Fluidi

FIZIKA
PSS-GRAD
13. studenog 2024.

WILEY

DEFINICIJA MASENE GUSTOĆE

masena gustoća tvari je masa tvari podijeljena s volumenom tvari

$$\rho = \frac{m}{V}$$

jedinica SI za masenu gustoću: kg/m^3

11.1 Masena gustoća

krutine	ρ (kg/m³)
aluminij	2700
mjed	8470
beton	2200
bakar	8890
dijamant	3520
zlato	19300
led	917
čelik	7860
olovo	11300
kvarc	2660
srebro	10500
drvo	550

tekućine	ρ (kg/m³)
krv (37 °C)	1060
etilni alkohol	806
živa	13600
ulje	800
voda (4 °C)	1000

plinovi	ρ (kg/m³)
zrak	1,29
ugljikov dioksid	1,98
helij	179
vodik	0,0899
dušik	1,25
kisik	1,43

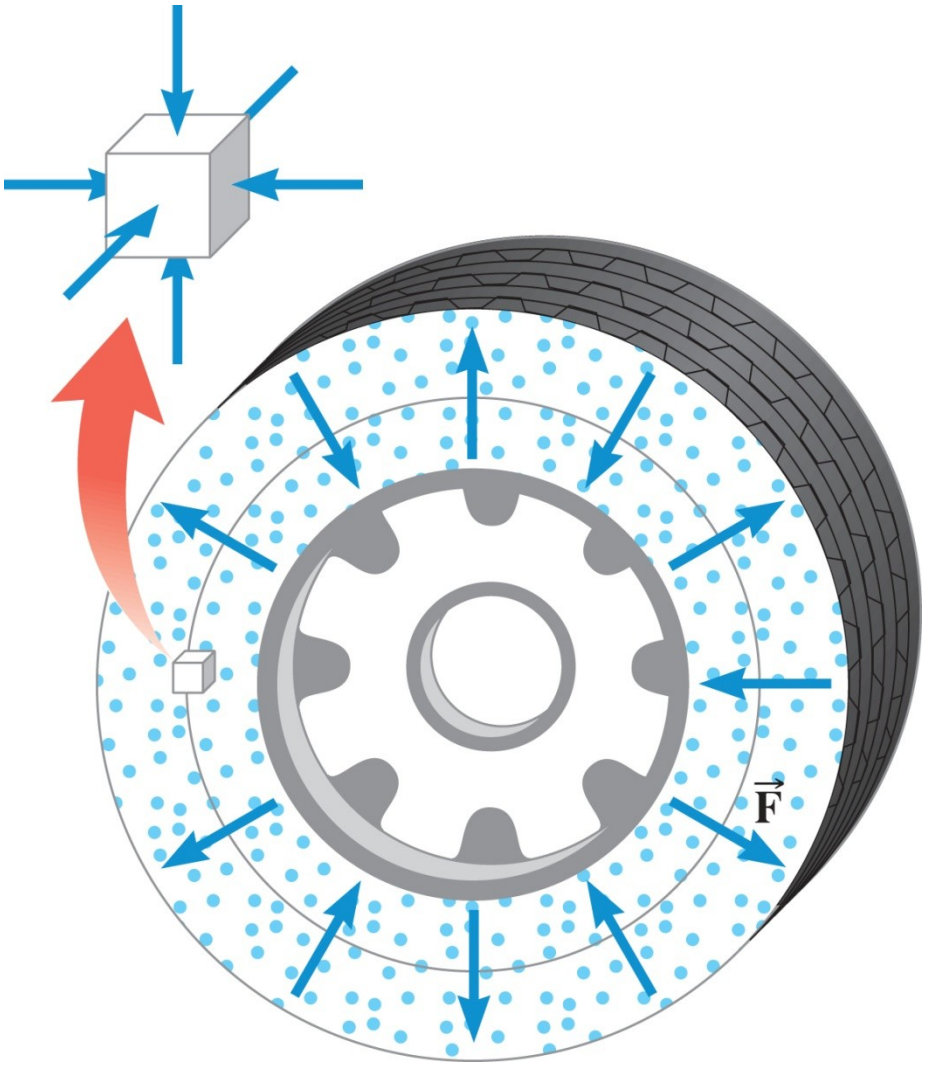
Primjer 1 Udio krvi u tjelesnoj težini čovjeka

Ljudsko tijelo težine 690 N sadrži oko 5,2 L krvi.
(a) Odredite težinu krvi.
(b) Koliki je težinski udio krvi?

(a) $$m = \rho V = 5{,}2 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}^3 \cdot 1060\,\mathrm{kg\,m}^{-3} = 5{,}5\,\mathrm{kg}$$

$$G = mg = 5{,}5\,\mathrm{kg} \cdot 9{,}8\,\mathrm{m\,s}^{-2} = 54\,\mathrm{N}$$

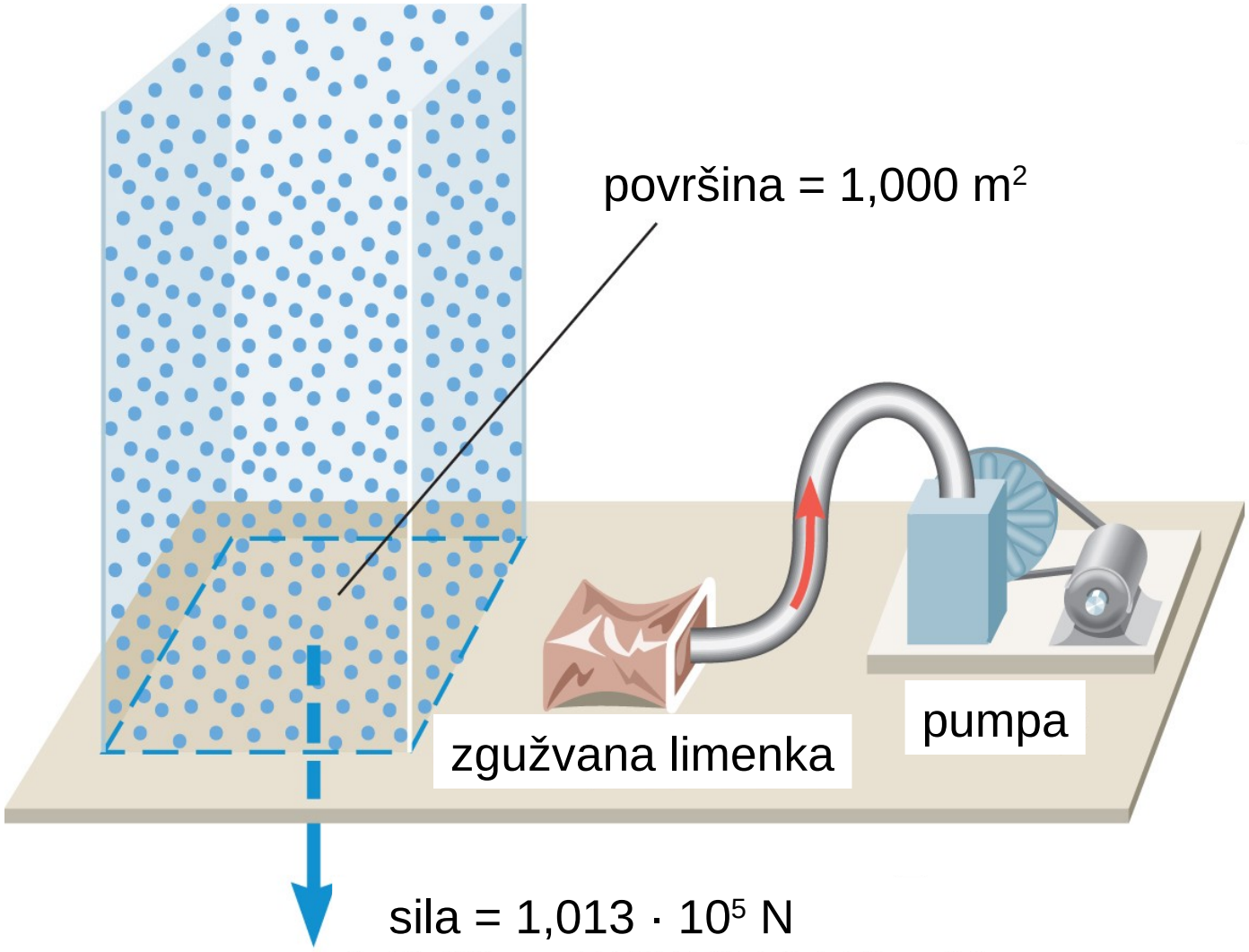
(b) $$w = \frac{G}{G_{\text{ukupno}}} = \frac{54\,\mathrm{N}}{690\,\mathrm{N}} = 7{,}8\,\%$$



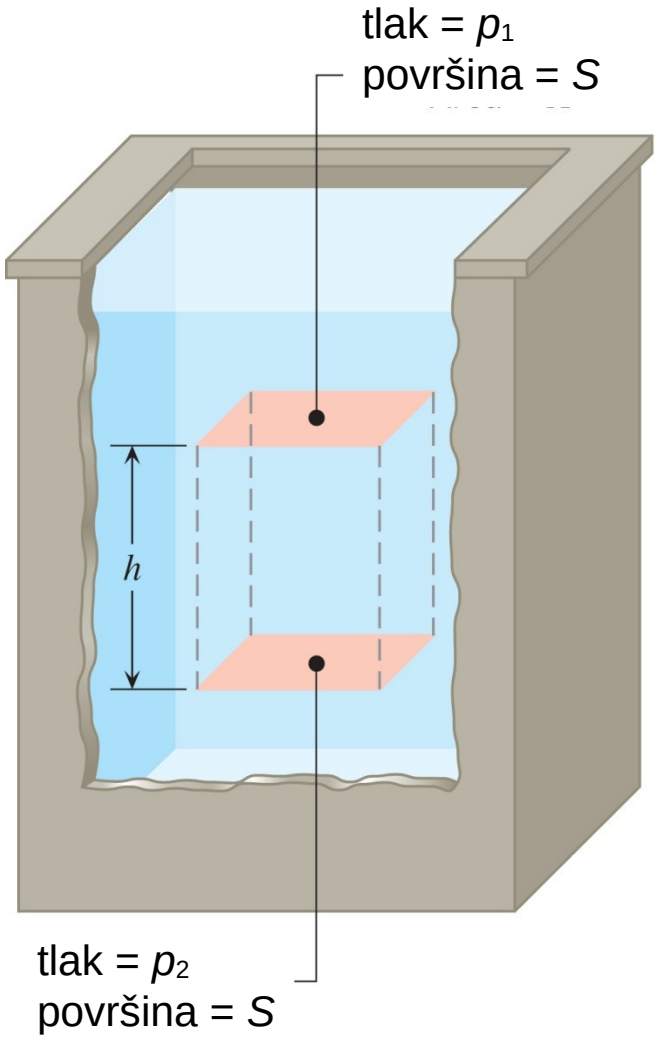
$$p = \frac{F}{S}$$

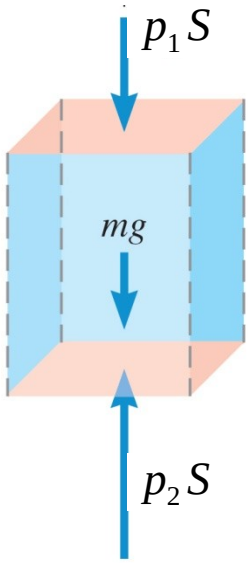
jedinica SI za tlak: 1 N/m² = 1 Pa

Atmosferski tlak na nultoj nadmorskoj visini: $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa



