



Copertina

# Corso di Fisica dello Strato Limite Atmosferico

## L'origine delle forze di superficie e le equazioni di Navier-Stokes

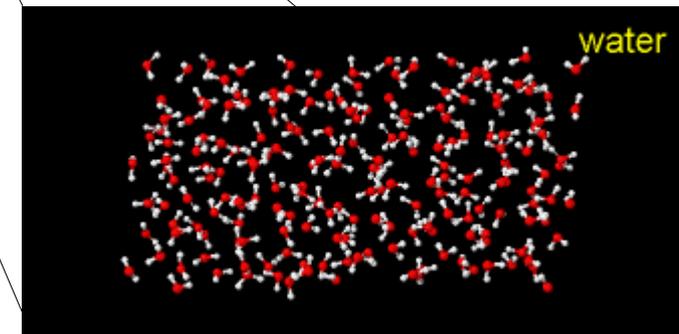
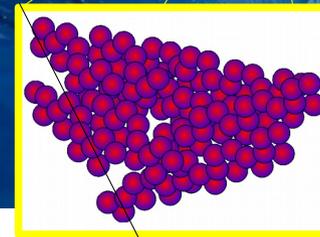
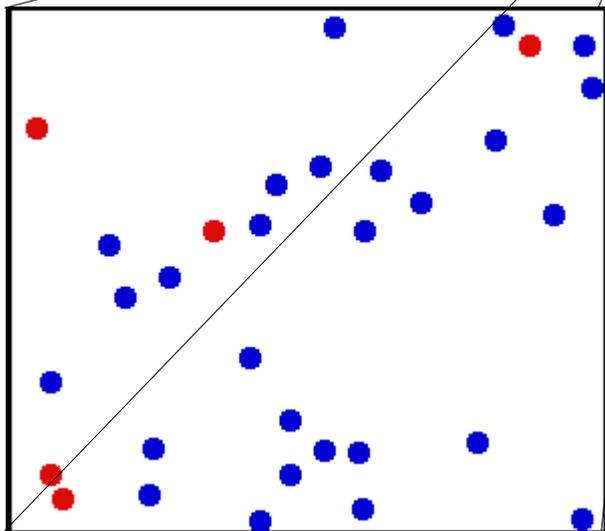
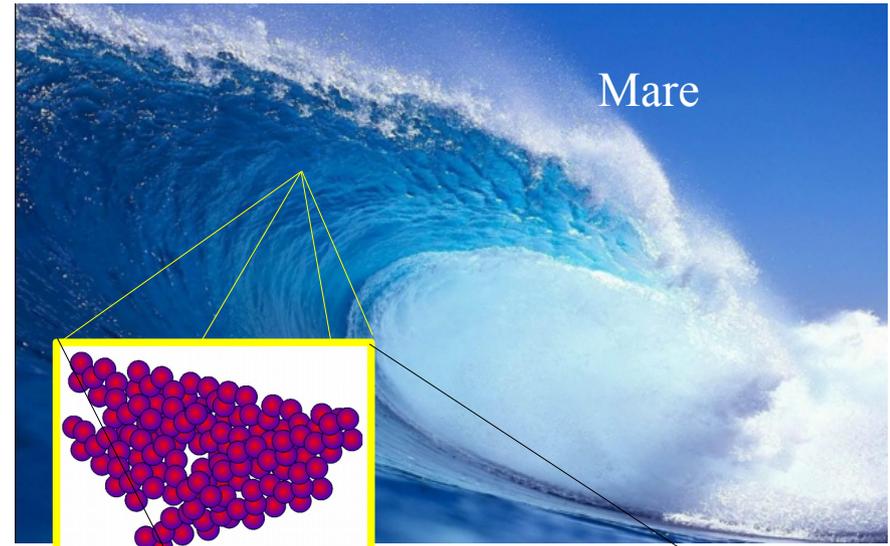
Giaiotti Dario & Stel Fulvio

