$$F = CS\frac{s v^2}{2}$$

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

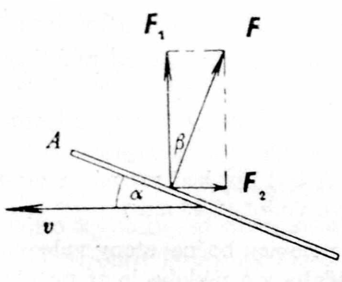
Tvaroví súčinitelia pevných telies

Tabuľka 7.5

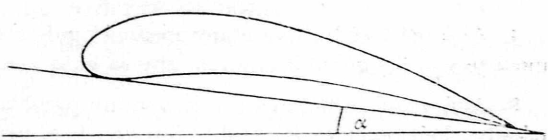
Teleso	C
Kruhová doska, pohyb kolmo na dosku	1,12
Guľa	0,48
Dutá polguľa, pohyb na stranu vypuklú	0,34
Dutá polguľa, pohyb na stranu dutú	1,33
Teleso kvapkového tvaru	0,03

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 zviera uhol α 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** zviera so zvislým smerom uhol $\beta > \alpha$. Okrem toho pôsobisko odporu nie je v strede dosky, ale je posunuté tým viac dopredu, čím je uhol α väčší. Podľa Eiffelových meraní pri uhloch α menších ako 12° a pri obvyklých rýchlostiach odpor prostredia je úmerný druhej mocnine relatívnej rýchlosti v a uhlu



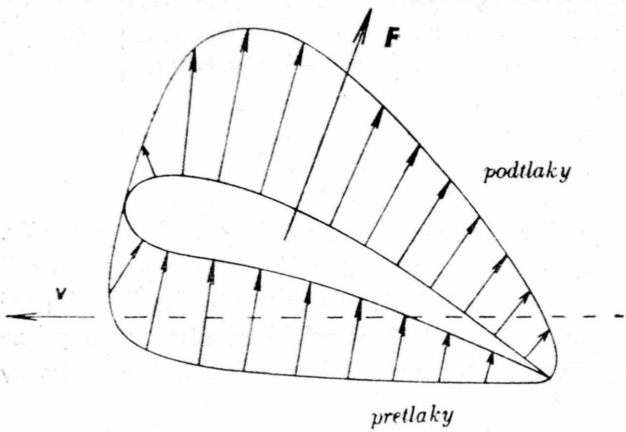
Obr. 7.54



Obr. 7.55

α, teda $F = Av^2\alpha$. Pretože uhol β je malý a málo odlišný od uhla α, zvislá *(vztlak)* a vodorovná *(užitočný odpor)* zložka odporu F sú približne: $F_1 = Av^2\alpha$, $F_2 = Av^2\alpha^2$.

Rovinná doska sa za nosnú plochu (krídlo) lietadla nehodí, lebo pri takejto doske je pomer tlaku a vodorovnej zložky celkového odporu veľmi nepriaznivý. Príčinou je vznik mohutných vírov za takouto doskou. Oveľa výhodnejšie sú nosné plochy s pozdĺžnym prierezom *(profilom)* kvapkovitého tvaru, ktorému sa prúdnice pomerne ľahko prispôsobujú, lebo v takomto prípade vznik vírov je obmedzený na podstatne menší priestor. Prvý takýto prúdnicový profil navrhol ruský konštruktér Žukovskij *(obr. 7.55)*.



Obr. 7.56

Pri vodorovnom rovnomernom lete tiaž lietadla je v rovnováhe so zvislou zložkou celkového odporu jeho nosných plôch, teda so vztlakom, kým vodorovná zložka tohto odporu a odpor trupu lietadla sa premáhajú napríklad pomocou vrtule. Pomerne veľký vztlak, ktorý pôsobí na nosné plochy s vhodným prúdnicovým profilom, má svoju príčinu vo výhodnom prúdení vzduchu okolo takýchto plôch. Nad krídlom lietadla s prúdnicovým profilom relatívna rýchlosť prúdenia vzduchu je väčšia ako rýchlosť lietadla, zatiaľ čo pod krídlom je menšia. Podľa Bernoulliho rovnice, ktorá približne platí aj pre kvapaliny a plyny s vnútorným trením, tlak pôsobiaci na spodnú časť krídla je preto väčší ako barometrický, zatiaľ čo tlak, ktorý pôsobí na hornú časť krídla, je menší. Inými slovami: pod krídlom lietadla je pretlak, zatiaľ čo nad krídlom je podtlak, ako to znázorňuje *obr. 7.56*. Môžeme povedať, že krídlo lietadla sa opiera o vzduch, ktorý prúdi pod ním, a „visí" na vzduchu, ktorý prúdi nad ním.