11.3 Odnos tlaka i dubine u mirnom fluidu



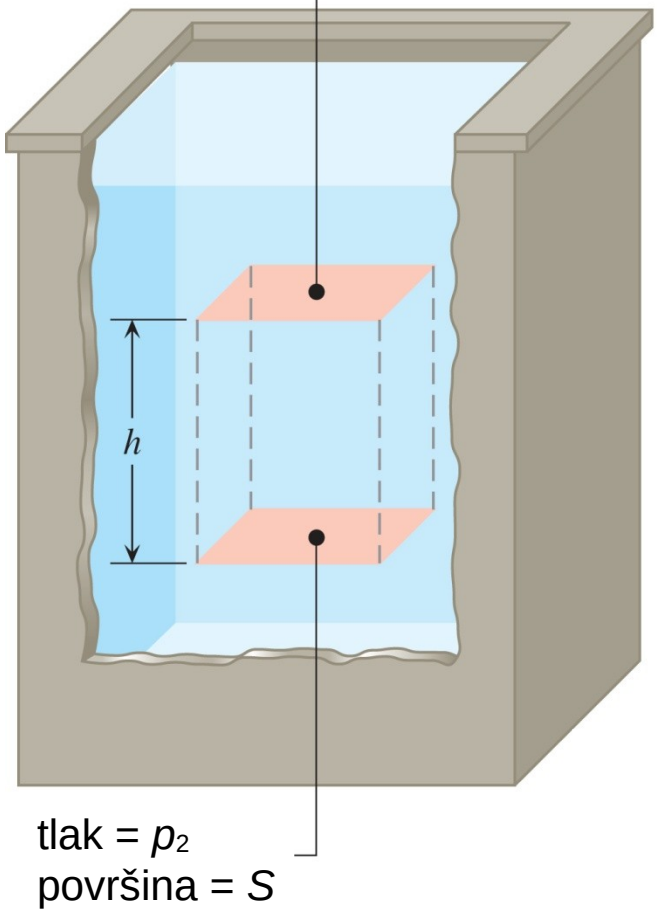


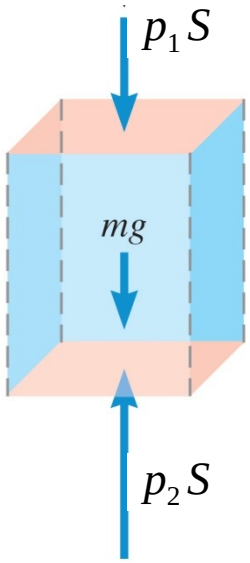
$$\Sigma F = p_2 S - p_1 S - mg = 0$$

$$p_2 S = p_1 S + mg$$

$$m = \rho V$$

11.3 Odnos tlaka i dubine u mirnom fluidu



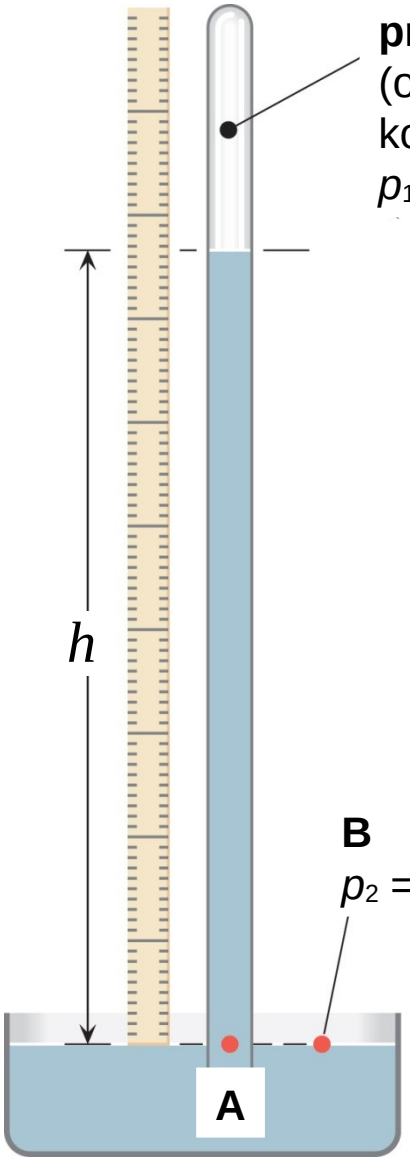


$V = Sh$

$$p_2 S = p_1 S + \rho V g$$

$$p_2 S = p_1 S + \rho S h g$$

$$p_2 = p_1 + \rho h g$$



prazno
(osim zanemarive količine živinih para)
$p_1 = 0$

B
p_2 = atmosferski tlak

$$p_2 = p_1 + \rho h g$$

$$p_{\text{atm}} = \rho h g$$

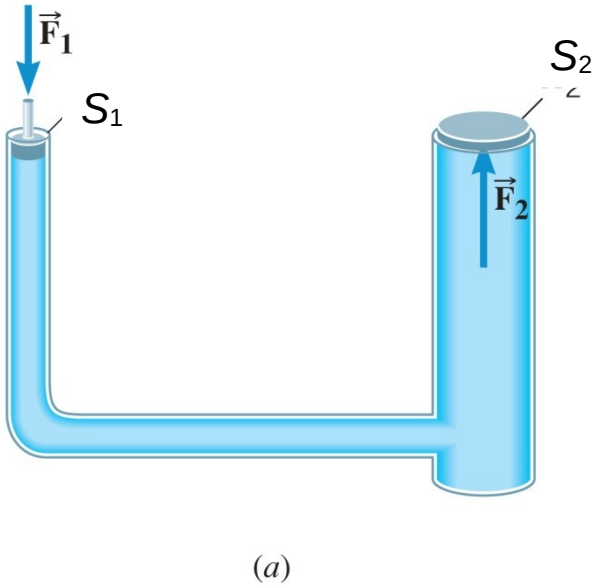
$$h = \frac{p_{\text{atm}}}{\rho g} = \frac{1{,}01 \cdot 10^5\,\text{Pa}}{13600\,\text{kg m}^{-3} \cdot 9{,}8\,\text{m s}^{-2}}$$

$$h = 760\,\text{mm}$$

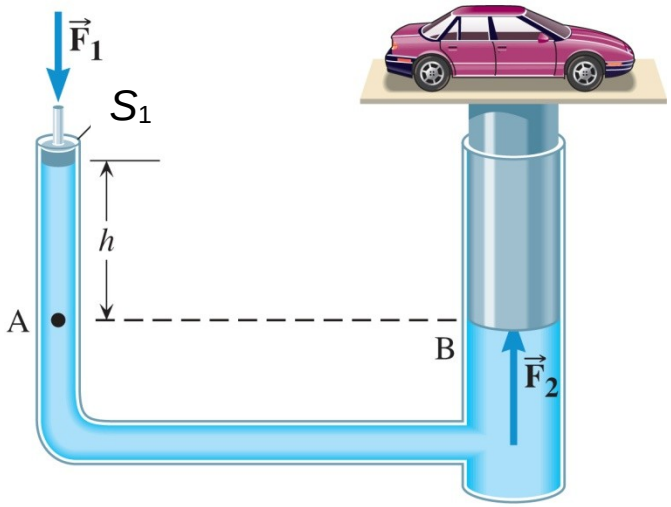
atmosferski tlak odgovara stupcu žive od 760 mm

PASCALOVO NAČELO

Svaka promjena tlaka u zatvorenom fluidu prenosi se, u istom iznosu, na sve dijelove fluida i stijenke posude.

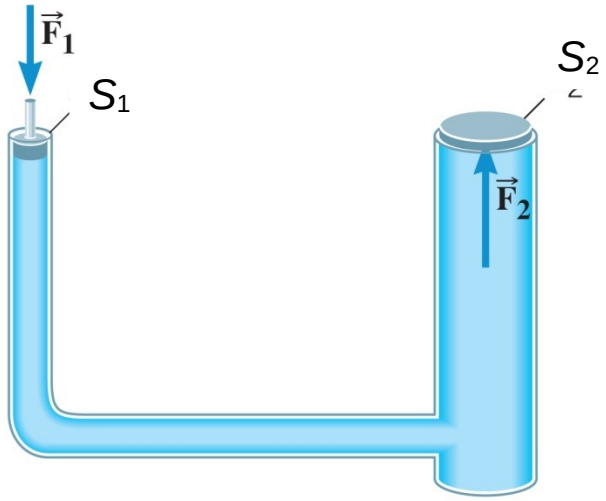


(a)

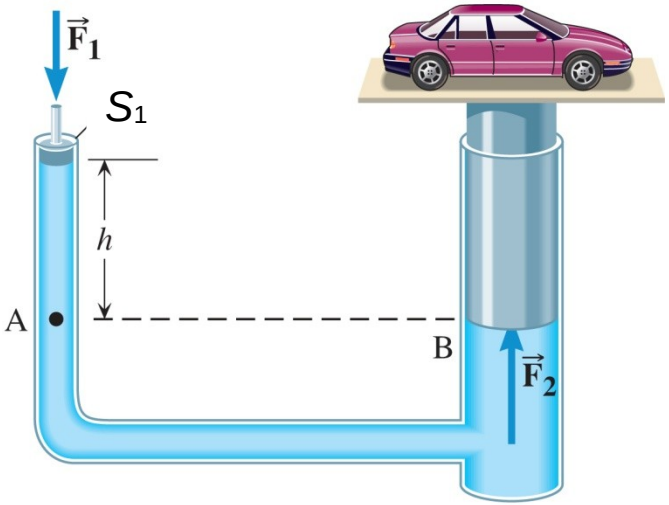


(b)

11.5 Pascalovo načelo



(*a*)



