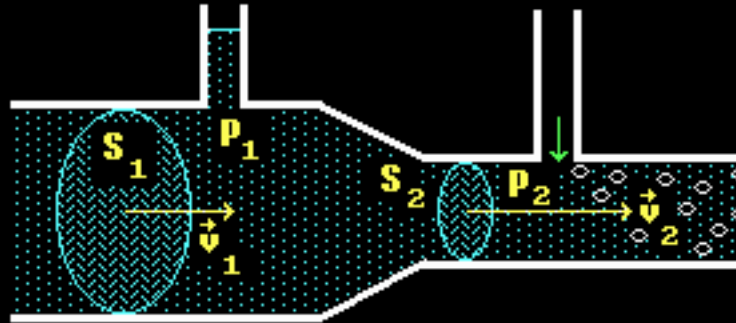


MECHANIKA TEKUTIN

Hydrodynamika



Brno 1992

M. Komárek, R. Schwarz

Jak je z obrázku patrné, původní studijní pomůcka (opora) vznikla v roce 1992 pro [opakování středoškolské fyziky](#). Pro výrobu byl použit autorský systém **Genie**, jehož výstupem jsou **DOS**ové aplikace. S těmi je ale v některých operačních systémech potíž. Ve Windows XP je třeba použít emulaci (např. [DOS-Box](#)), jinak produkty Genie nelze vůbec spustit. Proto vznikl tento klon ve formátu PDF.

Celá aplikace je „*myšoidní*“, takže na další stránku se (jak asi jistě tušíte) dostanete prostřednictvím tlačítka v dolní části.

[Dále – Next](#)

Program se kterým budete pracovat, můžeme označit jako **procvičovací**. Slouží k doplnění znalostí a jejich procvičení. Vychází z předpokladu, že jste látku k uvedenému tématu studovali a chcete si ověřit, jak jste ji zvládli a jestli jí rozumíte.

Při práci s tímto programem je třeba, abyste měli po ruce papír a tužku (případně kalkulačku) a mohli tak provést výpočet nebo si nakreslit obrázek.

Předkládané úkoly (otázky nebo příklady) jsou v programu značeny **P1**, **P2**, atd. Odpovědi nejsou bodově hodnoceny ani jednotlivě, ani celkově. Pouze se dozvíte, zda odpověď byla správná (autory předpokládaná), případně v čem spočívala chyba.

Otázky P1, P2 a P3 vymezují základními pojmy proudění **ideální** kapaliny. Na základě těchto pojmů je uvedena **rovnice kontinuity**.

Otázky P4 až P7 se zabývají tlakovou energií proudící kapaliny a **Bernoulliovou** rovnicí.

Otázky P8, P9 a P10 pak zkoumají (měření) rychlost proudění kapaliny a s tím související rychlost výtoku kapaliny a podtlak v proudící kapalině.

Na závěr jsou v otázkách P11, P12 a P13 probírány základní vlastnosti proudění **reálné** kapaliny.

Pro pohyb v předkládané studijní pomůcce můžete kromě již známého tlačítka ve spodní části použít také **pravý navigační panel**, nebo **aktivních** (kurzor má tvar vztyčeného ukazováku) odkazů, pokud jsou zařazeny přímo v textu tak, jako o řádek výše \uparrow nebo na následující stránce. Toto umožňuje procvičení pouze části daného tematického celku podle vlastního výběru. Tímto způsobem se můžete soustředit jen na vybrané fyzikální zákony nebo veličiny a nemusíte procházet celý výukový program postupně tak, jako při použití tlačítka **Dále**.

Struktura programu (studijní pomůcky — opory)

IDEÁLNÍ kapalina (je nestlačitelná a lze v ní zanedbat vnitřní tření) — vymezení pojmů

P1 — hmotnostní tok

P2, P3 — ustálené proudění potrubím proměnného průřezu → **rovnice kontinuity** – spojitosti

Tlaková energie — tlak kapaliny v uzavřeném potrubí

P4 — nálevka

P5, P6 — Bernoulliova rovnice

P7 — vzduchové bubliny v proudící kapalině

P8 — Pitotova trubice → měření rychlosti proudění kapaliny

P9 — rychlost výtoku kapaliny

Podtlak — využití: vodní vývěva, rozprašovač (fixírka), karburátor, Bunsenův kahan, apod.

P10 — boční srážka lodí

REÁLNÁ kapalina (má **VNITŘNÍ TŘENÍ** způsobené vzájemným silovým působením částic kapaliny)

P11 — kry v řece

P12 — vodovodní kohoutek

P13 — manometrické trubice

IDEÁLNÍ kapalina

je nestlačitelná

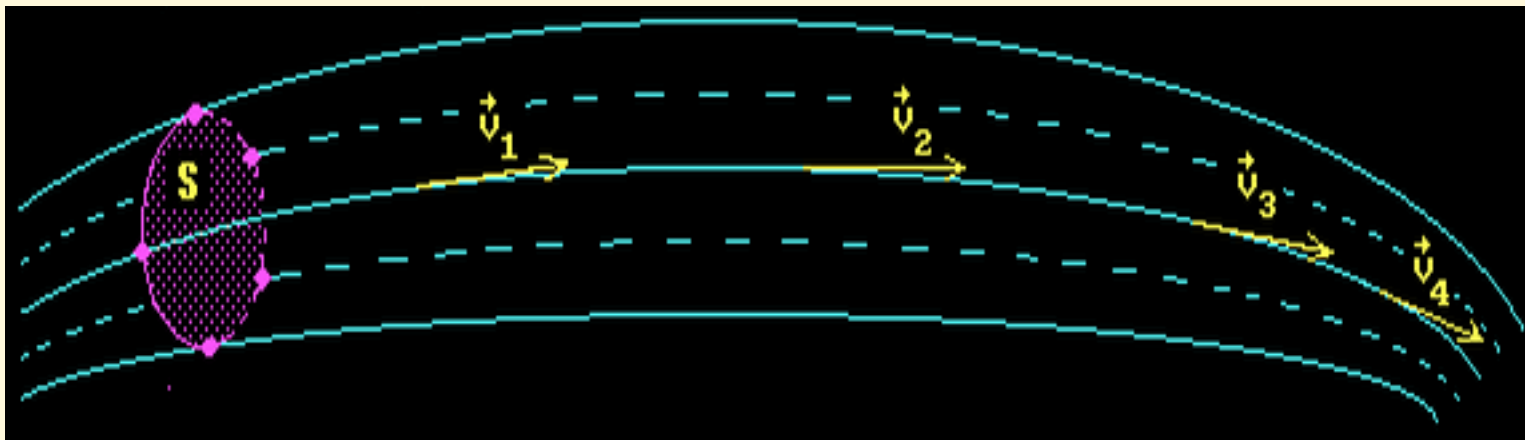
nemá vnitřní tření (je tak malé, že jej můžeme zanedbat).

Jsou-li velikost rychlosti proudící kapaliny a její směr v daném místě stálé (nemění se s časem), nazývá se takové proudění **USTÁLENÉ (STACIONÁRNÍ)**.

Mění-li se velikost rychlosti proudící kapaliny a její směr v daném místě s časem, nazývá se takové **proudění NEUSTÁLENÉ (NESTACIONÁRNÍ)**.

PROUDNICE je taková myšlená čára, že tečna sestavená v jejím libovolném bodě určuje směr rychlosti pohybující se částice kapaliny (viz obrázek). Při ustáleném proudění se proudnice nemohou protínat. Při ustáleném proudění je tedy proudnice čára, po níž se pohybují částice kapaliny.

PROUDOVÁ TRUBICE je myšlená trubice, jejíž stěny tvoří proudnice procházející obvodem plošky **S** proložené kapalinou. Má-li ploška elementární rozměry, pak se kapalina, která je touto proudovou trubicí vymezena, nazývá **PROUDOVÉ VLÁKNO**.



P1 V případě ustáleného proudění kapaliny rychlostí \mathbf{v} potrubím o průřezu \mathbf{S} představuje součin $\mathbf{S}\cdot\mathbf{v}$:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) hmotnostní tok;
- b) celkový objem kapaliny, který proteče průřezem \mathbf{S} ;
- c) celkový objem kapaliny, který proteče průřezem \mathbf{S} za **1 sekundu**.

Osnova programu

IDEÁLNÍ kapalina

P1 P2 P3

tlaková energie P4

P5 P6 P7

P8 P9

Podtlak P10

REÁLNÁ kapalina

P11 P12 P13

Skok ZPĚT

Konec

Acrobat Reader

zobrazení jediné stránky

zobrazení ikon [F8]

nabídka [F9]

celá obrazovka [Ctrl]+[L]

P1 V případě ustáleného proudění kapaliny rychlostí \mathbf{v} potrubím o průřezu \mathbf{S} představuje součin $\mathbf{S} \cdot \mathbf{v}$:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) hmotnostní tok;
- b) celkový objem kapaliny, který proteče průřezem \mathbf{S} ;
- c) celkový objem kapaliny, který proteče průřezem \mathbf{S} za **1 sekundu**.

Vaše odpověď a) hmotnostní tok

je chybná! **HMOTNOSTNÍ TOK** určuje hmotnost kapaliny proteklé potrubím za **1 s**, to znamená, že platí

$$Q_m = \mathbf{S} \cdot \mathbf{v} \cdot \rho$$

kde \mathbf{S} je průřez, \mathbf{v} rychlost proudění kapaliny a ρ hustota kapaliny.

Vyjděte při volbě správné odpovědi z **jednotky** součinu $\mathbf{S} \cdot \mathbf{v}$, což je

$$\mathbf{m}^3 \mathbf{s}^{-1} \quad .$$

Osnova programu

IDEÁLNÍ kapalina

P1 P2 P3

tlaková energie P4

P5 P6 P7

P8 P9

Podtlak P10

REÁLNÁ kapalina

P11 P12 P13

Skok ZPĚT

Konec

Acrobat Reader

zobrazení **jediné** stránky

zobrazení ikon [F8]

nabídka [F9]

celá obrazovka [Ctrl]+[L]

P1 V případě ustáleného proudění kapaliny rychlostí v potrubím o průřezu S představuje součin $S \cdot v$:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) hmotnostní tok;
- b) celkový objem kapaliny, který proteče průřezem S ;
- c) celkový objem kapaliny, který proteče průřezem S za 1 sekundu.

Vaše odpověď b) celkový objem kapaliny, který proteče průřezem S

je chybná! Vaše odpověď by byla správná tehdy, kdyby byl zadán čas t , po který proudění průřezem S trvalo. Jednalo by se o součin

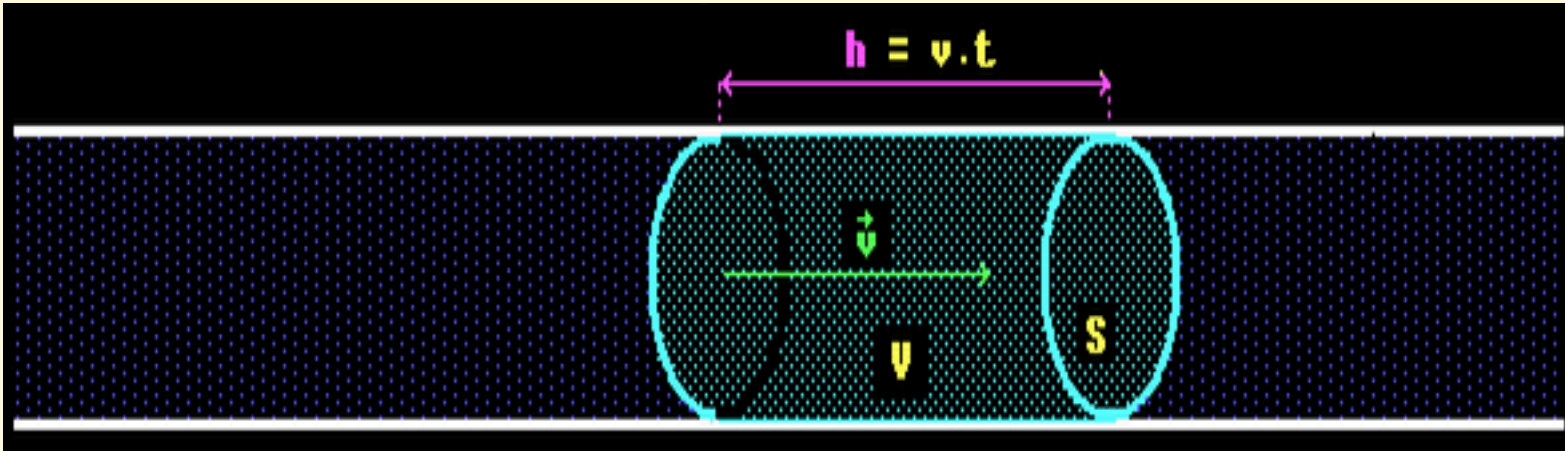
$$S \cdot v \cdot t .$$

P1 V případě ustáleného proudění kapaliny rychlostí \mathbf{v} potrubím o průřezu \mathbf{S} představuje součin $\mathbf{S} \cdot \mathbf{v}$:

Úkol: Označte myši z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- hmotnostní tok;
- celkový objem kapaliny, který proteče průřezem \mathbf{S} ;
- celkový objem kapaliny, který proteče průřezem \mathbf{S} za **1 sekundu**.

Vaše odpověď c) celkový objem kapaliny, který proteče průřezem \mathbf{S} za **1 sekundu**
je správná! Potvrzení správnosti vidíte na obrázku.



V objemu kapaliny \mathbf{V} (viz obrázek) jsou obsaženy všechny základní stavební částice kapaliny, které prošly průřezem \mathbf{S} stálou rychlostí \mathbf{v} za čas \mathbf{t} .

$$\mathbf{V} = \mathbf{S} \cdot \mathbf{h} = \mathbf{S} \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{t}$$

Pak

$$\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{t}} = \mathbf{S} \cdot \mathbf{v}$$

představuje objem kapaliny, která proteče průřezem \mathbf{S} za **1 s**.

Dále – Next

P2 Uvažujme ustálené proudění kapaliny potrubím proměnného průřezu. Jestliže S_1 proteče za **1 s 8 kg** kapaliny, pak průřezem $S_2 = \frac{1}{4} \cdot S_1$ proteče za **1 s** kapalina v množství:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) **8 kg**;
- b) **2 kg**;
- c) **32 kg**;

[Osnova programu](#)

[IDEÁLNÍ kapalina](#)

[P1](#) [P2](#) [P3](#)

[tlaková energie](#) [P4](#)

[P5](#) [P6](#) [P7](#)

[P8](#) [P9](#)

[Podtlak](#) [P10](#)

[REÁLNÁ kapalina](#)

[P11](#) [P12](#) [P13](#)

[Skok](#) [ZPĚT](#)

[Konec](#)

Acrobat Reader

[zobrazení jediné stránky](#)

[zobrazení ikon \[F8\]](#)

[nabídka \[F9\]](#)

[celá obrazovka \[Ctrl\]+\[L\]](#)

P2 Uvažujme ustálené proudění kapaliny potrubím proměnného průřezu. Jestliže S_1 proteče za **1 s 8 kg** kapaliny, pak průřezem $S_2 = \frac{1}{4} \cdot S_1$ proteče za **1 s** kapalina v množství:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) **8 kg;**
- b) **2 kg;**
- c) **32 kg;**

Vaše odpověď a) **8 kg**

je správná! Pro uvedený příklad platí **ROVNICI KONTINUITY (spojitosti)**, která je vyjádřením **ZÁKONA ZACHOVÁNÍ HMOTNOSTI** pro ustáleně proudící kapalinu.

$$Q_m = S \cdot v \cdot \rho = \text{konst.}$$

HMOTNOSTNÍ TOK Q_m JE pro libovolný průřez proudové trubice **STÁLÝ**.

