INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA
SK-CZ 14-20

EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Metodický list – Ohřev vzduchu v dýchacích cestách

Autor: Pavel Czernek (2020)

Téma: Biologie člověka (učivo: Dýchací soustava)

Forma výuky: Skupinová (čtyřčlenné skupiny)

Časová náročnost: 45–60 minut

Cílová skupina žáků: 2. ročník SŠ

Materiál pro jednu skupinu žáků: zadání úlohy, bodové teplotní čidlo Vernier, LabQuest Stream nebo tablet s aplikací Graphical Analysis, líh (dezinfekce), vata, plastové pipety, nůžky, lepicí páska, notebook nebo jiné zařízení připojené k Internetu.

Realizace BOV v praxi:

- Učitel rozdá všem čtyřčlenným skupinám žáků zadání úrovně 3 – motivační text, osnovu pracovního listu (výzkumný problém, potřebné pomůcky, postup a výsledky pozorování), ostatní pomůcky jsou žákům k dispozici v učebně.
- Žáci začínají řešit úlohu v úrovni 3. Po 10 minutách provádí učitel kontrolu. Při neúspěšném řešení úrovně 3 nasměruje bádání žáků. Žák začíná řešit úlohu v úrovni 2 (doplňuje potřebné pomůcky, postup a výsledky pozorování).
- Po 10 minutách provádí učitel další kontrolu. Při neúspěšném řešení úrovně 2, učitel poskytuje postup. Žák začíná řešit úlohu v úrovni 1 (doplňuje výsledky pozorování).
- Do pracovního listu žák doplňuje potřebné pomůcky, postup a výsledky pozorování.

Doporučení:

Vlastní realizaci práce by měla předcházet instruktáž pro práci s čidly Vernier. Během bádání je potřeba soustředit se na praktické provedení práce. Žáci mají problém s tím, jak začít. U této úlohy je potřeba žákům zdůraznit, že mají počítat hodnoty za den (tj. 24 hodin). Žáci chybují při převodech jednotek. Bonusové otázky z konce pracovního listu jsou určeny pro žáky, kteří danou práci dokončí s výrazným časovým předstihem.

Návodné otázky při řešení badatelské úlohy:

1. Jaký je vztah mezi množstvím tepla a měrnou tepelnou kapacitou?
2. Jak je definován dechový objem?

3. Jaké vlastnosti pramení z malých rozměrů bodového teplotního čidla, které máte k dispozici? (Je vhodné upozornit na riziko zkreslení měření v případě kontaktu čidla s pokožkou zkoumané osoby – upevnění čidla na vhodnou dutinku.)
4. Kolikrát za 24 hodin se člověk nadechne, pokud dýchá klidovou frekvencí?

INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA
SK-CZ 14-20

EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Pracovní list – Ohřev vzduchu v dýchacích cestách

Když jsem byl malý kluk, dováděli jsme s ostatními dětmi v zimě na zasněženém svahu. Většinou následovalo bolení v krku (v lepším případě) doprovázené radou babičky: „Kdybys neběhal, dýchal bys nosem a krk by ti tak moc neprochladl.“ S odstupem let mi připadá logické, že vzduch nadechovaný nosem se díky užším průchodům v nosní dutině více ohřívá. Otázkou je, zda to funguje i opačně.

Vaším úkolem je zjistit, zda nosní dutina slouží také k ochlazování vydechovaného vzduchu. Určete rozdíl tepelných ztrát při dýchání nosem a ústy (vyčíslete tyto ztráty za dobu 24 hodin).

Autor motivačního textu: Czernek (2020)

Výzkumný problém a jeho řešení

Ověřit funkce horních cest dýchacích během nádechu a výdechu vzduchu.

Potřebné pomůcky a chemikálie

(Zde napiš, které pomůcky a chemikálie budeš k řešení problému požadovat).

Bodové teplotní čidlo Vernier, LabQuest Stream, tablet s aplikací Graphical Analysis, líh, vata, plastové pipety, nůžky, lepicí páska, notebook nebo jiné zařízení připojené k Internetu.