(*b*)

$$p_1 = p_2$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\Downarrow$$

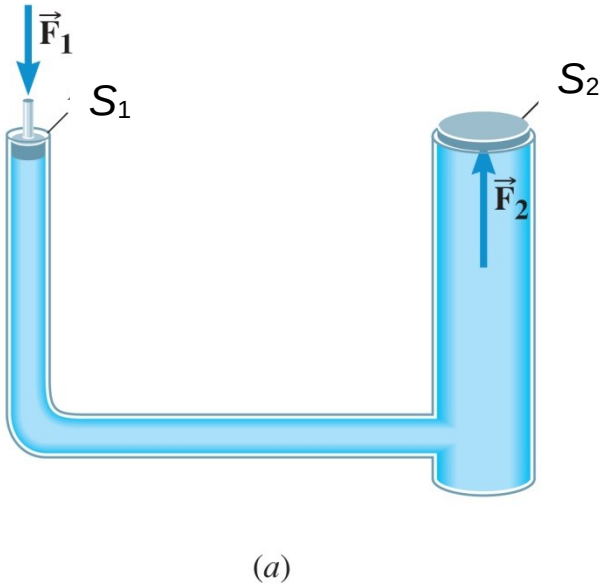
$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$$

WILEY

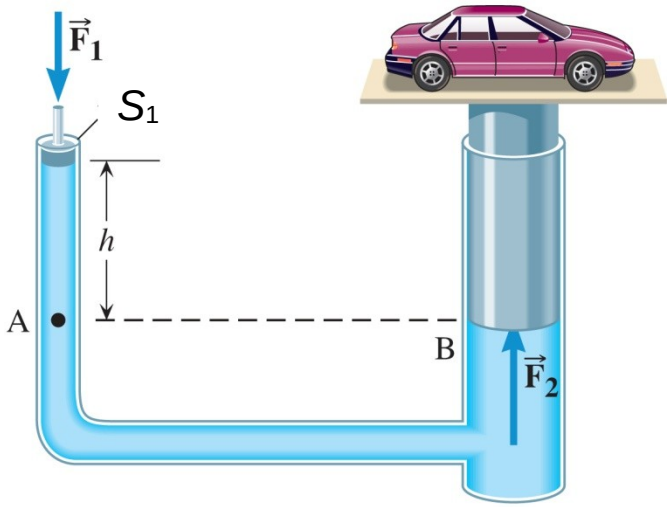
Primjer 7 Podizanje automobila

Ulazni klip ima polumjer od 0,0120 m
a izlazni klip polumjer od 0,150 m.

Težina automobila (zajedno s izlaznim klipom)
je 20500 N. Težinu ulaznog klipa zanemarite.
Odredite ulaznu silu.



(*a*)

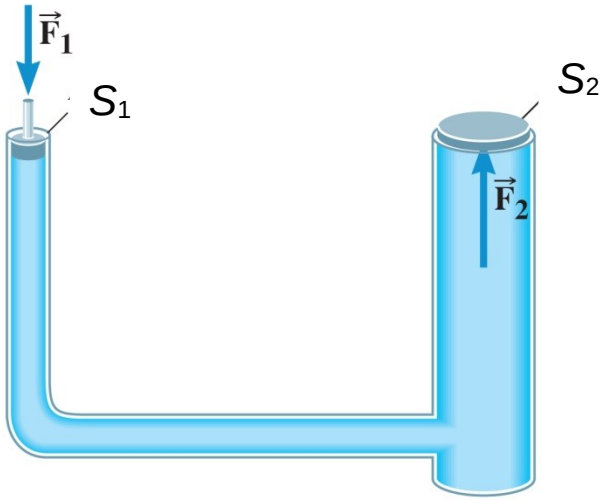


(*b*)

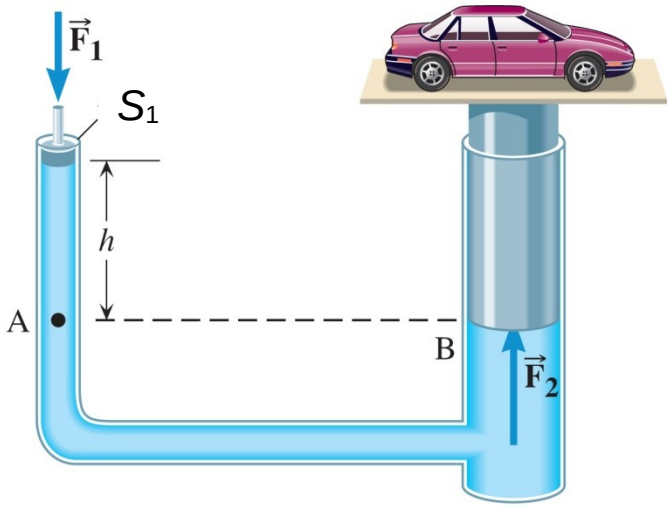
$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$$

$$F_2 = 20500\,\text{N}\,\frac{(0{,}0120\,\text{m})^2\,\pi}{(0{,}150\,\text{m})^2\,\pi}$$

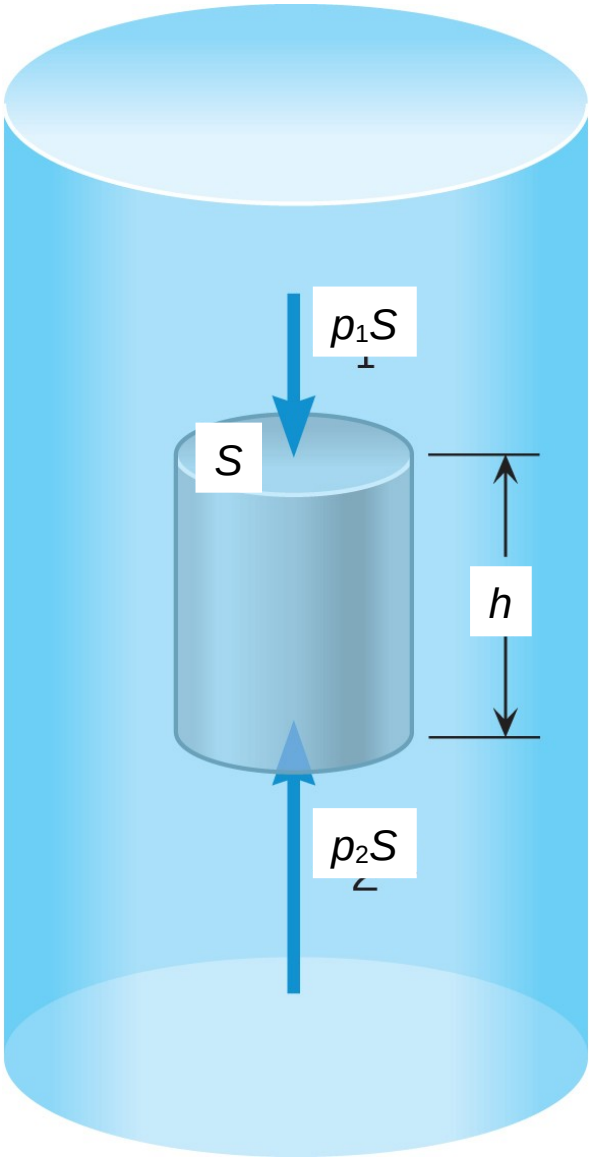
$$F_2 = 131\,\text{N}$$



(a)



(b)



$$p_2 - p_1 = \rho h g$$

$$U = p_2 S - p_1 S = (p_2 - p_1) S$$

$$V = h S$$

$$U = \rho g h S$$

$$U = \rho V g$$

masa istisnutog fluida

ARHIMEDOV ZAKON

Tijelo uronjeno u fluid izgubi na težini onoliko koliko teži istisnuti fluid.

