

Názov: Prúdenie kvapalín

Témy a kľúčové slová: prúdenie, rovnica kontinuity, hmotnostný prietok, hydrológia, geografia	Čas na realizáciu: 90 minút	Vek žiakov: 12-15
--	---------------------------------------	--------------------------

Úrovně práce s materiálom: Nadaní žiaci spracujú prezentáciu o turbulentnom prúdení.	Metodické poznámky, IKT podpora a pod.: Práca s apletom. Používanie mapy – geografia. Čítanie článkov a správ o poveternostných podmienkach.
--	--

Potrebné pomôcky a prístroje: Pásmo, stopky, povrázok, meradlá, závažie – kameň, pracovný list, prístup k internetu Požadované vedomosti: Fyzika – objem, rýchlosť, meranie vzdialenosti, Matematika – výpočet plochy, grafy, Geografia – mapa Európy IKT – základné zručnosti – Excel, Internet Bezpečnosť a ochrana zdravia: Nebezpečenstvo pádu do rieky, v prípade brodenia klzké dno, potreba ochranných pomôcok – vysoké topánky.	Vzdelávacie výsledky po realizácii aktivity: • Žiaci vedia rozlíšiť prúdenie laminárne a turbulentné • Žiaci vedia vypočítať objemový prietok • Žiaci pripravujú a realizujú praktické meranie v teréne – meranie prietoku rieky v mieste bydliska • Žiaci pracujú s internetom a ďalšou študijnou literatúrou – vyhľadávajú a spracujú informácie o turbulentnom prúdení, plávaní živočíchov a hydrológii
--	---

Opis vyučovania

Úvodná aktivita

Motivácia – žiaci diskutujú z pohľadu historického a súčasného o význame vodných tokov. Zamyslia sa nad povodňami v minulosti a v súčasnej dobe. Vysvetlia, ako činnosť človeka ovplyvňuje prírodu.

Hlavná aktivita

Žiaci si zopakujú prácu s grafmi, znázorňovanie vektorov, výpočet pomerov. Oboznámia sa s pojmami objemový prietok, laminárne a turbulentné prúdenie. Po nastudovaní teórie žiaci pripravia a zrealizujú laboratórnu úlohu.

Záverečná aktivita

Žiaci diskutujú o výsledkoch svojich meraní.

Doplňujúca aktivita

Žiaci pripravia prezentáciu o problematike a) povodní, b) turbulentného prúdenia – Kármánova vírová cesta, c) hydrológie - čím sa zaoberá, aké informácie sú dôležité pre obyvateľov.

Motivácia

Medzipredmetové vzťahy – dejepis, matematika, zemepis (hydrológia), fyzika

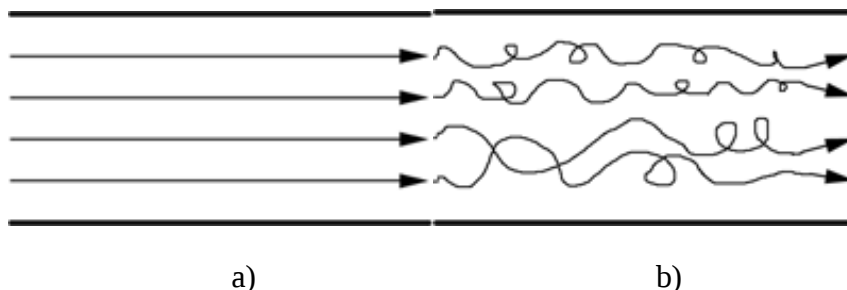
Ľudské sídla vznikali v minulosti vždy v blízkosti vodných tokov. Voda bola zdrojom vody pitnej i úžitkovej, bola zdrojom potravy, dopravnou tepnou, tvorila súčasť obranného systému sídel. Využívané boli i pravidelné záplavy pri veľkých riekach (Níl, Eufrat), ktoré umožnili vznik úrodnej pôdy a rozvoj poľnohospodárstva. Ľudia sa naučili žiť v blízkosti riek, pokiaľ dochádzalo k povodňam, dokázali sa ochrániť. Na našom území sa na začiatku 20. storočia začalo s rozsiahlou reguláciou vodných tokov ako ochranou proti povodňam. Súčasne sa rozšírila výstavba ako obytných, tak i priemyselných objektov v tesnej blízkosti riek (v záplavových oblastiach). Snáď ľudia stratili „historickú pamäť“. To ukázali povodne, ktoré postihli Moravu v roku 1997 a Čechy 2002.

http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_povodn%C3%AD_v_%C4%8Desk%C3%BDch_zem%C3%A4ch

Prečítajte si viac o povodniach: http://en.wikipedia.org/wiki/2013_European_floods.