P2 Uvažujme ustálené proudění kapaliny potrubím proměnného průřezu. Jestliže S_1 proteče za **1 s 8 kg** kapaliny, pak průřezem $S_2 = \frac{1}{4} \cdot S_1$ proteče za **1 s** kapalina v množství:

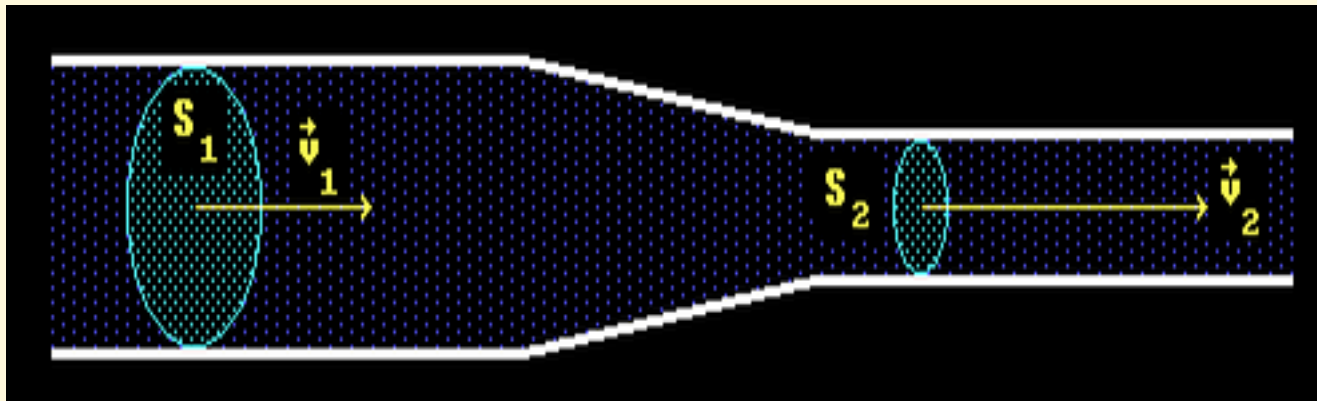
Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) **8 kg;**
- b) **2 kg;**
- c) **32 kg;**

Vaše odpověď b) **2 kg**

je chybná! Při řešení tohoto příkladu použijte **ROVNICI KONTINUITY (spojitosti)**, která je vyjádřením **ZÁKONA ZACHOVÁNÍ HMOTNOSTI**.

$$S_1 \cdot v_1 \cdot \rho = S_2 \cdot v_2 \cdot \rho$$



P2 Uvažujme ustálené proudění kapaliny potrubím proměnného průřezu. Jestliže S_1 proteče za **1 s 8 kg** kapaliny, pak průřezem $S_2 = \frac{1}{4} \cdot S_1$ proteče za **1 s** kapalina v množství:

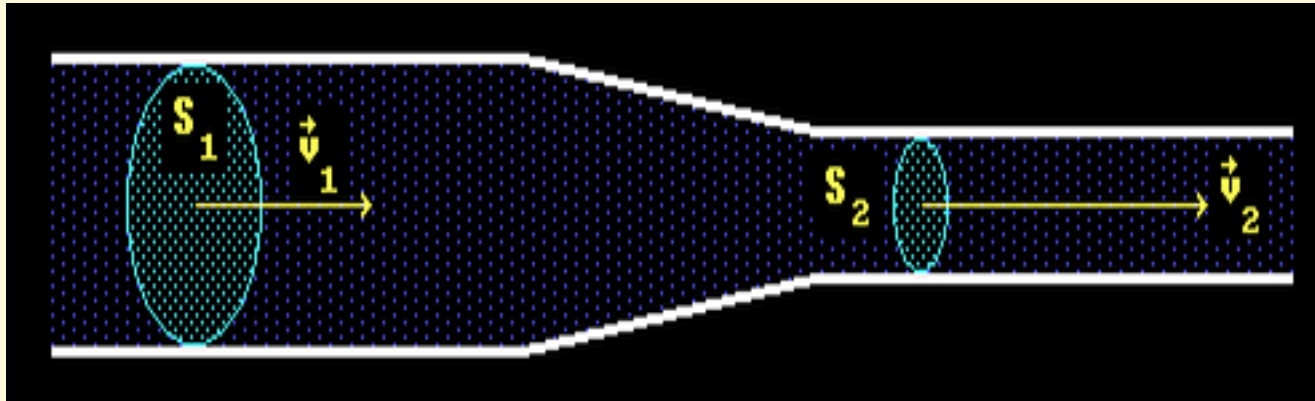
Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) **8 kg;**
- b) **2 kg;**
- c) **32 kg;**

Vaše odpověď c) **32 kg**

je chybná! Při řešení tohoto příkladu použijte **ROVNICI KONTINUITY (spojitosti)**, která je vyjádřením **ZÁKONA ZACHOVÁNÍ HMOTNOSTI**.

$$S_1 \cdot v_1 \cdot \rho = S_2 \cdot v_2 \cdot \rho$$



Osnova programu

IDEÁLNÍ kapalina

P1 P2 P3

tlaková energie P4

P5 P6 P7

P8 P9

Podtlak P10

REÁLNÁ kapalina

P11 P12 P13

Skok ZPĚT

Konec

Acrobat Reader

zobrazení jediné stránky

zobrazení ikon [F8]

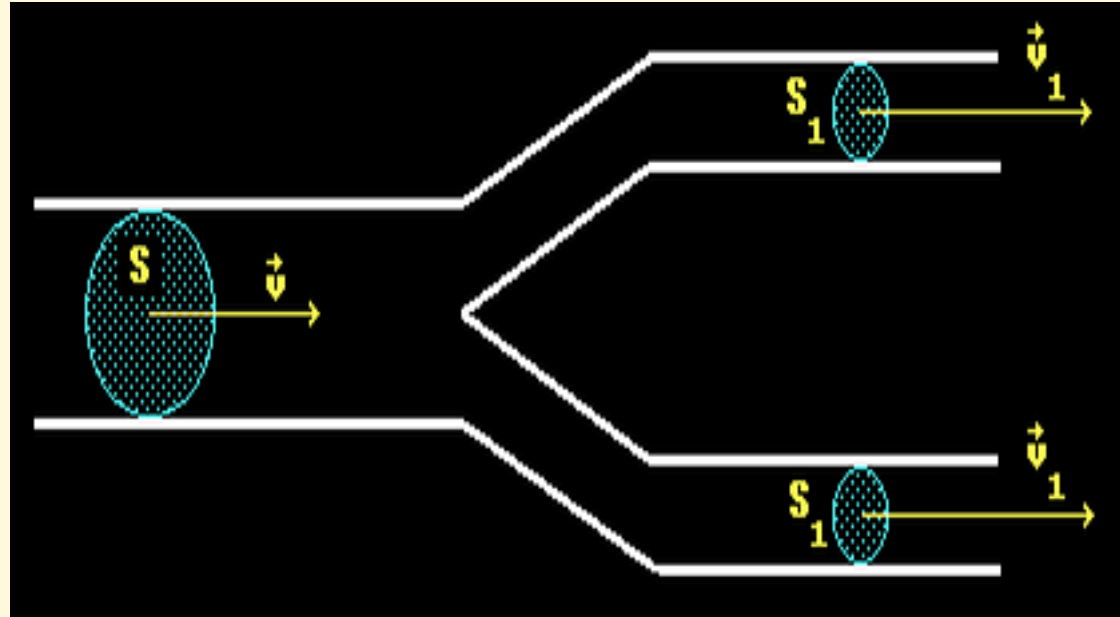
nabídka [F9]

celá obrazovka [Ctrl]+[L]

P3 Při ustáleném proudění kapaliny potrubím znázorněným na obrázku platí, že průřezem $S_1 = 0,1 \text{ m}^2$ protéká kapalina rychlostí $v_1 = 5 \text{ m s}^{-1}$. Jakou rychlostí protéká průřezem $S = 1 \text{ m}^2$?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $v = 1 \text{ m s}^{-1}$
 b) $v = 0,5 \text{ m s}^{-1}$
 c) $v = \sqrt{2,5} \text{ m s}^{-1}$



s využitím programu

[L^AT_EX](#) a [pdfscreen](#)

Miroslav KOMÁREK
Rudolf SCHWARZ

Brno 2007 -13

Osnova programu

IDEÁLNÍ kapalina

P1 P2 P3

tlaková energie P4

P5 P6 P7

P8 P9

Podtlak P10

REÁLNÁ kapalina

P11 P12 P13

Skok ZPĚT

Konec

Acrobat Reader

zobrazení jediné stránky

zobrazení ikon [F8]

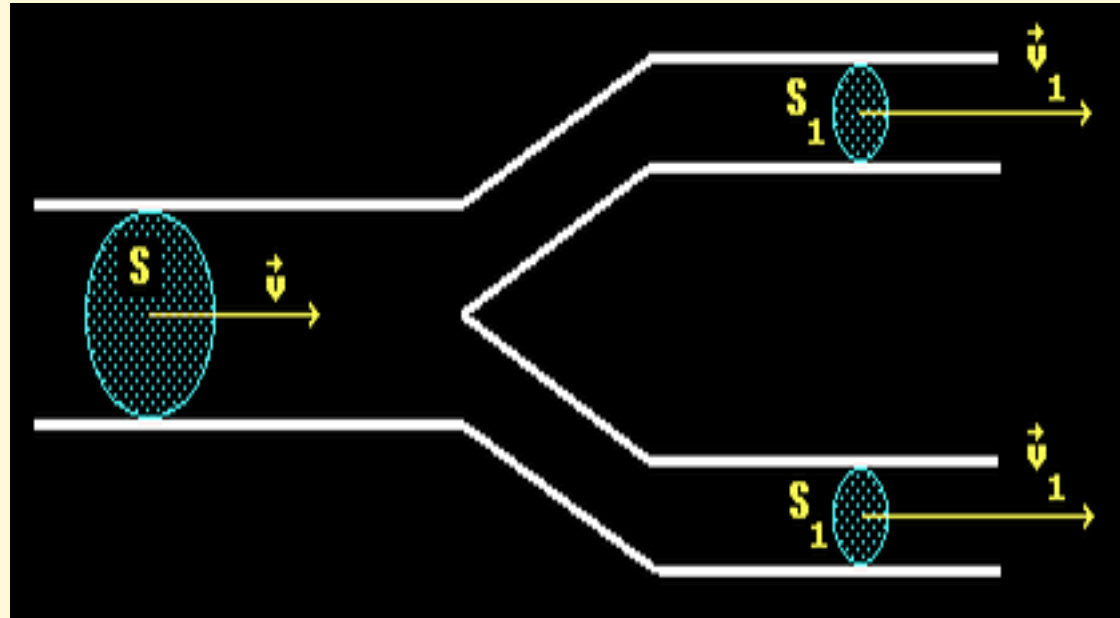
nabídka [F9]

celá obrazovka [Ctrl]+[L]

P3 Při ustáleném proudění kapaliny potrubím znázorněným na obrázku platí, že průřezem $S_1 = 0,1 \text{ m}^2$ protéká kapalina rychlostí $v_1 = 5 \text{ m s}^{-1}$. Jakou rychlostí protéká průřezem $S = 1 \text{ m}^2$?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $v = 1 \text{ m s}^{-1}$
 b) $v = 0,5 \text{ m s}^{-1}$
 c) $v = \sqrt{2,5} \text{ m s}^{-1}$



Vaše odpověď a) $v = 1 \text{ m s}^{-1}$

je správná! Řešení tohoto problému vyplývá z rovnice kontinuity (spojitosti). Hmotnostní tok Q_m průřezem S se musí rovnat součtu hmotnostních toků Q_{m_1} průřezů S_1 .

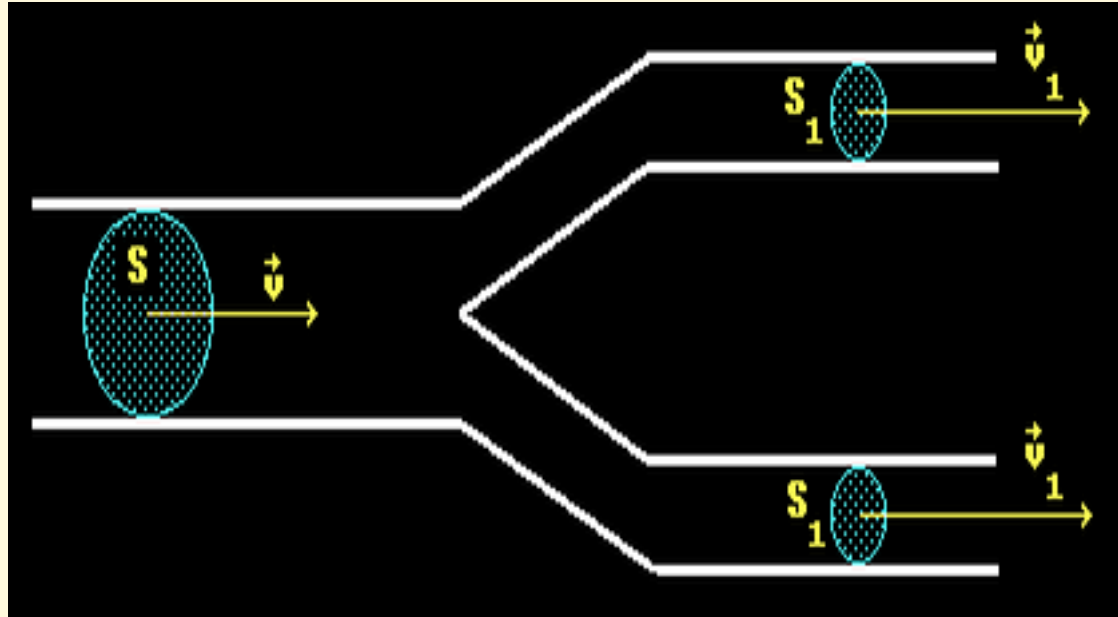
$$\begin{aligned} Q_m &= 2 \cdot Q_{m_1} \\ S \cdot v \cdot \rho &= 2 \cdot S_1 \cdot v_1 \cdot \rho \\ v &= \frac{2 \cdot S_1 \cdot v_1}{S} \\ v &= \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 5}{1} = 1 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

Dále – Next

P3 Při ustáleném proudění kapaliny potrubím znázorněným na obrázku platí, že průřezem $S_1 = 0,1 \text{ m}^2$ protéká kapalina rychlostí $v_1 = 5 \text{ m s}^{-1}$. Jakou rychlostí protéká průřezem $S = 1 \text{ m}^2$?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $v = 1 \text{ m s}^{-1}$
 b) $v = 0,5 \text{ m s}^{-1}$
 c) $v = \sqrt{2,5} \text{ m s}^{-1}$



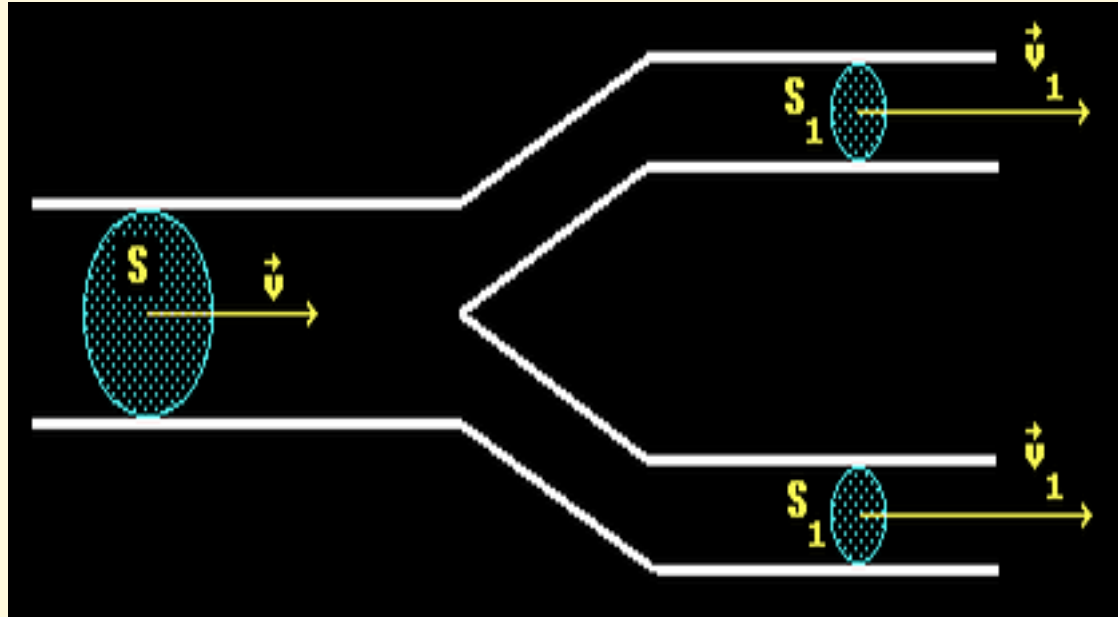
Vaše odpověď b) $v = 0,5 \text{ m s}^{-1}$

je chybná! Pro ustálené proudění kapaliny potrubím nestejného průřezu platí **ROVNICE KONTINUITY** (spojitosti). Hmotnostní tok průřezem S se musí rovnat součtu hmotnostních toků průřezy S_1 .

P3 Při ustáleném proudění kapaliny potrubím znázorněným na obrázku platí, že průřezem $S_1 = 0,1 \text{ m}^2$ protéká kapalina rychlostí $v_1 = 5 \text{ m s}^{-1}$. Jakou rychlostí protéká průřezem $S = 1 \text{ m}^2$?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $v = 1 \text{ m s}^{-1}$
 b) $v = 0,5 \text{ m s}^{-1}$
 c) $v = \sqrt{2,5} \text{ m s}^{-1}$

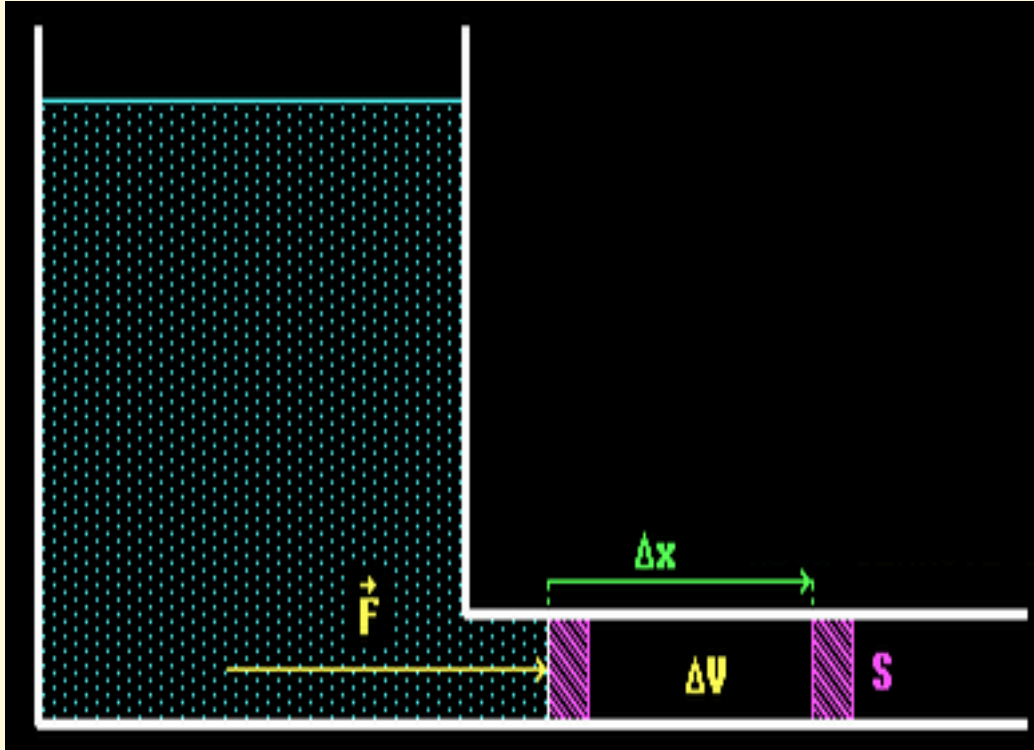


Vaše odpověď c) $v = \sqrt{2,5} \text{ m s}^{-1}$

je chybná! Pro ustálené proudění kapaliny potrubím nestejného průřezu platí **ROVNICE KONTINUITY** (spojitosti). Hmotnostní tok průřezem S se musí rovnat součtu hmotnostních toků průřezy S_1 .