## Sommario della lezione

- I movimenti dei fluidi in condizioni di confinamento
- Caratteristiche essenziali dei fluidi
- Derivazione delle equazioni di Navier-Stokes

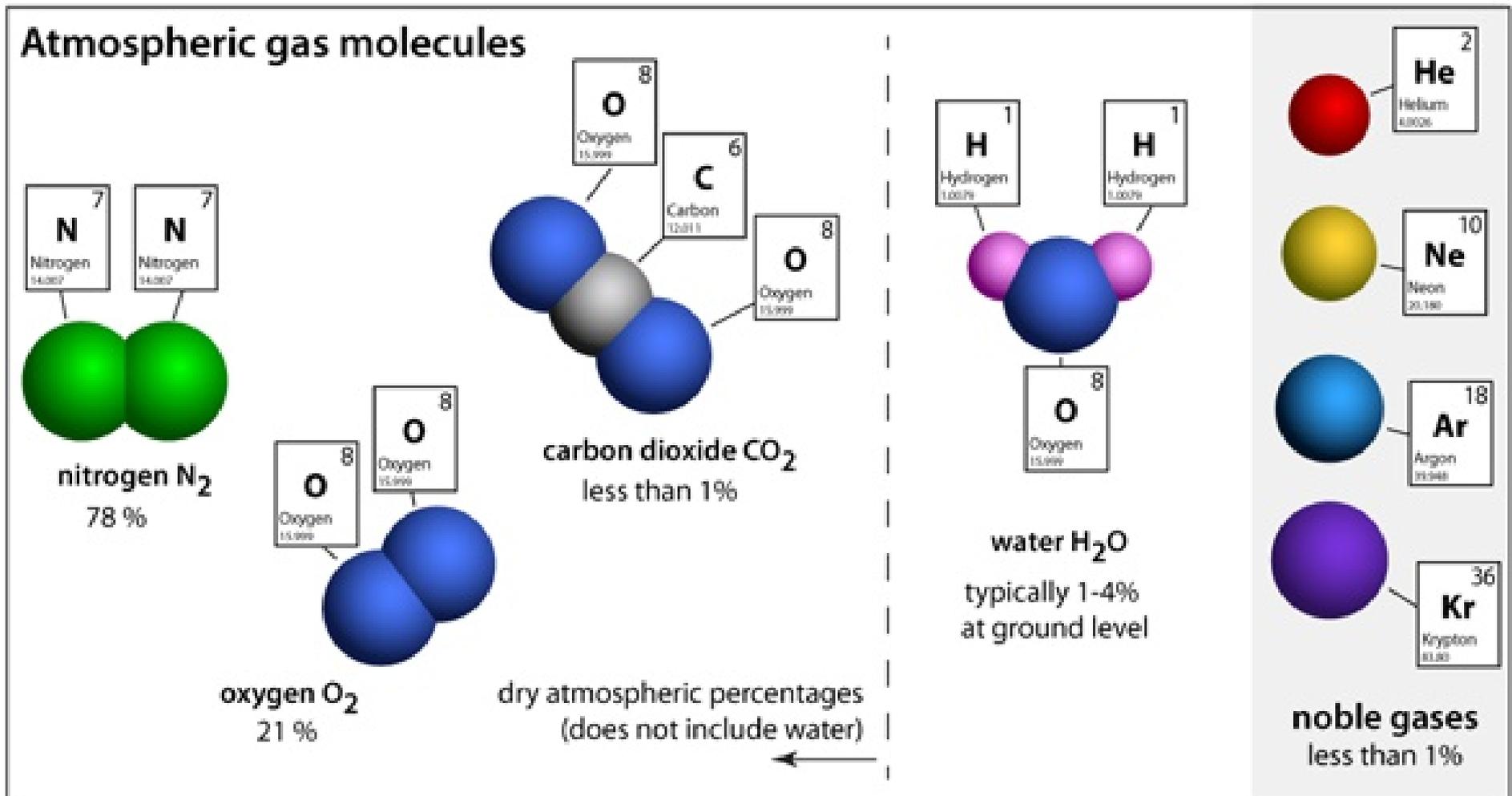
## Alcune considerazioni generali sullo studio del moto dei fluidi terrestri