Meranie rýchlosti prúdu a prietoku

Prúdenie kvapalín vzniká v dôsledku rozdielu tlakov. Prúdnice sú čiary, pomocou ktorých znázorňujeme trajektórie častíc prúdiacej kvapaliny. Smer rýchlosti častice je určený dotyčnicou k prúdnici v danom bode. Prúdenie môže byť a) laminárne (prúdnice sú rovnobežné), b) turbulentné (tvoria sa víry).



Obr.1 Prúdnice a) laminárne prúdenie, b) turbulentné prúdenie



Obr. 2 Vznik vírov za plaviacou sa ponorkou

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8d/Los_Angeles_attack_sub_2.jpg/200px-Los_Angeles_attack_sub_2.jpg)

Ustálené prúdenie ideálnej kvapaliny – každým prierezom trubice pretečie za rovnakú dobu rovnaký objem kvapaliny. Zavádzame veličinu objemový prietok Q_V

$$Q_V = V/t,$$

kde V je objem kvapaliny a t je čas (v sekundách).

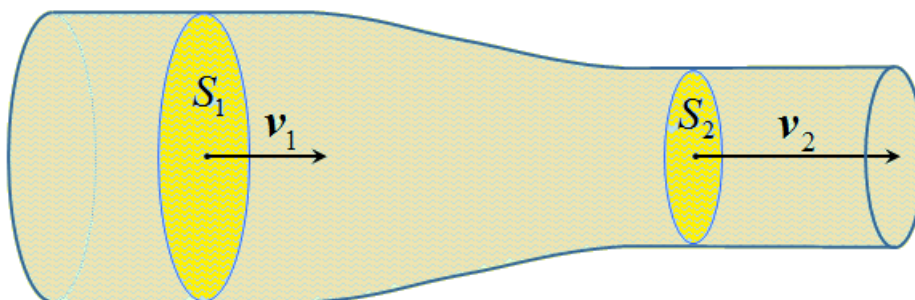
Platí nasledovné: $s = v \cdot t$ (dráha prejdená časticou za čas t rýchlosťou v), objem kvapaliny možno vyjadriť pomocou prierezovej plochy S ako $V = S \cdot v \cdot t$. Po dosadení dostaneme vzťah pre výpočet objemového prietoku v tvare

$$Q_V = S \cdot v$$

Objemový prietok meriame v jednotkách $\text{m}^2 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Na základe predpokladu ustáleného prúdenia platí rovnica kontinuity