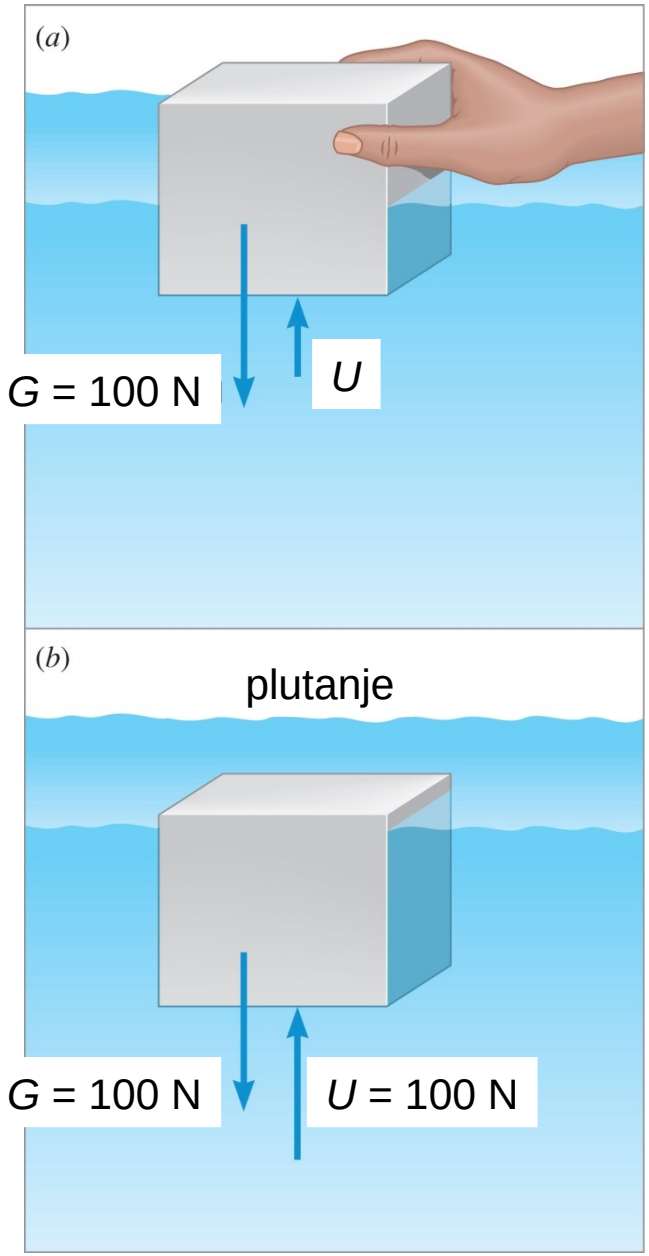
$$U = G_{\text{fluid}}$$

uzgon

težina istisnutog fluida

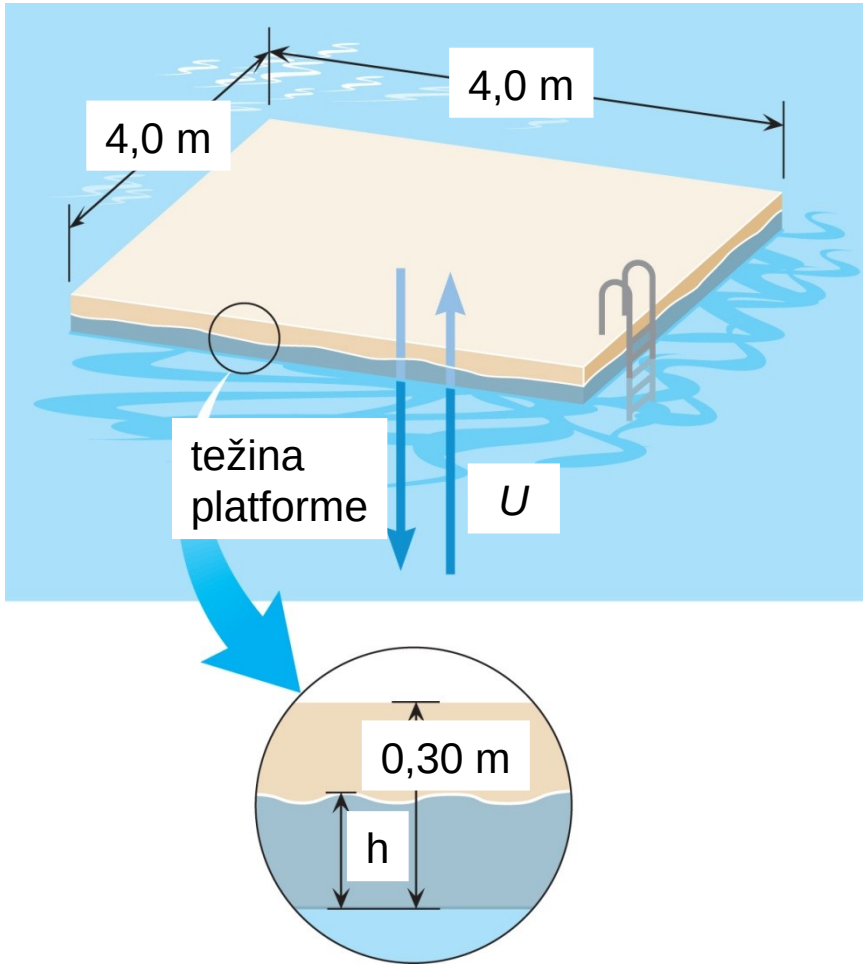
Ako je uzgon jednak težini onda tijelo u fluidu pluta.

$$U = \rho_{\text{fluid}}\, g\, V_{\text{uronjen}}$$



Primjer 9 **Plutajuća platforma**

Pluta li drvena platforma na vodi? Ako pluta, koliko je duboko uronjena u vodu?



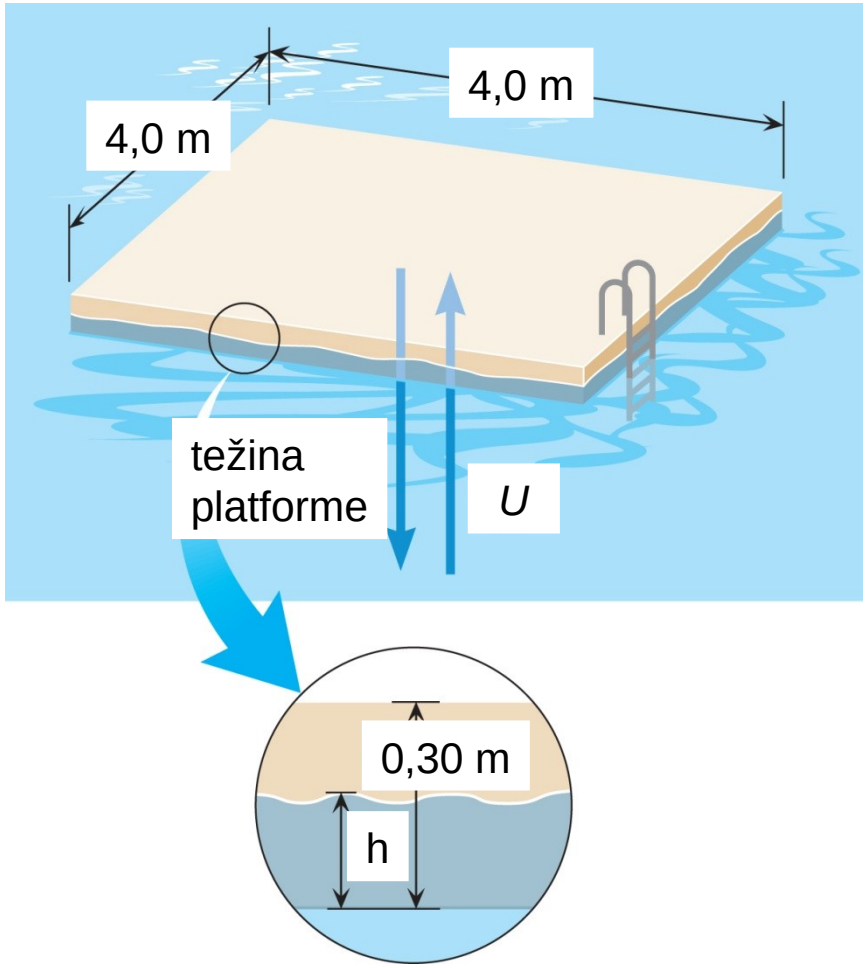
$$V_{\text{ukupni}} = 4{,}0\,\text{m} \cdot 4{,}0\,\text{m} \cdot 0{,}30\,\text{m} = 4{,}8\,\text{m}^3$$

$$U = \rho_{\text{fluid}}\, g\, V_{\text{uronjen}}$$

$$U_{\text{max}} = \rho_{\text{fluid}}\, g\, V_{\text{ukupni}}$$

$$U_{\text{max}} = 1000\,\text{kg}\,\text{m}^{-3} \cdot 9{,}8\,\text{m}\,\text{s}^{-2} \cdot 4{,}8\,\text{m}^3$$

$$U_{\text{max}} = 47000\,\text{N}$$



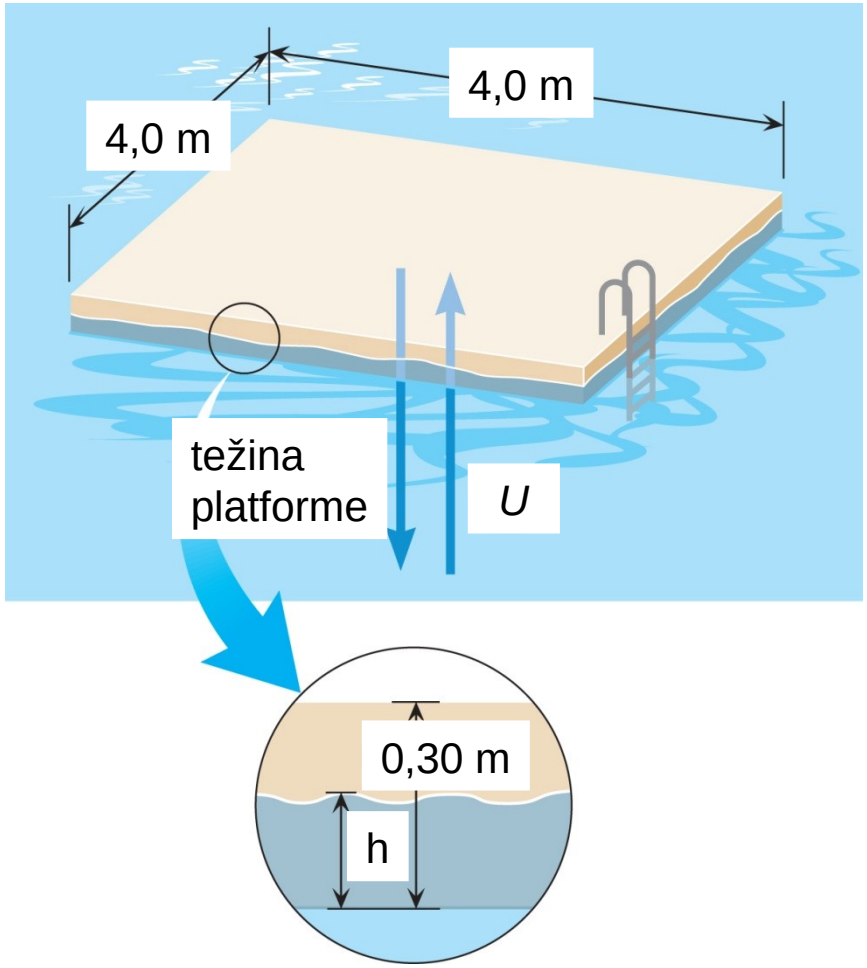
kad bi cijela platforma bila uronjena
tad bi uzgon bio 47000 N

$$G = mg = \rho_{\text{drvo}} V_{\text{ukupni}} g$$

$$G = 550\,\text{kg}\,\text{m}^{-3} \cdot 4{,}8\,\text{m}^3 \cdot 9{,}8\,\text{m}\,\text{s}^{-2}$$

$$G = 26000\,\text{N} < 47000\,\text{N}$$

⇒ platforma pluta



$$G = U$$

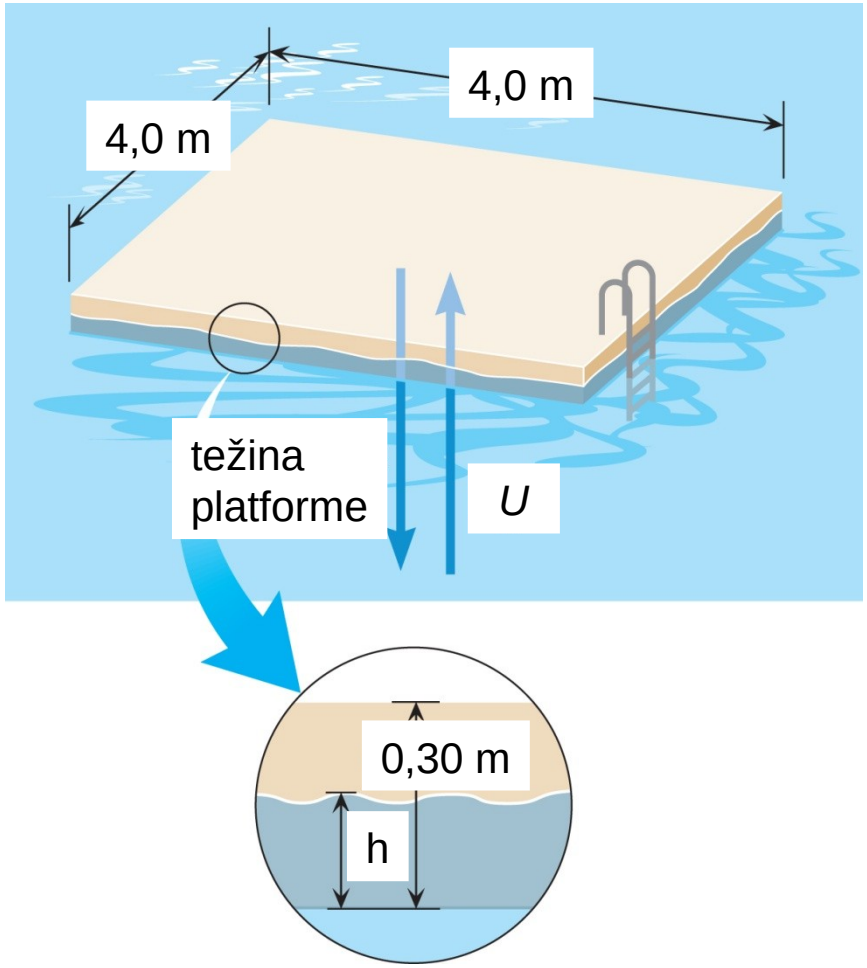
$$\Downarrow$$

$$26000\,\mathrm{N} = 1000\,\mathrm{kg\,m^{-3}} \cdot 9{,}8\,\mathrm{m\,s^{-2}} \cdot 4{,}0\,\mathrm{m} \cdot 4{,}0\,\mathrm{m} \cdot h$$