Un fluido è un corpo materiale, quindi composto dai costituenti fondamentali della materia



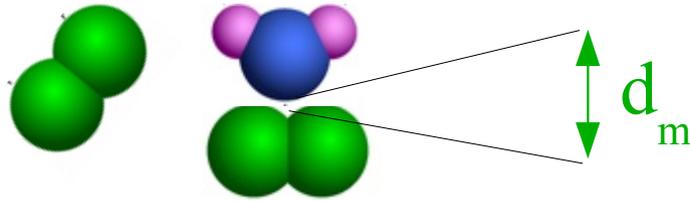
Alcuni costituenti sono sottoposti a passaggi di fase

## I costituenti fondamentali dell'atmosfera terrestre

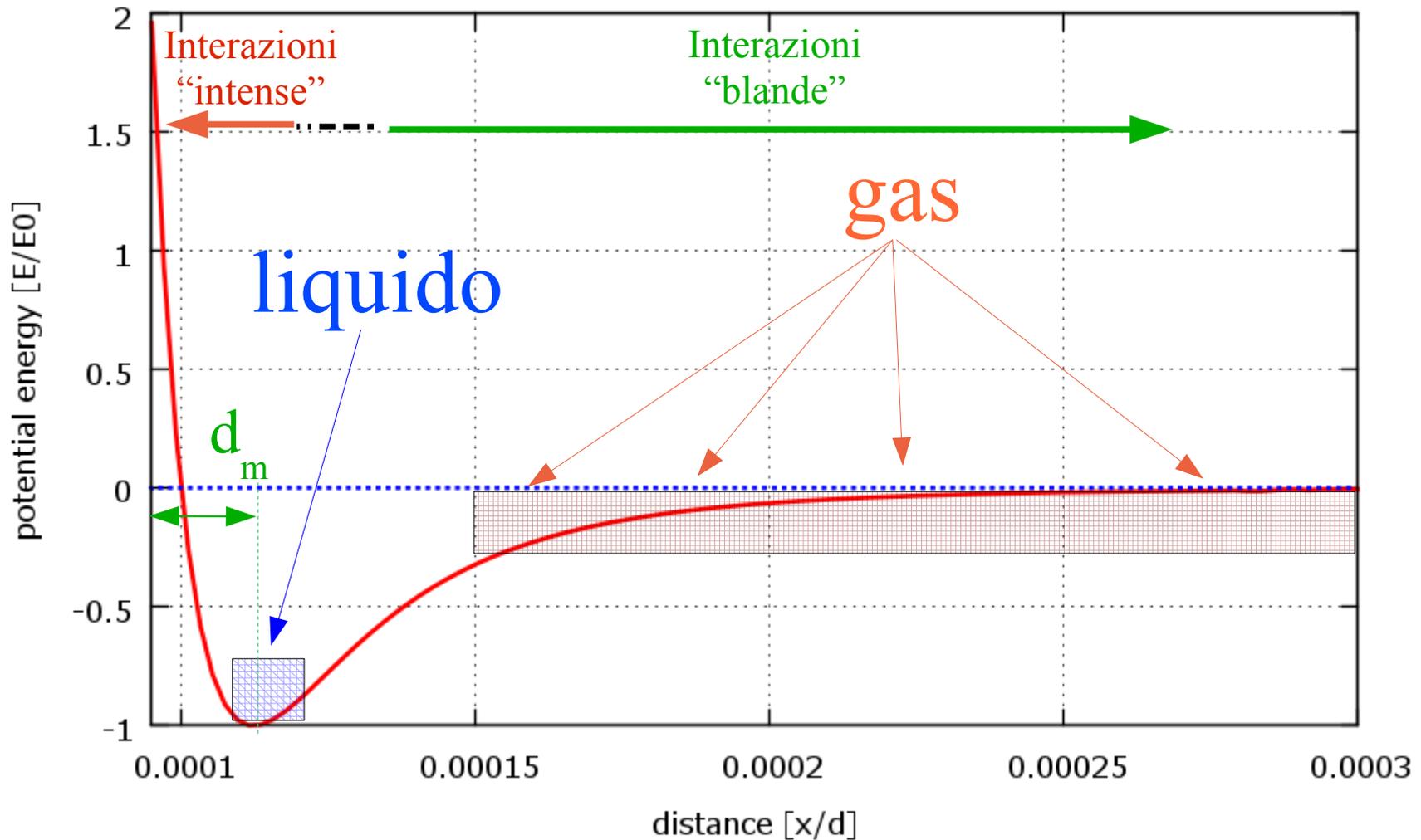


## Le interazioni tra le molecole costituenti i fluidi

Potenziale di Lennard-Jones



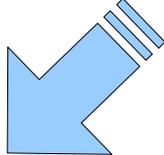
$$V(r) = 4\epsilon \cdot \left[ \left( \frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$$