Tlaková energie

Tlak kapaliny v uzavřeném potrubí je větší než atmosférický tlak. Při protržení potrubí může voda pod tlakem konat práci na úkor **TLAKOVÉ ENERGIE**. Její hodnotu určíme úvahou podle obrázku.



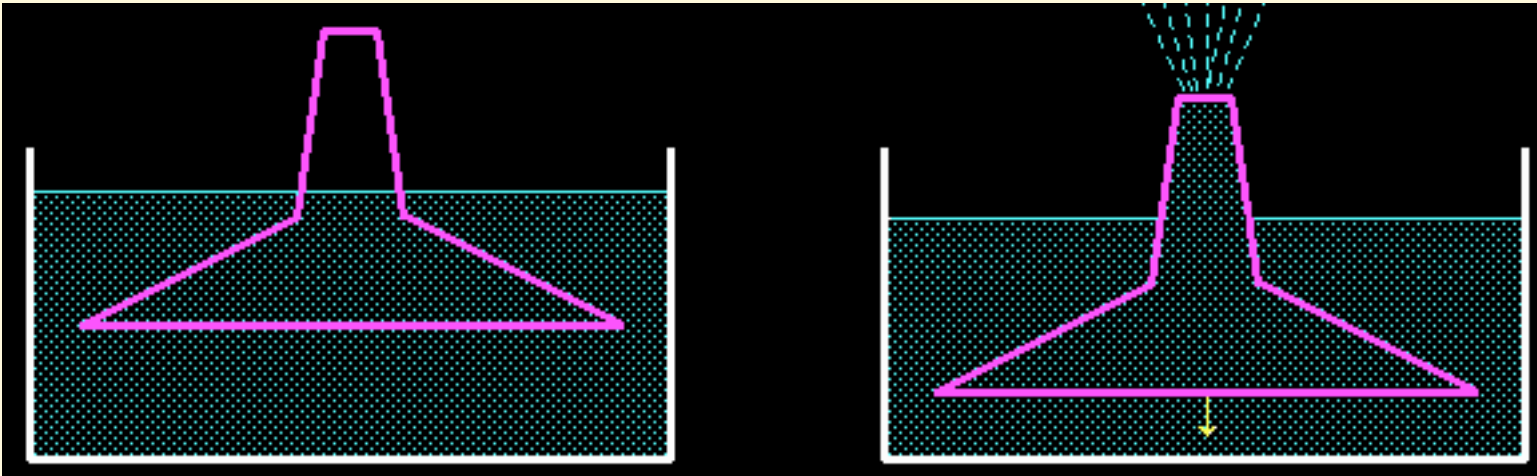
Posune-li se píst o ploše S působením síly $F = p \cdot S$ (p je tlak kapaliny v potrubí) o délku Δx , vykoná práci

$$W = F \cdot \Delta x = p \cdot S \cdot \Delta x = p \cdot \Delta V$$

Pak číselná hodnota tlaku kapaliny $p = \frac{W}{\Delta V}$ ($[p] = \text{J m}^{-3}$) určuje číselnou hodnotu **TLAKOVÉ ENERGIE OBJEMOVÉ JEDNOTKY**.

[Dále – Next](#)

P4 Nálevka se nachází ponořena ve vodě v klidu. Voda sahá v nálevce i mimo ni do stejné výše (viz levý obrázek). Když nálevku z této polohy prudčeji ponoříme dolů, voda zúženou trubicí vystříkne (pravý obrázek).

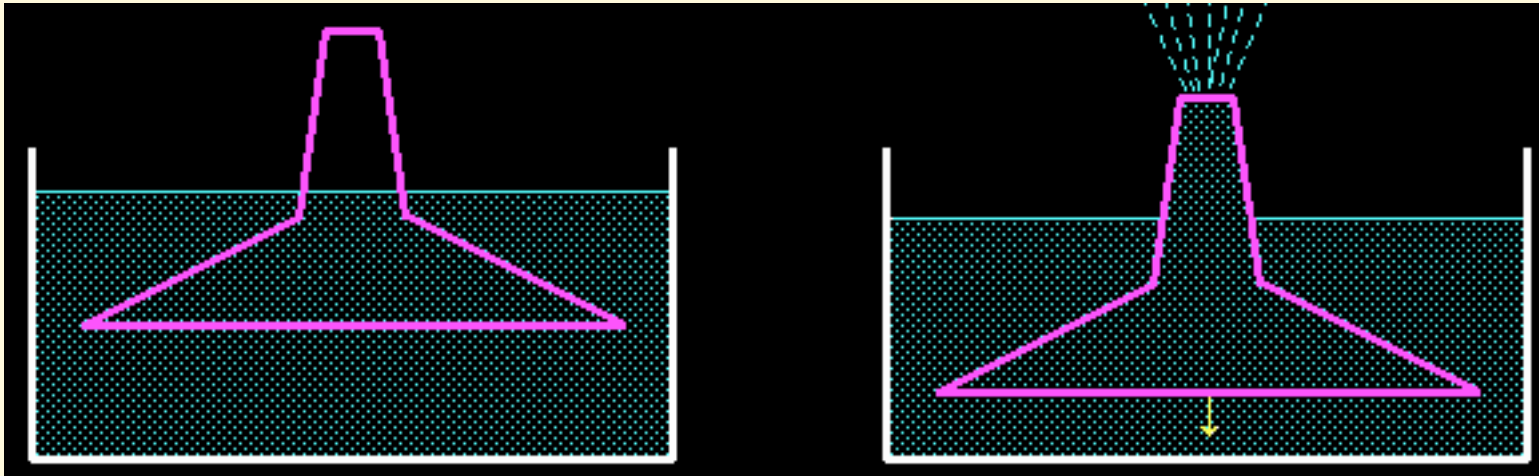


Proč voda vystříkne a **na úkor jaké** energie získá vystřikující voda kinetickou energii?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- Při ponoření nálevky jde o relativní proudění kapaliny z místa širšího průřezu trubice
- do užšího (rovnice kontinuity);
na úkor práce vykonané rukou držící nálevku.
 - Voda vystříkne, protože dojde k přeměně potenciální energie na kinetickou;
na úkor potenciální energie kapaliny.
 - Při ponoření nálevky jde o relativní proudění kapaliny z místa širšího průřezu trubice
do užšího (rovnice kontinuity);
na úkor potenciální energie kapaliny.

P4 Nálevka se nachází ponořena ve vodě v klidu. Voda sahá v nálevce i mimo ni do stejné výše (viz levý obrázek). Když nálevku z této polohy prudčeji ponoříme dolů, voda zúženou trubicí vystříkne (pravý obrázek).



Proč voda vystříkne a **na úkor jaké** energie získá vystřikující voda kinetickou energii?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- Při ponoření nálevky jde o relativní proudění kapaliny z místa širšího průřezu trubice
- do užšího (rovnice kontinuity);
na úkor práce vykonané rukou držící nálevku.
 - Voda vystříkne, protože dojde k přeměně potenciální energie na kinetickou;
na úkor potenciální energie kapaliny.
 - Při ponoření nálevky jde o relativní proudění kapaliny z místa širšího průřezu trubice
do užšího (rovnice kontinuity);
na úkor potenciální energie kapaliny.

Vaše odpověď a)

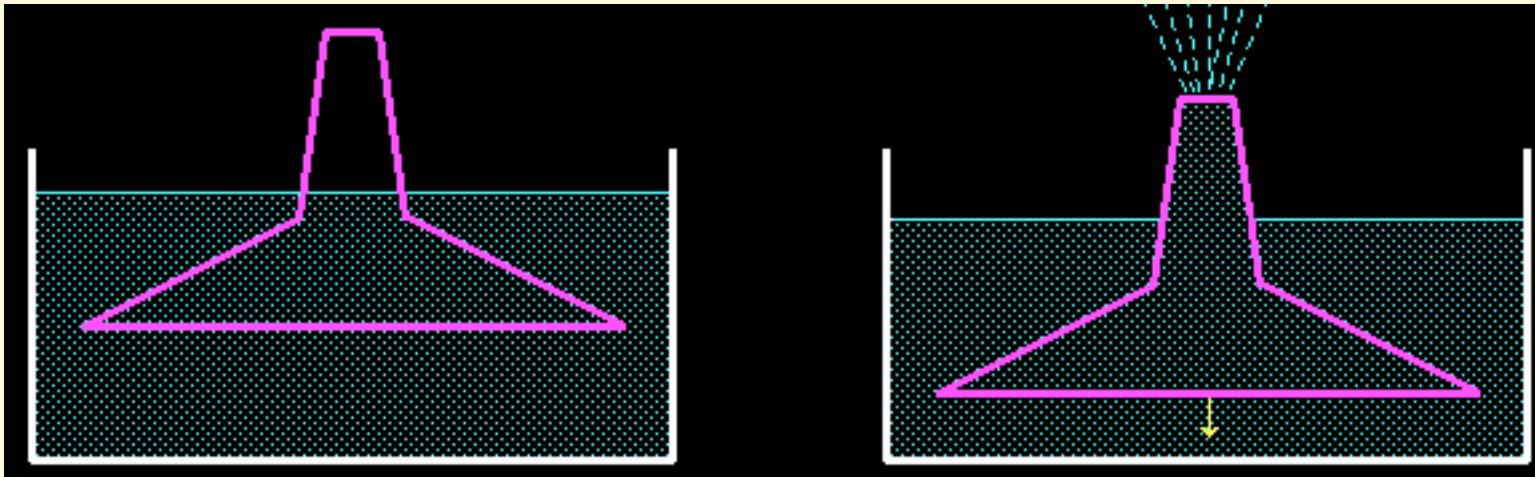
je správná! Stejná situace by nastala, kdyby nálevka byla v klidu a pohybovala se nádoba s vodou směrem vzhůru. Jde tedy o proudění kapaliny trubicí nestejného průřezu. Na konci nálevky, v nejužším místě, je rychlost proudění největší (platí rovnice kontinuity $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$), takže dojde k vystříknutí kapaliny.

Kinetickou energii dodá vodě například ruka, která koná práci při ponoření nálevky proti odporujícím silám vody.

V tomto případě je kinetická energie rovna energii „svalové“.

[Dále – Next](#)

P4 Nálevka se nachází ponořena ve vodě v klidu. Voda sahá v nálevce i mimo ni do stejné výše (viz levý obrázek). Když nálevku z této polohy prudčeji ponoříme dolů, voda zúženou trubicí vystříkne (pravý obrázek).



Proč voda vystříkne a **na úkor jaké** energie získá vystřikující voda kinetickou energii?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

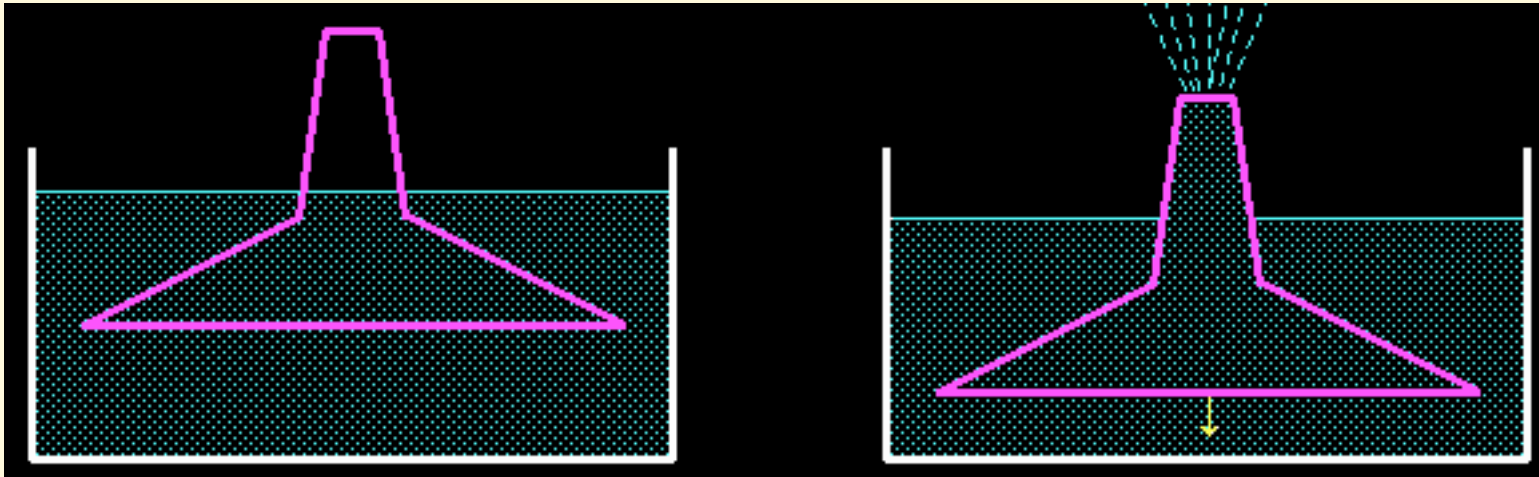
- Při ponoření nálevky jde o relativní proudění kapaliny z místa širšího průřezu trubice
- do užšího (rovnice kontinuity);
na úkor práce vykonané rukou držící nálevku.
 - Voda vystříkne, protože dojde k přeměně potenciální energie na kinetickou;
na úkor potenciální energie kapaliny.
 - Při ponoření nálevky jde o relativní proudění kapaliny z místa širšího průřezu trubice
do užšího (rovnice kontinuity);
na úkor potenciální energie kapaliny.

Vaše odpověď b)

je chybná! Vaše úvaha je chybná. Uvedený pohyb nálevky jde nahradit situací, kdy nálevka je v klidu a nádoba s kapalinou se pohybuje směrem nahoru!

V druhé části odpovědi přihlédněte k tomu, že proti pohybu nálevky působí odporující síla vody!

P4 Nálevka se nachází ponořena ve vodě v klidu. Voda sahá v nálevce i mimo ni do stejné výše (viz levý obrázek). Když nálevku z této polohy prudčeji ponoříme dolů, voda zúženou trubicí vystříkne (pravý obrázek).



Proč voda vystříkne a **na úkor jaké** energie získá vystřikující voda kinetickou energii?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- Při ponoření nálevky jde o relativní proudění kapaliny z místa širšího průřezu trubice
- do užšího (rovnice kontinuity);
na úkor práce vykonané rukou držící nálevku.
 - Voda vystříkne, protože dojde k přeměně potenciální energie na kinetickou;
na úkor potenciální energie kapaliny.
 - Při ponoření nálevky jde o relativní proudění kapaliny z místa širšího průřezu trubice
do užšího (rovnice kontinuity);
na úkor potenciální energie kapaliny.

Vaše odpověď c)

je chybná! Vaše odpověď je částečně správná. Dobře jste pochopili příčinu vystříknutí vody (proudění kapaliny splňující rovnici kontinuity).

Druhá část odpovědi je chybná. Uvažte, že při pohybu nálevky (ponožování) působí síly odporu prostředí (vody).

P5 Výraz $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ v Bernoulliově rovnici pro proudění kapaliny ve vodorovném potrubí představuje:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) kinetickou energii kapaliny;
- b) tlakovou energii kapaliny;
- c) kinetickou energii objemové jednotky kapaliny.

[Osnova programu](#)

[IDEÁLNÍ kapalina](#)

[P1](#) [P2](#) [P3](#)

[tlaková energie](#) [P4](#)

[P5](#) [P6](#) [P7](#)

[P8](#) [P9](#)

[Podtlak](#) [P10](#)

[REÁLNÁ kapalina](#)

[P11](#) [P12](#) [P13](#)

[Skok](#) [ZPĚT](#)

[Konec](#)

[Acrobat Reader](#)

[zobrazení jediné stránky](#)

[zobrazení ikon \[F8\]](#)

[nabídka \[F9\]](#)

[celá obrazovka \[Ctrl\]+\[L\]](#)

P5 Výraz $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ v Bernoulliově rovnici pro proudění kapaliny ve vodorovném potrubí představuje:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) kinetickou energii kapaliny;
- b) tlakovou energii kapaliny;
- c) kinetickou energii objemové jednotky kapaliny.

Vaše odpověď a) kinetickou energii kapaliny

je chybná! Kinetická energie kapaliny o hmotnosti m , která proudí rychlostí v je dána vztahem

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

V otázce je však vztah $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$. Uvažte, jaký je vztah mezi hmotností a hustotou.

P5 Výraz $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ v Bernoulliově rovnici pro proudění kapaliny ve vodorovném potrubí představuje:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) kinetickou energii kapaliny;
- b) tlakovou energii kapaliny;
- c) kinetickou energii objemové jednotky kapaliny.

Vaše odpověď b) tlakovou energii kapaliny

je chybná! Vaše odpověď je zcela chybná. Tlaková energie souvisí s tlakem v daném místě kapaliny.

[Osnova programu](#)

[IDEÁLNÍ kapalina](#)

[P1](#) [P2](#) [P3](#)

[tlaková energie](#) [P4](#)

[P5](#) [P6](#) [P7](#)

[P8](#) [P9](#)

[Podtlak](#) [P10](#)

[REÁLNÁ kapalina](#)

[P11](#) [P12](#) [P13](#)

[Skok](#) [ZPĚT](#)

[Konec](#)

Acrobat Reader

[zobrazení jediné stránky](#)

[zobrazení ikon \[F8\]](#)

[nabídka \[F9\]](#)

[celá obrazovka \[Ctrl\]+\[L\]](#)

P5 Výraz $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ v Bernoulliově rovnici pro proudění kapaliny ve vodorovném potrubí představuje:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) kinetickou energii kapaliny;
- b) tlakovou energii kapaliny;
- c) kinetickou energii objemové jednotky kapaliny.