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

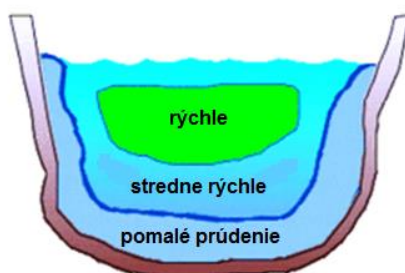


Obr. 3 Ustálené prúdenie v trubici

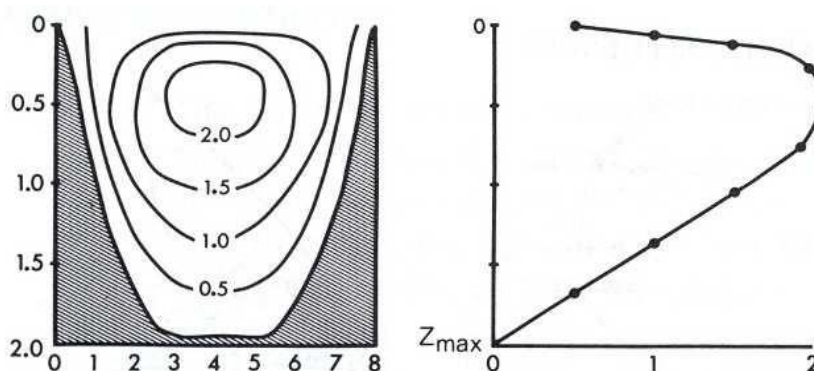
Prúdenie vody v rieke

Rýchlosť prúdu vody v rieke je daná spádom koryta a hĺbkou vody. V koryte sa rýchlosť prúdu mení, pri hladine, brehoch a dna je vplyvom trenia rýchlosť menšia. Najvyššiu rýchlosť teda nameriame v prúdnici v určitej hĺbke pod hladinou (viď Obr. 4).

Rýchlosť prúdu vody možno jednoducho zmerať pomocou *plavákovej metódy*, keď meriame čas, za ktorý prejde plavák (korok, loptička) určitú vzdialenosť.



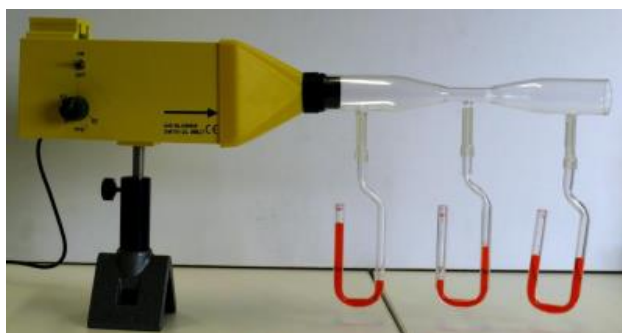
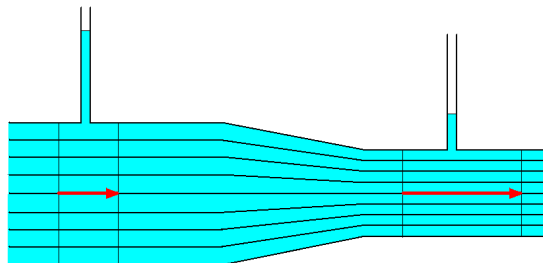
Obr. 4 Prierez riečného koryta znázorňujúci všeobecne platné pravidlo o rýchlosti prúdenia



Obr. 5 Ukážka distribúcie rýchlosti prúdu v priečnom profile (os y – hĺbka, os x – šírka koryta) a vertikálnom profile (os x – rýchlosť prúdu) <http://www.eoearth.org/view/article/155233/>

Rýchlosť prúdenia

Merat' rýchlosť prúdenia kvapalín a plynov umožňuje Venturiho trubica. Môžeme si ju predstaviť ako časť trubice, ktorá je v určitom mieste zúžená a k tomuto miestu je pripojený rozdielový tlakomer. Pomocou tohto tlakomeru meriame rozdiel tlakov v hlavnej a zúženej časti trubice.



Obr. 6 Meranie pomocou Venturiho trubice

Prietok vody - meranie

Prietok je vyjadrený objemom vody, ktorý pretečie prietokovým profilom za jednotku času (m^3 / s),

$$Q = S \cdot v,$$

kde S je plocha prietokového profilu; v je priemerná rýchlosť prúdu.

Priame meranie objemového prietoku vody – priamo určujeme množstvo pretečenej vody.