## Confronto tra solidi, liquidi e gas

Posizioni relative tra le molecole, le loro interazioni e l'occupazione dello spazio

<i>Stato</i>	<i>Interazioni</i>	<i>Distanze tipiche rispetto <math>d_m</math></i>	<i>Tipo di struttura</i>	<i>Volume e forma</i>
<b>solido</b>	intense	$< d_m$	ordinata	definite
<b>liquido</b>	medie	$\sim d_m$	<b>parzialmente ordinata</b>	definito e <b>indefinita</b>
<b>gassoso</b>	deboli	$d_m \ll$	<b>disordinata</b>	<b>indefinite</b>



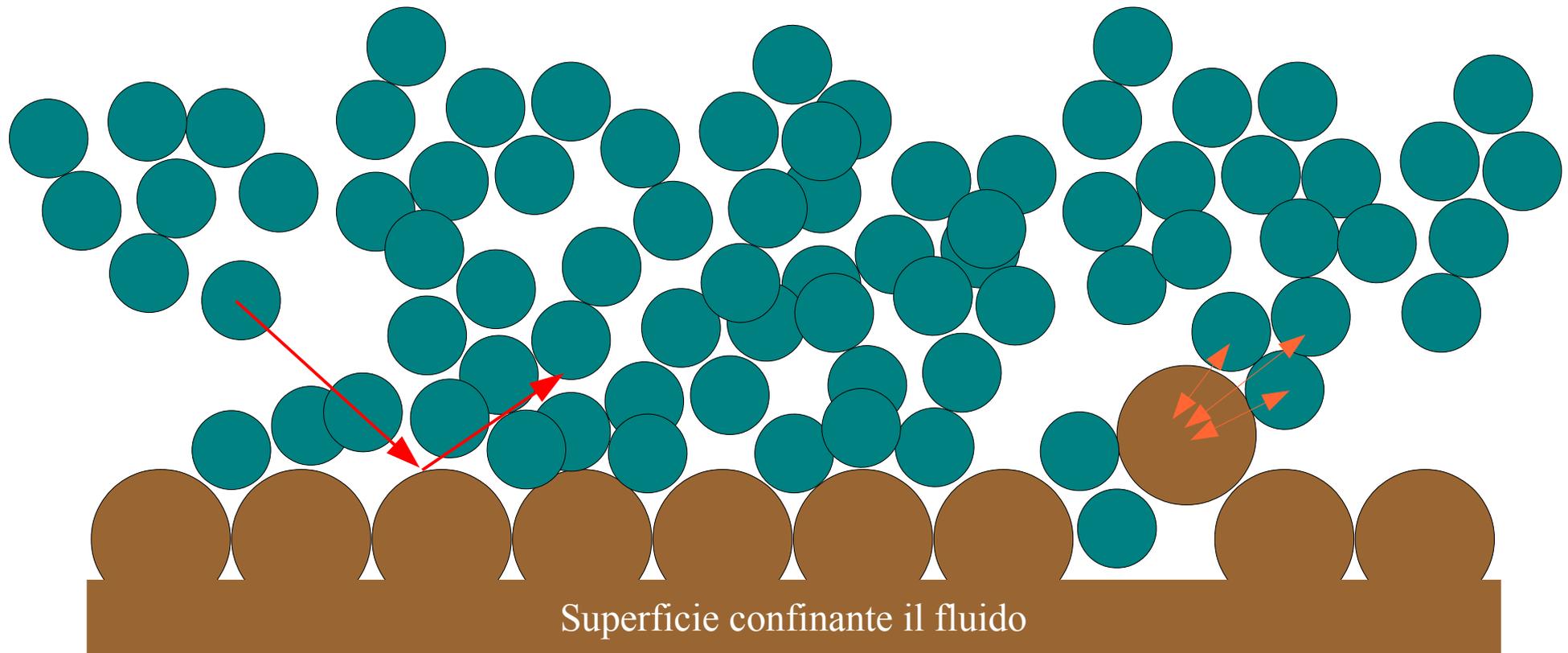
**Sono sempre confinati**  
non oppongono resistenza ai cambiamenti di forma