Vaše odpověď c) kinetickou energii objemové jednotky kapaliny

je správná! Kinetická energie kapaliny o hmotnosti m , která proudí rychlostí v je dána vztahem

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Protože $m = \rho \cdot V$ (kde ρ je hustota a V objem kapaliny), platí:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V \cdot v^2$$

$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$ je pak kinetická energie objemové jednotky.

P6 Která z následujících rovnic vyjadřuje **Bernoulliovu rovnici** pro proudící kapalinu vodorovným potrubím znázorněným na obrázku?



Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $p_1 + h_1 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + h_2 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$
- b) $p_1 + m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = \text{konst.}$
- c) $p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

Osnova programu

IDEÁLNÍ kapalina

P1 P2 P3

tlaková energie P4

P5 P6 P7

P8 P9

Podtlak P10

REÁLNÁ kapalina

P11 P12 P13

Skok ZPĚT

Konec

Acrobat Reader

zobrazení jediné stránky

zobrazení ikon [F8]

nabídka [F9]

celá obrazovka [Ctrl]+[L]

P6 Která z následujících rovnic vyjadřuje Bernoulliovu rovnici pro proudící kapalinu vodorovným potrubím znázorněným na obrázku?



Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

a) $p_1 + h_1 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + h_2 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

b) $p_1 + \rho \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = \text{konst.}$

c) $p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

Vaše odpověď a) $p_1 + h_1 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + h_2 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

je chybná! Vámi zvolená odpověď je Bernoulliova rovnice (její obecný tvar) pro proudění ideální kapaliny trubicí, která je skloněna v zemském gravitačním poli.

Člen $h \cdot \rho \cdot g$ vyjadřuje potenciální energii objemové jednotky kapaliny, která je dána působením tíhového pole Země.

P6 Která z následujících rovnic vyjadřuje **Bernoulliovu rovnici** pro proudící kapalinu vodorovným potrubím znázorněným na obrázku?



Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

a) $p_1 + h_1 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + h_2 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

b) $p_1 + m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = \text{konst.}$

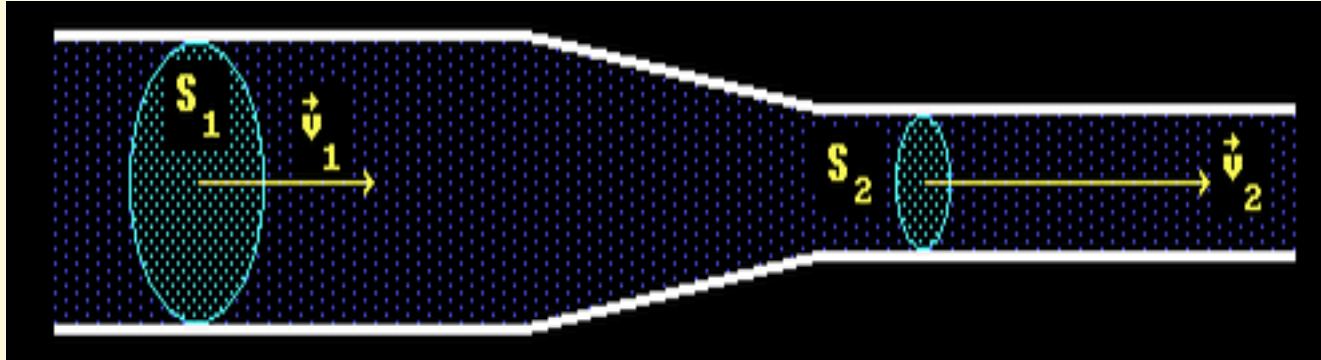
c) $p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

Vaše odpověď b) $p_1 + m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = \text{konst.}$

je chybná! Vámi zvolená odpověď je zcela chybná, neboť jednotlivé členy v rovnici mají různé jednotky.

První (p_1) a třetí člen ($\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2$) vyjadřují energii objemové jednotky kapaliny, ale druhý člen ($m \cdot g \cdot h$) potenciální energii libovolného množství kapaliny o hmotnosti m .

P6 Která z následujících rovnic vyjadřuje Bernoulliovu rovnici pro proudící kapalinu vodorovným potrubím znázorněným na obrázku?



Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

a) $p_1 + h_1 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + h_2 \cdot \rho \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

b) $p_1 + m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = \text{konst.}$

c) $p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

Vaše odpověď c) $p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$

je správná! Bernoulliova rovnice vyjadřuje zákon zachování mechanické energie. V případě proudění ideální kapaliny ve vodorovné trubici je celková mechanická energie objemové jednotky součtem tlakové energie a kinetické energie, to znamená, že platí:

$$p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.}$$

Dále - Next

P7 Vodorovnou trubicí proměnného průřezu proudí kapalina a v ní jsou vzduchové bubliny. **Pokud prochází taková bublina zúženou částí trubice, její průměr**

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) se zvětší;
- b) se zmenší;
- c) zůstane stejný.

Osnova programu

IDEÁLNÍ kapalina

P1 P2 P3

tlaková energie P4

P5 P6 P7

P8 P9

Podtlak P10

REÁLNÁ kapalina

P11 P12 P13

Skok ZPĚT

Konec

Acrobat Reader

zobrazení jediné stránky

zobrazení ikon [F8]

nabídka [F9]

celá obrazovka [Ctrl]+[L]

P7 Vodorovnou trubicí proměnného průřezu proudí kapalina a v ní jsou vzduchové bubliny. **Pokud prochází taková bublina zúženou částí trubice, její průměr**

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) se zvětší;
- b) se zmenší;
- c) zůstane stejný.

Vaše odpověď a) se zvětší

je správná! Podle rovnice kontinuity (spojitosti) se ve zúžené části trubice zvětší rychlost.

Z Bernoulliovy rovnice vyplývá, že v tom místě, kde se zvětší rychlost, poklesne tlak.

To znamená, že průměr bubliny se zvětší.

P7 Vodorovnou trubicí proměnného průřezu proudí kapalina a v ní jsou vzduchové bubliny. **Pokud prochází taková bublina zúženou částí trubice, její průměr**

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) se zvětší;
- b) se zmenší;
- c) zůstane stejný.

Vaše odpověď b) se zmenší

je chybná! Uvažte, že pro proudící kapalinu platí rovnice kontinuity (spojitosti)

$$S \cdot v = \text{konst.},$$

která vyjadřuje vztah mezi rychlostí proudění kapaliny a průřezem trubice a také Bernoulliova rovnice

$$p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.},$$

ze které lze usoudit, jak se mění tlak v proudící kapalině.

P7 Vodorovnou trubicí proměnného průřezu proudí kapalina a v ní jsou vzduchové bubliny. **Pokud prochází taková bublina zúženou částí trubice, její průměr**

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) se zvětší;
- b) se zmenší;
- c) zůstane stejný.

Vaše odpověď c) zůstane stejný

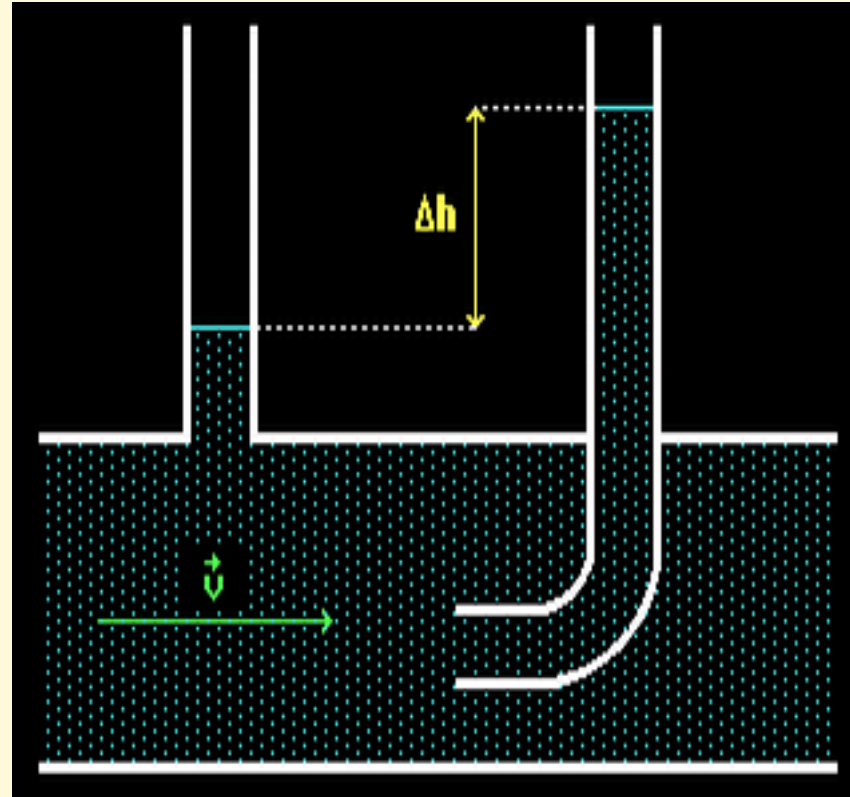
je chybná! Uvažte, že pro proudící kapalinu platí rovnice kontinuity (spojitosti)

$$S \cdot v = \text{konst.},$$

která vyjadřuje vztah mezi rychlostí proudění kapaliny a průřezem trubice a také Bernoulliova rovnice

$$p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.},$$

ze které lze usoudit, jak se mění tlak v proudící kapalině.



P8 Na obrázku je znázorněna **Pitotova trubice**, která slouží k určení rychlosti proudící kapaliny. Zvětší-li se rozdíl výšek v obou trubicích Δh čtyřikrát, znamená to, že **rychlost proudící kapaliny**

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) nelze určit,
potřebujeme znát hustotu proudící kapaliny;
- b) je dvakrát větší;
- c) je čtyřikrát větší.

Osnova programu

IDEÁLNÍ kapalina

P1 P2 P3

tlačková energie P4

P5 P6 P7

P8 P9

Podtlak P10

REÁLNÁ kapalina

P11 P12 P13

Skok ZPĚT

Konec

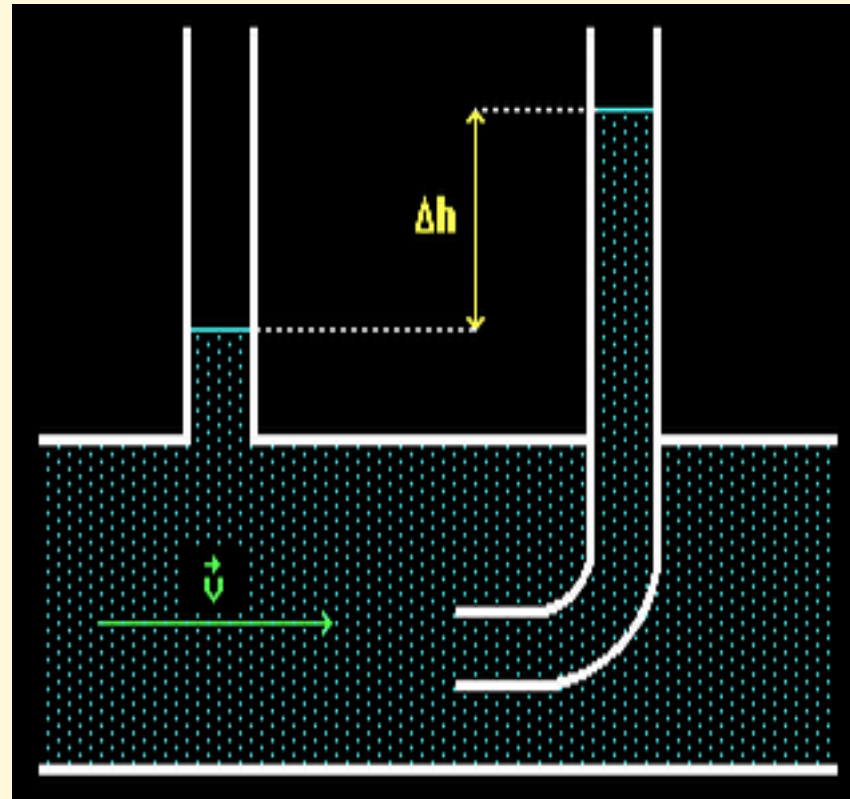
Acrobat Reader

zobrazení jediné stránky

zobrazení ikon [F8]

nabídka [F9]

celá obrazovka [Ctrl]+[L]



P8 Na obrázku je znázorněna **Pitotova trubice**, která slouží k určení rychlosti proudící kapaliny. Zvětší-li se rozdíl výšek v obou trubicih Δh čtyřikrát, znamená to, že **rychlost proudící kapaliny**

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) nelze určit, potřebujeme znát hustotu proudící kapaliny;
- b) je dvakrát větší;
- c) je čtyřikrát větší.

Vaše odpověď a) nelze určit, potřebujeme znát hustotu proudící kapaliny;

je chybná! Zahnutá manometrická trubice měří tlak p_2 v kapalině v klidu a rovná měří tlak p_1 v kapalině proudící rychlostí v . Ze zákona zachování mechanické energie (Bernoulliovy rovnice) plyne:

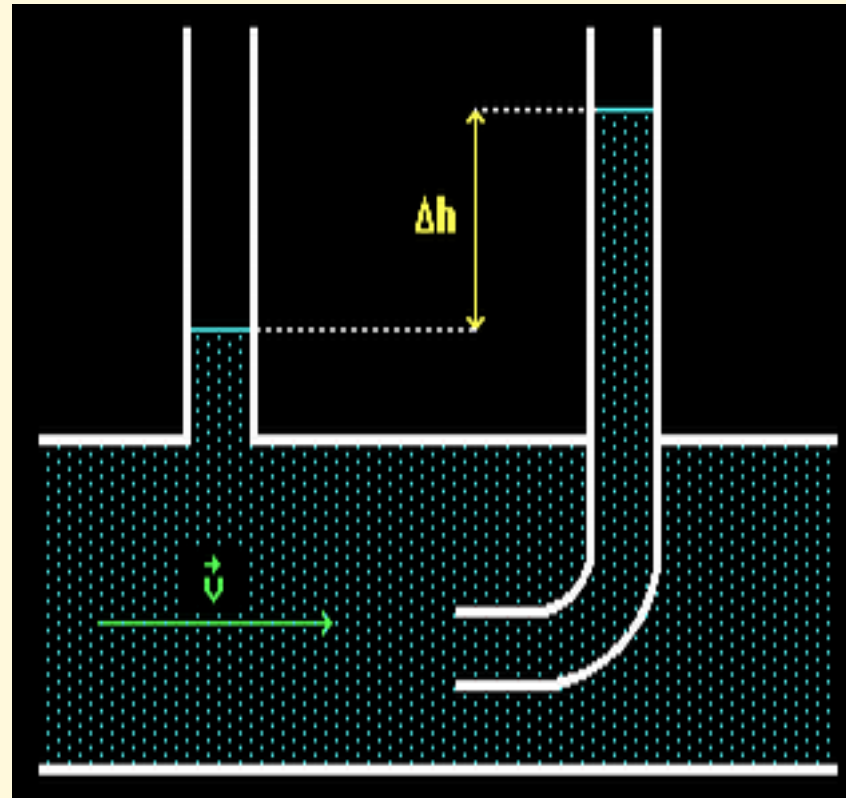
$$p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = p_2 .$$

Jestliže si uvědomíte, že hodnoty p_1 a p_2 jsou určeny výškou sloupců kapaliny h_1 a h_2 , snadno vypočtete, jak závisí rychlost v na rozdílu $\Delta h = h_2 - h_1$.

P8 Na obrázku je znázorněna **Pitotova trubice**, která slouží k určení rychlosti proudící kapaliny. Zvětší-li se rozdíl výšek v obou trubicích Δh čtyřikrát, znamená to, že **rychlost proudící kapaliny**

Úkol: Označte myši z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) nelze určit, potřebujeme znát hustotu proudící kapaliny;
- b) je dvakrát větší;
- c) je čtyřikrát větší.



Vaše odpověď b) je dvakrát větší

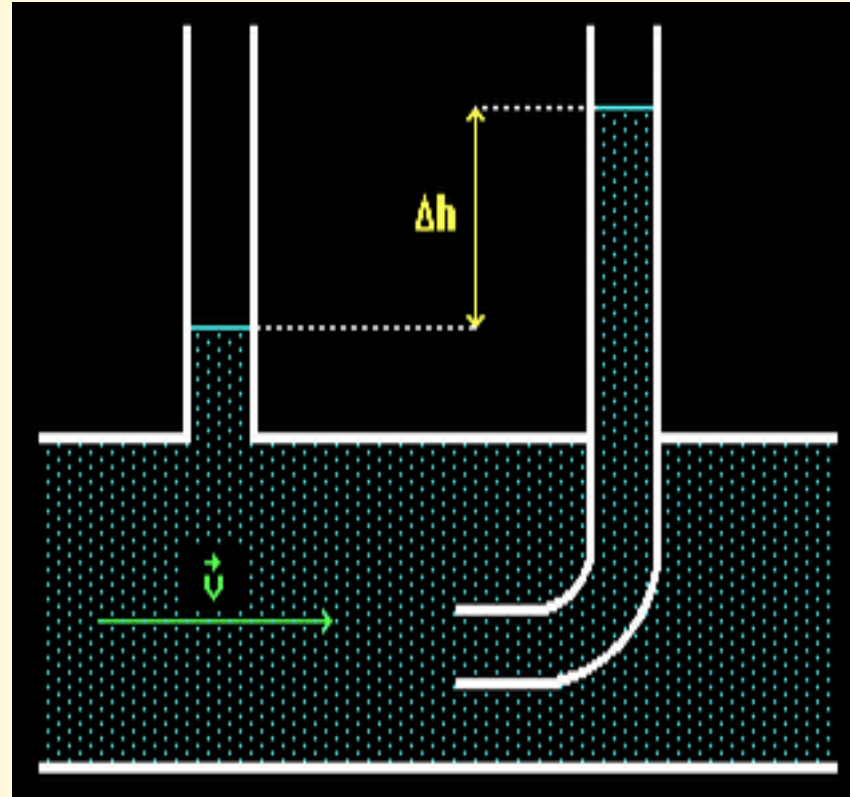
je správná! První manometrická trubice (nezahnutá) registruje hodnotu tlaku p_1 (odpovídající tlakové energii objemové jednotky) v kapalině proudící rychlostí v a druhá (zahnutá proti směru proudění) registruje tlak p_2 v kapalině v klidu (odpovídající celkové mechanické energii objemové jednotky). Z Bernoulliovy rovnice pak plyne:

$$p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = p_2, \quad \text{odkud po úpravě dostáváme:}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_2 - p_1)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (h_2 \cdot \rho \cdot g - h_1 \cdot \rho \cdot g)}{\rho}} = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_2 - h_1)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}.$$

Jestliže se Δh zvětší čtyřikrát, rychlost v se zvětší dvakrát.

