتگی دمای هوا را هماهنگ تر می کند . اگر این پدیده وجود نداشت ، درجه ی حرارت در روی زمین به چندین صد درجه می رسید .



با آویزان شدن به یکی از این جباب های هوای گرم ، شاید بتوانم روزی پرواز کنم .



به خاطر خدا ، مراقب پاهاتون باشید !!



صدای کیه؟

نمی‌تونین برین به جای  
دیگه فکر کنین!

به خدا، داشتین رو ماها راه می‌رفتین!

اوه، بیفشیر

پرواز کردن؟ کاشکی  
زندگی این قدر پیچیده نبود!

اولش، دانشمندهای ما ثابت کردند که  
این از لحاظ ریاضی غیر ممکنه!

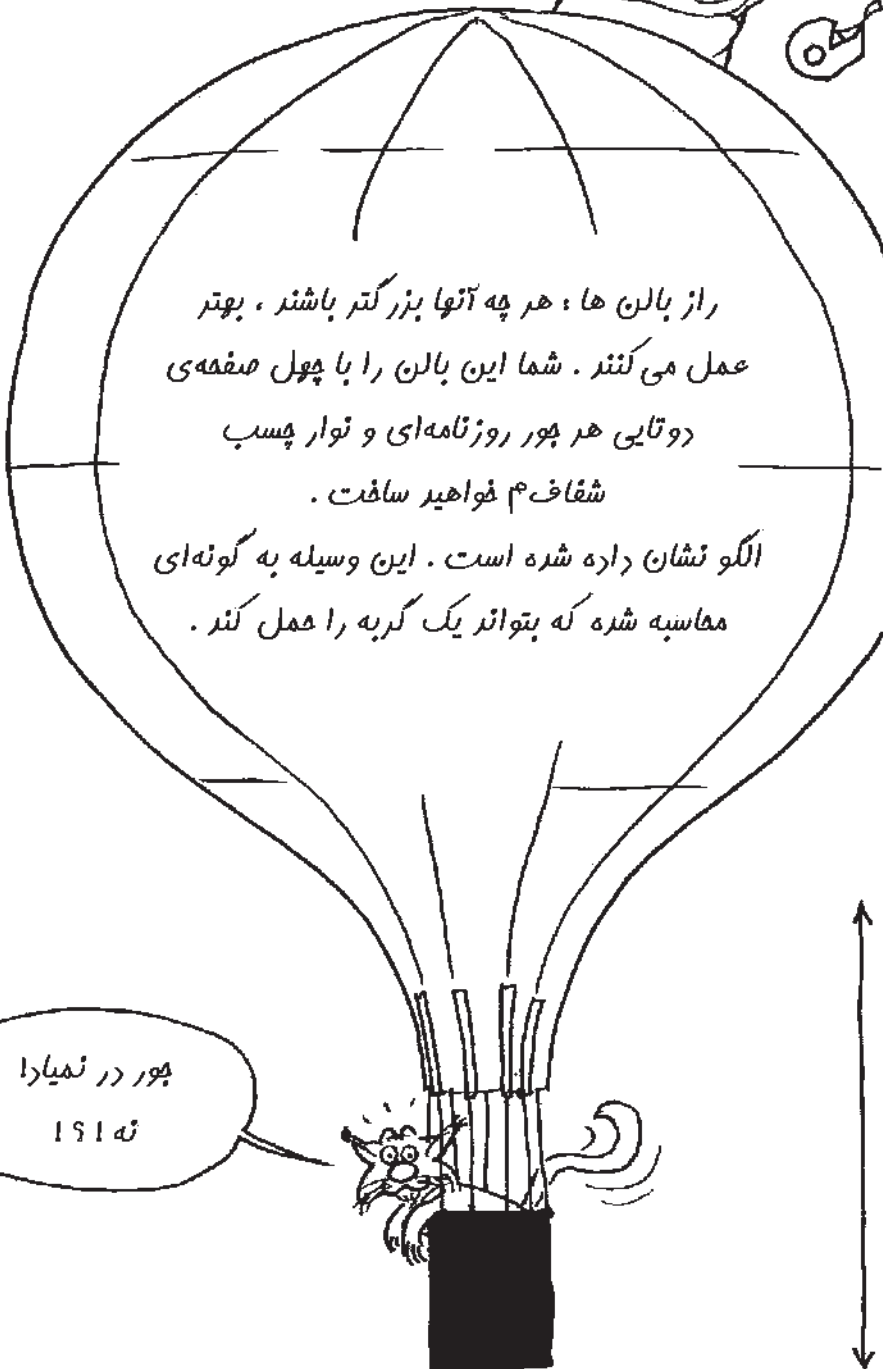
واقعا، شما تصور می‌کنین که کاری  
مهم‌تر از ... پرواز کردن ... وجود نداره!

چه مزخرفاتی!



پیدا کردم: یک بیاب هوای گرم رو داخل  
یک جور پاکت می‌گذارم.

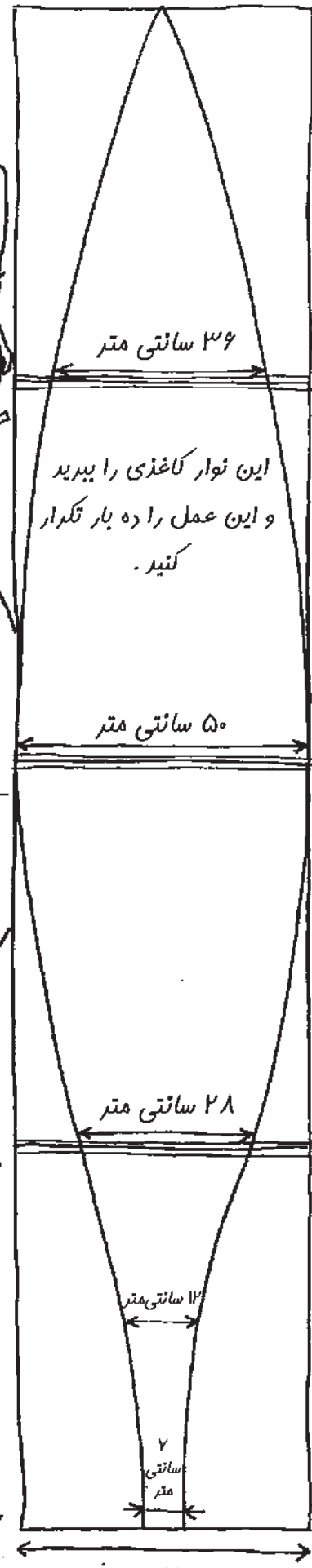
# سبک ترها از هوا:



راز بالن ها ، هر چه آنها بزرگتر باشند ، بهتر عمل می کنند . شما این بالن را با چهل صفحه ای دوتایی هر پور روزنامه ای و نوار چسب شفاف ۴ فواید سافت . الگو نشان داده شده است . این وسیله به گونه ای مناسبه شده که بتواند یک گریه را حمل کند .

پور در نمایاردا

نه ۱۹۱



۳۶ سانتی متر

این نوار کاغذی را ببرید و این عمل را ده بار تکرار کنید .

۵۰ سانتی متر

۲۸ سانتی متر

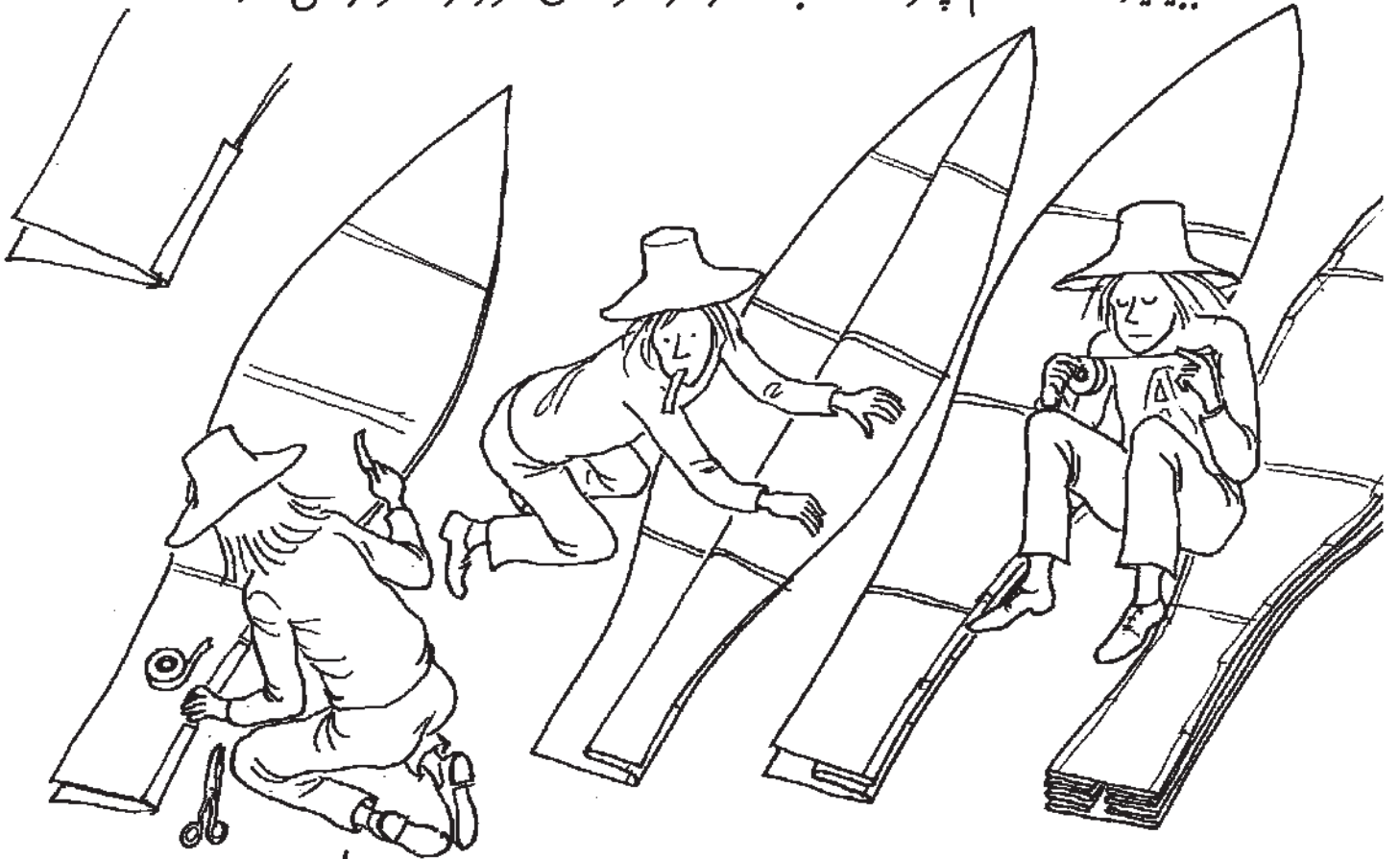
۷ سانتی متر

۷ سانتی متر

۵۰ سانتی متر

پور بزرگ دوتایی روزنامه که پوشیده ی نوار چسب به هم متصل شده اند .

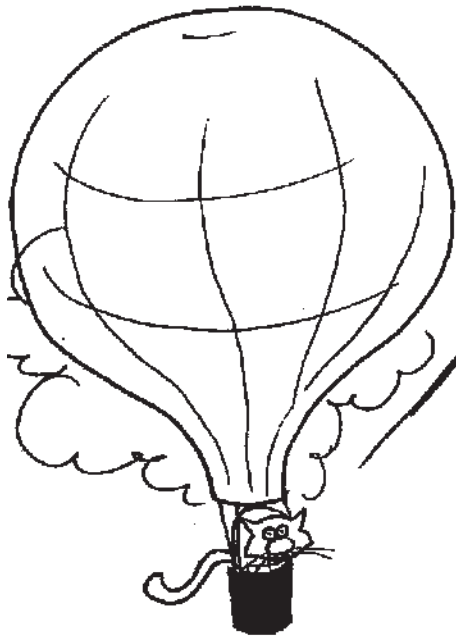
ببینید که آنسلم چگونه "سبک تر از هوا" می شود، را سوار می کند:



من از فیزیک  
نفرت دارم!



با یک گاز پیک نیکی حرارت بدهید و  
به کمک یک دورکش با پارچه سفید از کاغذ  
در برابر شعله محافظت کنید.  
گربه را در آفرین لفظه سوار کنید.



کاری رو که من دارم می کنم ،  
تا حالا هیچ گربه ای نگرده ا



رویاهای کاغذی ... هیچ کدام اینها منو فیلی بالا  
نمی بره . تازه ، این وسیله بازپیهی باره .  
نمی تونم به هر جا که بخوام هدایتش کنم ...

راز پرواز پیه ؟



عجله کن ، دارم  
فسته می شم !



فایره نزاره ، کار نمی‌کنه . یه چیزی هست که من متوجهش نشدم !

س س س ...

آتسلم ، برای پرواز کردن ، تو اول باید با مکانیک  
سیالات آشنا بشی . پرواز کردن به این سادگی‌ها نیست !

یک جسم سیال دقیقاً چیه ؟  
یک چیزی یه که جاری میشه ؟

بله ، می‌تونی این طور بگی .  
ولی بیشتر از اونیه که فکرش  
رو بکنی پیچیده‌ست .

شن ، مثل آب چاری به . آیا ارتباطی بین این دو ماده می تونه وجود داشته باشه ؟

بفرما !

صوفی ، آیا قانون ارشمیدس در مورد شن صدق می کنه ؟

آیا شن یک سیاله ؟

## سیالات

تنها کاری که باید بکنی آزمایش کردنه !

اینجا دو تا شیء داریم ، یک سکه پول و یک توپ پینگ پونگ . اگه شن یک سیال باشه ، طبق قانون ارشمیدس ، این دو شیء در شن فرو می روند و فشاری رو متحمل خواهند شد که از سطح به بالا فواید بود و برابر حجم شن جایجا شده می باشه .

اوه لا لا ...



من توپ رو زیر شن مدفون کردم و سکه رو  
در سطح قرار دادم. از لحاظ منطقی سکه بایستی  
فرو می رفت و توپ بایستی  
به سطح می اومد.

هیچی ...

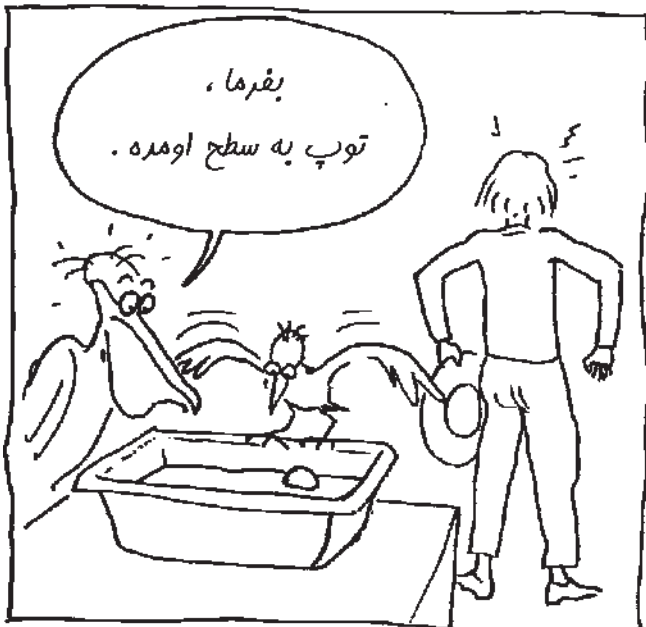
شاید موضوع زمان در میانه ...

رفیقت کاملاً قُل شده!

در مورد فیزیک باید محتاط بود.

چه کسی منو معلوم به یه همپین  
آزمایشی کرده!

دیگه کافی مه!



و سکه رفته ته . با تکان دادن شن ها ، آنسلم به ذرات اجازه داد که هر یک نسبت به دیگری بلغزند . و شن به یک سیال تبدیل شد .



صوفی گفت که هر چه ذرات ریزتر باشند ، فرآیند سریعتر خواهد بود .

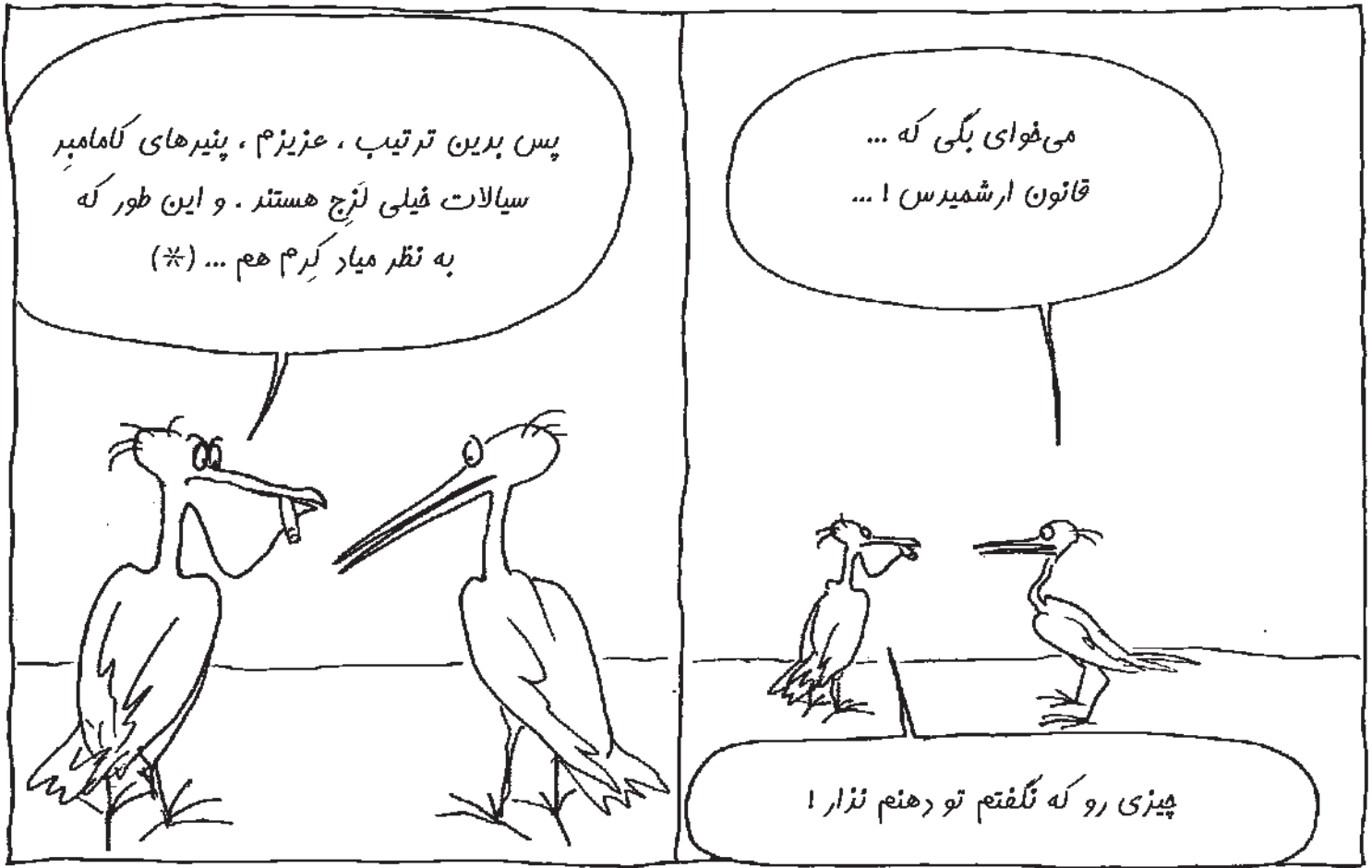


بنابراین ، یک سیال ، یک چور شن است با دانه‌های بسیار ریز که می‌توانند پراحتی در مقابل یکدیگر بلغزند .