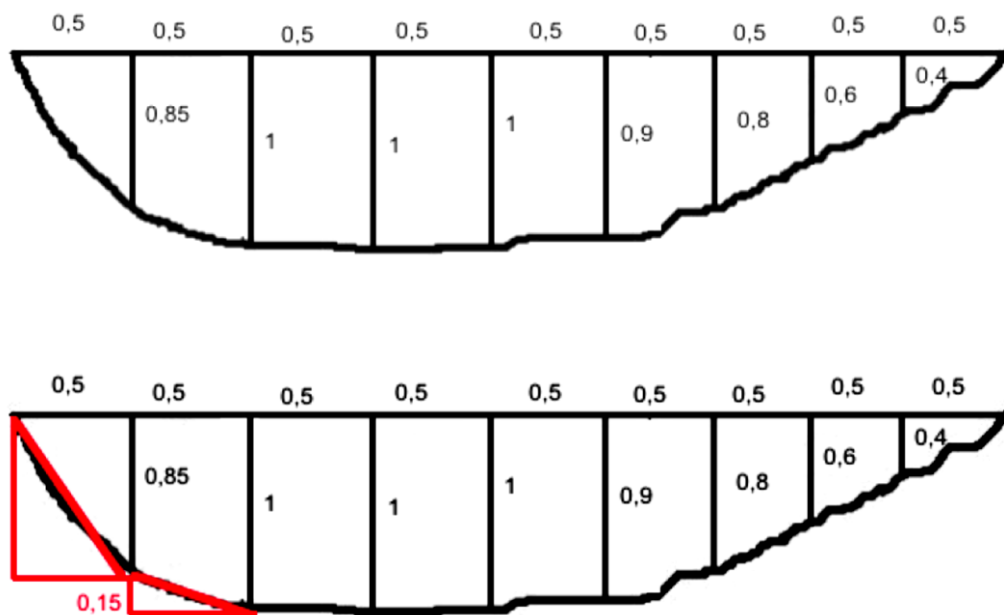
Nepriame meranie – pomocou hydrometrickej vrtule (prietokomer dodáva firma Pasco i Vernier).

<http://www.prutoky.cz/kapaliny/teorie/priklady-meter-metod/>

Výpočet priemernej rýchlosti prúdu „ v “ sa vykonáva vo zvisliciach kolmých na pásku (lanko)

Natiahnuté medzi oboma brehmi. Vzdialenosť vytýčenú lankom rozdelíme na zhodné úseky (napr. po 0,5 m). Vlastnú prietokovú plochu sme týmto rozdelili na rad čiastkových plôch s určitou hodnotou prúdenia (obr. 7).

Výsledná hodnota rýchlosti prúdenia je potom priemerom z nameraných čiastkových hodnôt.

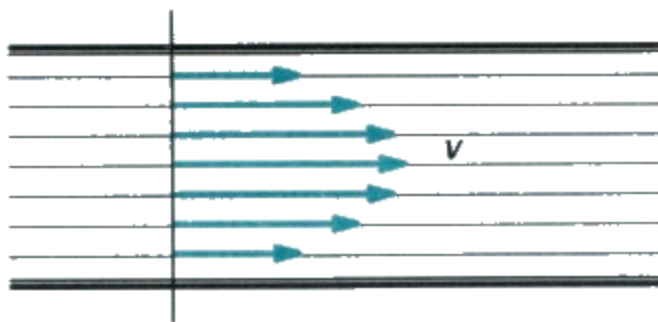


Obr. 7 Postup pri meraní rýchlostí prúdu v priečnom profile toku (vzdialenosť v metroch)
Pre výpočet používame elementárnu matematiku – vzorec pre obsah obdĺžnika.

V prípade, že nemáme k dispozícii prietokomer, meriame iba povrchovú rýchlosť vodného toku.

Ako meriame objemový prietok?

Predpokladajme, že vektory rýchlostí naprieč riekou sú rovnobežné. Pre meranie vyberáme miesto, kde je tok rieky priamy aspoň 50 m pred a za meraným úsekom a hĺbka toku je väčšia ako 30 cm. Tok rieky je ustálený, rieka nie je rozbúrená. Rozdelenie rýchlostí je Newtonovské – vid'. Obr. 8.



Obr. 8 Prúdnice

Rýchlosť toku je v rôznych miestach koryta rôzna, preto je potrebné meranie uskutočniť na viacerých miestach. Keďže sa mení aj hĺbka toku, je potrebné priečny rez rozdeliť na niekoľko úsekov, ako je znázornené na Obr. 7. Rýchlosť potom meriame na každom z týchto úsekov. Jeden úsek je približne 20% celkovej vzdialenosti medzi oboma brehmi. Väčšinou je potrebné vzdialenosť rozdeliť na 10 úsekov.