Dále - Next



P8 Na obrázku je znázorněna **Pitotova trubice**, která slouží k určení rychlosti proudící kapaliny. Zvětší-li se rozdíl výšek v obou trubicích Δh čtyřikrát, znamená to, že **rychlost proudící kapaliny**

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) nelze určit, potřebujeme znát hustotu proudící kapaliny;
- b) je dvakrát větší;
- c) je čtyřikrát větší.

Vaše odpověď c) je čtyřikrát větší

je chybná! Zahnutá manometrická trubice měří tlak p_2 v kapalině v klidu a rovná měří tlak p_1 v kapalině proudící rychlostí v . Ze zákona zachování mechanické energie (Bernoulliovy rovnice) plyne:

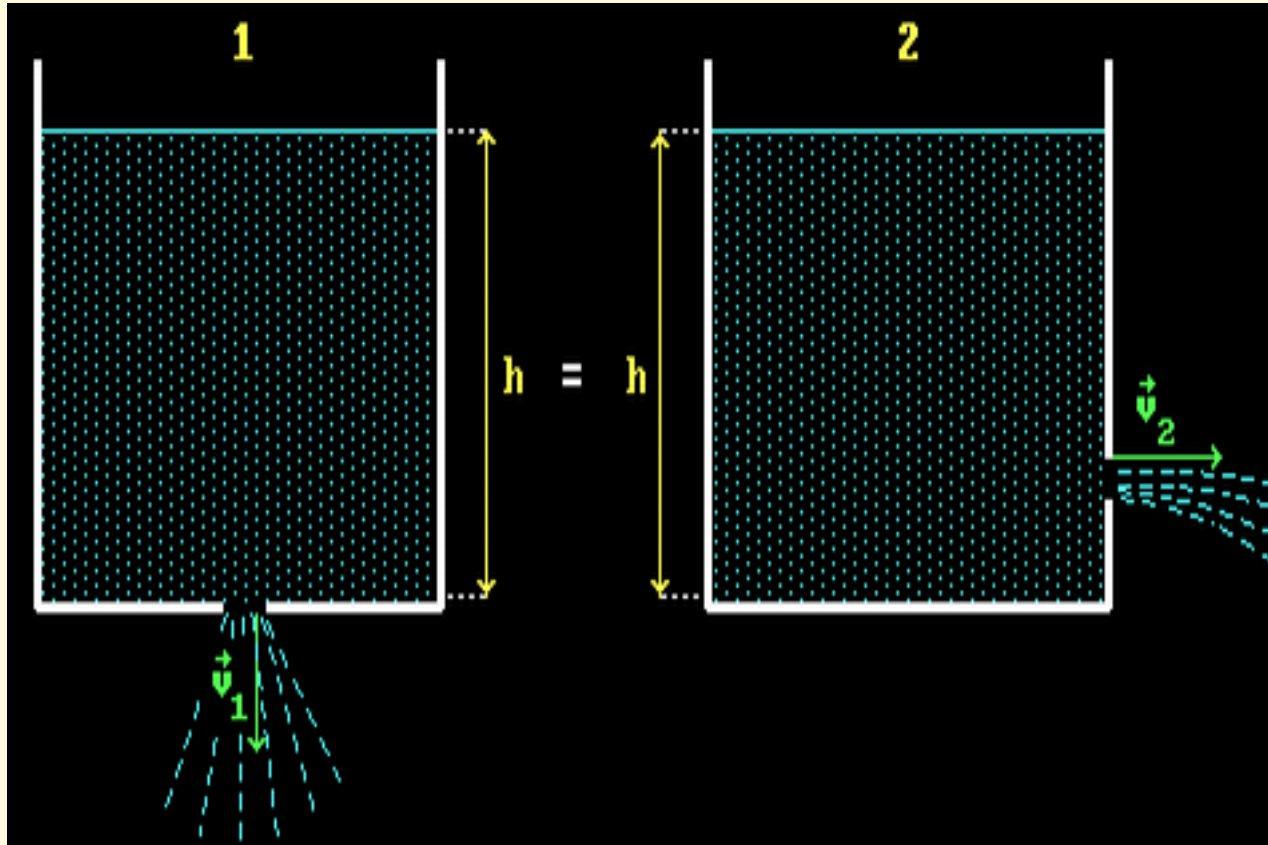
$$p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = p_2 .$$

Jestliže si uvědomíte, že hodnoty p_1 a p_2 jsou určeny výškou sloupců kapaliny h_1 a h_2 , snadno vypočtete, jak závisí rychlost v na rozdílu $\Delta h = h_2 - h_1$.

P9 Kapalina vytéká otvory z nádob znázorněných na obrázcích **1** a **2**. Za předpokladu, že na volnou hladinu kapaliny i na vytékající kapalinu působí jen atmosférický tlak, **platí pro výtokové rychlosti**:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $v_1 = v_2$;
- b) $v_1 > v_2$;
- c) $v_1 < v_2$.



s využitím programu

[L^AT_EX](#) a [pdfscreen](#)

Miroslav KOMÁREK
Rudolf SCHWARZ

Brno 2007 –38

Osnova programu

IDEÁLNÍ kapalina

P1 P2 P3

tlaková energie P4

P5 P6 P7

P8 P9

Podtlak P10

REÁLNÁ kapalina

P11 P12 P13

Skok ZPĚT

Konec

Acrobat Reader

zobrazení jediné stránky

zobrazení ikon [F8]

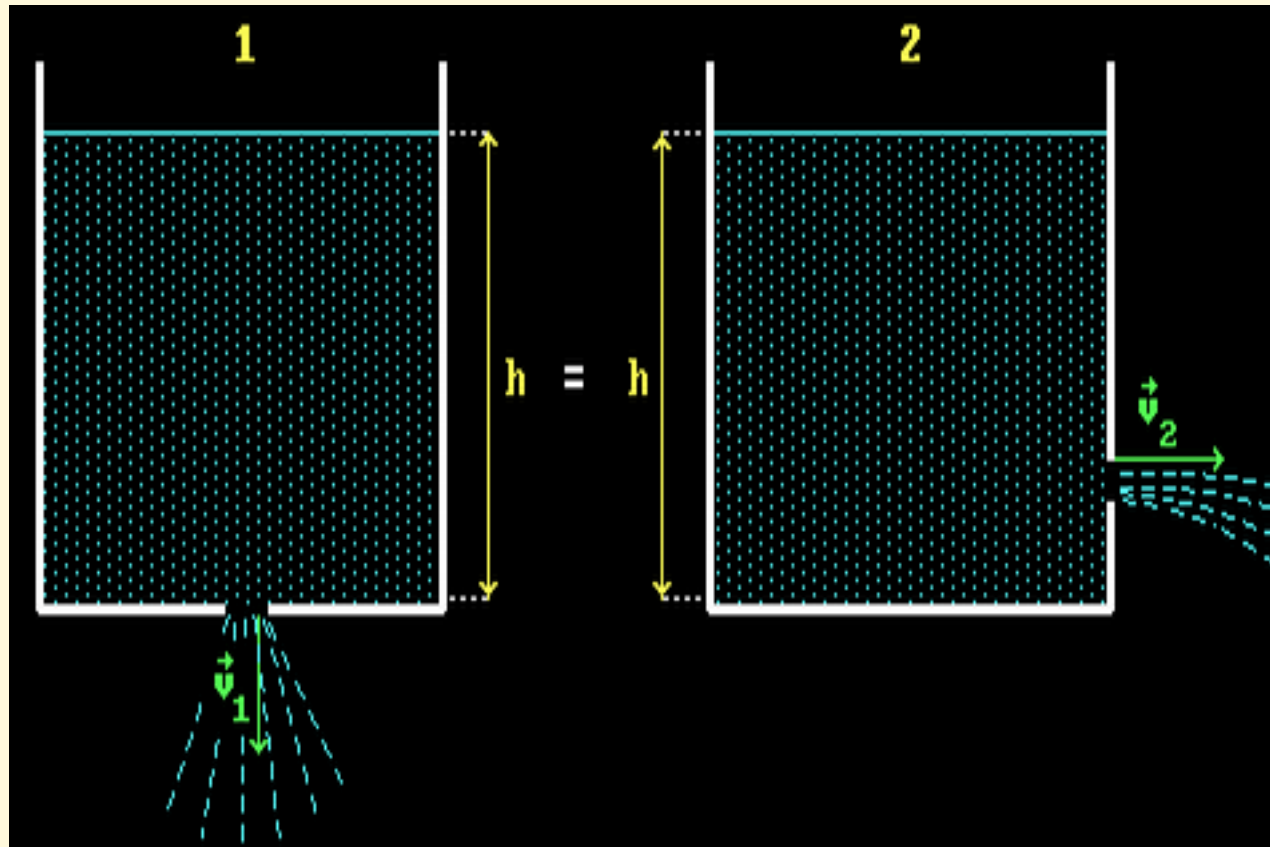
nabídka [F9]

celá obrazovka [Ctrl]+[L]

P9 Kapalina vytéká otvory z nádob znázorněných na obrázcích **1** a **2**. Za předpokladu, že na volnou hladinu kapaliny i na vytékající kapalinu působí jen atmosférický tlak, **platí pro výtokové rychlosti**:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $v_1 = v_2$;
 b) $v_1 > v_2$;
 c) $v_1 < v_2$.



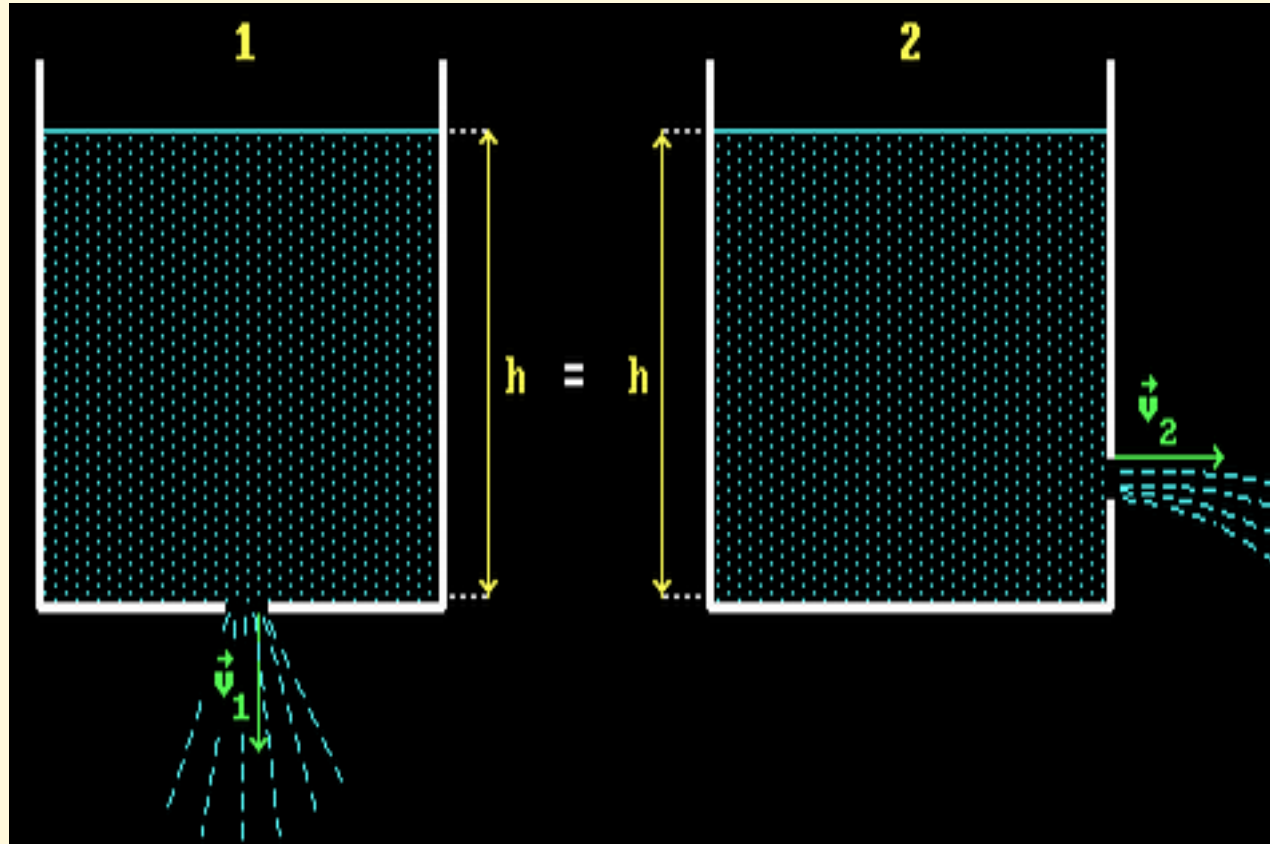
Vaše odpověď a) $v_1 = v_2$

je chybná! Při volbě správné odpovědi vyjděte z úvahy, že **TLAKOVÁ (POTENCIÁLNÍ) ENERGIE** objemové jednotky kapaliny v nádobě u výtokového otvoru **SE ZCELA MĚNÍ** (předpokládáme, že rychlost proudění uvnitř nádoby je zanedbatelná) **V KINETICKOU ENERGIÍ** vytékající kapaliny. Sestavte Bernoulliovu rovnici. Při jejím zápisu přihlédněte k předpokladu, že na volnou hladinu kapaliny v nádobě i na vytékající kapalinu působí stejný atmosférický tlak.

P9 Kapalina vytéká otvory z nádob znázorněných na obrázcích **1** a **2**. Za předpokladu, že na volnou hladinu kapaliny i na vytékající kapalinu působí jen atmosférický tlak, **platí pro výtokové rychlosti:**

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $v_1 = v_2$;
- b) $v_1 > v_2$;
- c) $v_1 < v_2$.



Vaše odpověď b) $v_1 > v_2$

je správná! V nádobě u výtokového otvoru je tlak $p_0 + p$, kde p_0 je atmosférický tlak a p hydrostatický tlak. Rychlost proudění uvnitř nádoby je zanedbatelná. Vně nádoby je u výtokového otvoru tlak p_0 a kapalina proudí rychlostí v . Dosadíme-li do Bernoulliovy rovnice, dostaneme: $p_0 + p = p_0 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$. Po úpravách pak

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot p}{\rho}}. \text{ Protože } p = h \cdot \rho \cdot g, \text{ platí } v = \sqrt{2 \cdot h \cdot g},$$

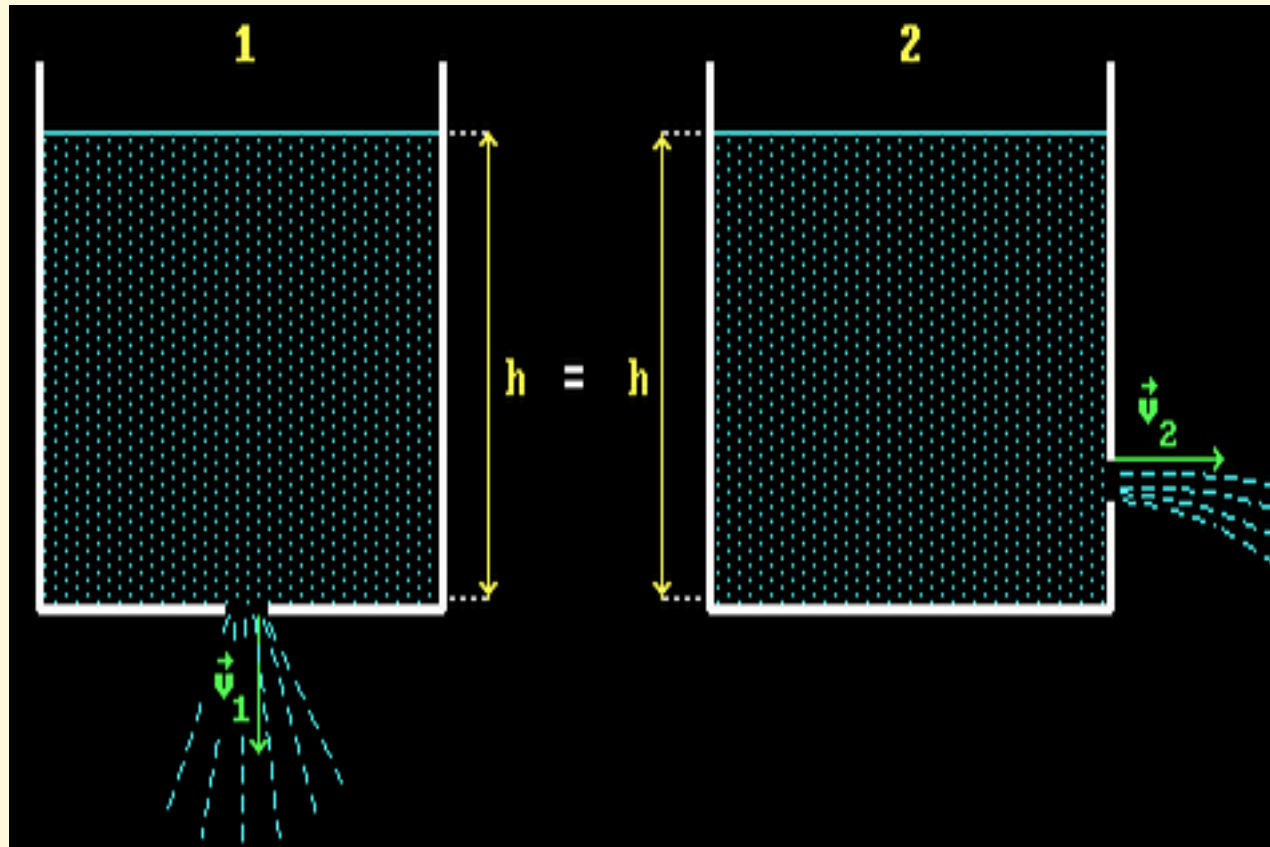
kde h je vzdálenost výtokového otvoru od volné hladiny. Výtokový otvor na obr. **1** je ve větší hloubce, proto $v_1 > v_2$.