$$h = \frac{26000\,\mathrm{N}}{1000\,\mathrm{kg\,m^{-3}} \cdot 9{,}8\,\mathrm{m\,s^{-2}} \cdot 4{,}0\,\mathrm{m} \cdot 4{,}0\,\mathrm{m}}$$

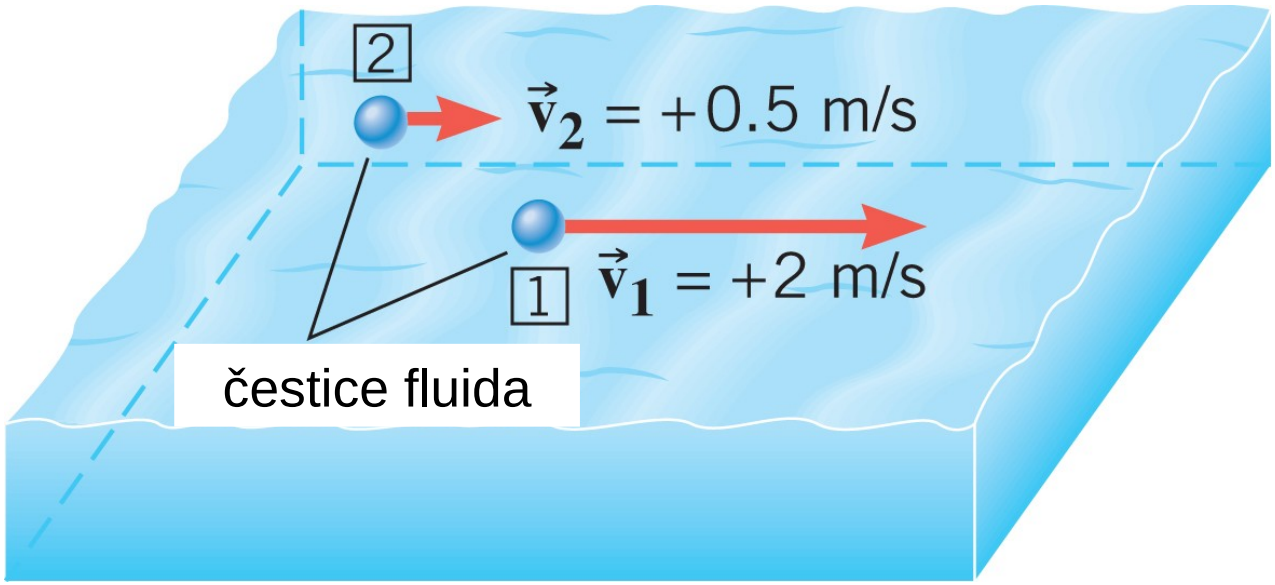
$$\Downarrow$$

$$h = 0{,}17\,\mathrm{m}$$



Pri **stalnom toku** u svakoj je točki brzina čestica konstantna.

Nestalni tok znači da se brzina čestica, u svakoj točki, s vremenom mijenja.



Turbulentni tok je ekstremni oblik nestalnog toka u kojem se brzina čestica u svakoj točki fluida nepredvidljivo mijenja i po iznosu i po smjeru.

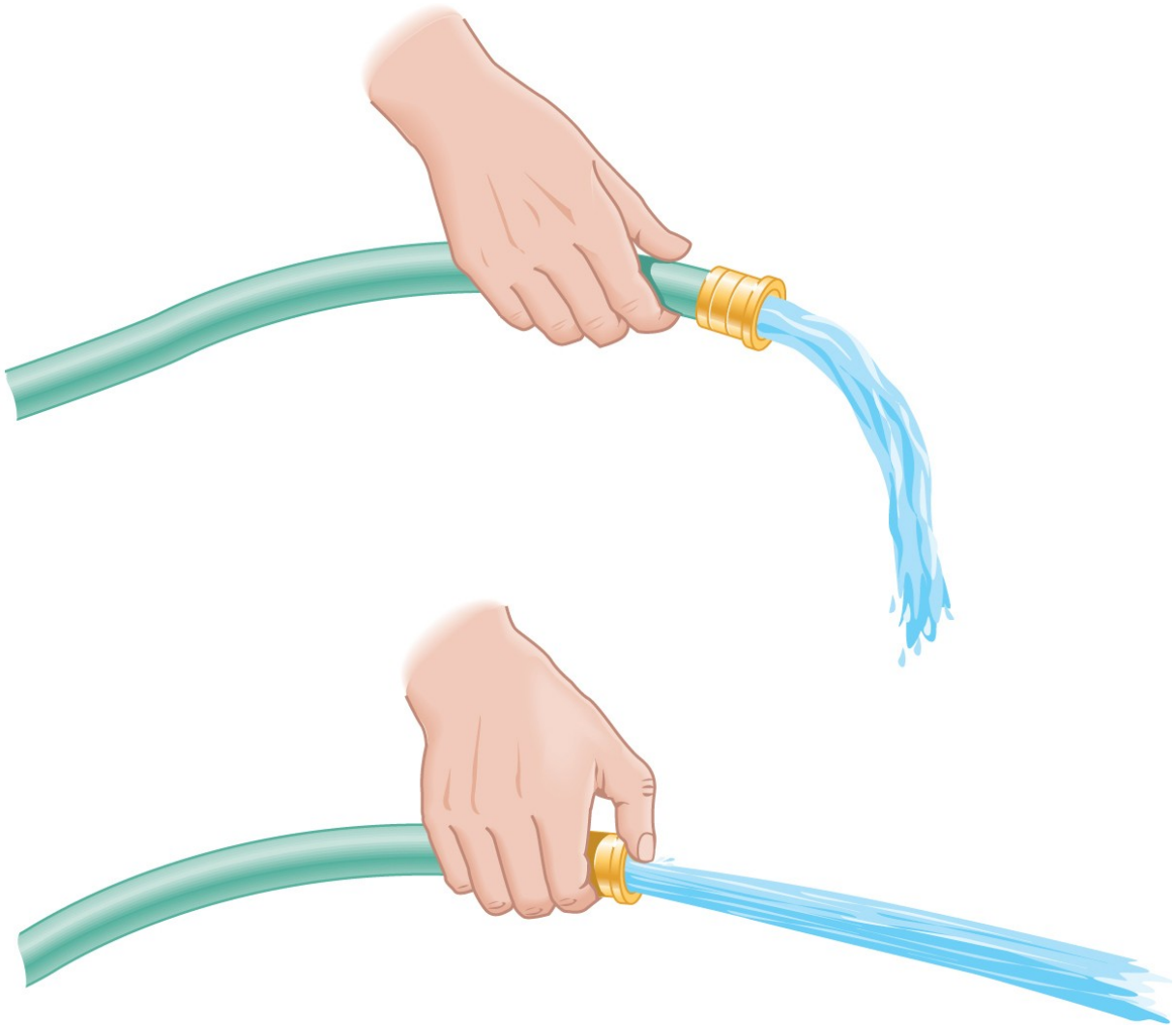
Fluidi mogu biti **stlačivi** ili **nestlačivi**. Većina tekućina su gotovo nestlačive.

Fluidi mogu biti **viskozni** ili **neviskozni**.

ljepljiv, gusto tekući

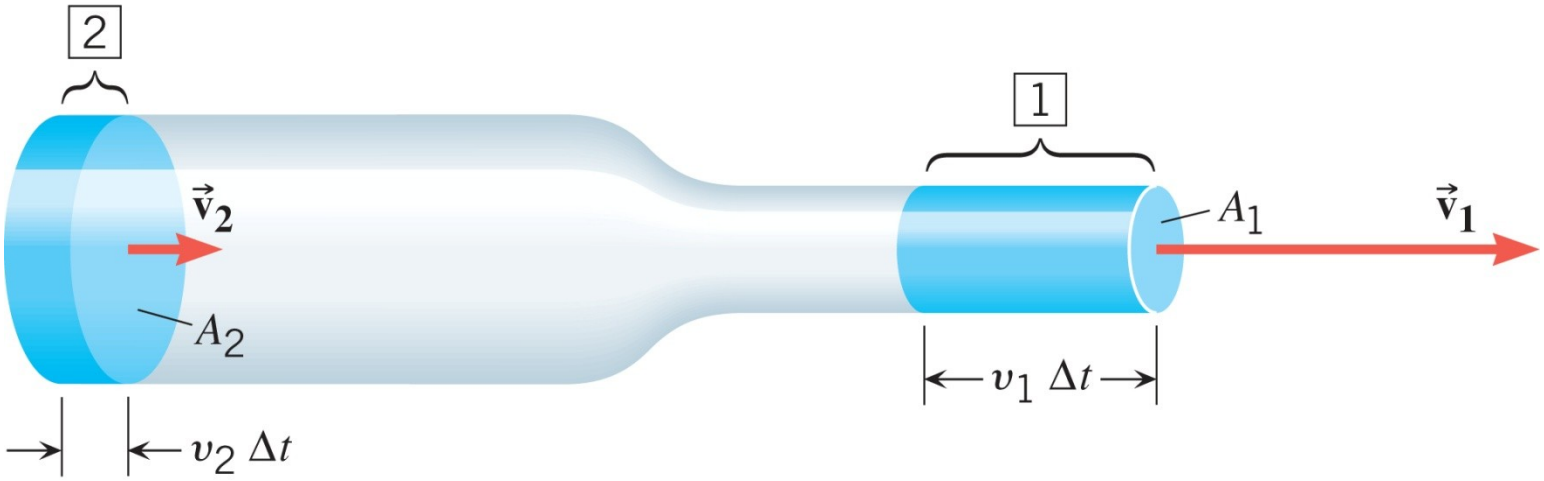
Nestlačiv i neviskozni fluid nazivamo **idealnim fluidom**.