Laboratórna práca – meranie prietoku vody v rieke

Pomôcky: pásmo, povrázok, meter, závažie, PET fľaša, stopky

Postup práce

1. Pásmom zmeriame šírku toku (u malej riečky prebrodíme na druhú stranu a zmeriame vzdialenosť brehov, u veľkej rieky meriame na moste).
2. Medzi oboma brehmi (na moste) natiahneme povrázok. Na povrázku si vyznačíme úseky vo vzdialenosti 1 m (podľa šírky rieky 0,5 – 1 m).
3. Na brehu si odmeriame vzdialenosť od mosta – úseky, na ktorých budeme merať rýchlosť prúdu.
4. Pripravíme si poloprázdnu PET fľašu, ktorú priviažeme k povrázku. Povrázok slúži na vytiahnutie fľaše z rieky a ďalšie opakovanie merania.
5. V jednotlivých vymedzených úsekoch vhadzujeme fľašu do rieky a meriame čas, za ktorý fľaša prejde dráhu vytýčenú na brehu rieky. Výsledky meraní zapisujeme do pripravenej tabuľky.
6. Vypočítame rýchlosť prúdu.
7. V jednotlivých úsekoch na moste zmeriame pomocou závažia pripevneného k povrázku hĺbku rieky. Zhruba určíme profil koryta.
8. Vypočítame objemový prietok rieky – vynásobíme plochu profilu rieky a rýchlosť prúdu.
9. Vypočítaný údaj porovnáme s informáciami, ktoré uvádzajú na svojich internetových stránkach povodia danej rieky (v prípade rieky Morava <http://www.pmo.cz>, VH dispečing – Stavy a prietoky).

Diskusia

Zodpovedajte otázky 1 – 3.

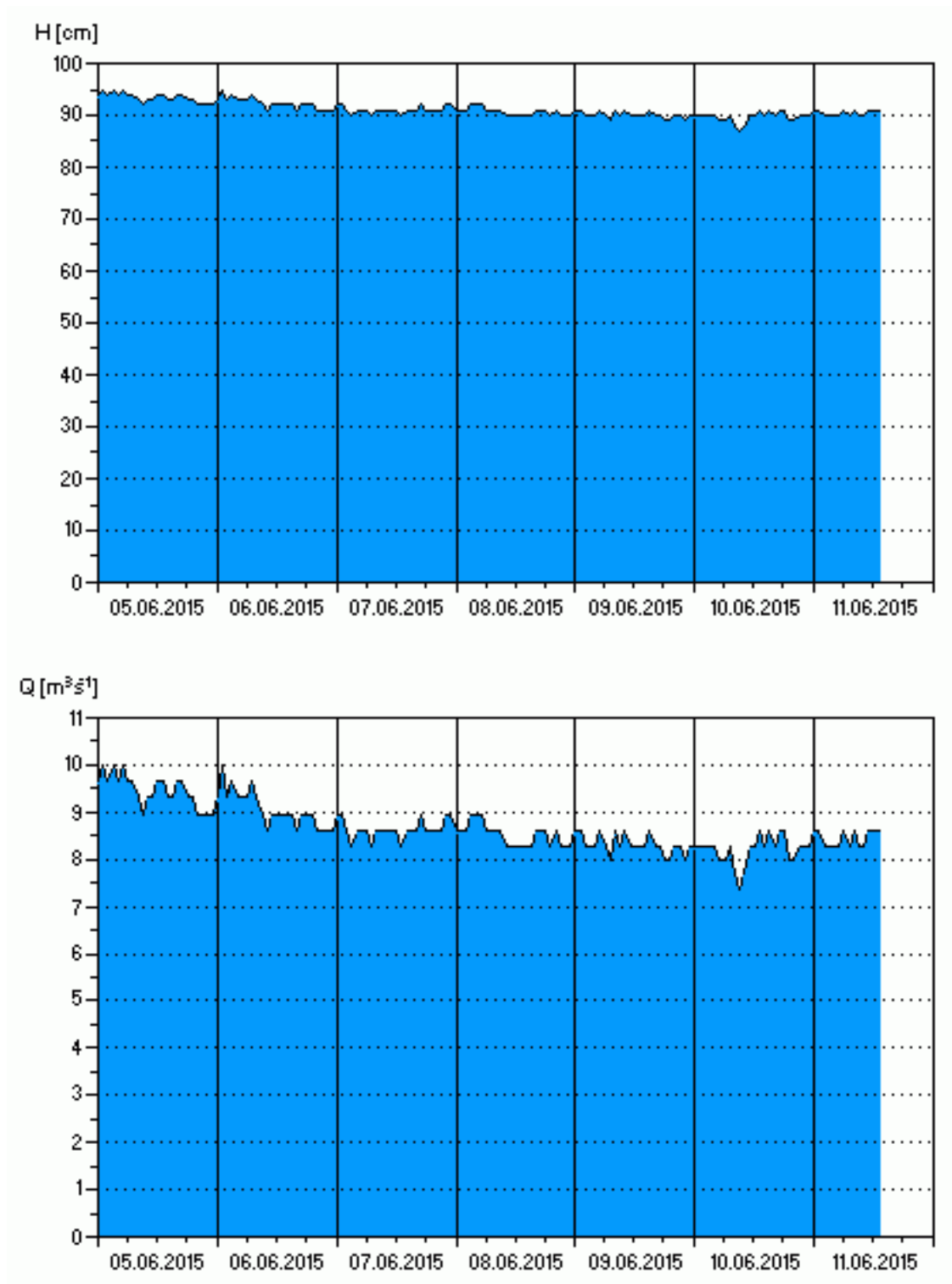
1. Aký je aktuálny stav prietoku (sucho, normálny stav, zvýšený prietok)?
2. Kedy je na rieke vyhlasovaný stupeň povodňovej aktivity?
3. Ako vznikajú povodne?

