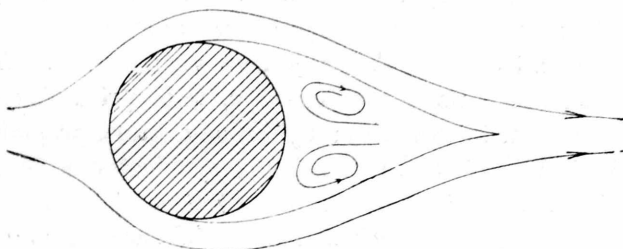
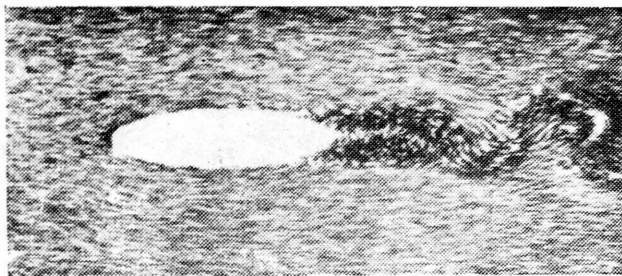


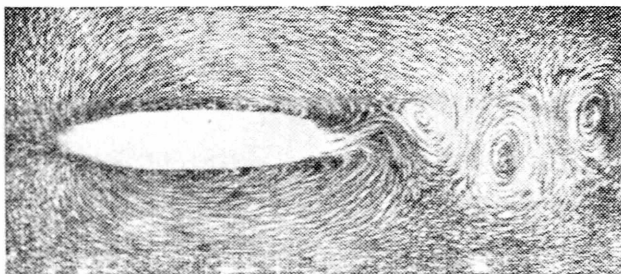
7.18. Pohyb kvapalín a plynov okolo pevných prekážok. Keď je rýchlosť prúdenia tekutiny okolo pevnej prekážky väčšia, tenká vrstva tekutiny tesne pri jej povrchu aj v tomto prípade je v relatívnom pokoji. Teraz sa však rýchlosť tekutiny vzhľadom na pevnú prekážku (podobne ako pri rýchlejšom



Obr. 7.52



a



b

Obr. 7.53

prúdení tekutiny v potrubí) pri vzdalovaní sa od povrchu prekážky rýchlejšie zväčšuje a už v pomerne malej vzdialenosti je prakticky konštantná. Okrem toho rozdelenie rýchlostí v tekutine je také, že sa prúdnice, ktoré sledovali prednú časť povrchu prekážky, v určitom bode od tohto povrchu oddeľujú (obr. 7.52). Za prekážkou vzniká takto tzv. *mŕtvy priestor*, ktorý je akýmsi jej pokračovaním a je sídlom mohutných vírov. Pri rýchlostiach ešte väčších začí-

najú sa od tohto mŕtveho priestoru v pravidelných časových intervaloch oddeľovať jednotlivé víry, ktoré v kvapaline alebo v plyne vytvárajú tzv. Kármánovu stopu. Takéto obtekanie prekážky znázorňujú *obr. 7.53a, b*, z ktorých prvý je fotografiou zhotovenou pomocou komory, ktorá bola vzhľadom na pevné teleso v pokoji, druhý súčasne zhotovenou fotografiou, ale pomocou komory, ktorá bola vzhľadom na kvapalinu v pokoji.\*)

Charakter závislosti odporu  $F$ , ktorým za vzniku vírov pôsobí teleso na tekutinu prúdiacu okolo neho rýchlosťou  $v$ , teda pri väčších rýchlostiach, môžeme zistiť pomocou tejto úvahy: Výkon sily, ktorá premáha odpor  $F$ , za predpokladu, že je rovnobežná s relatívnou rýchlosťou  $v$ , je  $Fv$  a rovná sa približne kinetickej energii vírov vzniknutých za jednotku času. Pretože priemerná rýchlosť tekutiny v nich sa rovná rýchlosti telesa  $v$  a pretože víry vyplňujú približne objem, ktorý sa rovná súčinu najväčšieho prierezu telesa  $S$  a rýchlosti  $v$ , môžeme písať:

$$Fv = Sv \frac{1}{2} sv^2$$

teda

$$F = \frac{Ss}{2} v^2 = Bv^2 \quad (1)$$

K sile  $Bv^2$  treba však ešte pridať silu premáhajúcu vnútorné trenie na prednej časti pohybujúceho sa telesa, takže pri väčších rýchlostiach odpor  $F$  správnejšie ako vzorec (7.17.1) vyjadruje vzorec

$$F = Av + Bv^2 \quad (2)$$

pričom pri veľkých rýchlostiach (napr. pri lietadlách) prvý člen je zanedbateľne malý.