[Dále - Next](#)

P9 Kapalina vytéká otvory z nádob znázorněných na obrázcích **1** a **2**. Za předpokladu, že na volnou hladinu kapaliny i na vytékající kapalinu působí jen atmosférický tlak, **platí pro výtokové rychlosti**:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) $v_1 = v_2$;
 b) $v_1 > v_2$;
 c) $v_1 < v_2$.

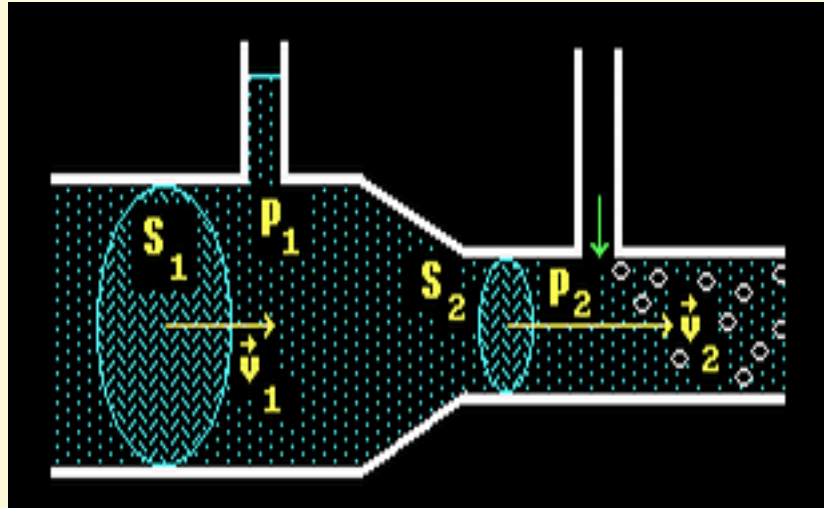


Vaše odpověď c) $v_1 < v_2$

je chybná! Při volbě správné odpovědi vyjděte z úvahy, že **TLAKOVÁ (POTENCIÁLNÍ) ENERGIE** objemové jednotky kapaliny v nádobě u výtokového otvoru **SE ZCELA MĚNÍ** (předpokládáme, že rychlost proudění uvnitř nádoby je zanedbatelná) **V KINETICKOU ENERGIÍ** vytékající kapaliny. Sestavte Bernoulliovu rovnici. Při jejím zápisu přihlédněte k předpokladu, že na volnou hladinu kapaliny v nádobě i na vytékající kapalinu působí stejný atmosférický tlak.

Podtlak

Mění-li se průřez vodorovné trubice, mění se i rychlost proudící kapaliny i tlak. Pro kapalinu proudící trubicí (znázorněnou na obrázku)



platí z Bernoulliovy rovnice

$$p_2 = p_1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_2^2 - v_1^2) .$$

Je-li průřez S_2 velmi úzký, může vzrůst rychlost v_2 tak, že tlak p_2 v tomto místě má znaménko mínus, to znamená, že tu vznikne **PODTLAK**. Dojde k nasávání vzduchu.

Využití tohoto jevu: **vodní vývěva**, **rozprašovač** (fixírka), **Bunsenův kahan**, **karburátor** apod.

P10 Rychlý sportovní člun předjížděl v malé vzájemné vzdálenosti remorkér. Přitom došlo k jejich boční srážce.
Kdo zavinil srážku?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) Sportovní člun.
- b) Remorkér.
- c) Ani jedna z lodí, neboť příčinou srážky byly okolnosti, které nemohly ovlivnit.

[Osnova programu](#)

[IDEÁLNÍ kapalina](#)

[P1](#) [P2](#) [P3](#)

[tlaková energie](#) [P4](#)

[P5](#) [P6](#) [P7](#)

[P8](#) [P9](#)

[Podtlak](#) [P10](#)

[REÁLNÁ kapalina](#)

[P11](#) [P12](#) [P13](#)

[Skok](#) [ZPĚT](#)

[Konec](#)

Acrobat Reader

[zobrazení jediné stránky](#)

[zobrazení ikon \[F8\]](#)

[nabídka \[F9\]](#)

[celá obrazovka \[Ctrl\]+\[L\]](#)

P10 Rychlý sportovní člun předjížděl v malé vzájemné vzdálenosti remorkér. Přitom došlo k jejich boční srážce.
Kdo zavinil srážku?

Úkol: Označte myši z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) Sportovní člun.
- b) Remorkér.
- c) Ani jedna z lodí, neboť příčinou srážky byly okolnosti, které nemohly ovlivnit.

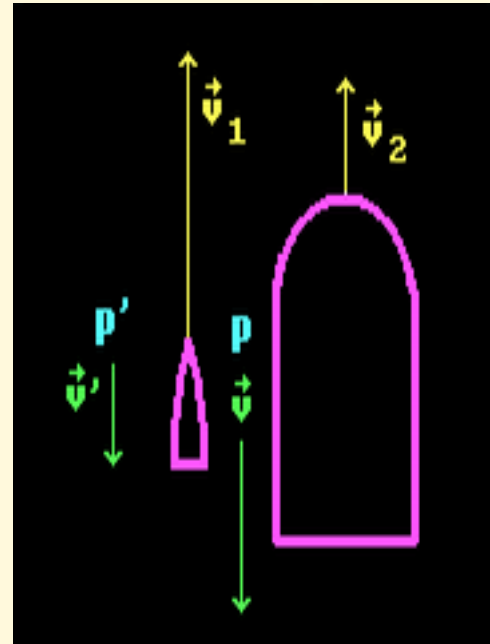
Vaše odpověď a) Sportovní člun

je správná! Srážku zavinil kormidelník sportovního člunu, neboť měl předjíždět remorkér ve větší vzájemné vzdálenosti.

Lodě, které se míjejí větší rychlostí při malé vzájemné vzdálenosti, se přitom k sobě přibližují.

Rychlost proudění \mathbf{v} mezi loděmi je větší než rychlost proudění \mathbf{v}' na vnější straně, neboť mezi loděmi je „**zúžená trubice**“.

Zde je tlak p menší než tlak p' na vnější straně a proto se lodě mohou bočně srazit.



P10 Rychlý sportovní člun předjížděl v malé vzájemné vzdálenosti remorkér. Přitom došlo k jejich boční srážce.
Kdo zavinil srážku?

Úkol: Označte myši z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) Sportovní člun.
- b) Remorkér.
- c) Ani jedna z lodí, neboť příčinou srážky byly okolnosti, které nemohly ovlivnit.

Vaše odpověď b) Remorkér

je chybná! Když se lodě míjejí větší rychlostí v malé vzdálenosti, je rychlost proudění vody mezi loděmi větší než rychlost proudění vody na vnější straně. Uvažte, jak souvisí rychlost proudění s tlakem v daném místě.

P10 Rychlý sportovní člun předjížděl v malé vzájemné vzdálenosti remorkér. Přitom došlo k jejich boční srážce.
Kdo zavinil srážku?

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

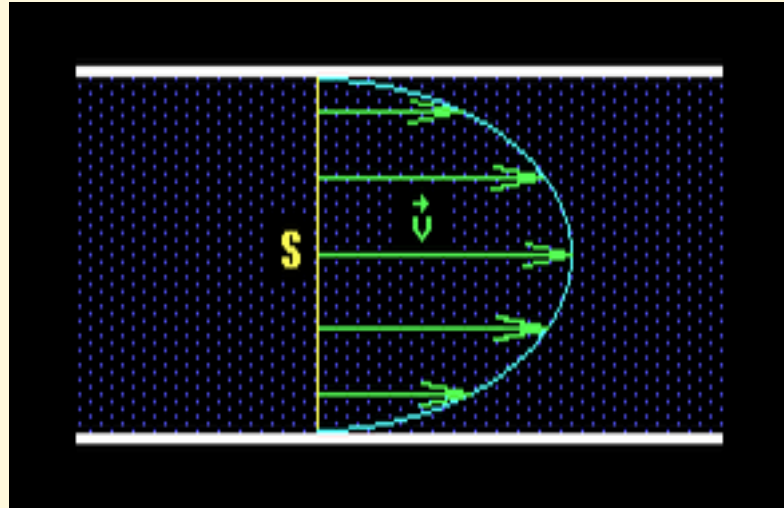
- a) Sportovní člun.
- b) Remorkér.
- c) Ani jedna z lodí, neboť příčinou srážky byly okolnosti, které nemohly ovlivnit.

Vaše odpověď c) Ani jedna z lodí

je chybná! Když se lodě míjejí větší rychlostí v malé vzdálenosti, je rychlost proudění vody mezi loděmi větší než rychlost proudění vody na vnější straně. Uvažte, jak souvisí rychlost proudění s tlakem v daném místě.

SKUTEČNÁ (REÁLNÁ) kapalina

Skutečná kapalina má **VNITŘNÍ TŘENÍ**, které má původ ve vzájemném silovém působení částic kapaliny. Vlivem vnitřního tření se část tlakové energie mění na vnitřní energii poudící kapaliny.



Při představě proudící kapaliny (malou rychlostí) rozdělené na vrstvy vidíme (viz obrázek), že mezní vrstva kapaliny, která přiléhá ke stěnám, je v klidu a další vrstvy směrem k ose trubice mají rychlost stále větší. V ose trubice je rychlost částic největší.

[Dále – Next](#)

[Osnova programu](#)

[IDEÁLNÍ kapalina](#)

[P1](#) [P2](#) [P3](#)

[tlaková energie](#) [P4](#)

[P5](#) [P6](#) [P7](#)

[P8](#) [P9](#)

[Podtlak](#) [P10](#)

[REÁLNÁ kapalina](#)

[P11](#) [P12](#) [P13](#)

[Skok](#) [ZPĚT](#)

[Konec](#)

[Acrobat Reader](#)

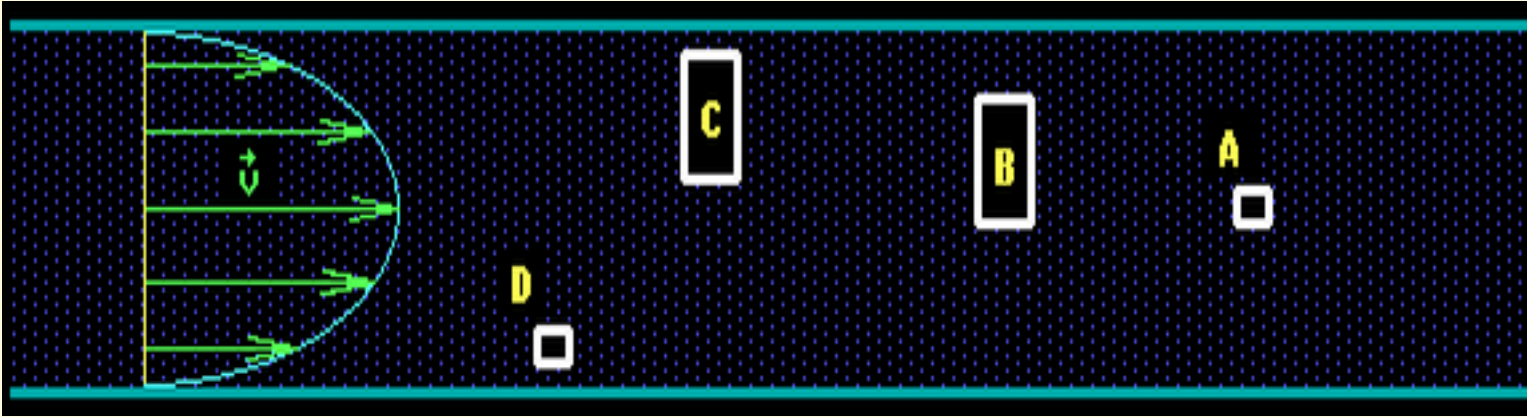
[zobrazení jediné stránky](#)

[zobrazení ikon \[F8\]](#)

[nabídka \[F9\]](#)

[celá obrazovka \[Ctrl\]+\[L\]](#)

P11 Po klidné, hluboké a přímé řece plavou kry ledu **A**, **B**, **C** a **D** (viz obrázek).

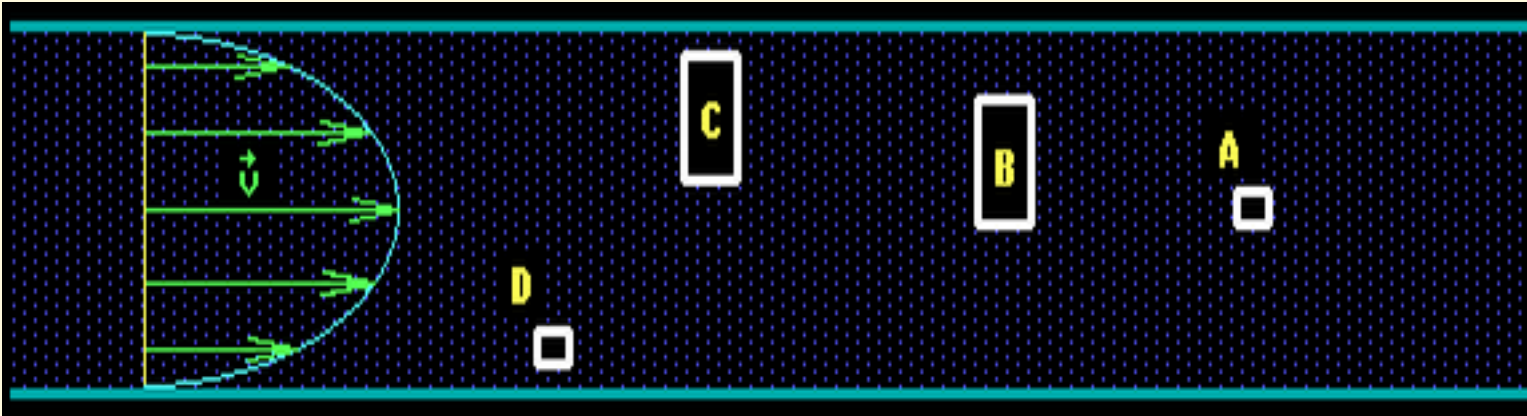


Pro vzdálenosti mezi jednotlivými krami platí:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- Mezi všemi bude stále stejná vzdálenost.
- Stále stejná vzdálenost bude mezi krami **A** a **B**.
- Vzdálenosti mezi všemi krami se budou měnit.

P11 Po klidné, hluboké a přímé řece plavou kry ledu **A**, **B**, **C** a **D** (viz obrázek).



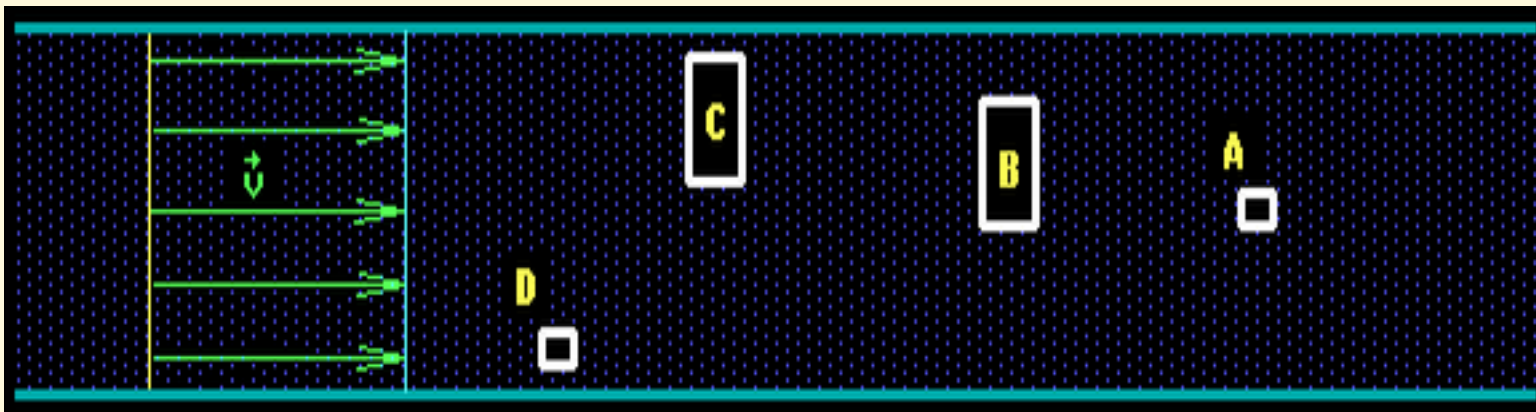
Pro vzdálenosti mezi jednotlivými krami platí:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) Mezi všemi bude stále stejná vzdálenost.
- b) Stále stejná vzdálenost bude mezi krami **A** a **B**.
- c) Vzdálenosti mezi všemi krami se budou měnit.