صوفی به ما گفت که این طوری بود که در قرن اول پیش از میلاد مسیح ، Lucrece اتم‌ها را کشف کرد .  
( de natura rerum )

صوفی ، اون همیشه همه چیز رو بهتر از همه می‌دونه !



(\*) کرم در واقع یک مایع بی نهایت چسبنده است .



می‌دونی ، آتسلم ، برای فهمیدن درست یک سیال ، باید در ابتدا به خاطر داشت که اون مجموعه‌ای از مولکول‌هاست که مثل توپ‌هایی کوچک هستند که بالا و پایین می‌روند و روی یکدیگر می‌لغزند ، در چیزی که ما اونو بی‌نظمی مولکولی می‌نامیم .



برو برای بی‌نظمی



بیست میلیارد میلیارد از این توپ‌های کوچک در یک سانتی متر مکعب از هوایی که ما تنفس می‌کنیم ، وجود داره . این مولکول‌ها بقدری کوچک هستند که آنها را حتی با قوی‌ترین میکروسکوپ‌ها نمی‌توان مشاهده کرد .

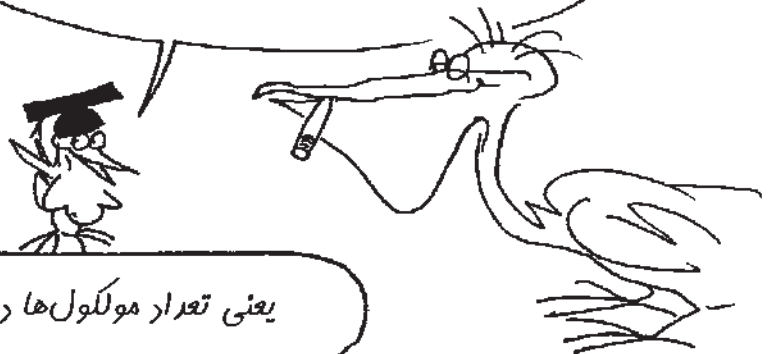
## غلظت

مفهوم غلظت بقدری مکاشفه‌ای به که ما اشتباه کردیم در موردش صحبت نکردیم .



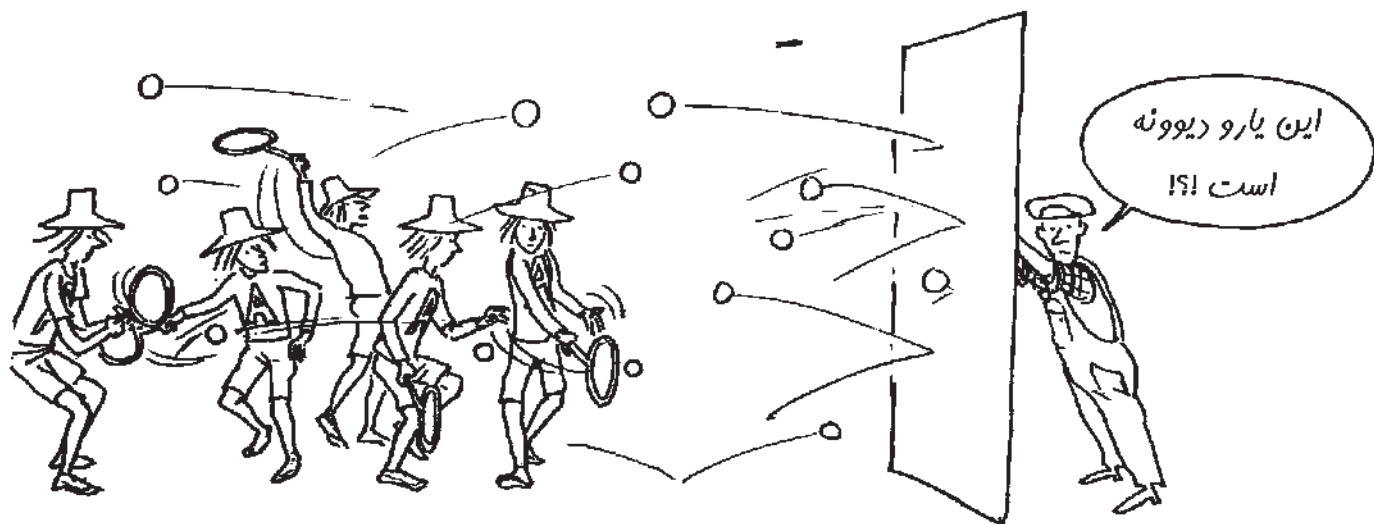
من که نمی‌فهمم!

یعنی تعداد مولکول‌ها در واحد حجم



# فشار :

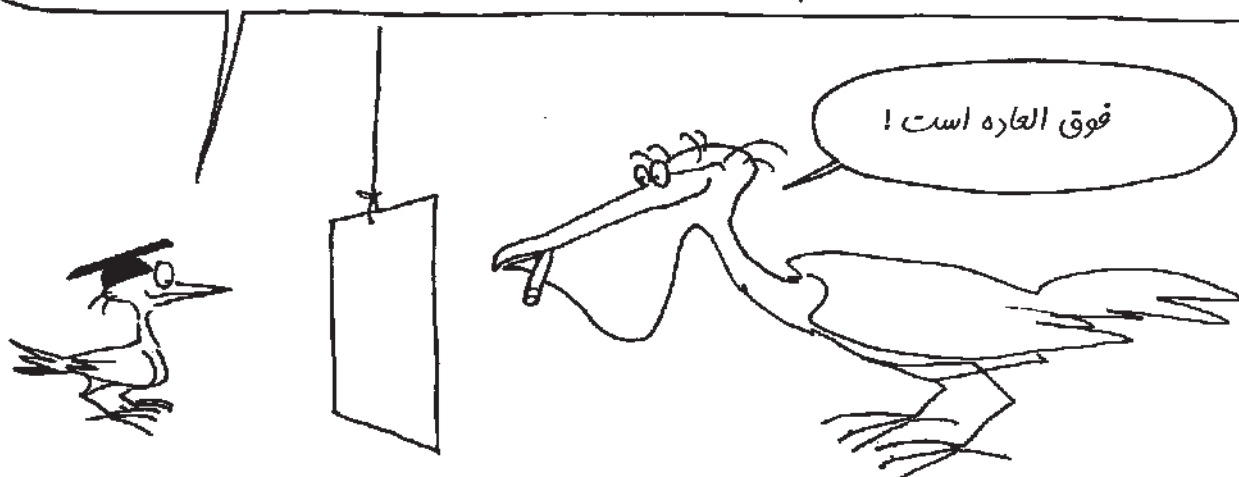




این ضربات مولکولی بی شماری هستند که بر یک دیواره وارد می شوند و این فرآیند را که ما آن را " فشار " می نامیم ، فلق می کنند .

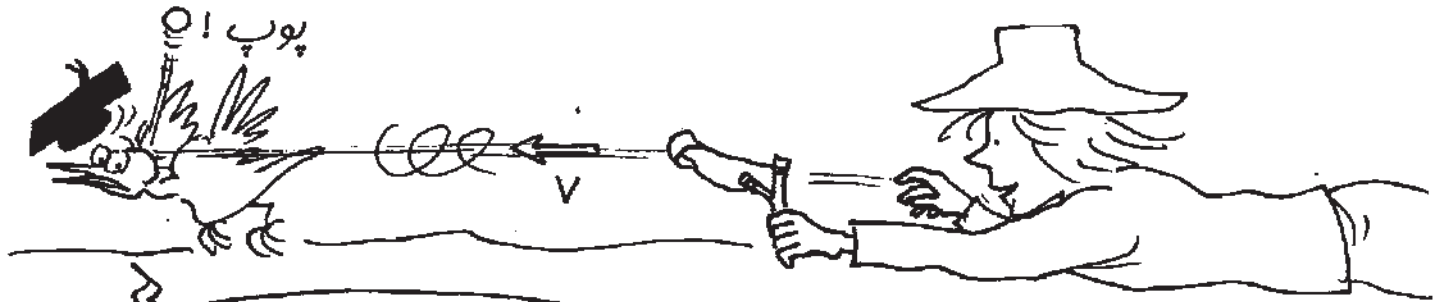


دیواره ثابت می ماند ، زیرا فشارهای مولکولی که از دو طرف وارد می شود ، از طریق برخوردها ، با هم برابر هستند .



# انرژی جنبشی :

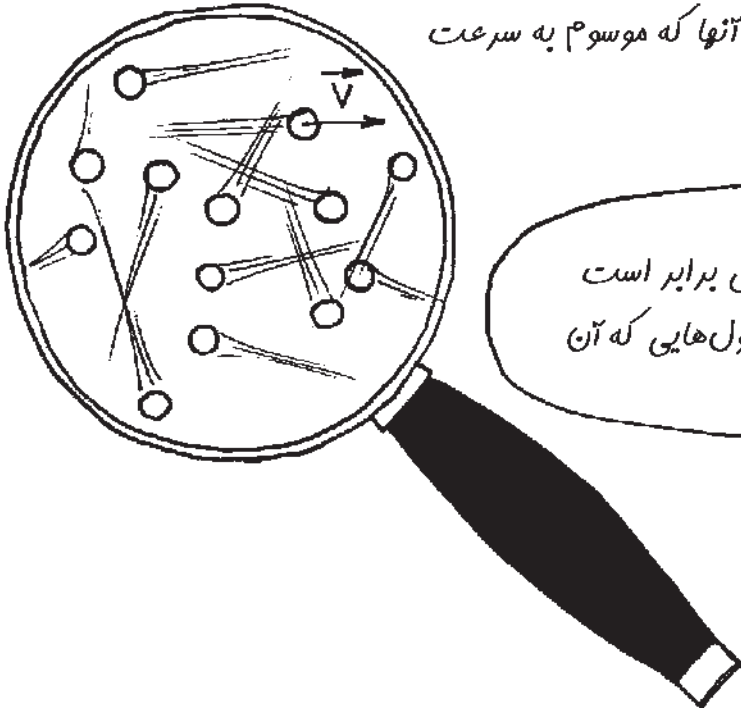
شویی به چرم  $m$  که با سرعت  $v$   
به حرکت در می آید ...



... دارای این تعریف است .  
یک انرژی جنبشی برابر با  $\frac{1}{2} m v^2$

# انرژی گرمایی :

این یک عنصر گازی شکل است . مولکول ها به چرم  $m$  با حرکت نامنظم  
در اون به حرکت در می آیند . سرعت حرکت آنها که موسوم به سرعت  
حرکت گرمایی ست برابر  $v$  می باشد .



انرژی گرمایی این عنصر ، با این سیستم ، بسادگی برابر است  
با مجموع  $\frac{1}{2} m v^2$  ( انرژی جنبشی ) تمام مولکول هایی که آن  
را می سازد .



# دما :



دمای مطلق یک گاز برابر با میزان  $\frac{1}{2} m v^2$  ( انرژی جنبشی حرکت ) یک مولکول در این گاز .





بدون جنبش مولکولی ، دیگر برخوردی به دیواره‌ها  
وجود ندارد ، پس دیگر فشاری نیست !

نمی‌تونیم پایین‌تر بیاییم ؛ نمی‌تونیم کمتر  
در حرکت باشیم از وقتی که  
بی‌حرکت هستیم ، نه ؟

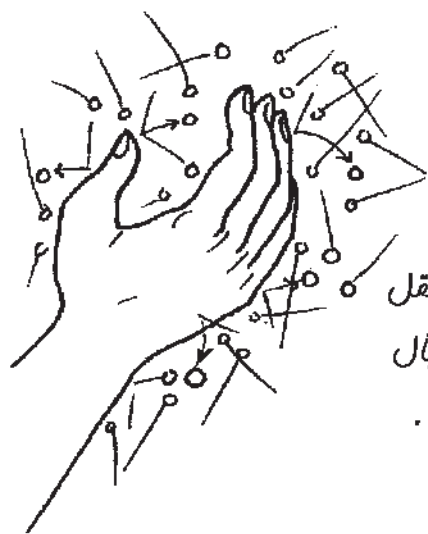
همینه ، فهمیدم !



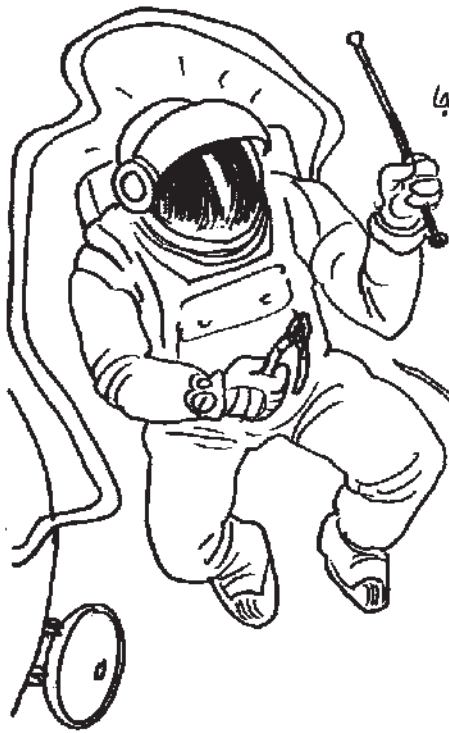
نتیجه می‌گیریم که ؛ هر چه مولکول بیشتر باشد ،  
آنها بیشتر در حرکت هستند ،  
گرم هستند و فشار گاز بیشتر بالا می‌رود .



## گرما



یک شیبی که در یک سیال قرار گرفته ، متحمل بی‌نهایت  
فرد ضربات مولکولی می‌گردد . با این شیوه ، مولکول‌ها می‌توانند منتقل  
شوند و تبادل انرژی و گرما کنند . توانایی انتقال گرما با غلظت سیال  
افزایش می‌یابد . به همین دلیل آب بیشتر از هوا حاوی گرماست .



وقتی یک فضا‌نورد در فضا راه می‌رود ، به آرامی در هوایی بسیار رقیق جا‌بجا می‌شود ( ده مولکول در هر سانتی متر مکعب ) . درجه‌ی جنبش مولکولی مرتبط است با درجه‌ی حرارتی به میزان ۲۵۰۰ درجه . و با این وجود ، این هوا فضا‌نورد را نمی‌سوزاند ، زیرا غلظت آن برای انتقال موثر گرمایش بسیار اندک است .

دما بالا رفته اما پیرایان ( شار ) ۲۵۰۰ درجه و دما یخ می‌زنم !  
گرمای ناچیز است .

## انرژی همگن :



این یک مجموعه‌ست ، یک سیستم با  $N$   
تعداد مولکول و دمای مطلق  $T$  .

آنتسلم بطری گاز را پرتاب می‌کند در حالی که  
سرعت همگن  $v$  را به آن منتقل می‌کند .

این سرعت همگن  $V$  با یک انرژی جنبشی همگن  $\frac{1}{2} mV^2$  مرتبط است.

$M$  برابر با چرم کلی گاز مفتوی بطری.

پس می‌فوی بگی که دو چور انرژی  
جنبشی وجود داره ؟ ...

آره و نه ...

این سیستم مولکولی داخل بطری یک انرژی کلی  
دارد که حاصل انرژی همگن و انرژی جنبشی  
گرمایی است.

ای بابا ، مکانیک سیالات فیلی پیپیره ست !

می‌فوی پرواز کنی ؟  
پس پرواز کردن رو یاد بگیر !

فوب ، کتاب می‌گه که در یک سیستم  
مولکولی می‌توان انرژی جنبشی  
گرمایی را به انرژی همگن تبدیل کرد.

به عبارت دیگر ، از گرما به حرکت .



برای انجام این کار کافی به در بطری رو بردارم.

سیستمی با  $N$  تعداد مولکول ،  
انرژی گرمایی  $N \times \frac{1}{2} m v^2$

بُفب!

## بقای انرژی :

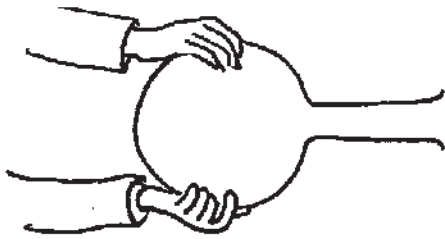


هی!؟

برای سهولت کار ، توصیه می شود که این عمل  
رها سازی گاز در یک جای قالی و بدون مانع  
قارچی انجام گیرد .  
مدیریت

$V =$   
سرعت  
حرکت  $N$   
تعداد مولکول

اگر این انتقال گرما ← به حرکت کامل باشد ، مولکول‌ها همگی یک سرعت  $v$  (همگن) را خواهند داشت



و انرژی سیستم برابر انرژی همگن  $N \times \frac{1}{2} m v^2$  می‌باشد .

طبق قانون بقای انرژی ، انرژی کل سیستم ، یعنی جمع انرژی همگن و انرژی جنبشی حرکتی ( گرمایی) در این فرآیند ثابت می‌باشد .

مدیریت

پس اگر من درست فهمیده باشم ، در این مورد خاص رهاسازی کامل ، بقای انرژی منجر به  $N \times \frac{1}{2} m v^2 = N \times \frac{1}{2} m v^2$  یا  $v = v$  می‌شود ؟

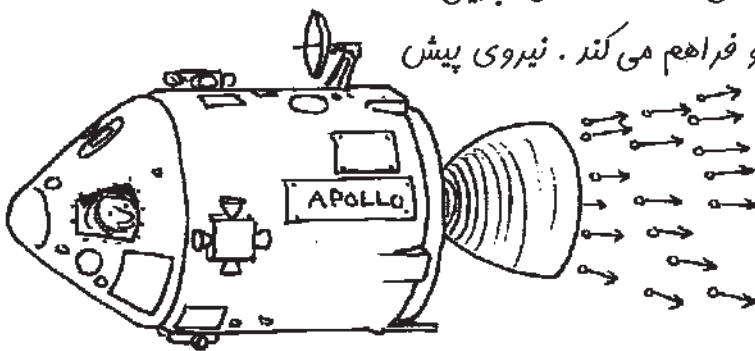


کاملاً درست است !