Úlohy na cvičenie

1. Aká má byť hrúbka steny medenej gule s tiažou $G = 1$ kp, keď merná hmotnosť medi je $s = 8{,}4$ g/cm^3 a chceme, aby sa guľa vznášala vo vode? (2,43 mm).

2. Aká veľká je tlaková sila kvapaliny pôsobiaca na polovicu bočnej steny valcovitej nádoby, keď polomer jej kruhového dna je r, výška nádoby v a nádoba je až po okraj naplnená kvapalinou s mernou hmotnosťou s? ($F = sgrv^2$).

3. Vo valcovitej nádobe je voda s hladinou vo výške h nad dnom. Ako vysoko má byť otvor v stene, keď voda má ním striekať čo najďalej na vodorovnú podložku? ($h' = h/2$).

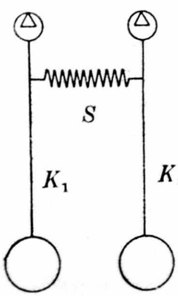
4. Nádoba tvaru valca má v bočnej stene dva otvory nad sebou, a to vo výškach h_1 a h_2 nad dnom. V akej výške má byť hladina vody nad dnom, aby voda striekala z obidvoch otvorov do rovnakej vzdialenosti na vodorovnú podložku? ($h = h_1 + h_2$).

5. Za aký čas vytečie polovica kvapaliny z valcovitej nádoby s prierezom S, ktorá má v dne otvor s účinným prierezom s, keď začiatočná výška hladiny nad dnom je h_0?

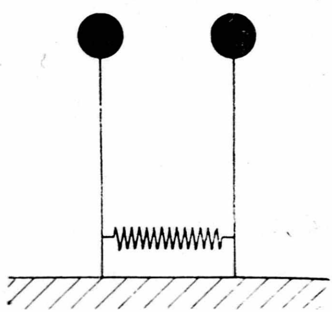
$$t = \frac{S}{s}\sqrt{\frac{h_0}{g}}\,(\sqrt{2} - 1)$$

8. VLNIVÝ POHYB HMOTNÉHO PROSTREDIA

8.1. Spriahnuté kyvadlá. Majme na mysli dve rovnaké kyvadlá K_1 a K_2, zavesené tak, že môžu kývať len v spoločnej rovine *(obr. 8.1)*. Kyvadlá nech sú spojené blízko pri závesoch pomocou slabej špirály S, ktorá predstavuje ich vzájomné spriahnutie (väzbu). Prostredníctvom tejto väzby každé z obi-



Obr. 8.1


Obr. 8.2

dvoch kyvadiel účinkuje na druhé silou závislou od okamžitej výchylky obidvoch kyvadiel, takže pohyby kyvadiel nie sú od seba nezávislé; hovoríme, že kyvadlá sú spriahnuté. Keď udelením vhodnej začiatočnej rýchlosti rozkývame len jedno kyvadlo, napríklad K_1, nastane zaujímavý úkaz. Periodicky sa meniacimi silami vzájomnej väzby rozkýva sa pomaly aj druhé kyvadlo, ktoré postupne preberá energiu kyvadla prvého. Pritom amplitúda kývania prvého kyvadla sa zmenšuje, až napokon sa toto po určitom čase v blízkosti svojej rovnovážnej polohy na okamžik celkom zastaví. V tom okamihu, ak kyvadlá nie sú tlmené, prakticky celá začiatočná energia prvého kyvadla