Maseni protok je masa fluida koja, u jedinici vremena, prođe kroz cijev.



udaljenost

$$\Delta m = \rho V = \rho A v \Delta t$$



$$\frac{\Delta m_2}{\Delta t} = \rho_2 A_2 v_2$$

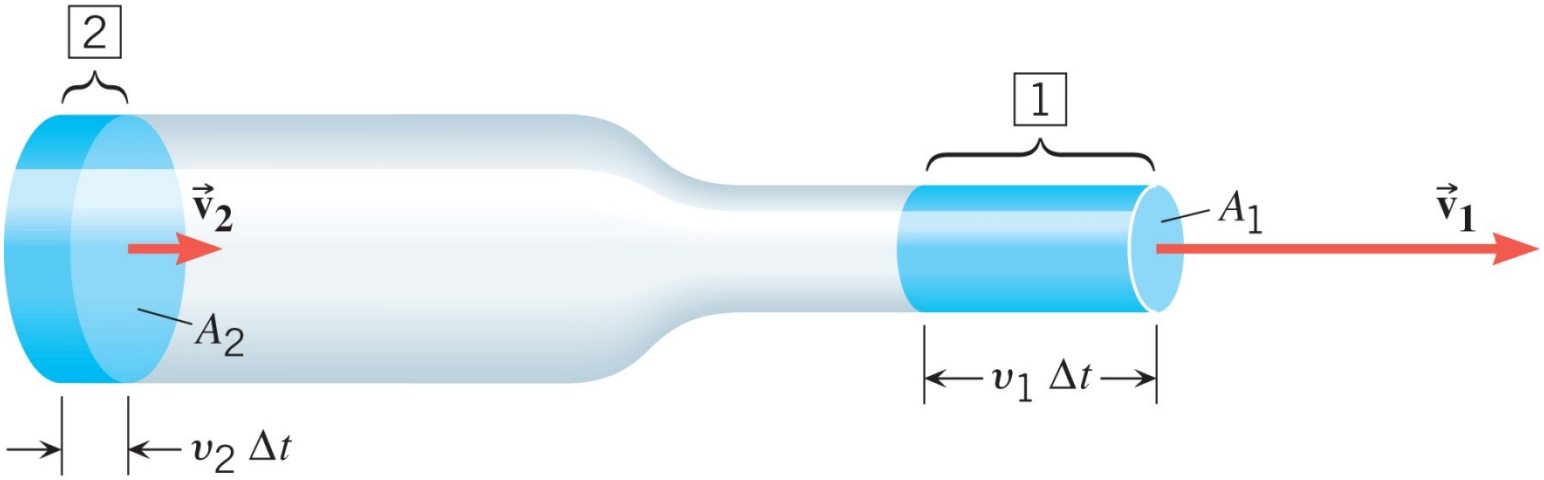
$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \rho_1 A_1 v_1$$

JEDNADŽBA KONTINUITETA

Maseni protok isti je na svakom položaju uzduž cijevi koja ima jedan ulaz i jedan izlaz za tok fluida.

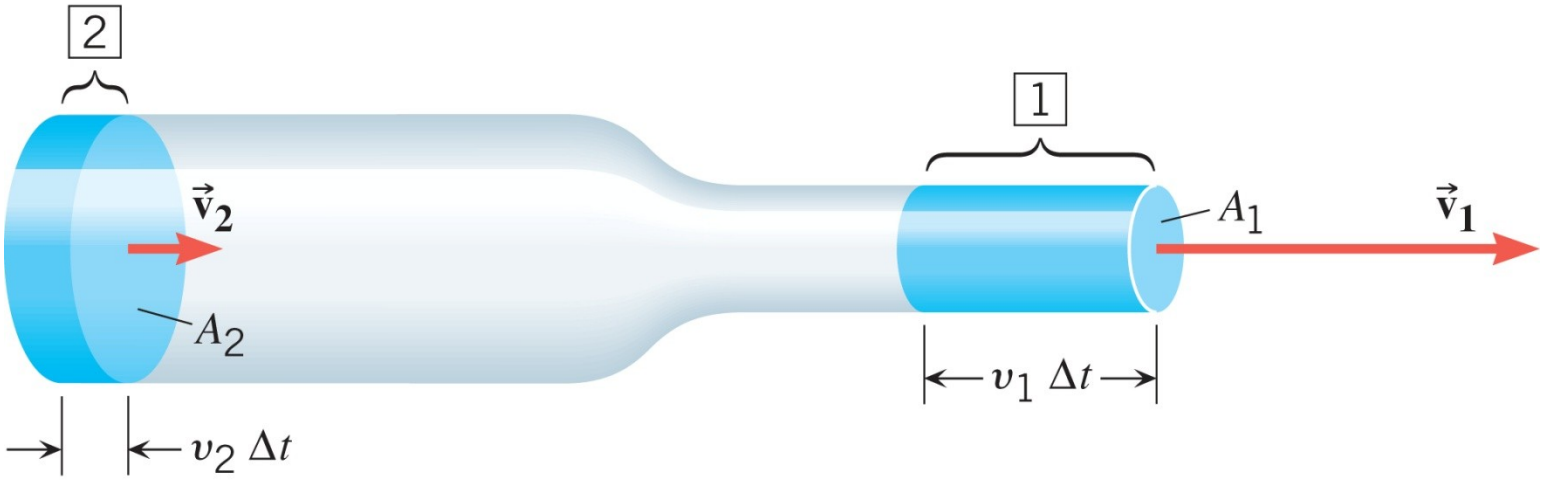
$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

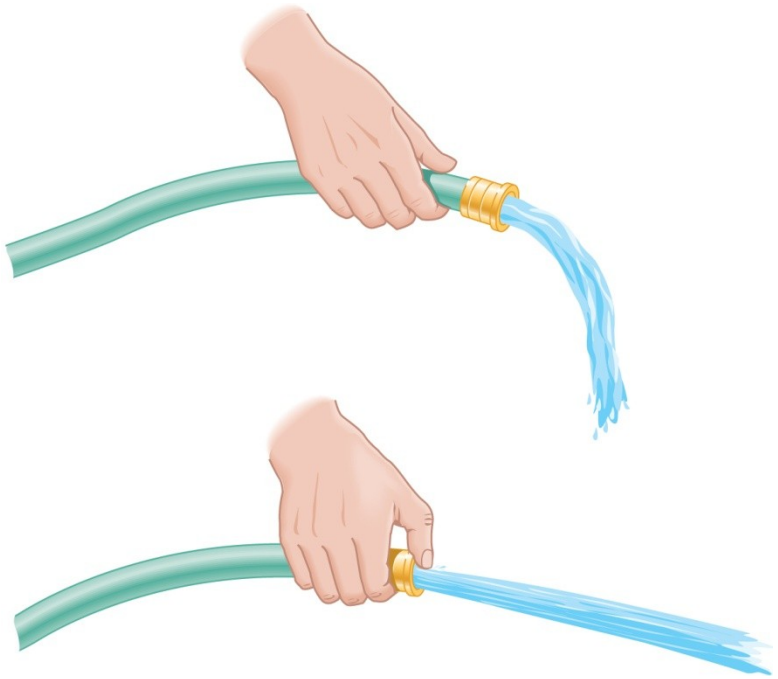
jedinica SI za maseni protok: kg/s



Za nestlačivi fluid: $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$ $\quad A_1 v_1 = A_2 v_2$

Volumni protok Q: $Q = A v$



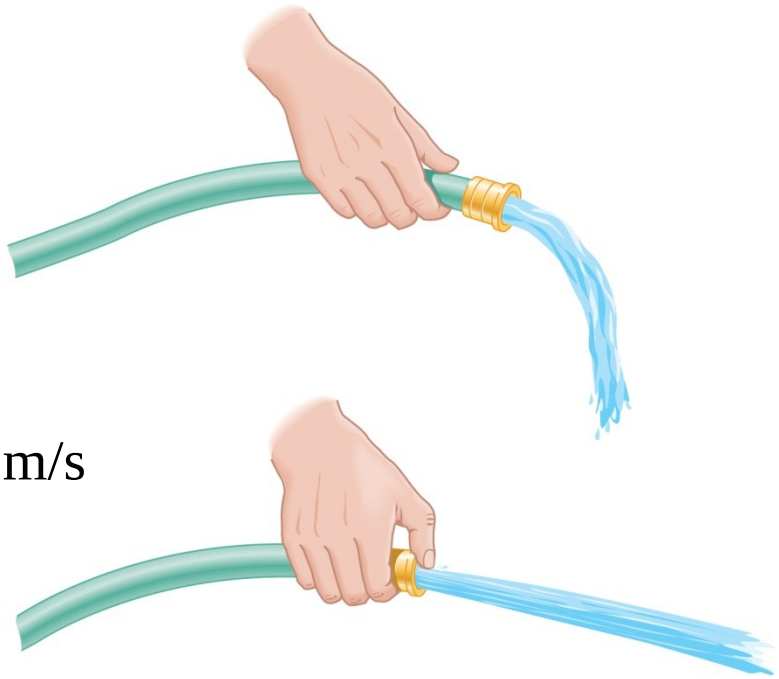


Primjer 12 **Crijevo za polijevanje**

Crijevo za polijevanje ima otvor poprečnog presjeka $2{,}85 \cdot 10^{-4}\ m^2$. Tim se crijevom kanta volumena 8,00 L napuni za 30 s.

Kolikom brzinom voda: (a) nesmetano izlazi kroz crijevo? (b) izlazi kroz crijevo čiji je izlazni poprečni presjek smanjen na polovicu?