کاربرد این تبدیل انرژی گرمایی به انرژی جنبشی همگن :

## پیش راندن از طریق عکس العمل

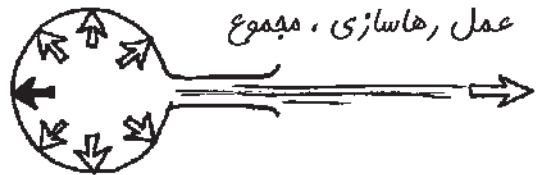
می‌باشد .



دهانه‌ی موتور موشک‌ها یا "جا تفم مرغی" هندسه‌ی ست که امکان تبدیل نیروهای حرارت ← به سرعت را به بهترین نحو فراهم می‌کند . نیروی پیش

راننده از این رویداد حاصل می‌شود که در طی

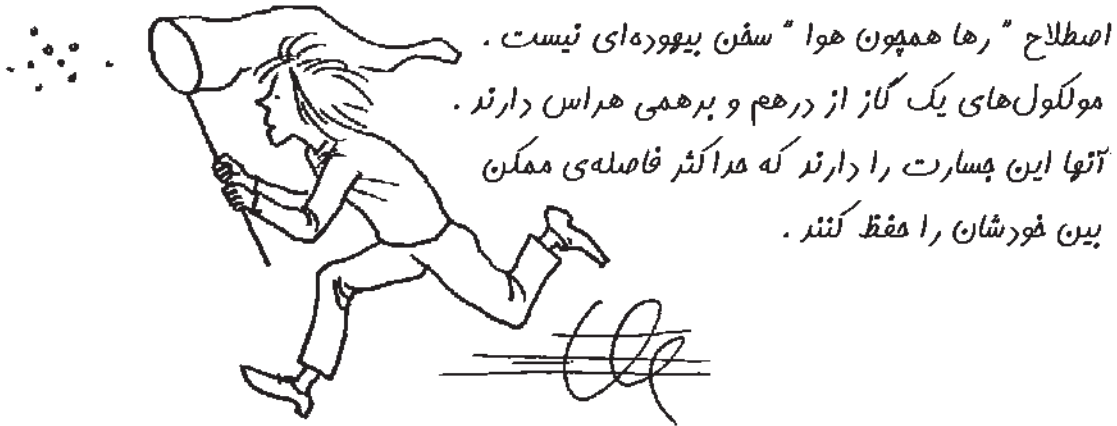
عمل رهاسازی ، مجموع



فشار بر روی جسم دیگر صفر نیست .



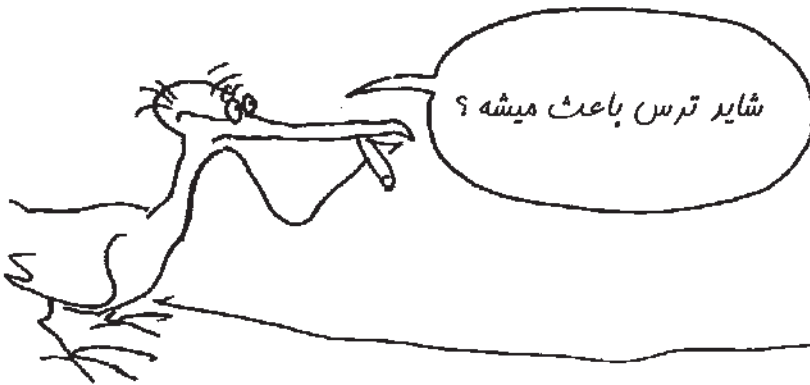
# جریان با غلظت ثابت



افزودن غلظت هوا با این وسیله کار ساده‌ای است.

موفق نشدی!  
به اندازه‌ی کافی سریع نبودی!  
دیدن که داری میای

چه چیزی باعث فرار مولکول‌ها می‌شود زمانی که، اکت‌ها نزدیک می‌گردند؟



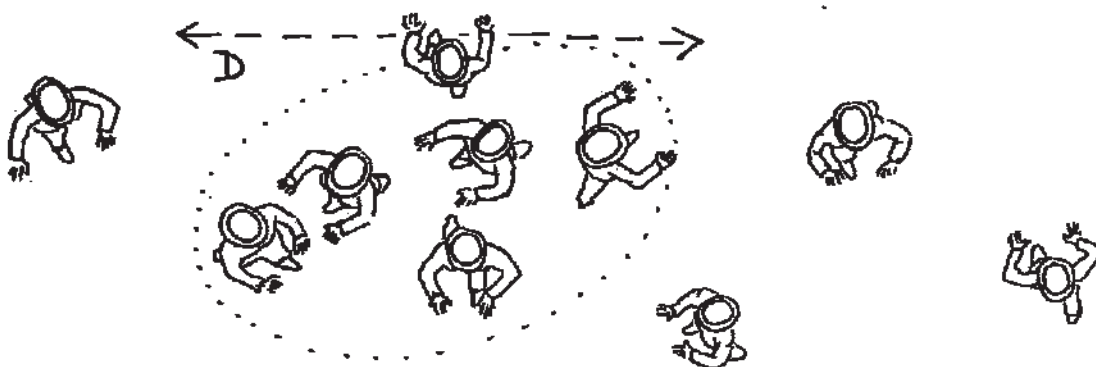
مکانی را تصور کنید که آدم‌ها با چشم‌شان نوار بسته پرسه می‌زنند .  
 آنها نقش مولکول‌ها را بازی خواهند کرد و سرعتی که با آن به طور تصادفی و  
 در تمامی جهات جابجا می‌شوند ، استعاره‌ای از سرعت جنبش گرمایی  $v$  فواید بود .



آنها به جای فاصی نمی‌روند . تمام  $\dagger$  ثانیه‌ها ، به طور متوسط پس از طی مسافت  $L$  ،  
 با هم برخورد می‌کنند .  $L$  ، را مسیر آزاد متوسط و  $\dagger$  ، را زمان آزاد مسیر متوسط می‌نامند .

در هوایی که ما استنشاق می‌کنیم ،  $v$  ، سرعت جنبش گرمایی نزدیک به  $340$  متر بر ثانیه  
 است . مسیر آزاد متوسط مولکولی نزدیک به یک صد هزار متر است ، در حالی که  
 زمانی که بین دو برخورد یک مولکول با همسایه‌هایش جریان می‌یابد ، تنها یک ده هزارم  
 میلیونوم ثانیه است .

هیچ چیز این آدم‌های چشم بسته را تحریک به گردهم آمدن نمی‌کند ، برعکس ، حرکات جنبشی  
 بی‌وقفه‌ی آنها منجر به آن می‌شود که هر ازدهامی به قطر  $D$  در یک زمان  $D/v$  پراکنده گردد .



در واقع این زمانی است که این آدم‌ها نیاز دارند تا فاصله‌ی  $D$  را برای ترک محل ازدهام طی کنند .





این آدم‌ها که لال نیز هستند ، چلو تر از نوک انگشتانشان را نمی‌بینند . اگر شیبی با سرعت  $v$  که کمتر از سرعت جنبشی  $v$  است وارد این جمعیت شود ، آدم‌ها می‌توانند از طریق بر فورد نزدیک با یکدیگر از وجود آن مطلع شوند . و بدین ترتیب آنها می‌توانند پیش از آنکه شیبی روی آنها قرار گیرد ، از آن دور می‌کنند . این فبر با سرعت  $v$  هایشان ، یعنی با سرعت جنبشی  $v$  چلو می‌رود .

**صوت :** انتشار یک پالس فشار با غلظت ثابت می‌باشد . آن یک موج فشار است که با سرعت  $v$  منتشر می‌شود .



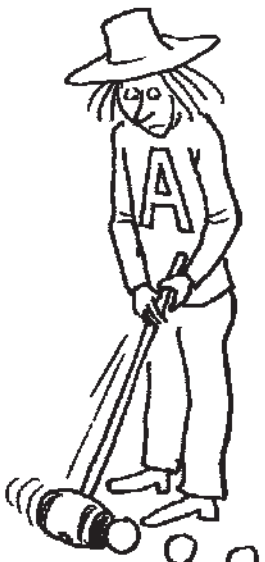
باید بفهمی درک کرد که صوت انتشار یک پالاس است و نه انتشار ماده .

صوت یک موج فشار است .



مولکول‌ها با سرعت صوت است که از کوچکترین جابجایی راکت‌های آتسلم با فبر می‌شوند . بنابراین آنها می‌توانند بر اهتی با حفظ غلظت ثابتشان فرار کنند .

آنسلم توپ های کراکت را ردیف کرد . او پالسی را به اولی منتقل کرد  
 که به دومی ... و بدین ترتیب به باقی منتقل شد :  
 تصویر قطعی انتشار صوت .



مفهوم سرعت نسبی است . بدین ترتیب ،  $v$  برای ما بسته به شرایط ، سرعت شیبی خواهد بود  
 که در یک سیال ساکن فرو می رود یا سرعت همگن گازی خواهد بود که به یک شیبی ثابت می رسد .



رابطه ی  $M = \frac{v}{V}$  استفاده می شود . بر اساس تعریف عدد  $v$  - سرعت صوت است .

اگر  $v < V$  باشد ، یعنی اگر  $M < 1$  باشد سیال ، سیستم سرعت کمتر از صوت را  
 خواهد داشت . جریان با غلظت ثابت انجام خواهد گرفت و غیر قابل تراکم نامیده خواهد  
 شد .

مدیریت

# قانون برنولی

اینجا ، فیلی بوی فوبی نمیاد !

بوی موش کور میاد ! می فوای چه  
بویی بره ؟

نگاه کنین ، نگاه کنین ، دانیل برنولی :  
فیزیکدان سویسی ، ۱۷۸۲ - ۱۷۰۰

?

اینجوری باید  
دیگه کار کنی

اون ، اون بالا چه  
دیسسه ای می پینه ؟

بفرمایین ، اینه

این چه ۱۶

سیستم تهویه ی خود کار من

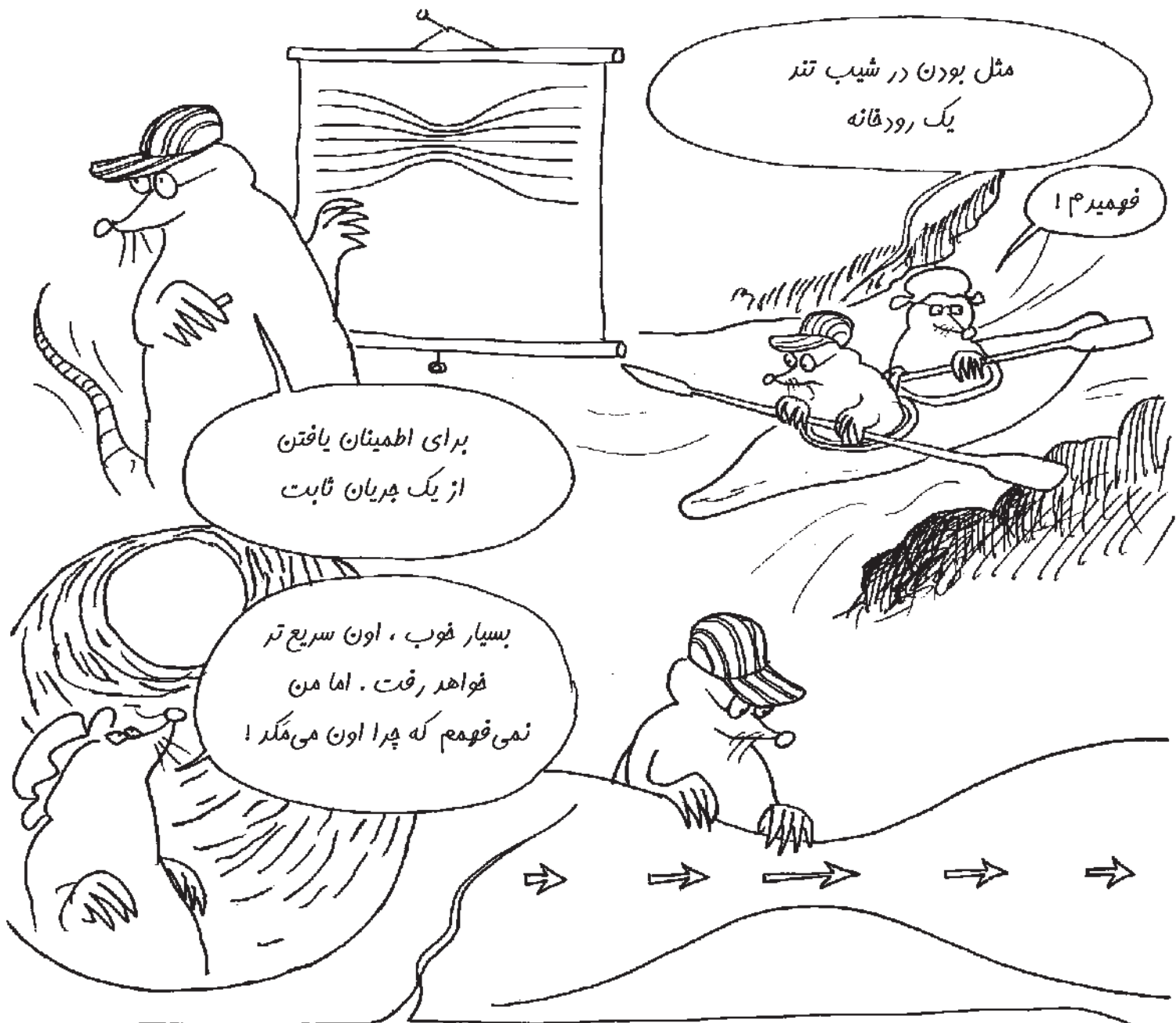
باد می وزه ، فوبه امگش رو حس می کنی ؟

!?!?

بله ، ولی چرا هوا در این سوراخ  
زیر زمینی مکیده می شه ؟

سوراخ زیر زمینی مانعی در مسیر راه  
هواست . برای عبور از آن ،  
اون باید سرعت بگیره .

سرعت بگیره  
برای چی ؟



یک عنصر سیال ( یک دسته مولکولی ) رو در نظر بگیر که از یک جای باریک عبور می کند .  
انرژی آن ثابت فواهد ماند . پس شتاب به قدر انرژی گرمایی و بنابراین به قدر حرکت جنبشی فواهد شد .





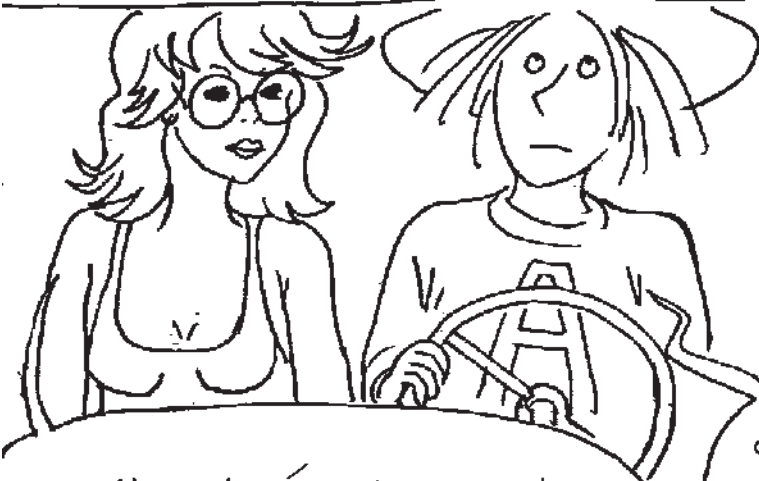
اما پطوری شما همه چیز رو می‌دونین ؟

سابق بر این کور و اعمق  
بودم

عمیبه ، هنگام توقف کاپوت کاملاً صاف و به سمت داخل آویخته بود .  
و حالا که در حال رانندگی هستیم ، کاملاً به سمت خارج باد کرده .



به هر حال هوا به بالا  
برفورد می‌کنه !



این همون چیزی یه که برای سوراخ  
زیرزمینی موش کور اتفاق می‌افته .  
ماشین ژیان کمی به اون شبیه ، مگه نه ؟

بنابراین ، هوا برای دور زدن اتومبیل با غلظت ثابت  
باید شتاب بگیره . دما پایین می‌آید ، پس فشار هم  
کاهش می‌یابد و کاپوت مکیده می‌شود . فوهمیدم .

این همون فرآیندیست که عطر را در عطر پاش من بالا میاره .

... و دودها رو در شومینه‌ها برای قاطر بار می مکن .

از کی تا حالا شومینه‌ها  
حرف می زنن ؟

عجیبه ، اینطور بنظر من می آمد که  
باید هوا این دودکش را پر کند .

فرمولی که از قانون

**برنولی پیروی می کنه :**

فشار و سرعت به طور معکوس  
تغییر می کنند .

