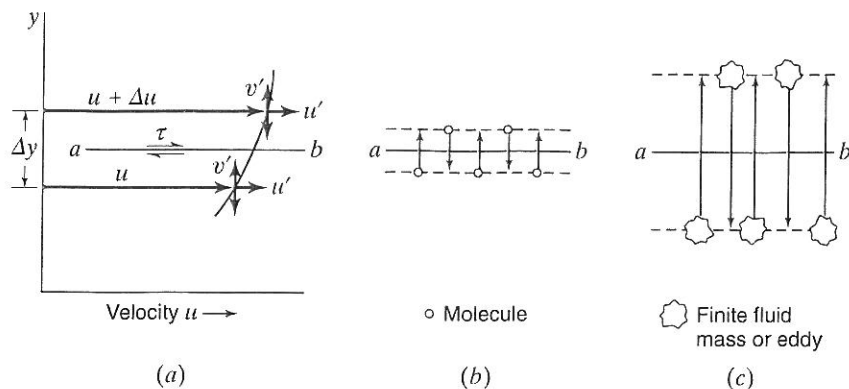


3 turbulent strøm er det bevegelsesmengde transport på tvers av strømretningen ved massestrøms fluktuasjoner, i tillegg til diffusjonen ved laminær strøm.



Skjerspennning nå:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} + \eta \frac{du}{dy} = \rho(\nu + \epsilon) \frac{du}{dy}$$

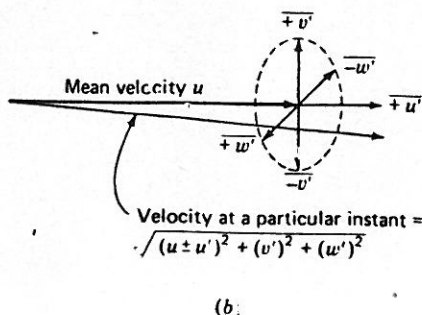
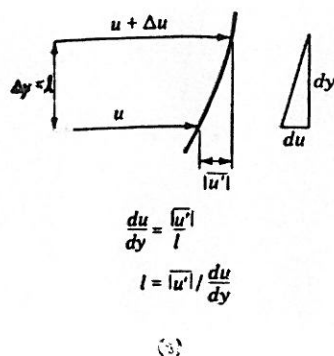
η er viskositeten (ϵ den kinematiske). 3 turbulent strøm er $\eta \gg \mu$.

[Hos grenseflater er $\vec{u}_\perp \approx 0$, så der kan ikke strømmen være turbulent; $\eta < \mu$.]

Vi har nevnt i avsnitt 4.5:

Turbulent strøm i x -retningen $\Rightarrow$

Hastighetsfluktuasjoner $\pm u'$ $\parallel u$
 $\pm v', \pm w'$ $\perp u$



Viktig definisjon (2-dim. strøm):

Prandtl's blandingsslengde l
= avstand i y -retning hvor
 Δu er like $|u'|$ (tidsmiddling)

Se nå på skjærkrafta i grenseflata mellom to lag. Løsebeke brukes, uten å begrunne det nøyere, at impulsatsen er en tensor-relasjon som inkorporerer to retninger i rommet samtidig.

Det følgende uttrykket gir skjærkraft langs flata pga. massetransport trans på flata og hastighetsforskjell langs flata:

$$\begin{aligned} dF &= \tau dA && \begin{array}{l} \text{trans på flata} \\ \text{langs flata} \end{array} \\ &= \rho Q \Delta V \\ &= \rho v' dA (u + u' - u) = \rho u' v' dA \end{aligned}$$

Skjærspenning, dermed, pga. fluktuasjonene:

$$\tau = \frac{F}{A} = -\rho \overline{u'v'} \quad (\text{tidsmiddling})$$

$-\rho \overline{u'v'}$ kalles Reynoldsspenning. [Forlegn: Referer til figur forrige side; partikler med $+v'$ i øvre lag kommer fra nedre lag, og har derfor sannsynligvis $-u'$ i forhold til hastigheten i øvre lag.]

Følg Prandtl's argumentasjon:

$$\begin{aligned} \overline{|u'|} &\sim \overline{|v'|} \text{ og av samme størrelsesorden} \\ \overline{|u'|} &= l \frac{du}{dy} \quad (\text{Taylor/Maclaurin}) \end{aligned}$$

°/°

⇒

$$\tau = -\rho \overline{u'v'} = \rho l^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2$$

en del matematisk "joks" på veien hit!
Men, vi skal se at det leder til merkelig
gyldige resultater!

Nøter her at:

Likninga bestemmer blandings lengden
uttrykt ved målbare størrelser.

sterke ord (side 266 nederst / side 267 øverst):

The concept of a boundary layer within which viscosity is important, and outside of which friction is unimportant and we can consider the fluid to be ideal, originated in 1904 with Ludwig Prandtl (1875–1953), a German engineering professor. Perhaps the single most significant contribution to fluid mechanics, this concept is particularly important with turbulent flow; we will discuss it further in Secs. 8.10–8.12 and Chap. 9.

tema for neste avsnitt!