(a) $Q = A\,v$



$$v = \frac{Q}{A} = \frac{(8{,}00\cdot 10^{-3}\,\mathrm{m}^3)/(30{,}0\,\mathrm{s})}{2{,}85\cdot 10^{-4}\,\mathrm{m}^2} = 0{,}936\ \mathrm{m/s}$$

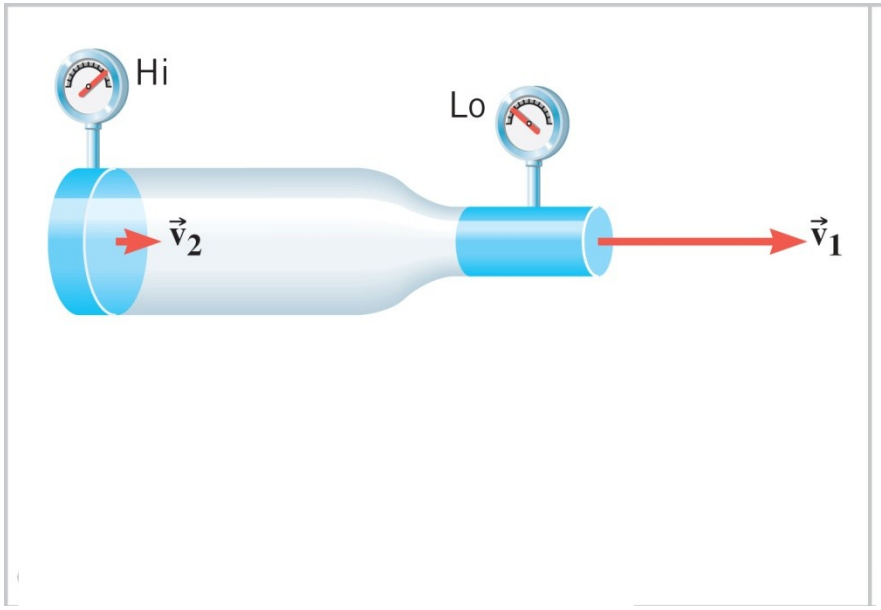
(b) $A_1 v_1 = A_2 v_2$

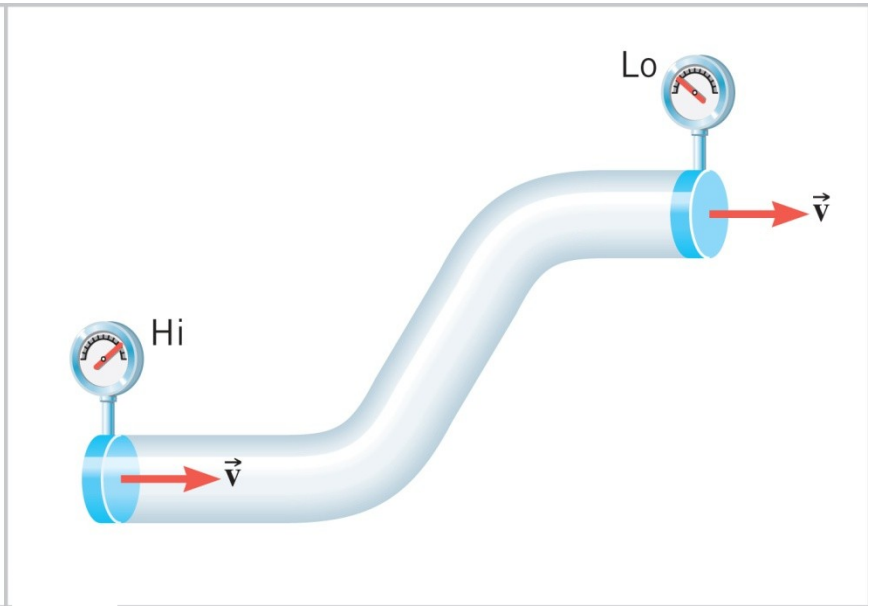
$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2} = 0{,}936\ \mathrm{m/s}\cdot\frac{A_1}{0.5\cdot A_2} = 0{,}936\ \mathrm{m/s}\cdot 2 = 1{,}87\,\mathrm{m/s}$$

11.9 Bernoullijeva jednadžba

Fluid ubrzava prema području nižeg tlaka.

Iz odnosa tlaka i dubine, tlak je niži na višem nivou (ako se presjek cijevi ne mijenja).



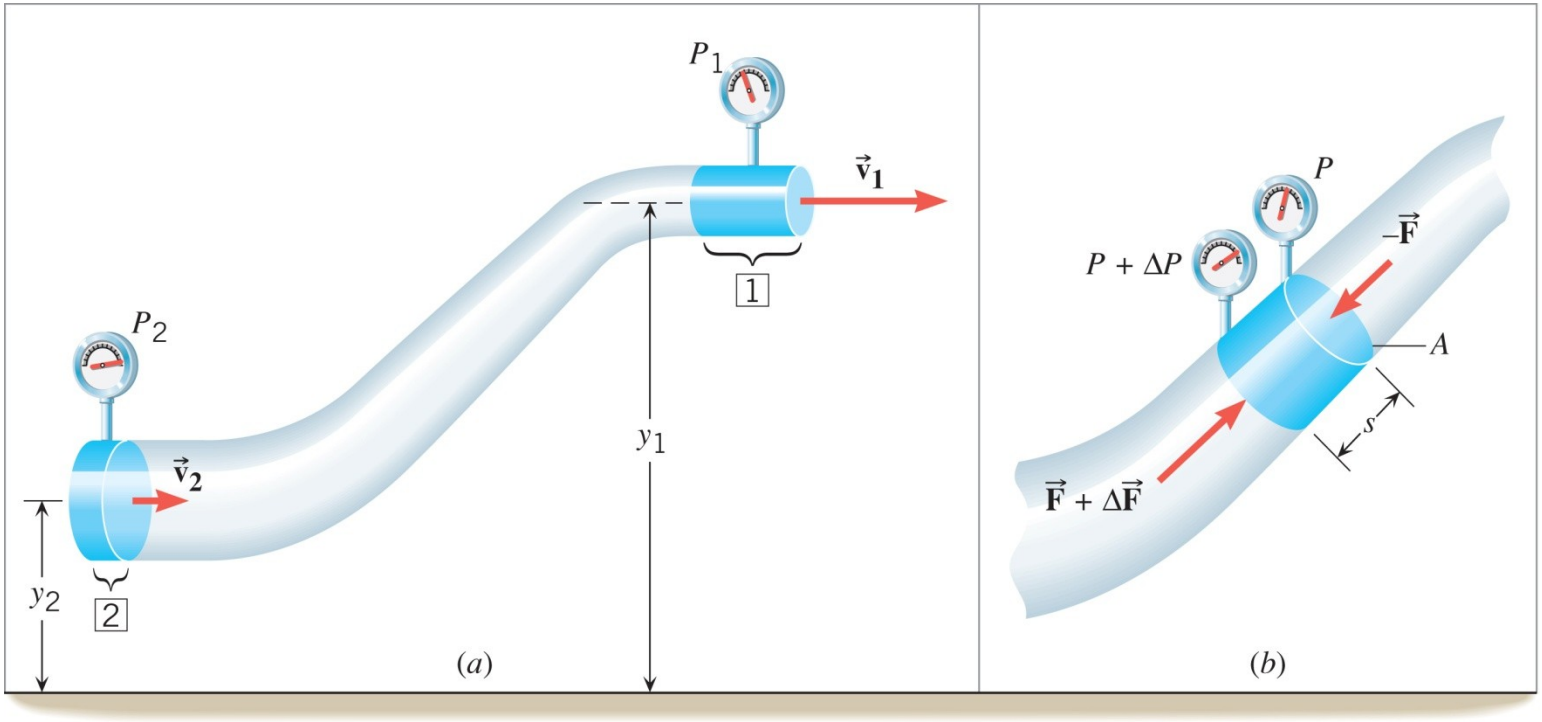


WILEY

11.9 Bernoullijeva jednadžba

$$\Delta W = \Delta F \cdot s = \Delta p \cdot A \cdot s = (p_2 - p_1) \cdot V$$

$$\Delta W = \left(\frac{1}{2} m v_1^2 + m g y_1\right) - \left(\frac{1}{2} m v_2^2 + m g y_2\right)$$



$$(p_2 - p_1)\cdot V = \left(\frac{1}{2} m v_1^2 + m g y_1\right) - \left(\frac{1}{2} m v_2^2 + m g y_2\right)$$

$$\Downarrow$$

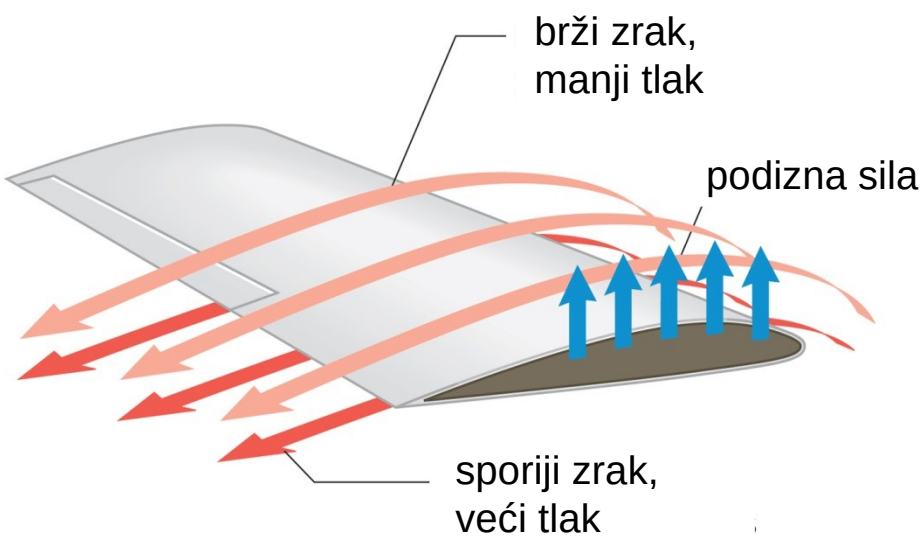
$$p_2 - p_1 = \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 - \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \rho g y_2$$

BERNOULLIJEVA JEDNADŽBA

Pri stalnom toku neviskoznog, nestlačivog fluida, tlak, brzina i visina povezani su ovako:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