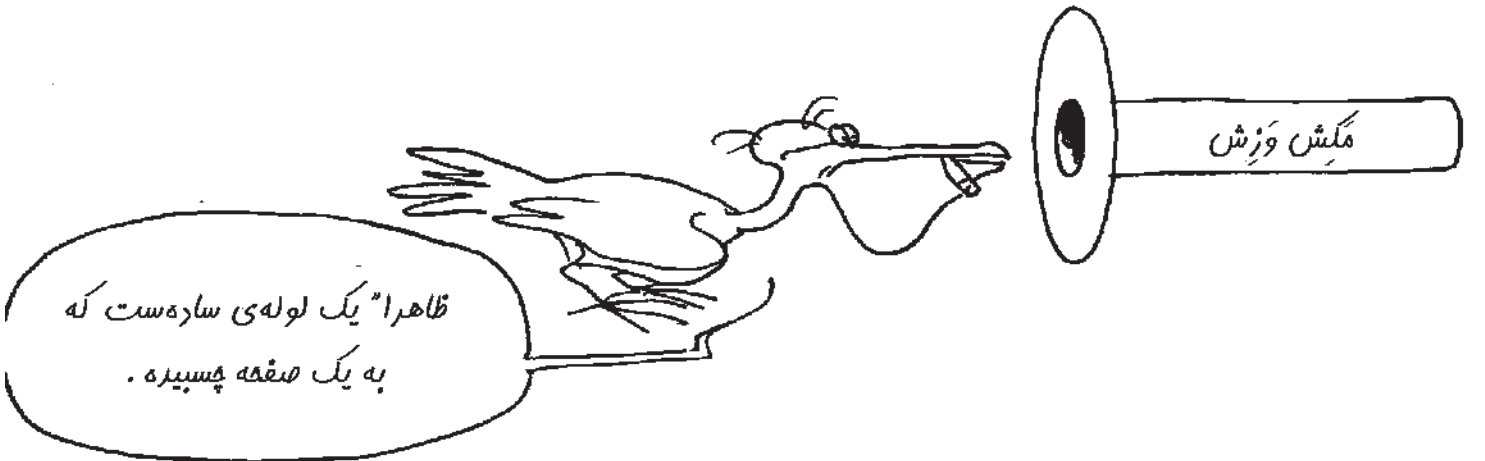
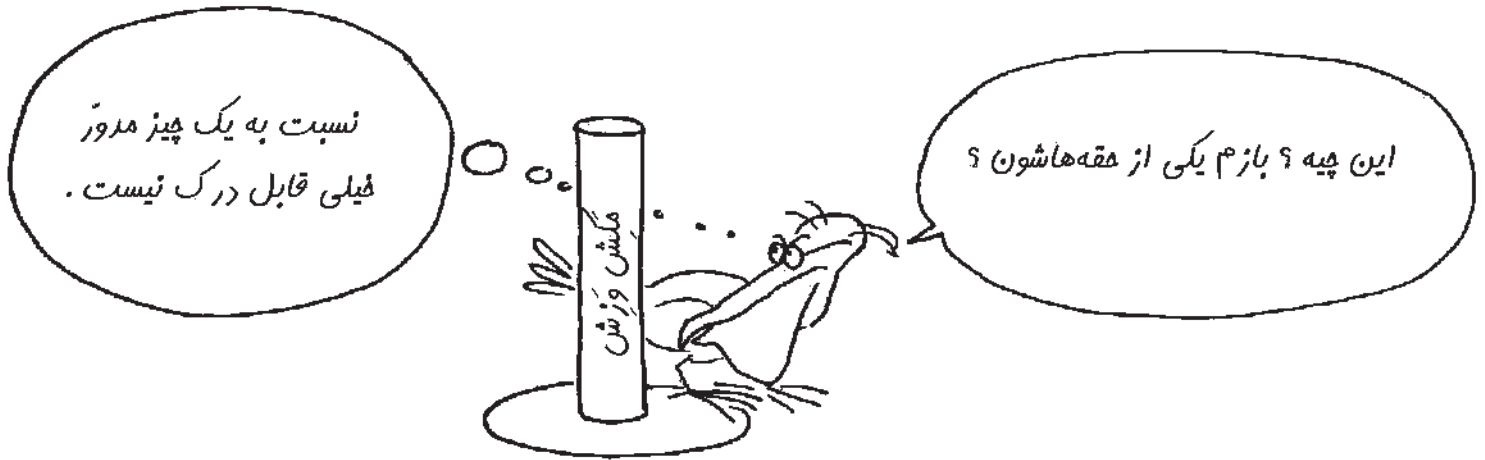
مدیریت

در واقع ، مکانیک سیالات اغلب الهام و عقل مشترک ما رو به مبارزه می طلبد .

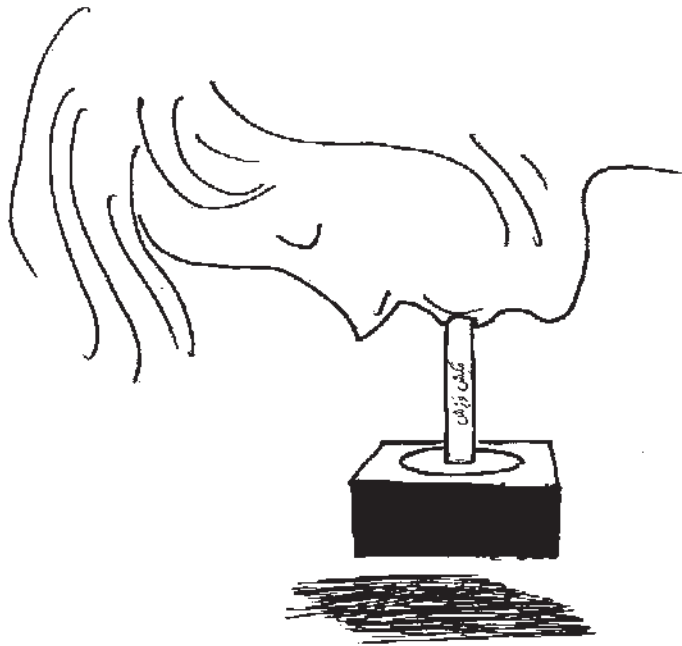


مثالی از

## تناقض گویی مربوط به قانون پرنولی:







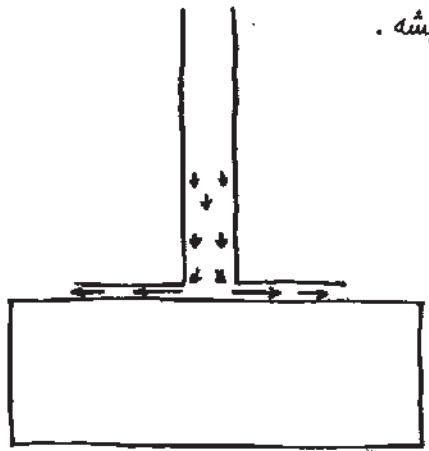
اون ... می‌دیده ... و  
بچه رو بلند می‌کنه !!!



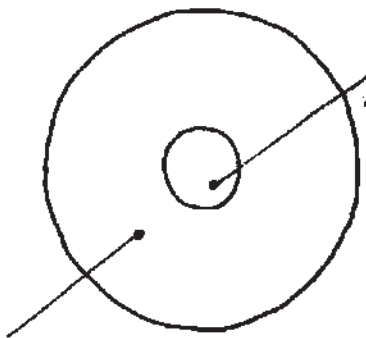
بیچاره ...

بطوری همیشه عمل میکنن را  
در حال دمیدن انجام داد؟

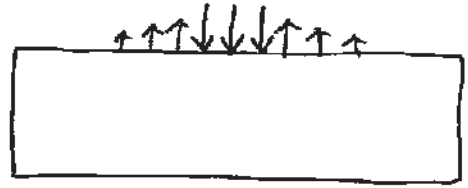
در محل اتصال استوانه - صفحه ، محل عبور گاز تاگهان کوچک می‌شود  
و هوا بشدت شتاب میابد . بنابراین فشار کمتر از فشار جوی می‌شه .



بفش اطراف نسبت به فشار جوی  
در کم فشاری قرار می‌گیرد .

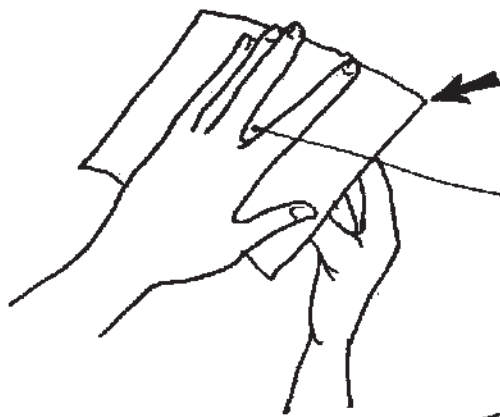


قسمت پاره‌ی قوطی که  
مقابل کانال مرکزی قرار داد ،  
در رویارویی با فشار محیطی  
پُر فشار قرار می‌گیرد .



به نظر میار که نتیجه‌ی همه‌ی اینها یک نوع مکش است.

شما می‌توانید آزمایشی مشابه را با یک برگ کاغذ ساده انجام دهید:



کاغذ را اینگونه نگهدارید

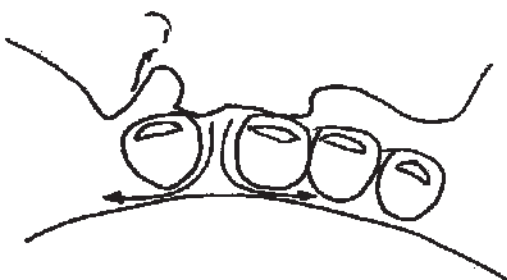
بشدت در اینجا فوت کنید.

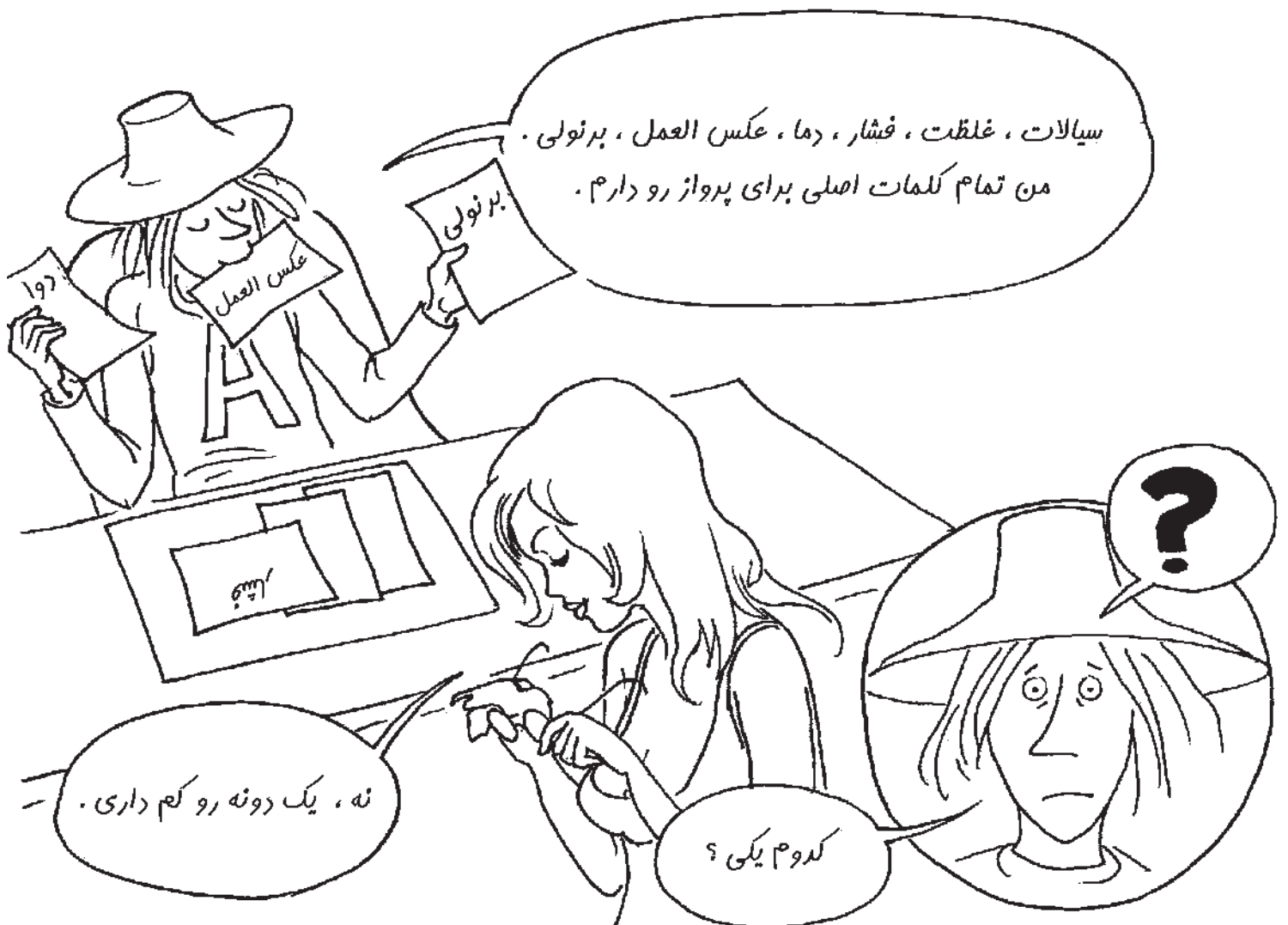


بمقصد آنکه فوت می‌کنید، کاغذ را رها کنید. کاغذ برای لحظه‌ای کوتاه همون طور چسبیده می‌ماند.

### فوب دقت کنید:

باید خیلی شدید فوت کنید  
مدیریت



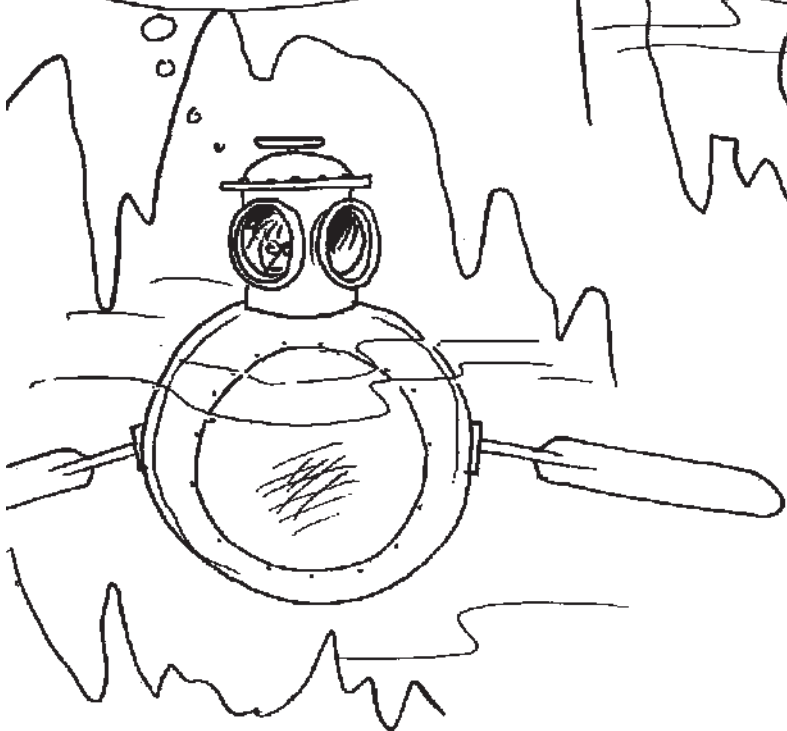
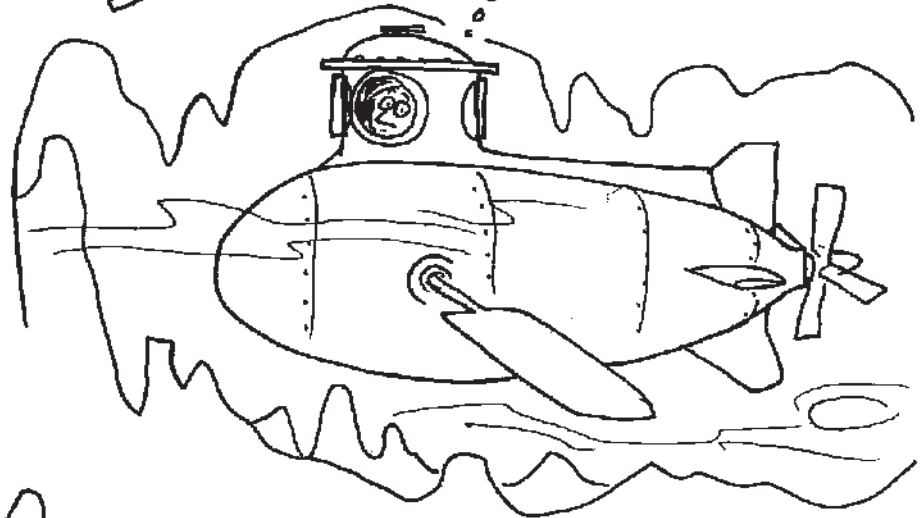


# رویای لانتورلو :



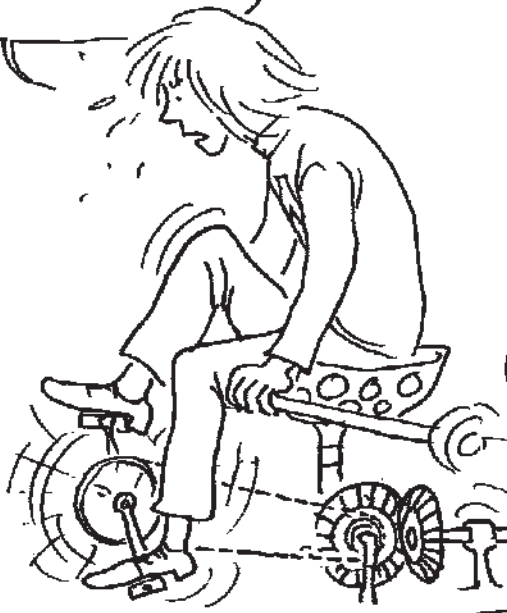
ظاهراً " تو یک زیردریایی هستم .  
چه جای اضطراب آوری ....

باید هر چه زودتر  
از اینجا بیرون برم

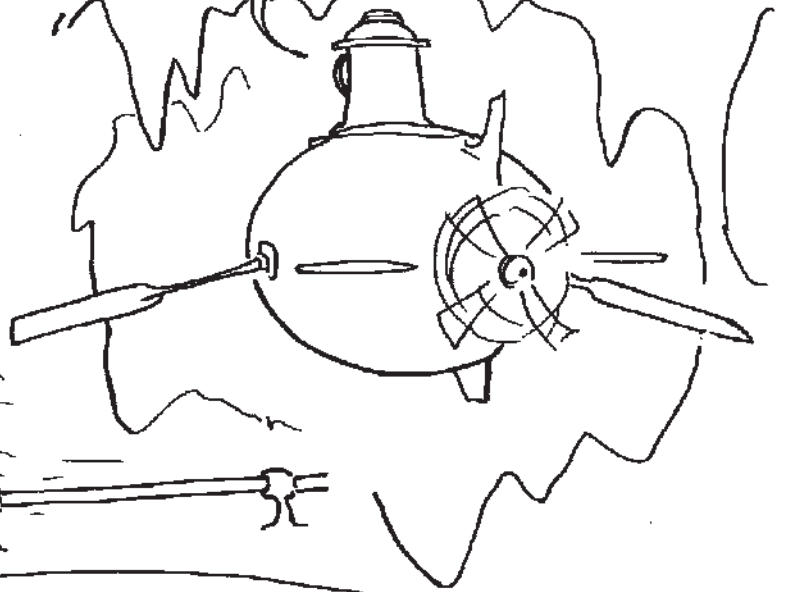


این دستگاه به دو شیوه جلو میره . پاروها و یک پروانه  
که با دو تا پدال حرکت می کنه .

لعنتی ،  
یک ساعته دارم رکاب می زنم ...



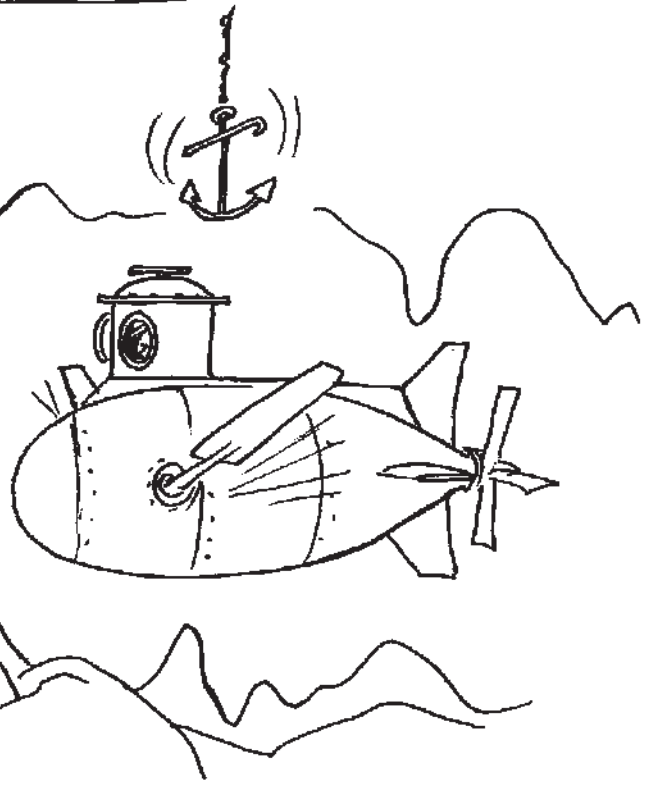
... و یک فُرده هم جلو نمیرم!