Príklad

V júni 2015 boli na rieke Morave v Olomouci (Česká republika) namerané hodnoty prietoku, ktoré vidíte na obrázku. Po preskúmaní obrázku vypočítajte rýchlosť prúdenia rieky.

Viete, že vzdialenosť medzi brehmi rieky je 19,7 m.

Počas povodní v roku 1997 bol objemový prietok v rieke Morave $760 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Čo môžete povedať o množstve vody, ktorá vtedy riekou v Olomouci pretekala a aká bola rýchlosť vody?



Profil koryta



$$Q_V = S \cdot v$$

$$S = H \cdot s$$

$$S = 19.7 \text{ m} \cdot 0.91 \text{ m} = 17.3 \text{ m}^2$$

$$v = Q_V / S$$

$$v = 8.6 / 17.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0.50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 1.8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Povodne



Brainstorming – príčiny povodní:

- a) Fyzikálne faktory – napr. nasiakavosť podloží a povrchu, intenzita zrážok, topenie snehu
- b) Vplyvy človeka – stavba priehrad, poľnohospodárstvo, odlesňovanie, urbanizácia

Rozširujúce učivo – medzipredmetové vzťahy

1. Vysvetlite princíp merania krvného tlaku pomocou tonometra.
2. Kármánova vírová cesta
3. Hydrológia – informácie o hydrologickej situácii

Ad 1)

Krvný tlak je zapisovaný ako pomer tlaku systolického a diastolického. Udáva sa v milimetroch ortuťového stĺpca (v torroch). Na meranie používame tonometer a fonendoskop. Fonendoskopom zisťujeme zvukové javy, ktoré vznikajú pri prúdení krvi. Systolický tlak odčítame v okamihu, keď je obnovený tok krvi do končatiny (tlak vzduchu sa rovná tlaku krvi v tepne na paži človeka). Počúvame prejavy turbulentného prúdenia, tzv. Korotkovove fenomény. Diastolický tlak sa odčíta v okamihu, keď zvukové efekty vymiznú. Prúdenie krvi je opäť laminárne. (http://cs.wikipedia.org/wiki/Krevn%C3%AD_tlak).

Ad 2)

http://cs.wikipedia.org/wiki/Theodore_von_K%C3%A1rm%C3%A1n

http://en.wikipedia.org/wiki/Theodore_von_K%C3%A1rm%C3%A1n

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Proud%C4%9Bn%C3%AD>

<http://petrik.bigblogger.lidovky.cz/c/108307/Karmanovy-viry-v-tekutinach>.

Ad 3)

<http://voda.chmi.cz/>

<http://floods.jrc.ec.europa.eu/>