## Interazioni tra il fluido e la superficie che lo confina

# Fluido

Trasferimento di proprietà dal fluido all'elemento confinante e viceversa

- Quantità di moto
- Energia
- Massa



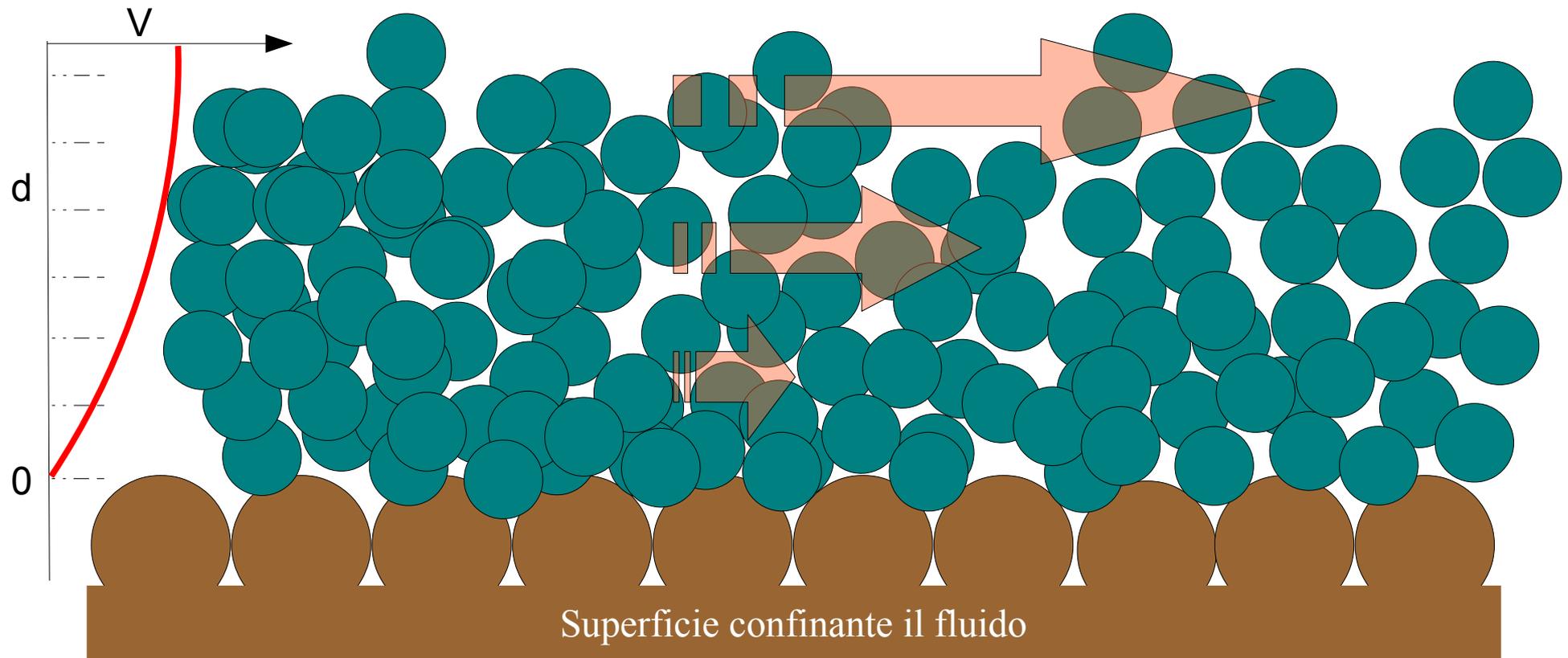
## Il moto del fluido nei pressi della superficie **solida** che lo confina