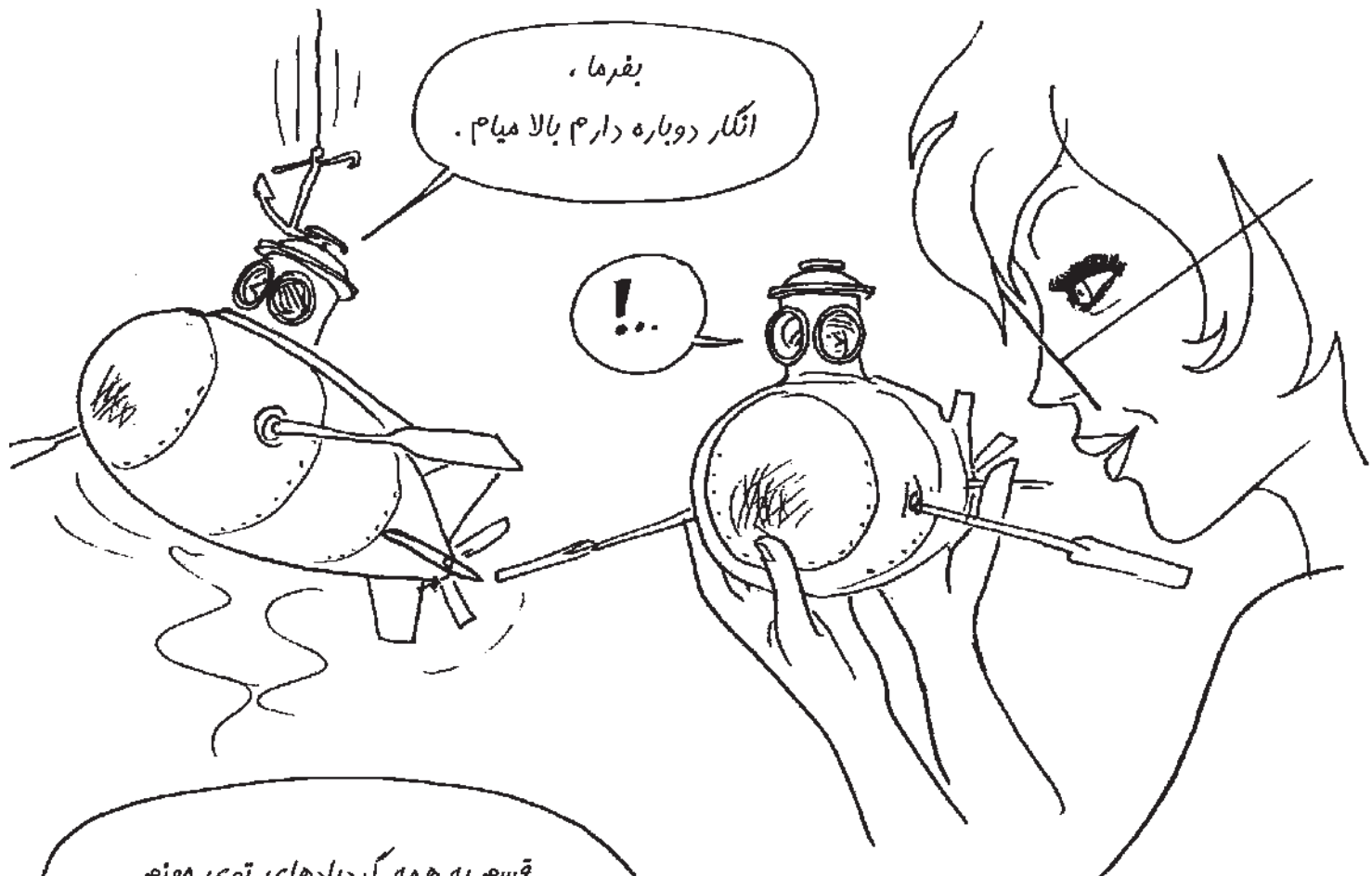


بزار پاروها رو امتحان کنیم ... اینم هیچ  
کاری نمی کنه ...  
... و من هیچ مقاومتی رو حس نمی کنم !!

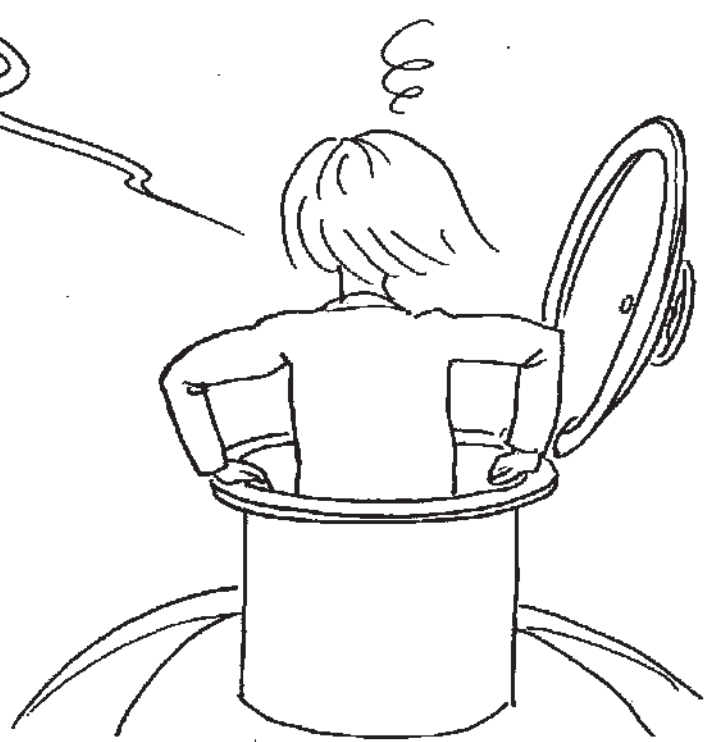


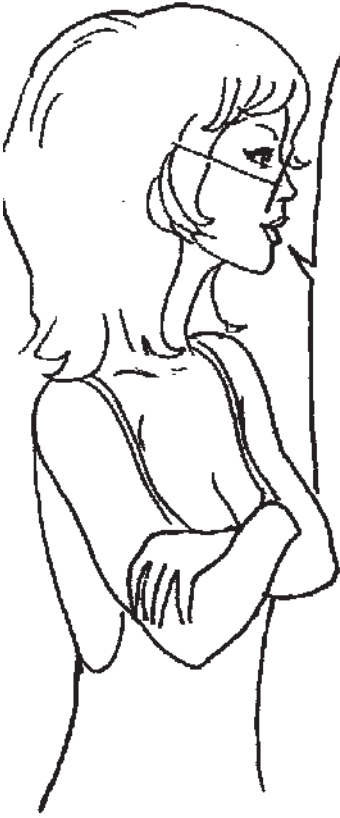
شاید تو فلأ هستم ؟  
نه ، اگر تو فلأ بودم ، زیر دریاییم شناور نبود !





قسم به همه گردبارهای توی جونم  
صوفی ، برام توضیح بده که  
همه‌ی اینا چه معنی داره !

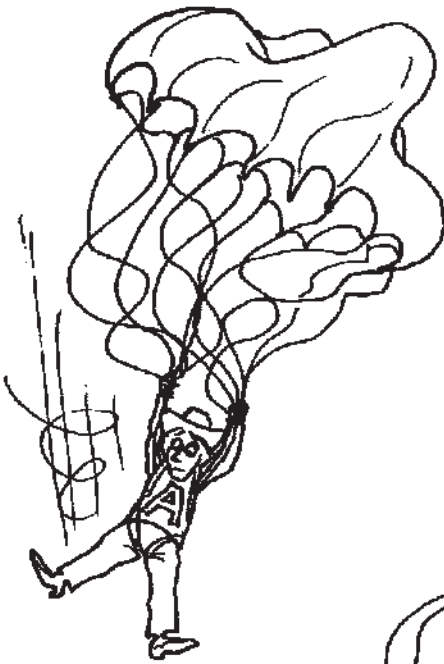




تو فقط در هلیوم سوپر سیال بودی . داستان صندوق شن رو یادت میار . اصطکاک دانه‌ها بر روی یکدیگر برآستی بقدری اهمیت داشت که شن بسفتی جریان می‌یافت . اینجا قضیه برعکس است . پایین‌تر از یک حد ، فیلی پایین ، سیلان هلیوم بی‌نهایت میشه و اصطکاک‌ها صفر .



اما چه ارتباطی میان اصطکاک‌ها و کار پاروزدن ، پرواز کردن ، یا پیش رفتن به کمک یک پروانه وجود دارد ؟



تو در رابطه با پرت به نوعی حق داشتی . برای فشار آوردن به هوا ، باید بر آن نیرو وارد کرد .



اگر هوا سوپر سیال می‌بود ، پرت نجات تو به هیچ دردی نمی‌خورد . بدتر اینکه اون حتی بار هم نمی‌کرد و تو با سقوط آزاد به پایین می‌افتادی !

اولین حیوانی که اقدام به صعود به آسمانها کرد ، فیلی زود دریافت که باید به هر راهی که شده به آن محیط خود را بیاویزد .

بدین ترتیب ، پرواز پیزی سنگین تر از هوا به مانند مسابقه‌ی دائمی است که در آن تلاش می‌کنیم تا بر محیطی ناپایدار فشار وارد کنیم که بی وقفه می‌گریزد .



اما هنوز هم باید قادر بود بر این محیط فشار وارد کرد .

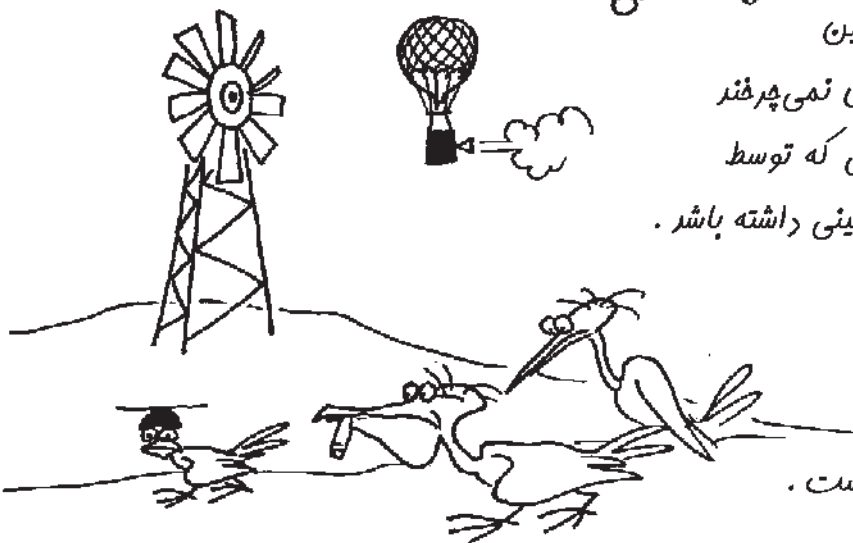
اگر این محیط سوپر سیال باشد ، مولکول‌ها بر روی یکدیگر و همین‌طور

اشیاء ، بدون هیچ اصطکاک‌کی می‌لغزند . بنابراین

پرنده‌ها مجبورن پیاده پروند ، موتورهای بادی نمی‌چرفند

و حمل و نقل هوایی بجز از طریق بالن‌هایی که توسط

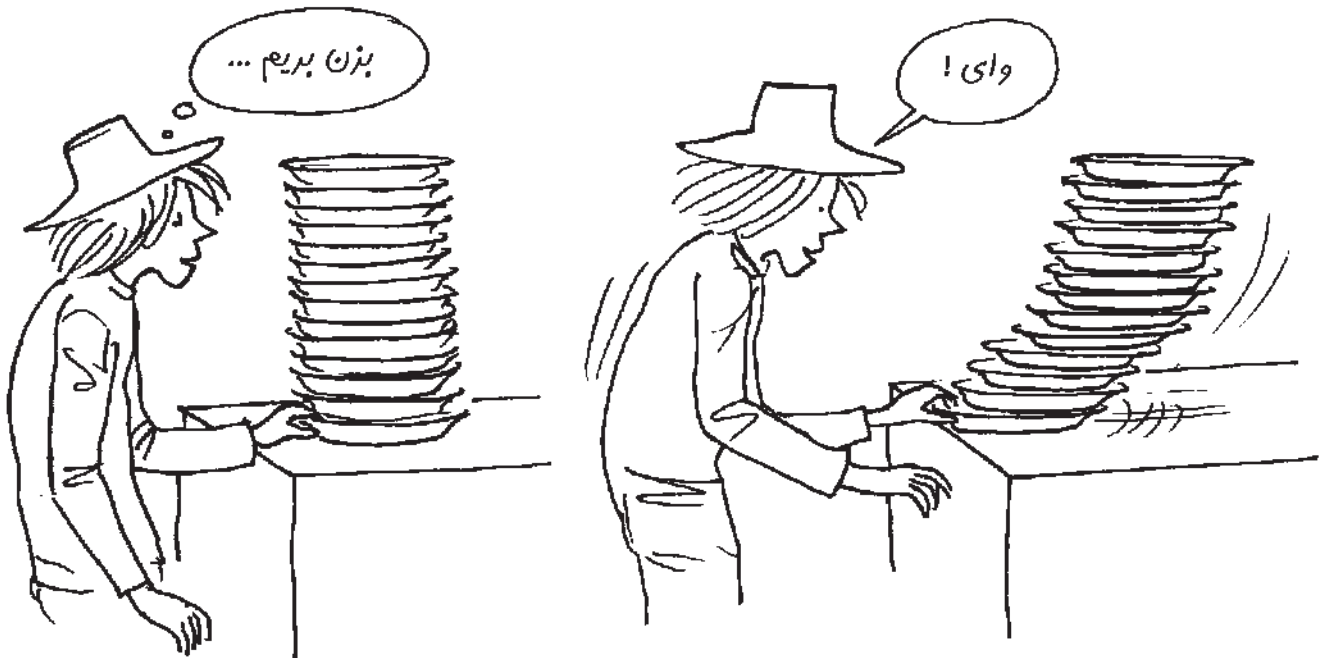
عکس العمل پیش می‌روند ، نمی‌تواند تفسیمینی داشته باشد .



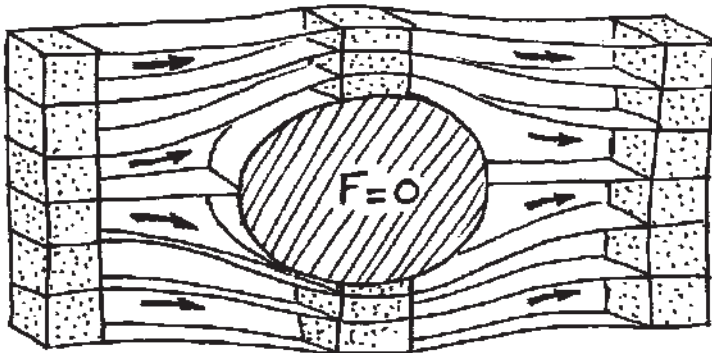
بنابراین پرواز با اصطکاک گازی مرتبط است .



# سیالات همراه اصطکاک

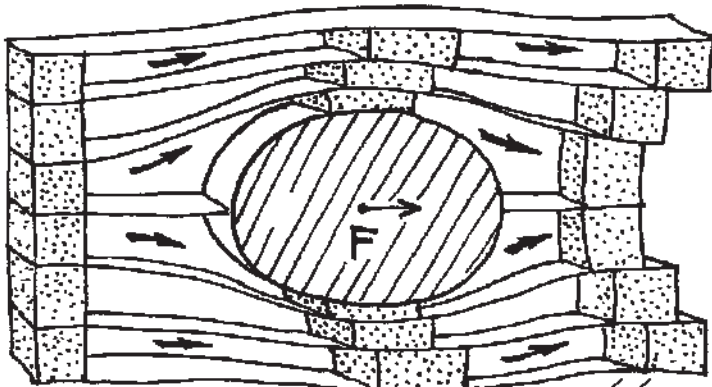


همانند این بشقاب‌ها، لایه‌های روی هم قرار گرفته‌ی گاز نسبت به یکدیگر تنها با اصطکاک می‌لغزند.



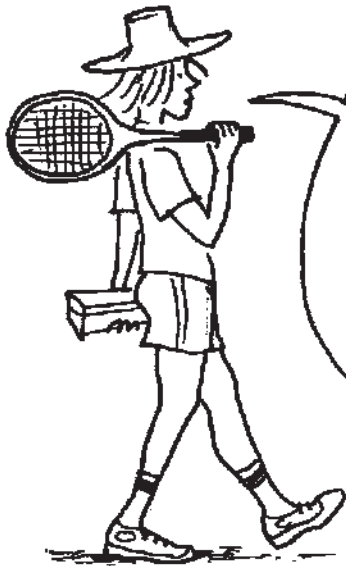
یک سیی ساکن را در نظر می‌گیریم که مولکول‌هایی که ما نشان می‌دهیم چگونه در مغفله‌های مکعبی قرار گرفته‌اند، به آن بر خورد می‌کنند.

• در نبود هر گونه اصطکاک، مولکول‌ها پس از دور زدن شیئی، یکی پس از دیگری روی هم انباشته می‌شوند، همانند قسمت بالای یک رود.



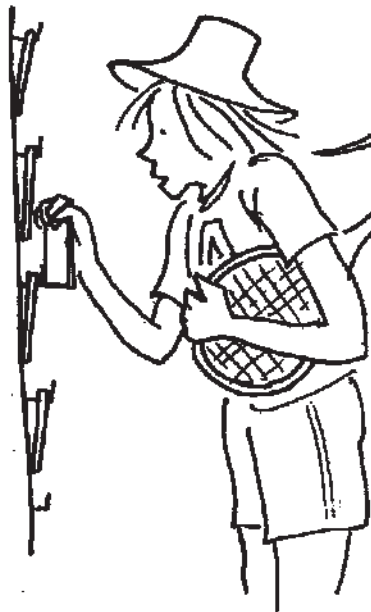
• در عوض اصطکاک از سرعت مولکول‌هایی که نزدیک شیئی قرار گرفته‌اند، می‌کاهد. در قسمت پایین، "مغفله‌ها" از هم فاصله می‌گیرند. شیئی گاز را مهار می‌کند و متقابلاً

گاز فشاری برابر  $F$  را بر شیئی وارد می‌کند: اثر اصطکاک.