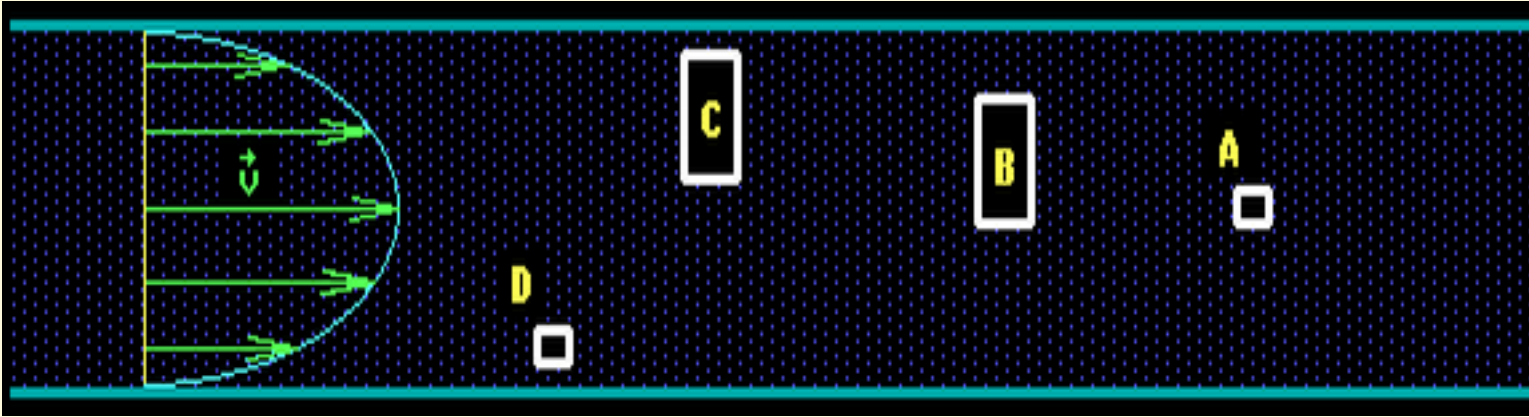
Vaše odpověď a) Mezi všemi bude stále stejná vzdálenost

je chybná! Tato odpověď by byla správná, pokud by se jednalo o proudění ideální kapaliny (viz obrázek).



Ze zadání vyplývá, že se jedná o laminární proudění skutečné kapaliny. Bude se tedy měnit rychlost proudění jednotlivých vrstev směrem od břehu ke středu řeky.

P11 Po klidné, hluboké a přímé řece plavou kry ledu **A**, **B**, **C** a **D** (viz obrázek).



Pro vzdálenosti mezi jednotlivými krami platí:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

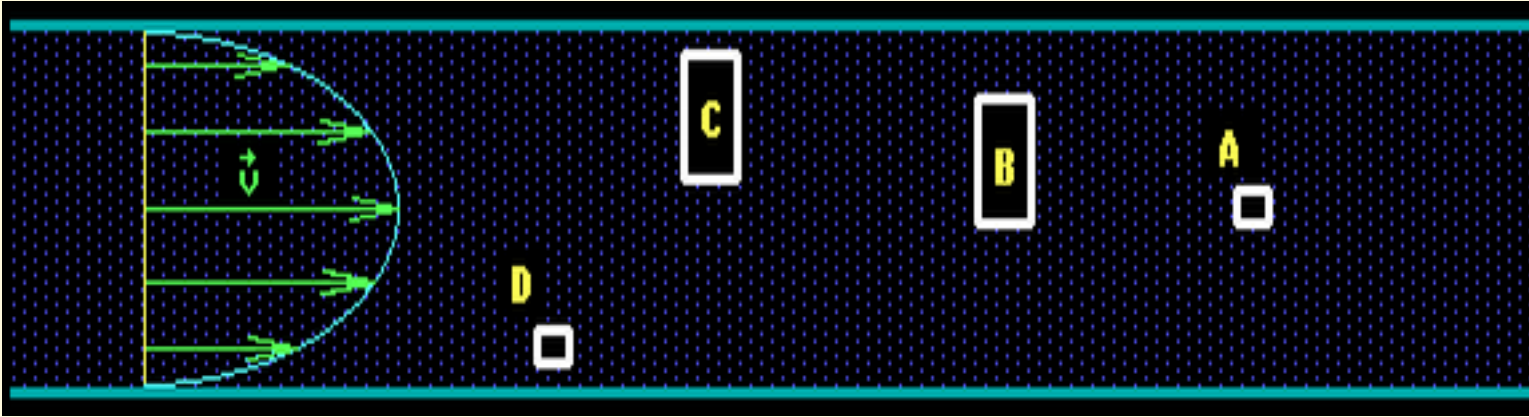
- a) Mezi všemi bude stále stejná vzdálenost.
- b) Stále stejná vzdálenost bude mezi krami **A** a **B**.
- c) Vzdálenosti mezi všemi krami se budou měnit.

Vaše odpověď b) Stále stejná vzdálenost bude mezi krami **A** a **B**

je chybná! Kry **A** a **B** se sice pohybují obě zhruba uprostřed řeky, ale okraj kry **B** zasahuje do vrstev vody, které se pohybují pomaleji. Tím dojde u kry **B** k brzdění a vlivem momentu brzdící síly se kra začne otáčet.

Vzdálenost mezi krami **A** a **B** se začne zvětšovat.

P11 Po klidné, hluboké a přímé řece plavou kry ledu **A**, **B**, **C** a **D** (viz obrázek).



Pro vzdálenosti mezi jednotlivými krami platí:

Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- Mezi všemi bude stále stejná vzdálenost.
- Stále stejná vzdálenost bude mezi krami **A** a **B**.
- Vzdálenosti mezi všemi krami se budou měnit.

Vaše odpověď c) Vzdálenosti mezi všemi krami se budou měnit

je správná! Proudění v řece můžeme považovat za laminární proudění skutečné kapaliny. Proto rychlosti proudění jednotlivých vrstev vody směrem od břehu ke středu řeky se budou zvětovat. Kra **A** se bude pohybovat nejrychleji a kra **D** nejpomaleji. Kry **B** a **C** se budou otáčet proti směru chodu hodinových ručiček, neboť jejich okraje zasahují do vrstev vody proudících různou rychlostí. Moment brzdící síly, která působí na horní okraj ker, je příčinou jejich otáčení.

P12 Vytéká-li voda z vodovodního kohoutku mírným proudem (malá rychlost proudění), pak se proud směrem dolů znatelně zužuje.

Je-li kohoutek dostatečně vysoko nad místem dopadu vody, může dojít rovněž ke **třepení** proudu vody v nejužším místě (viz obr.)

Vysvětlete tyto jevy!

Úkol: Označte myši z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) Zužování proudu odpovídá přeměně tlakové (potenciální) energie v kinetickou energii proudící vody.

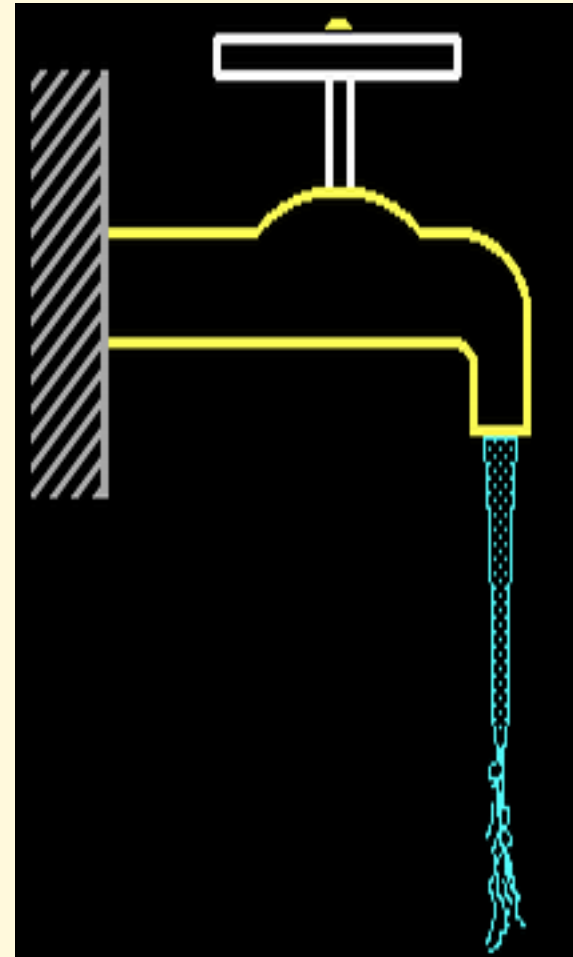
K třepení dojde v okamžiku, kdy se všechna potenciální energie přemění v kinetickou.

- b) Voda se pohybuje téměř volným pádem. Proto se její rychlost zvětšuje a podle rovnice kontinuity se musí zužovat průřez proudové trubice.

K třepení dojde v okamžiku, kdy se všechna potenciální energie přemění v kinetickou.

- c) Voda se pohybuje téměř volným pádem. Proto se její rychlost zvětšuje a podle rovnice kontinuity se musí zužovat průřez proudové trubice.

Třepení je způsobeno tím, že při určité velikosti rychlosti se proudění stává turbulentním (vířivým).



P12 Vytéká-li voda z vodovodního kohoutku mírným proudem (malá rychlost proudění), pak se proud směrem dolů znatelně zužuje.

Je-li kohoutek dostatečně vysoko nad místem dopadu vody, může dojít rovněž ke **třepení** proudu vody v nejužším místě (viz obr.)

Vysvětlete tyto jevy!

Úkol: Označte myši z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) Zužování proudu odpovídá přeměně tlakové (potenciální) energie v kinetickou energii proudící vody.

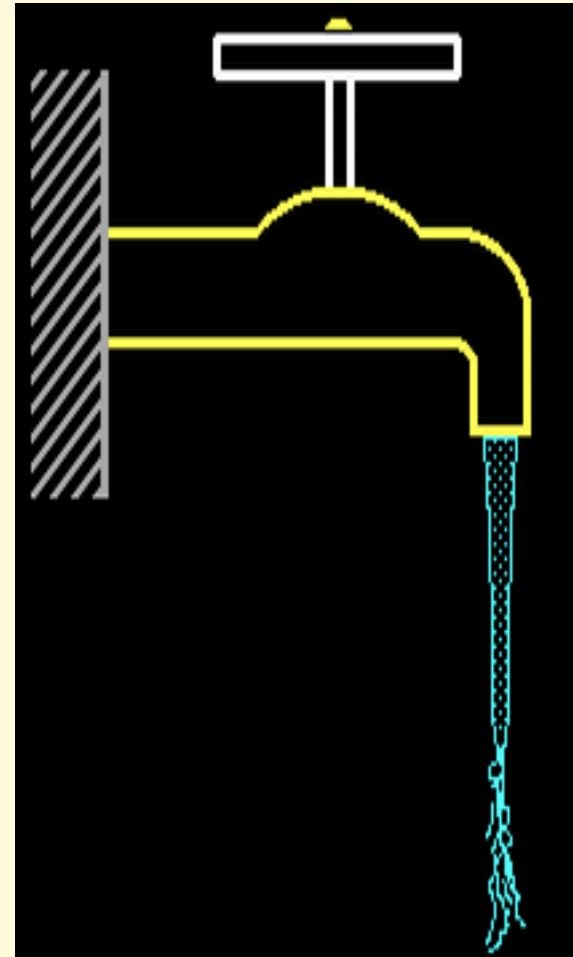
K třepení dojde v okamžiku, kdy se všechna potenciální energie přemění v kinetickou.

- b) Voda se pohybuje téměř volným pádem. Proto se její rychlost zvětšuje a podle rovnice kontinuity se musí zužovat průřez proudové trubice.

K třepení dojde v okamžiku, kdy se všechna potenciální energie přemění v kinetickou.

- c) Voda se pohybuje téměř volným pádem. Proto se její rychlost zvětšuje a podle rovnice kontinuity se musí zužovat průřez proudové trubice.

Třepení je způsobeno tím, že při určité velikosti rychlosti se proudění stává turbulentním (vířivým).



Vaše odpověď a)

je chybná! Dívejte se na vytékání vody z vodovodního kohoutku jako na ustálené proudění kapaliny. Rychlost proudění se stále zvětšuje směrem dolů a na její změně závisí některé vlastnosti proudící skutečné kapaliny.

P12 Vytéká-li voda z vodovodního kohoutku mírným proudem (malá rychlost proudění), pak se proud směrem dolů znatelně zužuje.

Je-li kohoutek dostatečně vysoko nad místem dopadu vody, může dojít rovněž ke **třepení** proudu vody v nejužším místě (viz obr.)

Vysvětlete tyto jevy!

Úkol: Označte myši z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) Zužování proudu odpovídá přeměně tlakové (potenciální) energie v kinetickou energii proudící vody.

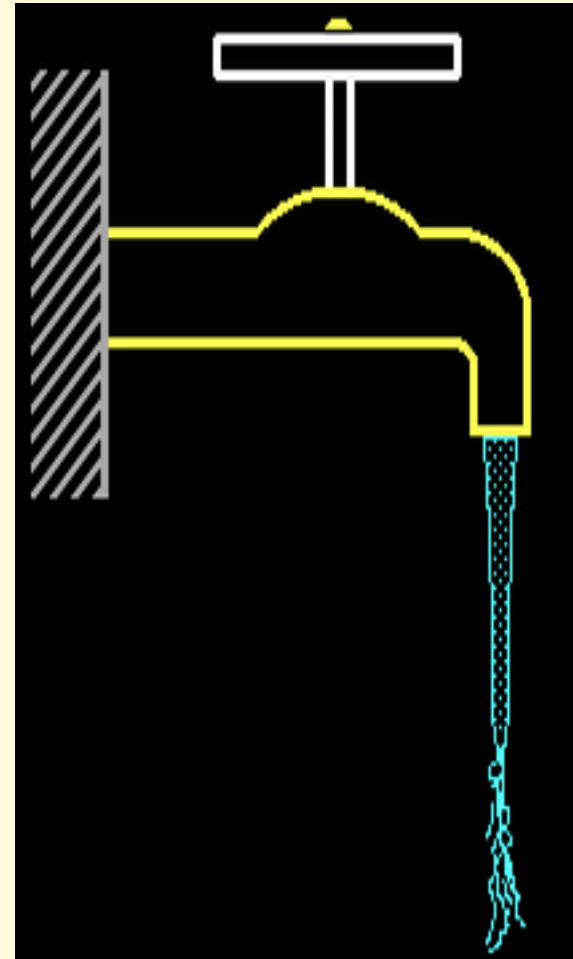
K třepení dojde v okamžiku, kdy se všechna potenciální energie přemění v kinetickou.

- b) Voda se pohybuje téměř volným pádem. Proto se její rychlost zvětšuje a podle rovnice kontinuity se musí zužovat průřez proudové trubice.

K třepení dojde v okamžiku, kdy se všechna potenciální energie přemění v kinetickou.

- c) Voda se pohybuje téměř volným pádem. Proto se její rychlost zvětšuje a podle rovnice kontinuity se musí zužovat průřez proudové trubice.

Třepení je způsobeno tím, že při určité velikosti rychlosti se proudění stává turbulentním (vířivým).



Vaše odpověď b)

je chybná! První část odpovědi je správná, neboť proudovou trubicí proměnného průřezu ustáleně proudí skutečná kapalina, pro kterou platí rovnice kontinuity $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$ (proudová trubice nemá pevné stěny).

Druhá část odpovědi je chybná, neboť v daném místě nemá **padající** voda jen kinetickou energii.

Uvažte vlastnosti proudící skutečné kapaliny.

P12 Vytéká-li voda z vodovodního kohoutku mírným proudem (malá rychlost proudění), pak se proud směrem dolů znatelně zužuje.

Je-li kohoutek dostatečně vysoko nad místem dopadu vody, může dojít rovněž ke **třepení** proudu vody v nejužším místě (viz obr.)

Vysvětlete tyto jevy!

Úkol: Označte myši z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- a) Zužování proudu odpovídá přeměně tlakové (potenciální) energie v kinetickou energii proudící vody.

K třepení dojde v okamžiku, kdy se všechna potenciální energie přemění v kinetickou.

- b) Voda se pohybuje téměř volným pádem. Proto se její rychlost zvětšuje a podle rovnice kontinuity se musí zužovat průřez proudové trubice.

K třepení dojde v okamžiku, kdy se všechna potenciální energie přemění v kinetickou.

- c) Voda se pohybuje téměř volným pádem. Proto se její rychlost zvětšuje a podle rovnice kontinuity se musí zužovat průřez proudové trubice.

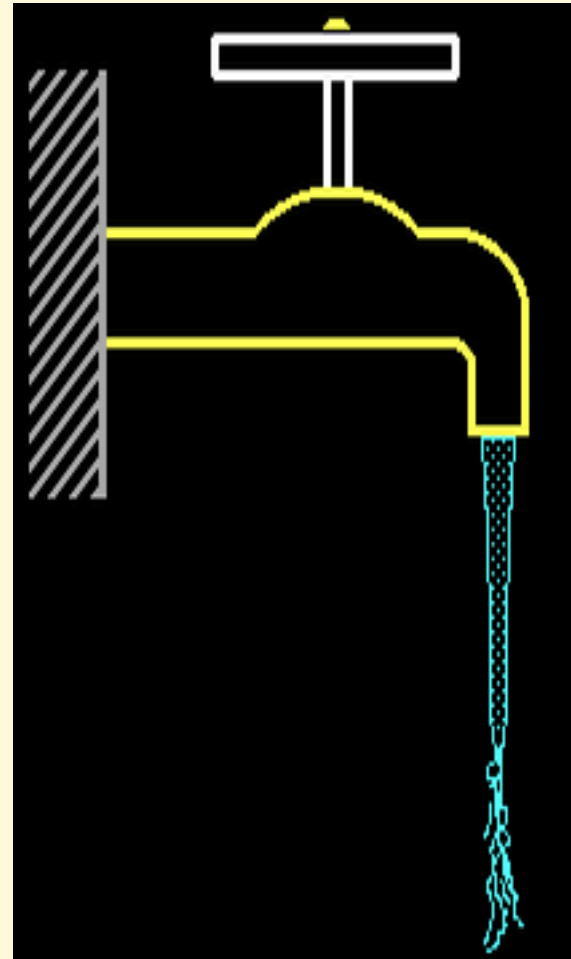
Třepení je způsobeno tím, že při určité velikosti rychlosti se proudění stává turbulentním (vířivým).