Conferme sperimentali evidenziano che:

il trasferimento della quantità di moto tra fluido ed elemento solido confinante si compensano nella **componente tangenziale**

- La velocità tangenziale del fluido e del solido sono identiche (no-slip condition)

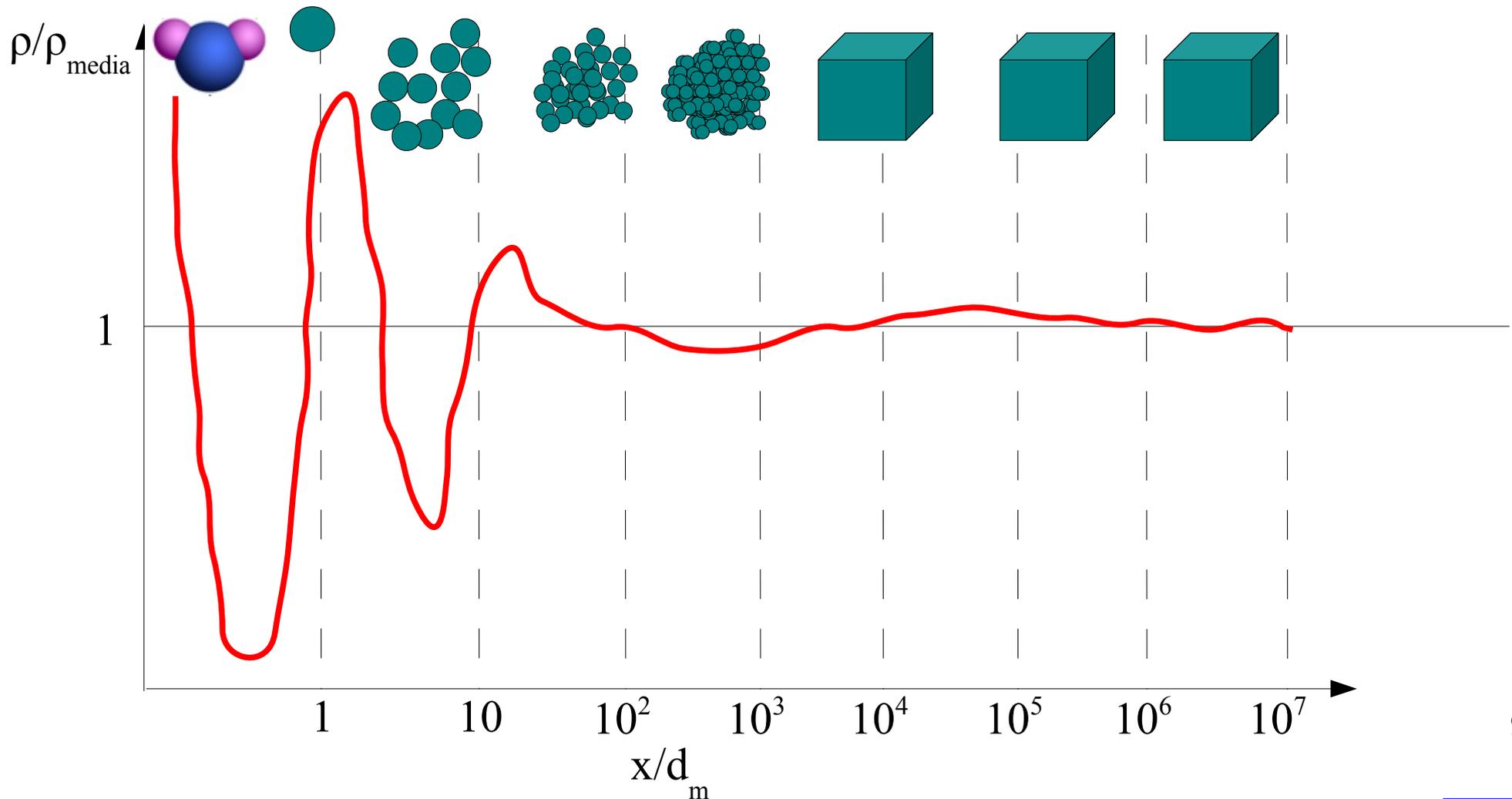
**Fanno eccezione fluidi a bassissima densità**