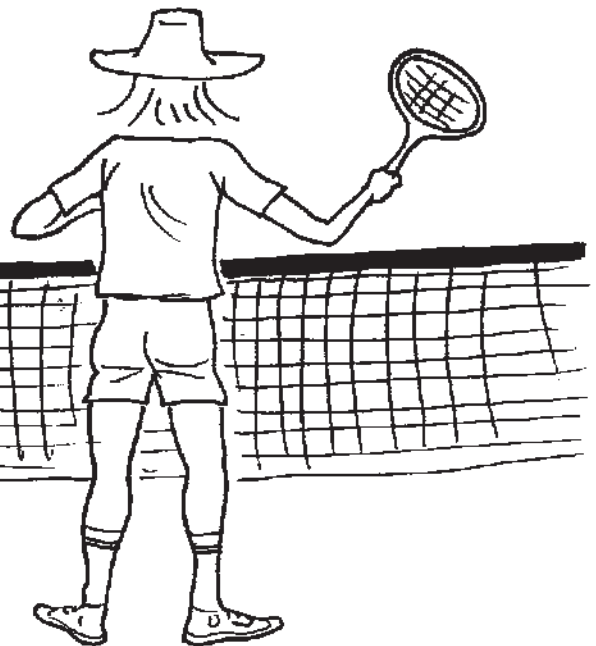
بله ، همه‌ی این مطالب خیلی پیچیده ست . میرم یک کمی  
تنیس بازی کنم تا فستگیم دربره .  
مراقب تنیس ، یه مکانیک خیلی ساده‌ی بالستیک ست .  
روی یک توپ ضربه می‌زنیم ، بنگ . و اگر درست مناسبه کنیم ،  
اون در زمین تنیس می‌افته .

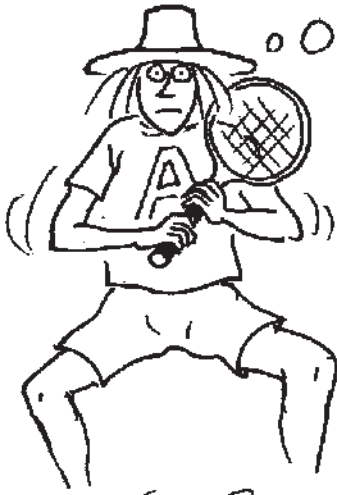
## توپ بالارو



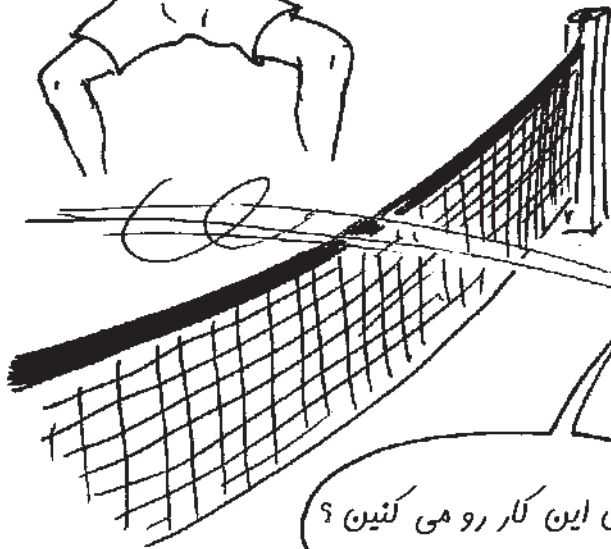
میرم جا بگیرم . بفرمایین ، اینم  
یه جای قالی . بیورن بورگ ...  
نمی‌شناسم .

قاصری ؟





معض رضای خدا ، یک دونه ش رو هم نمی زنم . این یارو با استیل  
عجیبی راکتش رو بلند می کنه ، وقتی ضربه می زنه .  
به هر حال باید باعث شد که توپ ها به بالا برن .



در واقع ، اون توپ ها رو  
به پایین می رونه !

چطوری این کار رو می کنین ؟

ساده ست ؛ من توپ رو در  
اون جهت می پرفونم .



پوکا

توپ گرایش به پایین اومدن داره ، این به من امکان میده که محکم تر  
ضربه بزنم ، در حالی که اونو تو زمین جا میدم .

بله ... البته

آفر سر  
۶ - ۰ ۶ - ۰

آره زلال مثل لهن



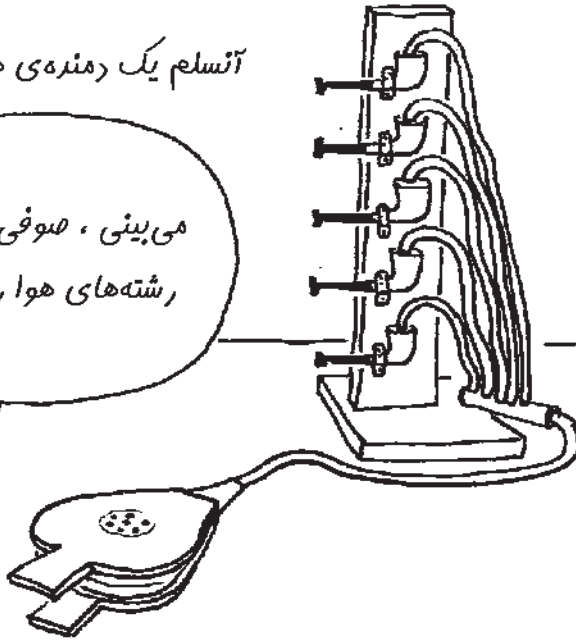


بزار ببینیم ، پورک توپ رو از چپ به راست ، به شکلی که در صفحه‌ی  
قبل می‌بینیم ، می‌فرسته . من هوا رو از راست به چپ به توپ می‌دمم ،  
پیزی که به همون امر منتهی میشه .

آنسلم یک دمنده‌ی هوا تولید می‌کند .



می‌بینی ، صوفی ، دور لوله‌ها ،  
رشته‌های هوا رو شکل میدره .

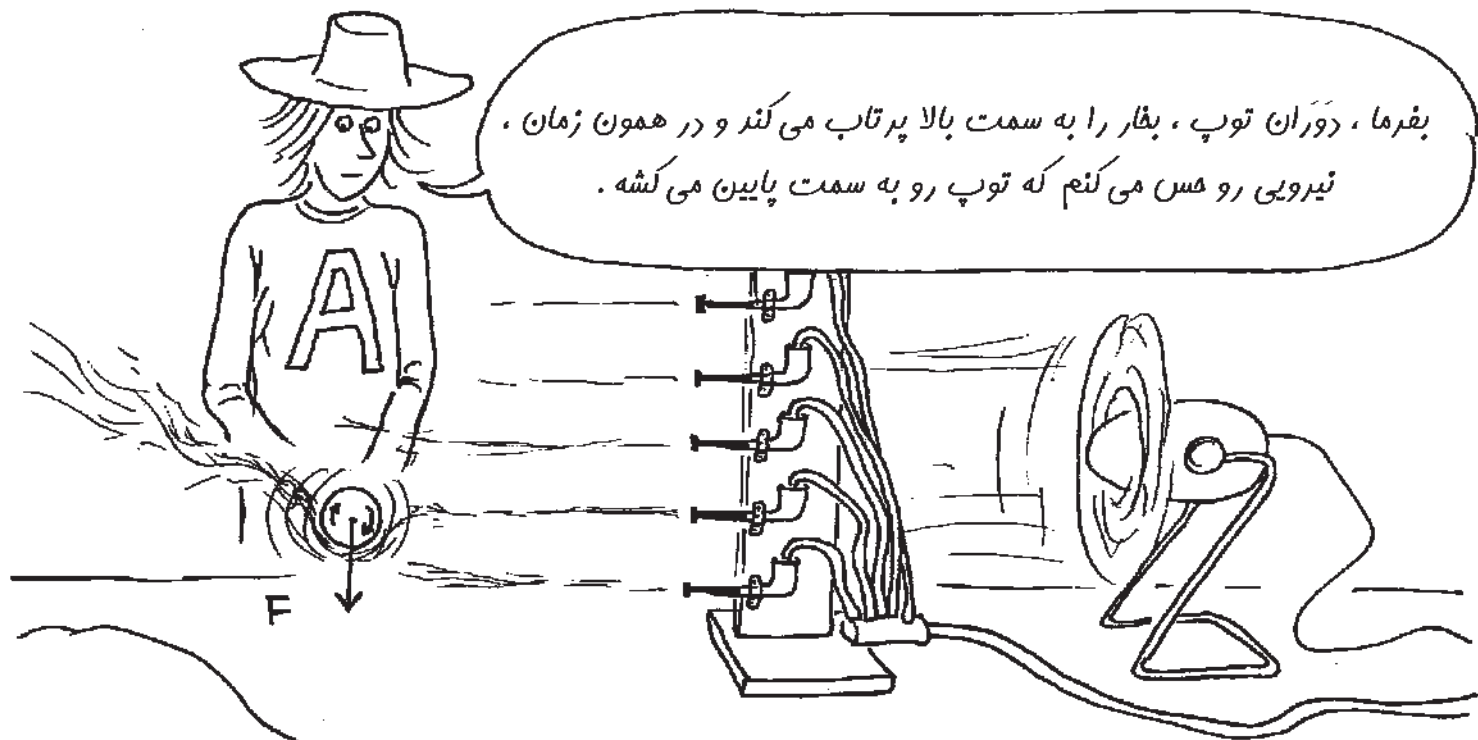


بفرمایین خیلی خوب کار می‌کنه !

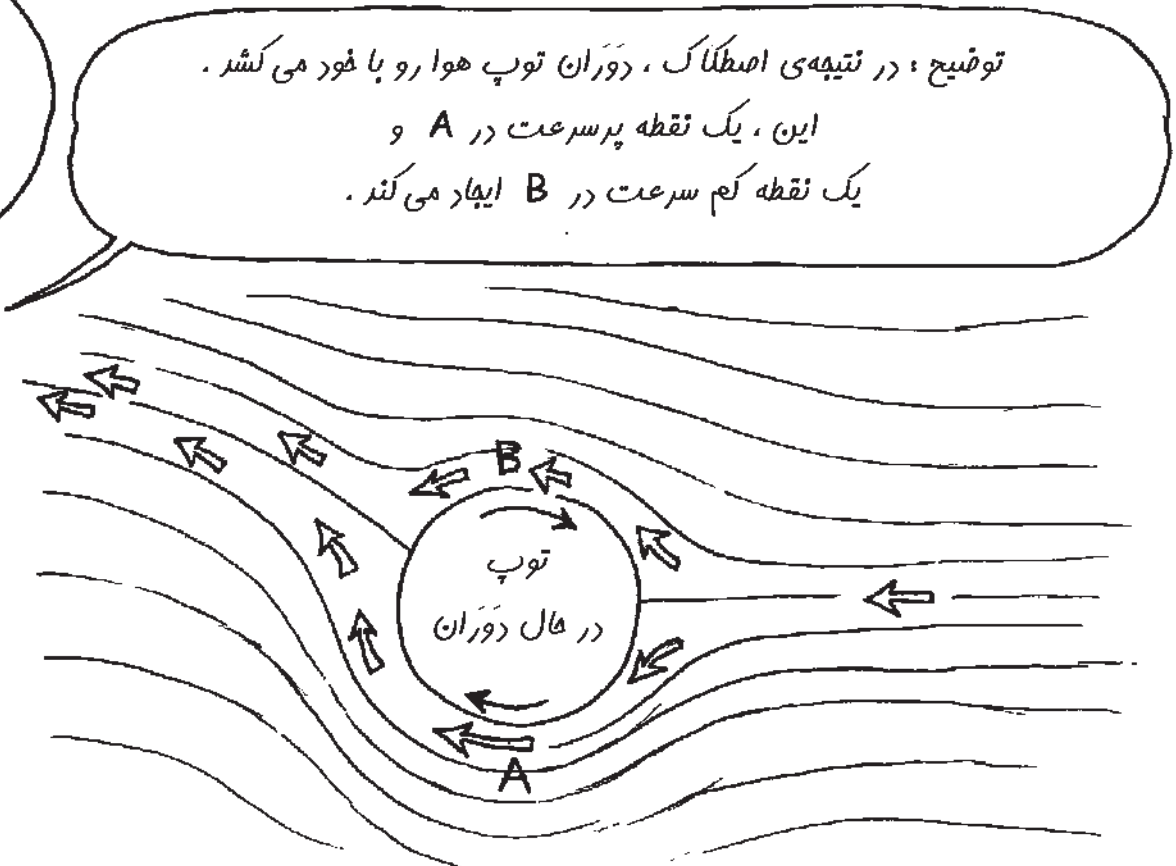
فقط می‌مونه اطمینان از  
پرفش توپ . لابد این مناسبه .



بفرما ، دَوَران توپ ، بفار را به سمت بالا پرتاب می کند و در همون زمان ، نیرویی رو حس می کنم که توپ رو به سمت پایین می کشه .



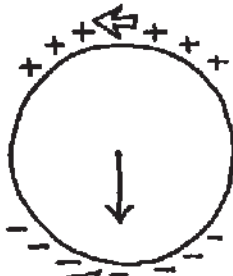
توضیح : در نتیجهی اصطکاک ، دَوَران توپ هوا رو با خود می کشد . این ، یک نقطه پرسرعت در A و یک نقطه کم سرعت در B ایجاد می کند .



دیگر کاری یز ایرای قانون برنولی باقی نمانده .



پر فشار - کم سرعت



سرعت هوا



کم فشار - با سرعت



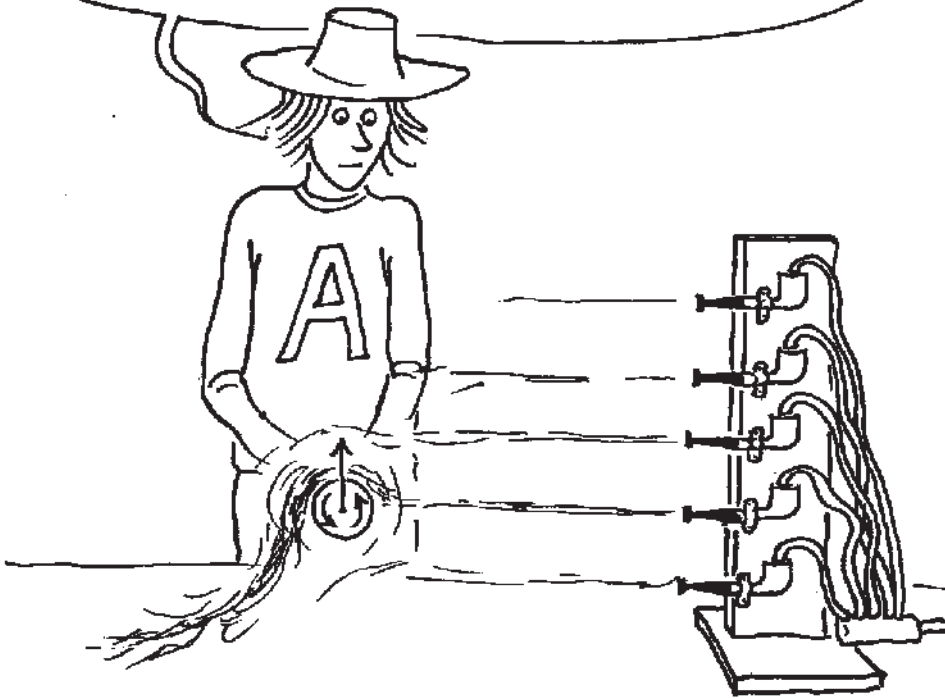
فشار و سرعت به طور معکوس تغییر می کند .  
بنابر این ، در پایین = کم فشار ، و بالا = پر فشار ،  
که مفهوم نیروی آثرو دینامیک  
از آن ناشی می شود .

تمام اینها فقط به خاطر اصطکاک هوا بر روی  
توپ امکان پذیر است .  
در یک جو سوپر سیال عاری از اصطکاک شما  
دیگر نخواهید توانست  
توپ هاتون رو بالا بفرستین .

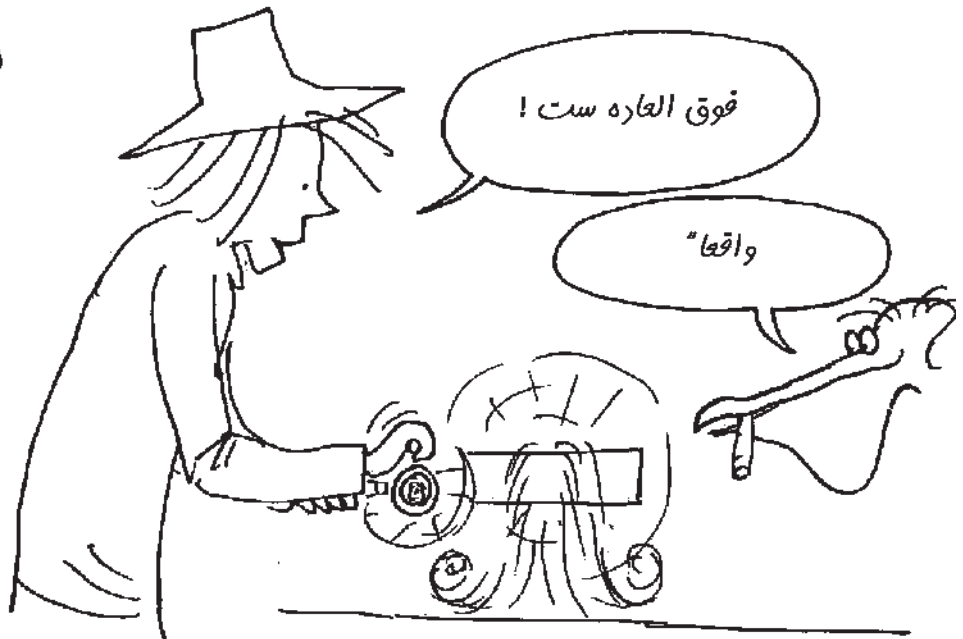
بفرما ، با بر عکس کردن جهت دوران ، دود به سمت  
پایین وزیده می شود و نیرو بر عکس می گردد .  
این باعث عمل فیرش می شود .