Práve tak ako pri prúdení kvapaliny v potrubí, aj pri obtekaní pevného telesa kvapalinou alebo plynom o tom, či vznikne prúdenie laminárne alebo turbulentné, rozhoduje Reynoldsovo číslo  $R = \frac{vd}{\mu}$ , v ktorom  $d$  znamená teraz niektorý význačný dĺžkový rozmer pevného telesa, napr. priemer gule a pod. Ako už vieme, odpor  $F$  proti tomuto pohybu pri väčších rýchlostiach je približne  $F = Bv^2$ , pričom súčiniteľ  $B$  je závislý od vlastností plynného alebo kvapalného prostredia a od tvaru a rozmerov pevného telesa. Vždy môžeme ale písať:

\*) *Obr. 7.53* sú prevzaté z učebnice Grimsehl-Tomaschek, Lehrbuch der Physik 11. vyd., 1940.

$$F = CS \frac{sv^2}{2}$$

pričom tzv. odporový súčiniteľ  $C$ , pretože súčin  $Ssv^2/2$  má rozmer sily, je veličina bezrozmerná. Niekoľko tvarových súčiniteľov uvádzame v *tabuľke 7.5*.

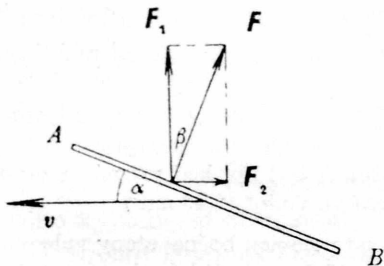
### Tvaroví súčinitelia pevných telies

Tabuľka 7.5

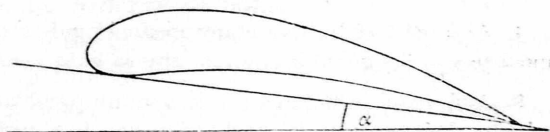
Teleso	C
Kruhovú doska, pohyb kolmo na dosku	1,12
Gula	0,48
Dutá polgula, pohyb na stranu vypuklú	0,34
Dutá polgula, pohyb na stranu dutú	1,33
Teleso kvapkového tvaru	0,03

**7.19. Odpor a vztlak pri nosných plochách lietadiel.** Pri pohybe pevného telesa v kvapaline alebo vo vzduchu, odpor prostredia smeruje presne proti relatívnemu pohybu, len ak sa teleso pohybuje v smere niektorej svojej osi súmernosti. Vo všeobecnosti odpor  $F$  a relatívna rýchlosť  $v$  pevného telesa vzhľadom na kvapalinu alebo plyn, v ktorom sa teleso pohybuje, sú vektory rôznobežné.

Majme na mysli rovinnú dosku  $AB$  (*obr. 7.54*), ktorá s rovinou vodorovnou zvierá uhol  $\alpha$  a pohybuje sa v smere vodorovnom rýchlosťou  $v$ . Keby sa doska pohybovala v tekutom prostredí bez vnútorného trenia, podliehala by odporu, ktorý by bol súčtom samých normálnych tlakov. Odpor  $F$  bol by preto v tom prípade na rovinu dosky kolmý. Vnútorné trenie spôsobuje, že v skutočných prípadoch odpor  $F$  zvierá so zvislým smerom uhol  $\beta > \alpha$ . Okrem toho pôsobisko odporu nie je v strede dosky, ale je posunuté tým viac dopredu, čím je uhol  $\alpha$  väčší. Podľa Eiffelových meraní pri uhloch  $\alpha$  menších ako  $12^\circ$  a pri obvyklých rýchlostiach odpor prostredia je úmerný druhej mocnine relatívnej rýchlosti  $v$  a uhlu



Obr. 7.54



Obr. 7.55