## L'ipotesi del continuo nella fluidodinamica classica

Per i fluidi atmosferici e oceanografici è accettabile l'ipotesi di fluido come mezzo continuo

Questo ha delle conseguenze determinanti il formalismo matematico (equazioni differenziali) che vengono utilizzate per costruire i modelli dinamici atmosferici e oceanografici



## Derivazione delle equazioni di Navier-Sokes

Svolgimento alla lavagna.

Riferimenti bibliografici:



Boundary Layer Theory, Schlitching H. McGrow-Hill

Capitolo III

An Introduction to Fluid Dynamics, Batchelor G. K., Cambridge University Press

Capitoli: 1.3, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 3.3

## Cronologia ed evoluzione delle conoscenze sullo strato limite nei fluidi

### Fluidodinamica teorica

Prevalentemente teoria basata su concetti fondanti la fisica

(Fisici e matematici)

- Congruenza interna
- Incongruenza con esperimenti

Fine del  
**XIX**  
secolo

Prandtl L.  
**1904**

### Idraulica

Prevalentemente empirica  
(Ingegneri)

- Molti metodi (incongruenti)
- Congruenza con esperimenti

L'attrito con il mezzo confinato, pur essendo piccolo rispetto a  $g$  e  $\nabla p$ , produce effetti su tutto il fluido che non possono essere trascurati

Introduzione del concetto di **Strato Limite**

Riunificazione della **Fluidodinamica teorica** e dell'**Idraulica**  
**nel caso di flusso laminare**

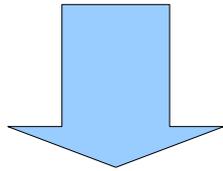
Prandtl L. **1925**

Introduzione del concetto di lunghezza di rimescolamento (mixing length) e inizio degli studi sullo **Strato Limite Turbolento**

## Tipi di strato limite

### Strato Limite Turbolento

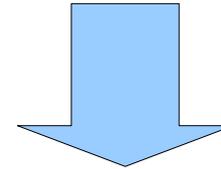
Fluidi comprimibili



Casi di interesse ambientale  
(atmosfera, oceano, ecc.)  
Casi di interesse biologico  
Casi di interesse ecologico  
.....

### Strato Limite Laminare

Fluidi incompressibili



Casi di interesse ingegneristico  
Casi di interesse geologico  
.....