پیزی که با یک گره کار می کند ،  
ممکنه با یک سیلندر در گردش  
کار کنه ؟

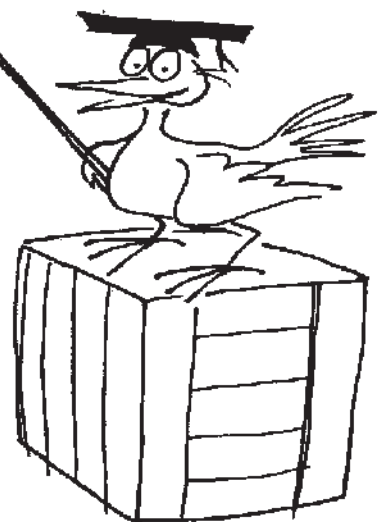
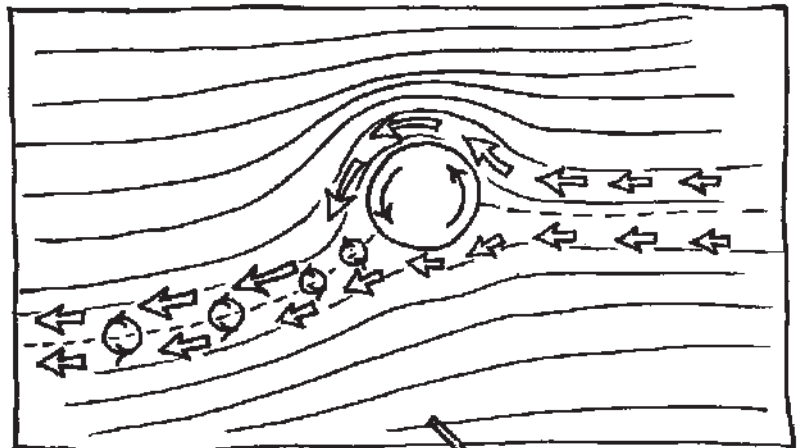
تابغه !



# چرفان فلتنر



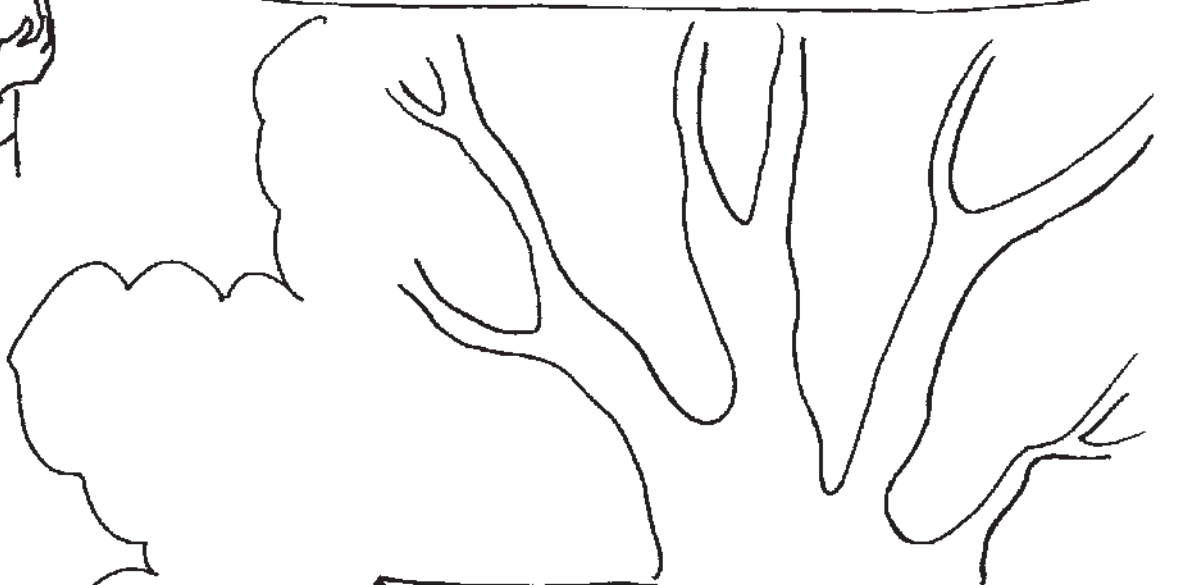
همکاران و دوستان عزیز ، با هم  
 اتفاقی رو که در دنباله‌ی بشار روی  
 می‌دهد ، بررسی می‌کنیم .  
 دوران سیلندر سرعت‌های متفاوتی  
 را بین جریان بالایی  
 و جریان زیرین تولید می‌کند .  
 در قسمت پایین این سیلندر ، وقتی  
 که دو لایه‌ی هوا به هم می‌رسند ،  
 به یکدیگر ساییده می‌شوند .  
 این ساییدگی دو اثر دارد :  
 الف ) ایجاد گردبارهای کوچک  
 ب ) حذف تدریجی اختلاف بین سرعت ها .  
 یک اختلاف فشار بین قسمت بالایی قشر و قسمت پایینی ،  
 وجود دارد که مربوط به اختلاف بین سرعت هاست ( برنولی ) .  
 این امر انحنای رشته‌ی هوا در قسمت پایین را توضیح می‌دهد .







با چابجا کردن یک سیلندر در گردش تو هوا، عمل بالا رفتن نصیبم میشه.  
این یک فکری رو به ذهنم میاره، من باید بتونم یک ماشین پرنده بسازم.



من پیش رانش  
رو توسط عکس العمل  
به کار می برم.



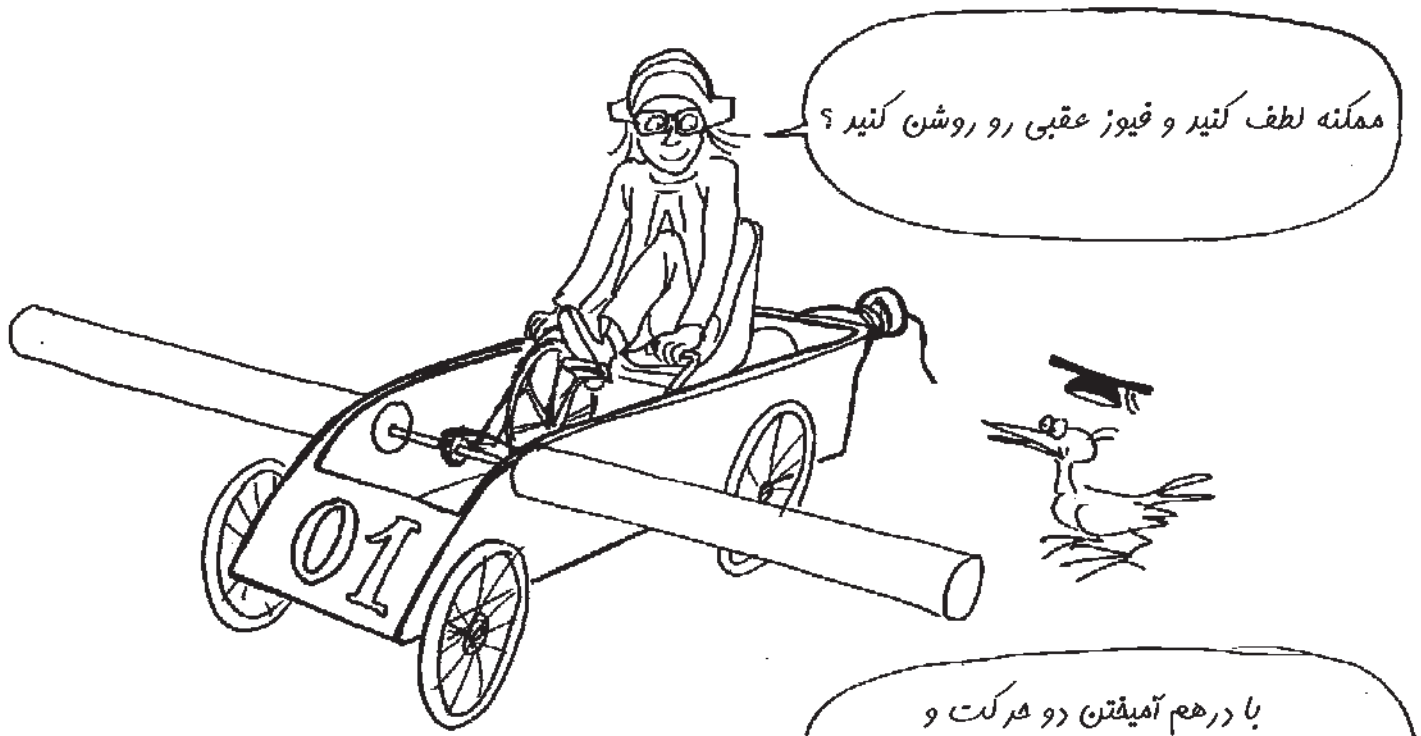
تق تق  
اس اس

اون داره چی می سازه؟



ظاهرش که پیچیده ست!

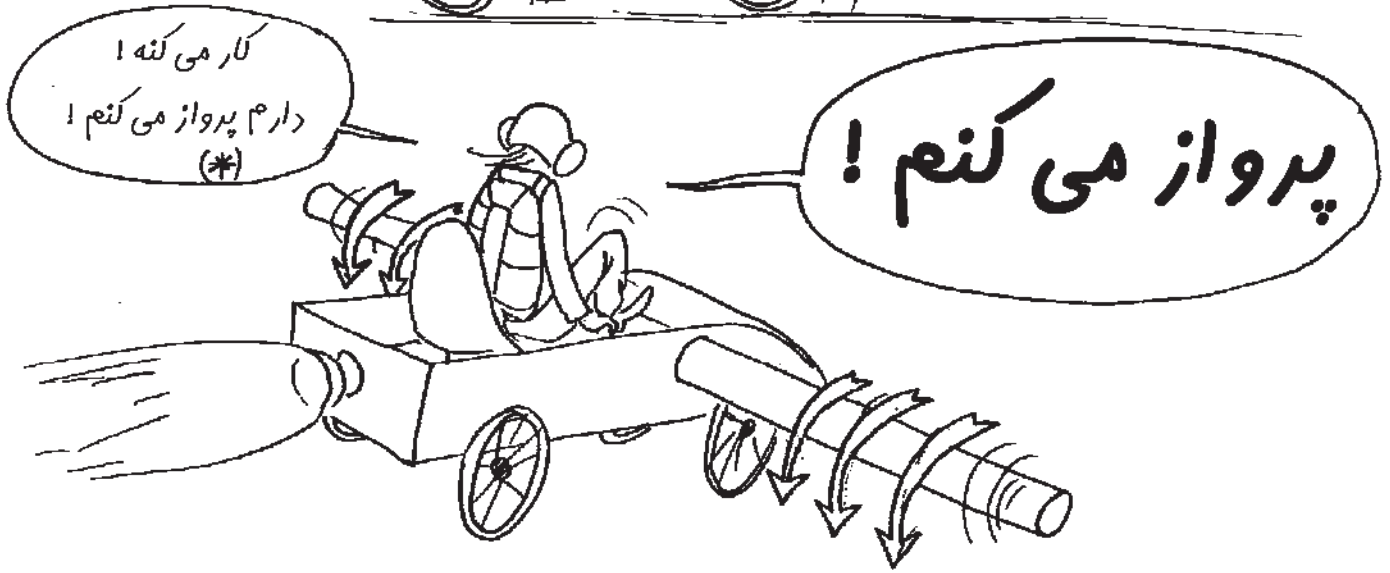




ممکنه لطف کنيد و فيوز عقبی رو روشن کنيد؟



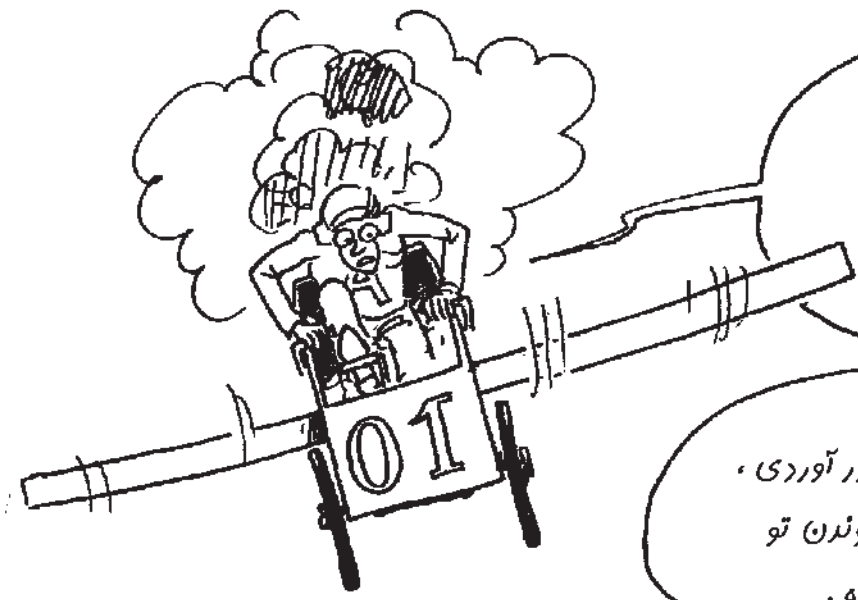
با درهم آميختن دو حرکت و با دمیدن هوا به عقب، من عمل فيزش رو توليد می کنم.



کار می کنه!  
دارم پرواز می کنم!  
(\*)

پرواز می کنم!

(\*) با افزودن نیروی ویژه، اون می تونست خیلی خوب کار کنه!

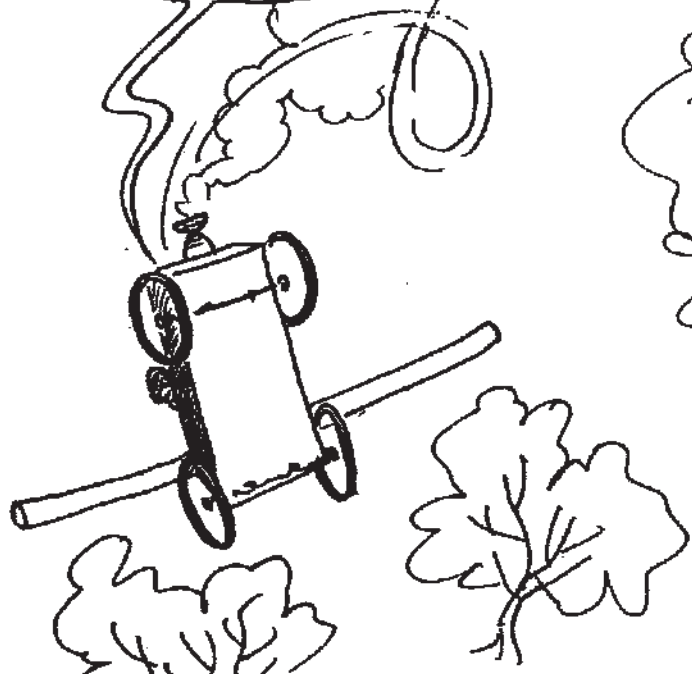


اوا... چه اتفاقی داره می افته ۹۱۹  
ماشینم داره شیرجه می زنه ۱۹۱

طبیعی یه .  
چون تو هوا رو به پرفش در آوردی ،  
اون هم گرایش به پرفونرن تو  
در جهت عکس داره .

این قانون عمل و عکس العمله .

قانون پی ۱۱۹



آتسلم ، کاشکی از من پرسیره بوردی ! راهوای ساره تری هست ،  
ولی تو همیشه می فوای همه کار و تنهایی انجام ببری ! بیا ، قهوه فاضره .



آه ، این از دست این  
ماجرایه‌های علمی !

اتفاقی که تو یک فنجان قهوه می‌افته ،  
فنده داره .

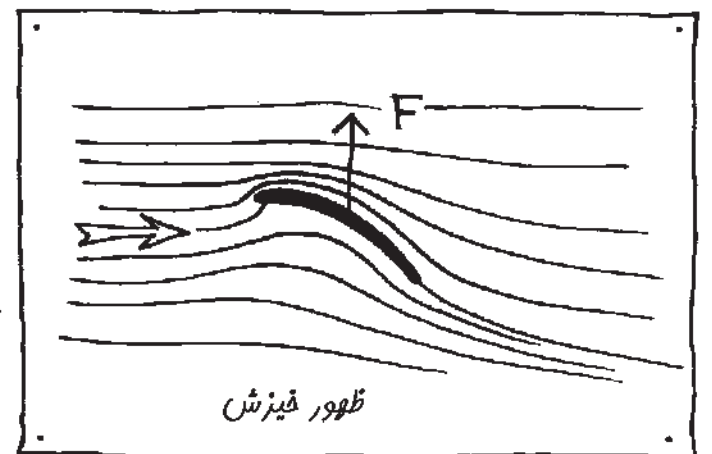
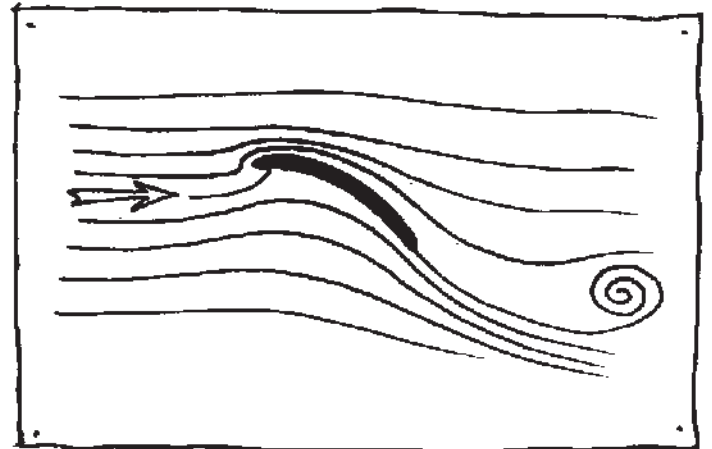
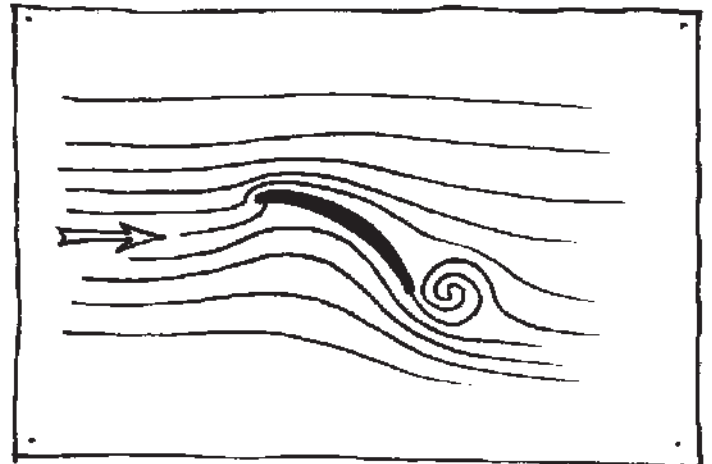
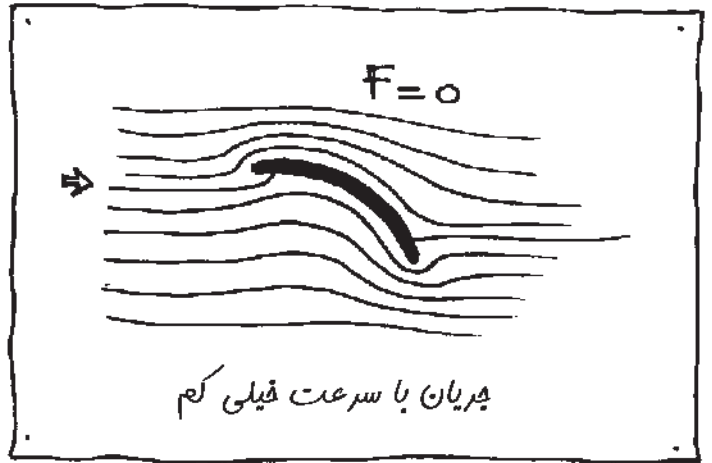


می‌بینی ، وقتی قاشق رو فیلی  
آرو ۴ جابجا می‌کنم ، فقط یک  
مقاومت اندک که در اثر اصطکاک  
هست رو اساس می‌کنم .