Vaše odpověď c)

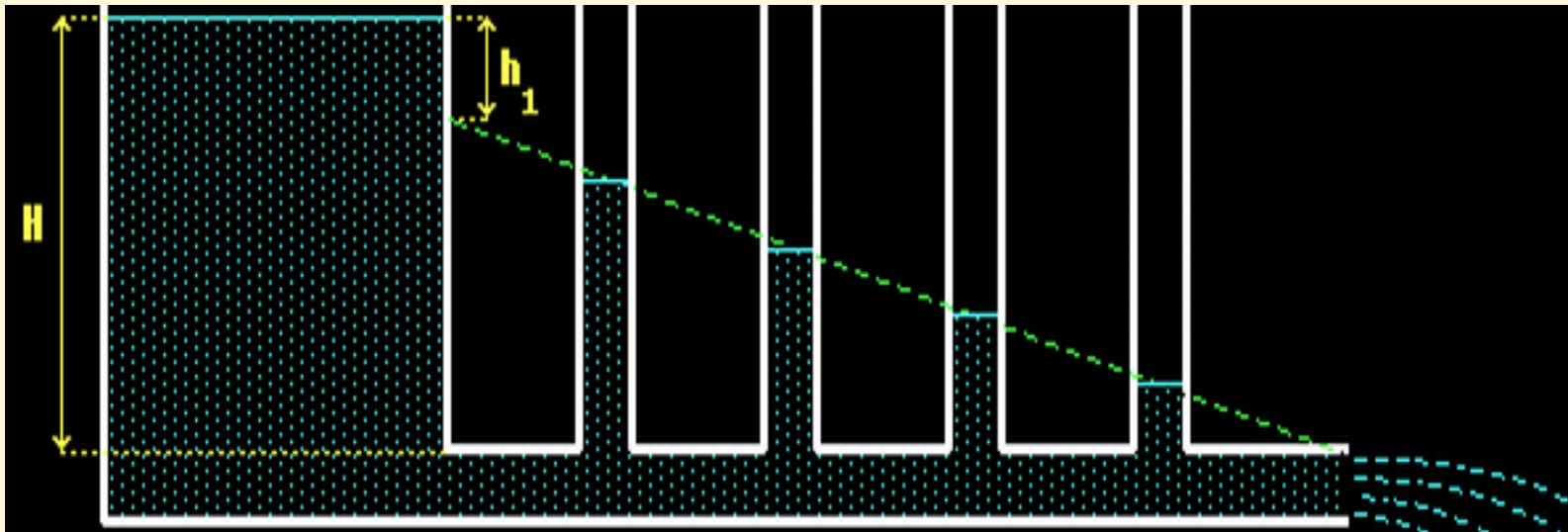
je správná! Na proudící vodu z vodovodního kohoutku se díváme jako na proudovou trubici proměnného průřezu, kterou ustáleně proudí skutečná kapalina. Protože proudová trubice není omezena pevnými stěnami, můžeme na ni aplikovat rovnici kontinuity pro ideální kapalinu ($S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$).

Od ústí vodovodního kohoutku můžeme proudění považovat za laminární. Se zvětšováním rychlosti dojde ke změně laminárního proudění v turbulentní. Kritériem je tzv. Reynoldsovo číslo $Re = v \cdot d \cdot \frac{\rho}{\mu}$, kde v je rychlost proudění, d průměr trubice, ρ hustota kapaliny a μ její dynamická viskozita.

Při tzv. **KRITICKÉ HODNOTĚ** $\implies Re > 2000$ až 2300 dojde ke změně typu proudění a tím i k **třepení** proudu vody.



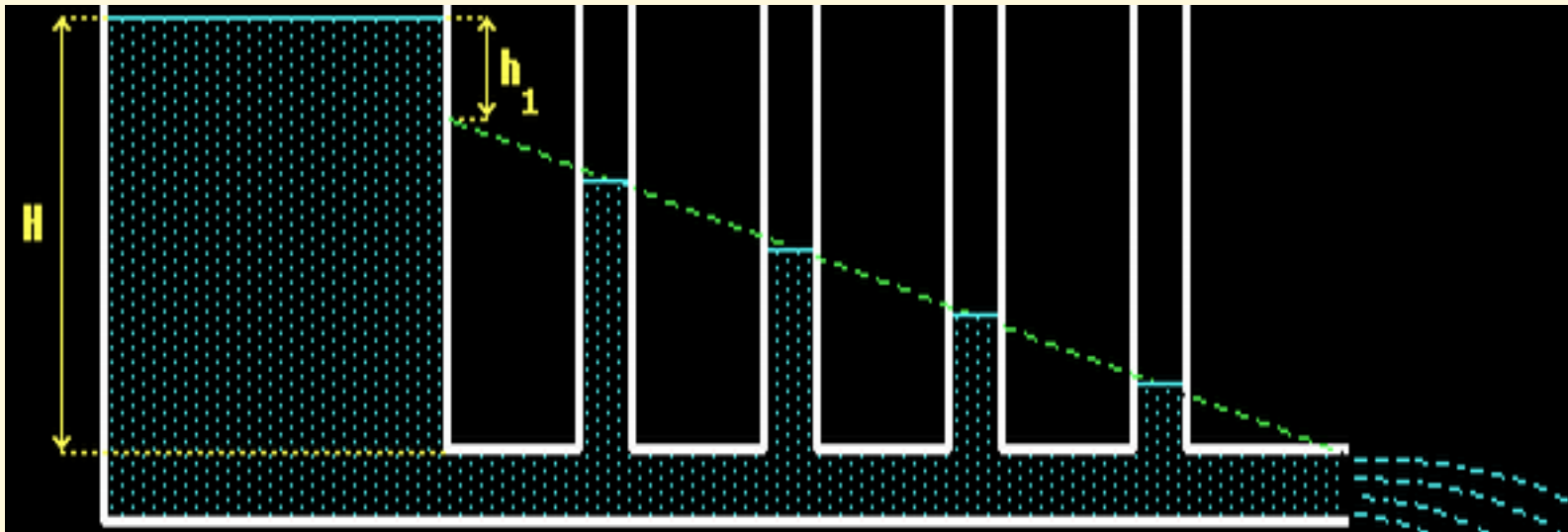
P13 K širší nádobě s vodou připojíme vodorovnou trubici stálého průřezu s manometrickými trubicemi. Pokud je výtokový otvor otevřen, vytéká voda z nádoby a v jednotlivých manometrických trubicích vystoupí voda do výše znázorněné na obrázku. **Které z následujících vysvětlení situace na obrázku je zcela přesné?**



Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- Tlak v proudící vodě klesá směrem k místu, kde kapalina vytéká, neboť se zvětšuje v trubici rychlost proudící vody od místa výtoku ze širší nádoby k výtoku z trubice. Podle Bernoulliovy rovnice $p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.}$ je tlak tím nižší, čím je rychlost vody větší.
- U skutečné kapaliny se část tlakové energie (je určena hloubkou h_1 na obrázku) mění v kinetickou energii proudící kapaliny a část ve vnitřní energii kapaliny (zvýší se teplota kapaliny). Velikost této druhé části tlakové energie je dána výškou hladin v manometrických trubicích.
- Část tlakové energie (určené hloubkou h_1 na obrázku) se mění ve vnitřní energii. Druhá část tlakové energie, která se dána výškou $H - h_1$, se mění v kinetickou energii proudící kapaliny. Výšky hladin v manometrických trubicích určují, jaká část tlakové energie se ještě nepřeměnila v kinetickou energii.

P13 K širší nádobě s vodou připojíme vodorovnou trubici stálého průřezu s manometrickými trubicemi. Pokud je výtokový otvor otevřen, vytéká voda z nádoby a v jednotlivých manometrických trubicích vystoupí voda do výše znázorněné na obrázku. **Které z následujících vysvětlení situace na obrázku je zcela přesné?**



Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

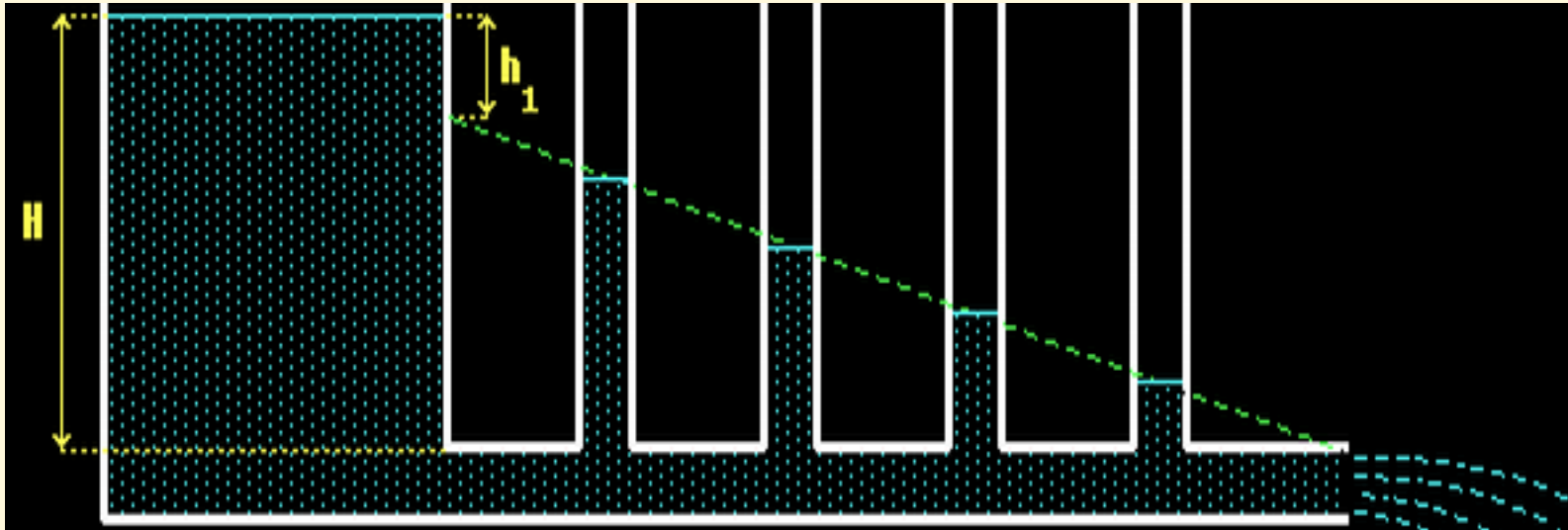
- Tlak v proudící vodě klesá směrem k místu, kde kapalina vytéká, neboť se zvětšuje v trubici rychlost proudící vody od místa výtoku ze širší nádoby k výtoku z trubice. Podle Bernoulliovy rovnice $p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.}$ je tlak tím nižší, čím je rychlost vody větší.
- U skutečné kapaliny se část tlakové energie (je určena hloubkou h_1 na obrázku) mění v kinetickou energii proudící kapaliny a část ve vnitřní energii kapaliny (zvýší se teplota kapaliny). Velikost této druhé části tlakové energie je dána výškou hladin v manometrických trubicích.
- Část tlakové energie (určené hloubkou h_1 na obrázku) se mění ve vnitřní energii. Druhá část tlakové energie, která se dána výškou $H - h_1$, se mění v kinetickou energii proudící kapaliny. Výšky hladin v manometrických trubicích určují, jaká část tlakové energie se ještě nepřeměnila v kinetickou energii.

Vaše odpověď a)

je chybná! Bernoulliova rovnice uvedená v této odpovědi platí pro **IDEÁLNÍ** kapalinu a v příkladu se uvažuje **SKUTEČNÁ** kapalina, která má **VNITŘNÍ TŘENÍ**.

V případě ideální kapaliny by volné hladiny ve všech trubicích byly ve stejné výši, neboť by se jednalo o proudění vodorovnou trubicí stejného průřezu.

P13 K širší nádobě s vodou připojíme vodorovnou trubici stálého průřezu s manometrickými trubicemi. Pokud je výtokový otvor otevřen, vytéká voda z nádoby a v jednotlivých manometrických trubicích vystoupí voda do výše znázorněné na obrázku. **Které z následujících vysvětlení situace na obrázku je zcela přesné?**



Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- Tlak v proudící vodě klesá směrem k místu, kde kapalina vytéká, neboť se zvětšuje v trubici rychlost proudící vody od místa výtoku ze širší nádoby k výtoku z trubice. Podle Bernoulliovy rovnice $p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.}$ je tlak tím nižší, čím je rychlost vody větší.
- U skutečné kapaliny se část tlakové energie (je určena hloubkou h_1 na obrázku) mění v kinetickou energii proudící kapaliny a část ve vnitřní energii kapaliny (zvýší se teplota kapaliny). Velikost této druhé části tlakové energie je dána výškou hladin v manometrických trubicích.
- Část tlakové energie (určené hloubkou h_1 na obrázku) se mění ve vnitřní energii. Druhá část tlakové energie, která se dána výškou $H - h_1$, se mění v kinetickou energii proudící kapaliny. Výšky hladin v manometrických trubicích určují, jaká část tlakové energie se ještě nepřeměnila v kinetickou energii.

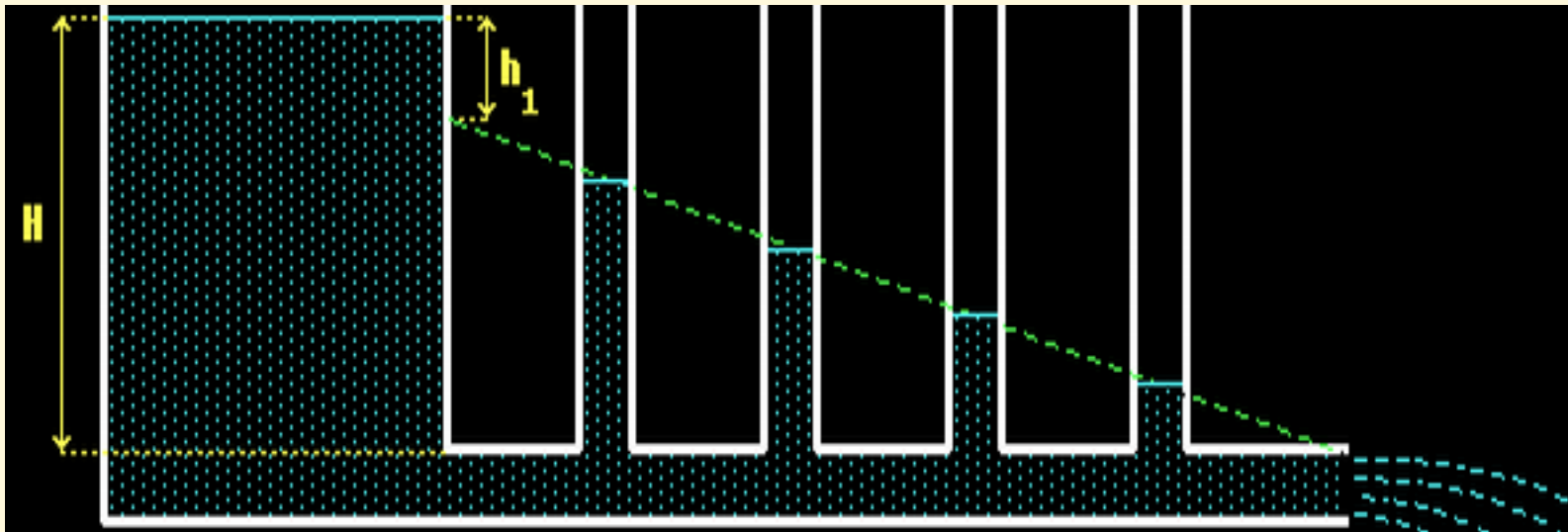
Vaše odpověď b)

je správná! Tento pokus ukazuje, že dochází podél trubice k rovnoměrnému poklesu tlaku, který je způsobený tím, že **ČÁST TLAKOVÉ ENERGIE** se mění v důsledku vnitřního tření kapaliny v její **VNITŘNÍ ENERGIÍ**. Zbývající část tlakové energie, odpovídající výšce h_1 na obrázku, se mění v kinetickou energii vytékající kapaliny.

U ideální kapaliny by platila Bernoulliova rovnice pro vodorovné potrubí $p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.}$, tzn. že všechna tlaková energie by se změnila v kinetickou energii vytékající kapaliny a v průběhu vytékání by volné hladiny ve všech manometrických trubicích i v nádobě byly ve stejné výši.

KONEC učební opory

P13 K širší nádobě s vodou připojíme vodorovnou trubici stálého průřezu s manometrickými trubicemi. Pokud je výtokový otvor otevřen, vytéká voda z nádoby a v jednotlivých manometrických trubicích vystoupí voda do výše znázorněné na obrázku. **Které z následujících vysvětlení situace na obrázku je zcela přesné?**



Úkol: Označte myší z následujících odpovědí tu, která dle vás vyhovuje zadání.

- Tlak v proudící vodě klesá směrem k místu, kde kapalina vytéká, neboť se zvětšuje v trubici rychlost proudící vody od místa výtoku ze širší nádoby k výtoku z trubice. Podle Bernoulliovy rovnice $p + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 = \text{konst.}$ je tlak tím nižší, čím je rychlost vody větší.
- U skutečné kapaliny se část tlakové energie (je určena hloubkou h_1 na obrázku) mění v kinetickou energii proudící kapaliny a část ve vnitřní energii kapaliny (zvýší se teplota kapaliny). Velikost této druhé části tlakové energie je dána výškou hladin v manometrických trubicích.
- Část tlakové energie (určené hloubkou h_1 na obrázku) se mění ve vnitřní energii. Druhá část tlakové energie, která se dána výškou $H - h_1$, se mění v kinetickou energii proudící kapaliny. Výšky hladin v manometrických trubicích určují, jaká část tlakové energie se ještě nepřeměnila v kinetickou energii.

Vaše odpověď c)

je chybná! Vaše úvaha, že část tlakové energie vlivem vnitřního tření se mění ve vnitřní energii a zbývající část tlakové energie v kinetickou energii proudící kapaliny, je správná.

Zvážili jste však dobře, která část tlakové energie se mění ve vnitřní energii proudící kapaliny?