11.10 Primjene Bernoullijeve jednadžbe



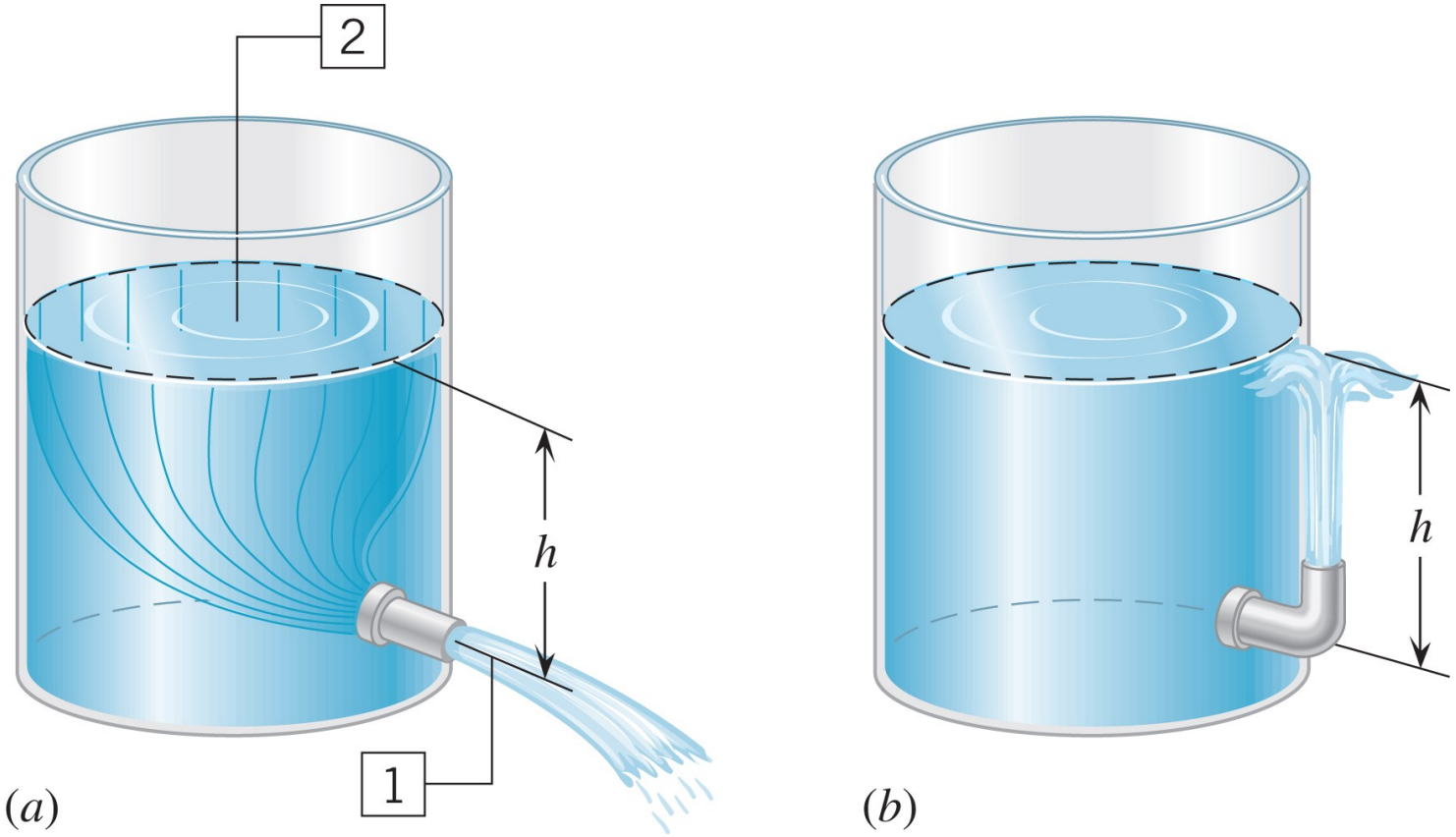
(a)

Joe McBride/Getty Images

(b)

Primjer 16 Brzina istjecanja

Rezervoar je s gornje strane otvoren.
Izvedite izraz za brzinu kojom tekućina izlazi iz cijevi na dnu.



11.10 Primjene Bernoullijeve jednadžbe

p_{atm} p_{atm} $v_2 \approx 0$

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

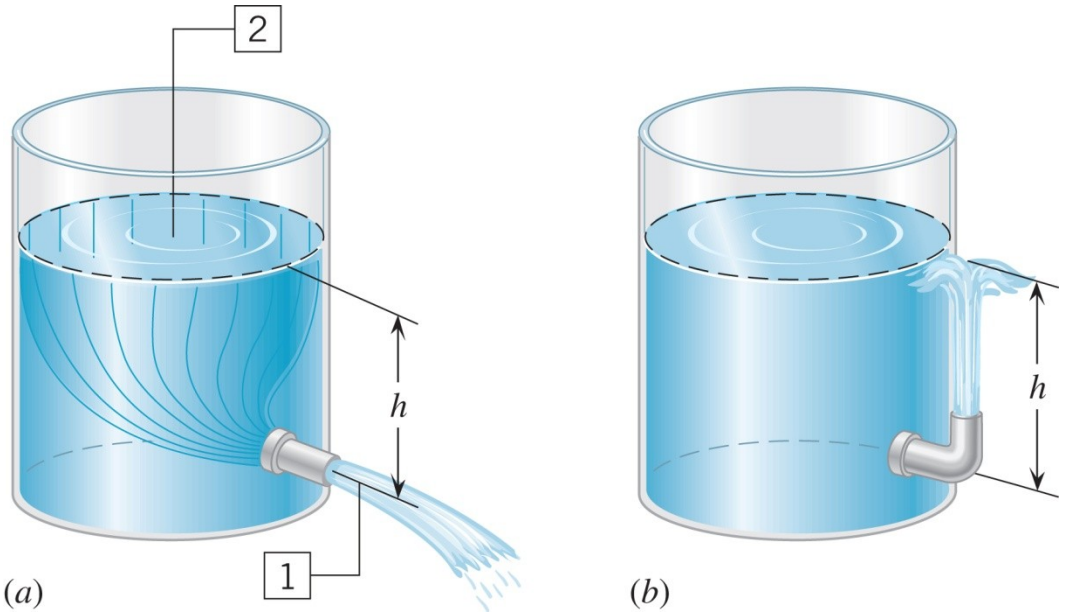
$$\Downarrow \qquad y_2 - y_1 = h$$

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = \rho g y_2$$

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 = \rho g h$$

$$\Downarrow$$

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$



WILEY

ZADACI ZA VJEŽBU

1. Jedan kraj žice pričvršćen je za strop, a na drugom kraju visi puna mjedena kugla. Napetost žice je 120 N. Odredite polumjer kugle.
   RJEŠENJE: 7,0 cm

2. Hipotetski sferni planet građen je samo od željeza. Odredite period satelita koji oko tog planeta orbitira uz samu površinu.
   RJEŠENJE: 71 min

3. Osoba težine 625 N vozi bicikl težine 98 N. Pretpostavite da je težina jednako raspoređena na oba kotača. Kolika je dodirna površina svake gume s tlom ako je tlak u svakoj gumi $7{,}60 \cdot 10^5$ Pa?
   RJEŠENJE: $4{,}76 \cdot 10^{-4}$ m²

4. Skijaš mase 58 kg spušta se niz padinu nagiba 35^o. Dodirna površina svake skije sa snijegom je 0,13 m^2. Odredite tlak kojim svaka skija pritišće snijeg.
   RJEŠENJE: 1800 Pa

WILEY

ZADACI ZA VJEŽBU

5. Pliva patka preko Save. Izračunajte prosječnu gustoću patke ako je 25% njezinog obujma stalno pod vodom?
   RJEŠENJE: 250 kg/m^3

6. Gustoća leda je 917 kg/m^3, a gustoća morske vode 1025 kg/m^3. Polarni medvjed sjedi na santi leda obujma 5,2 m^3. Odredite masu najtežeg medvjeda koji može sjediti na santi, a da santa ne bude potpuno pod vodom.
   RJEŠENJE: 560 kg

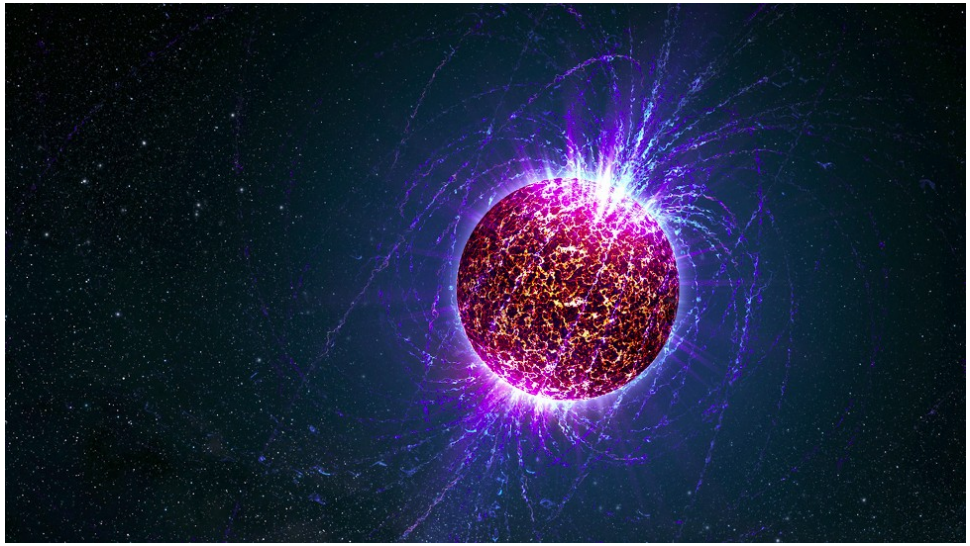
7. Pacijent koji se oporavlja od operacije dobiva infuziju. Svakih šest sati primi $9{,}5 \cdot 10^{-4}$ m^3 tekućine gustoće 1030 kg/m^3. Odredite maseni tok u kg/s.
   RJEŠENJE: $4{,}5 \cdot 10^{-5}$ kg/s

8. Avionsko krilo dizajnirano je tako da brzina zraka iznad krila bude 251 m/s onda kad je brzina zraka ispod krila 225 m/s. Gustoća zraka je 1,29 kg/m^3. Kolika podizna sila djeluje na krilo površine 24,0 m^2?
   RJEŠENJE: $1{,}92 \cdot 10^5$ N

WILEY

ZADACI ZA VJEŽBU

9. Neutronske zvijezde sastoje se samo od neutrona i nevjerojatno su guste. Tipična masa i polumjer neutronske zvijezde mogu biti $2,7 \cdot 10^{28}$ kg i $1,2 \cdot 10^{3}$ m.
   a) Odredite gustoću te zvijezde.
   b) Kolika bi bila masa novčića (obujma $2,0 \cdot 10^{-7}$ m^3) kad bi bio napravljen od istog materijala?
   RJEŠENJE: $3,7 \cdot 10^{18}$ kg/m^3; $7,5 \cdot 10^{11}$ kg (750 milijuna tona)



10. Tok vode kroz cijev je 1,50 m^3/s. Odredite brzinu vode kroz onaj dio cijevi koji ima polumjer 0,500 m.
    RJEŠENJE: 1,91 m/s

WILEY

PITANJA ZA PONAVLJANJE

1. Fluid
2. Gustoća
3. Tlak
4. Atmosferski tlak
5. Pacalovo načelo
6. Uzgon
7. Arhimedov zakon
8. Idealni fluid
9. Jednadžba kontinuiteta
10. Bernoullijeva jednadžba