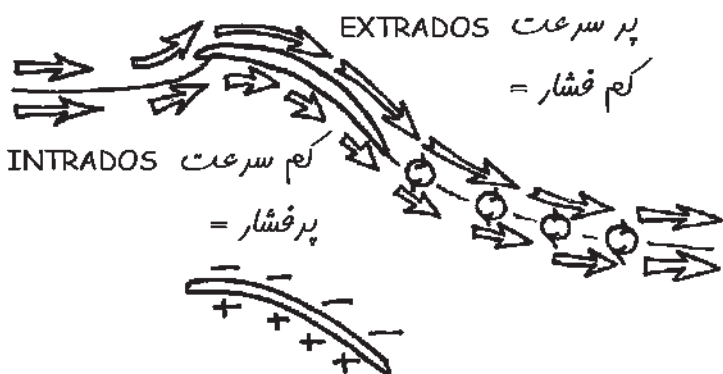


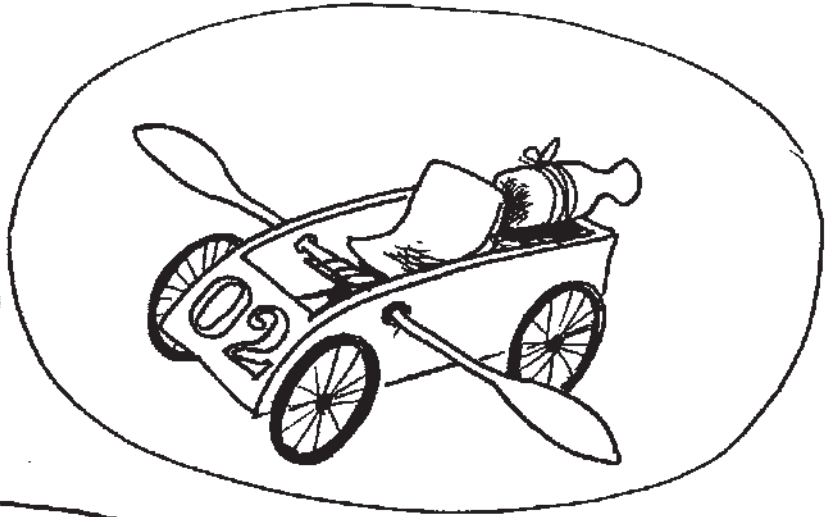
در حالی که وقتی سریع قاشق رو  
جابجا می‌کنم ،  
یک گرداب ظاهر میشه .





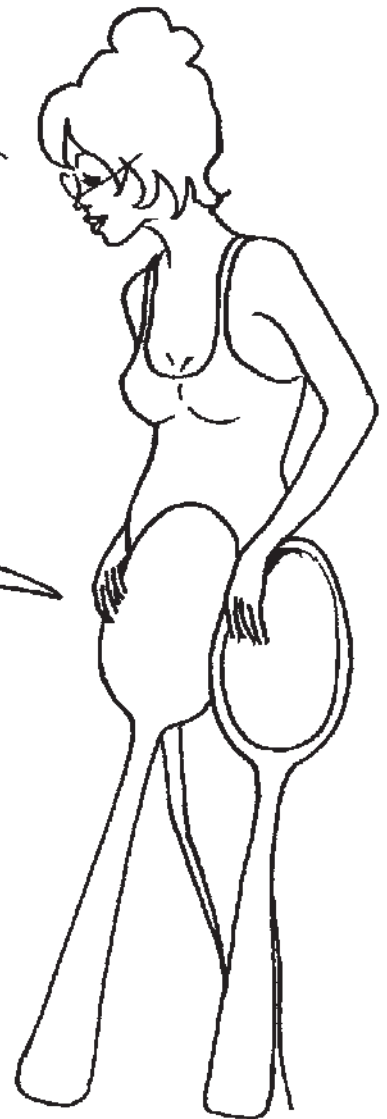
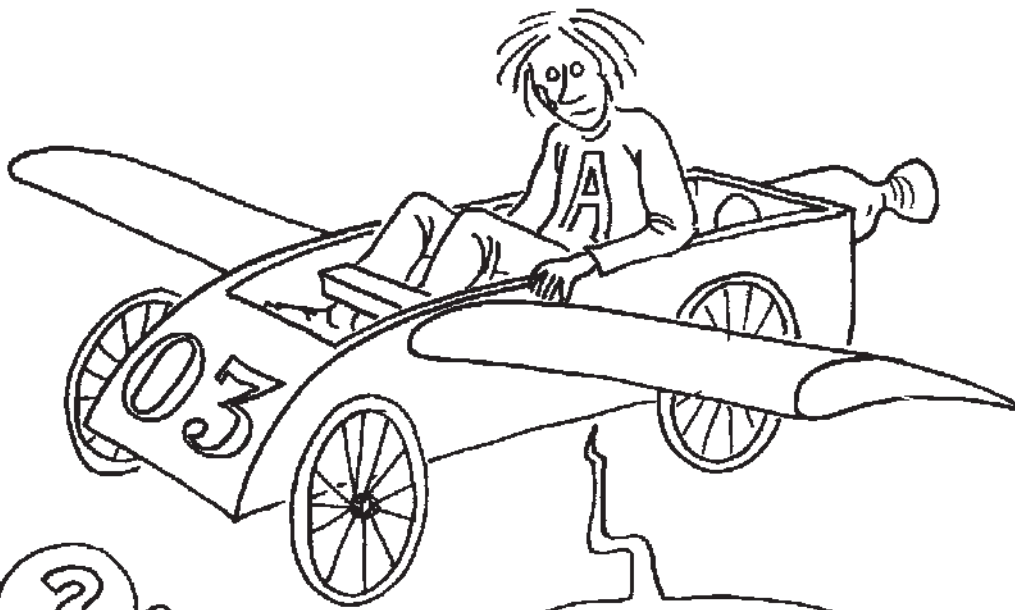
تو در هواپیمای مقابل می بینی که چگونه  
 پیریان در اطراف قاشق تغییر می کنه  
 وقتی که ضعیف ترین سرعت رو  
 کنار می داریم. یک گرداب ظاهر میشه  
 و یک سیستم پر سرعت در EXTRADOS (بالا)  
 و یک سیستم کم سرعت در INTRADOS (پایین)  
 برقرار میشه.



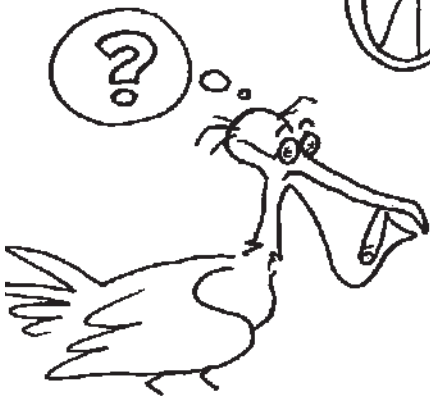


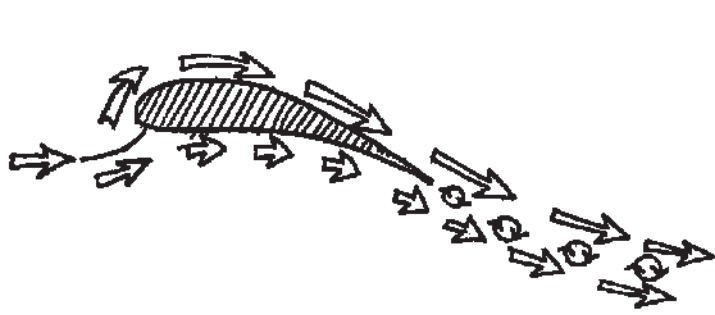
فوق العاده ست ، من خواهم تو نست با قاشق‌ها  
پرواز کنم !

بال ، یک قاشق اصلاح شده  
است .

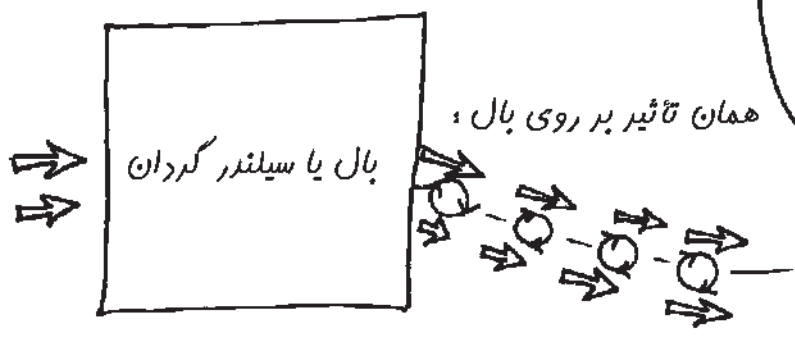


قبول ، ولی دوران پی میشه ؟

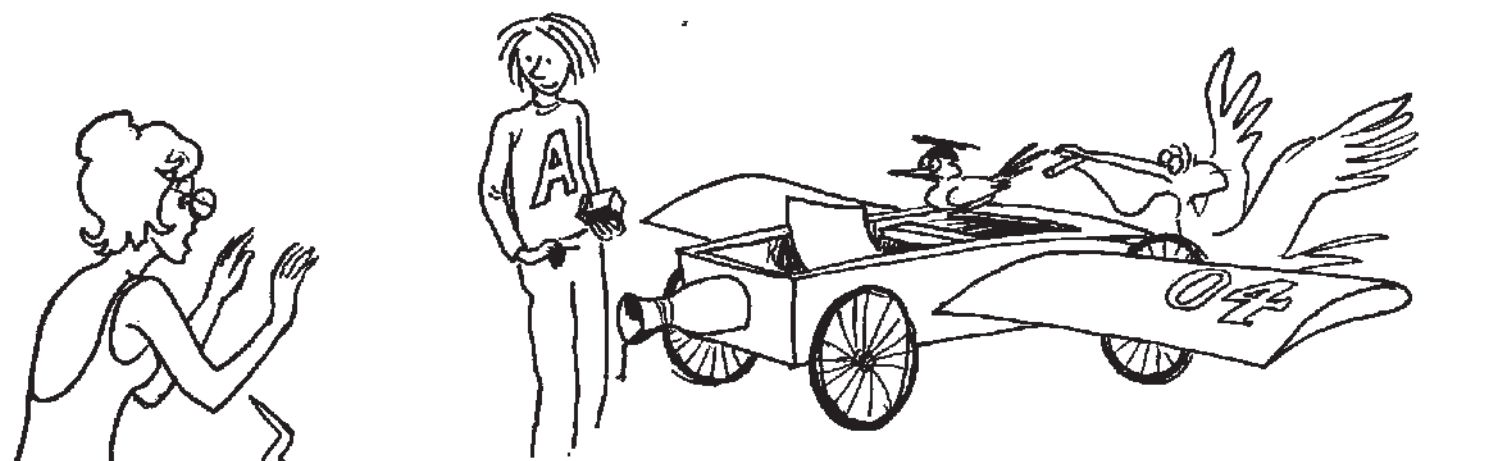




در قسمت زیر بال هم همان سیستم  
میگروگرداب که در پشت سیلندر می‌چرخد ،  
وجود داره . بدین ترتیب می‌توان  
بال را همچون یک پرخ ثابت  
در نظر گرفت .



همان تاثیر بر روی بال ؛  
بال یا سیلندر گردان

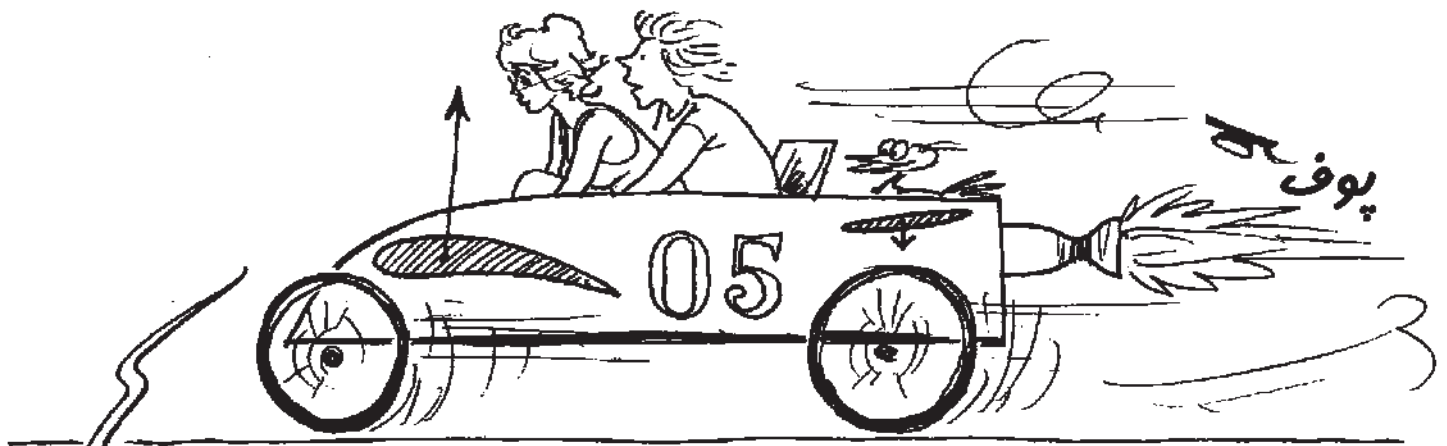


مواظب باش ! تو باز هم دچار حادثه خواهی شد .  
درست مثل یک کم قبل ، این ماشین با به گردش درآوردن هوا ،  
سقوط خواهد کرد !

باید یک دنباله گذاشت  
\*



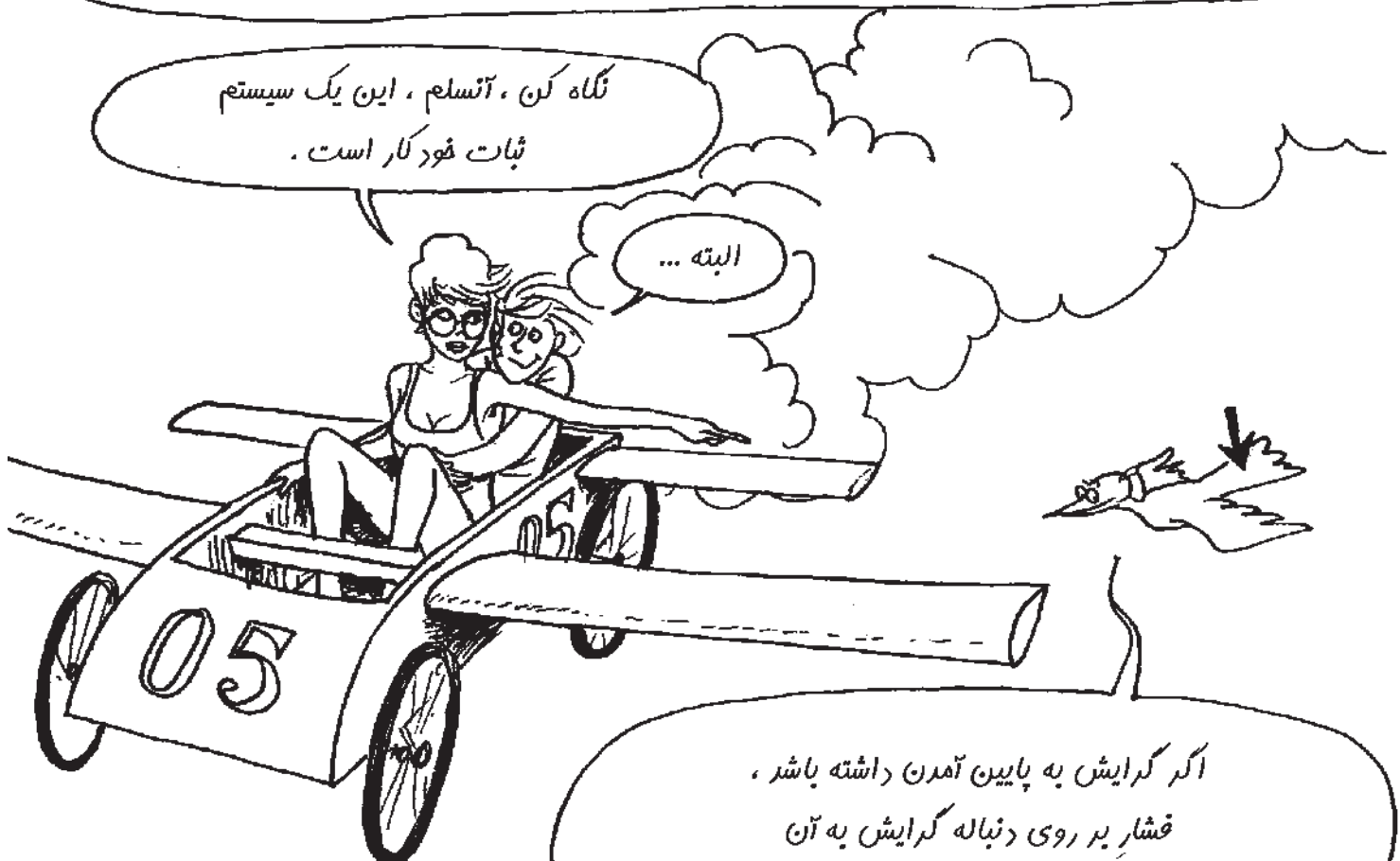
\* دنباله ؛ قسمتی در عقب هواپیما برای تثبیت ثبات هواپیما .



دنباله یک بال کوچک است متمایل به جهتی دیگر که یک فیزش منفی تولید می کند و م هواپیما را پایین می آورد. این مانع از سقوط می شود.

نگاه کن ، آنسلم ، این یک سیستم ثبات خودکار است .

البته ...



اگر گرایش به پایین آمدن داشته باشد ، فشار بر روی دنباله گرایش به آن دارد که همه چیز را دوباره در جهت پرواز به بالا بیاورد .





هنگام صعود نیز همینطور است.



آنسلم، تو به حرفهای من گوش نمیدی!

چرا، چرا گوش میدم...

شکفت انگیزه که احساس خود استواری کنی.





و این گونه بود که آنسلم پرواز کردن را یاد گرفت.  
سرانجام اون فیلی ساده بود.  
و علاقه‌ش به علم تنها با ارتقاع افزایش یافت ...



**پایان**