Postup

(Zde napiš zkráceně v bodech postup řešení problému).

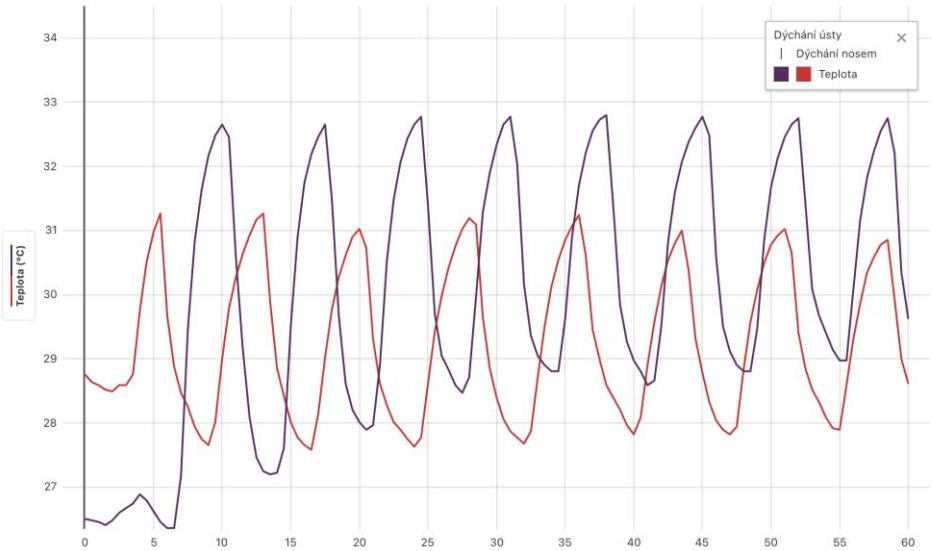
1. Z horní části plastové pipety („zásobníku“) odstřihnutím obou okrajů vytvoříme trubičku. K trubičce připevníme lepící páskou bodové teplotní čidlo, jehož vrchol jemně ohneme do středu ústí trubičky.
2. Senzor připojíme pomocí LabQuest Stream k tabletu. Nastavíme délku měření na 60 sekund a frekvenci snímání hodnot na 2 hodnoty/s.
3. Trubičku jemně sevřeme rty a dýcháme běžnou intenzitou asi 9 vdechů a výdechů za minutu.

4. Před druhým měřením vložíme trubičku mělce do nosní dírky (druhou nosní dírku ucpeme jemným tlakem prstu) a zapneme měření.
5. Dotekem na popisek svislé osy zvolíme zobrazení posledních dvou datových řad pro porovnání hodnot obou měření.

Výsledky pozorování

(Zde napiš a zdůvodni výsledky své práce, zapiš postup svých výpočtů).

Z grafu odečteme průměrnou teplotu vzduchu vydechovaného nosní dutinou (t_1) a dutinou ústní (t_2).



Parametry plicní ventilace: Dechový objem: 0,5 l

Dechová frekvence: 9 dechů/min

Objem vzduchu za 24 hodin: $0{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 60 \cdot 24 = 6{,}48\ m^3$

Hustota vydechovaného vzduchu: $1{,}26\ kg \cdot m^{-3}$

Měrná tepelná kapacita: $1\,010\ J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ (pro zjednodušení počítáme se suchým vzduchem)

Tepelná ztráta při dýchání nosem:

$Q = \varrho \cdot V \cdot c \cdot (t_1 - t_0) = 1{,}26 \cdot 6{,}48 \cdot 1010 \cdot (31{,}1 - 22{,}3) = 72{,}57\ kJ$

Tepelná ztráta při dýchání ústy: $Q = \varrho \cdot V \cdot c \cdot (t_1 - t_0) = 1{,}26 \cdot 6{,}48 \cdot 1010 \cdot (32{,}7 - 22{,}3) = 85{,}76\ kJ$

Rozdíl tepelných ztrát (za 24 hodin) při ventilaci nosní či ústní dutinou je 13,19 kJ.

Poznámka:

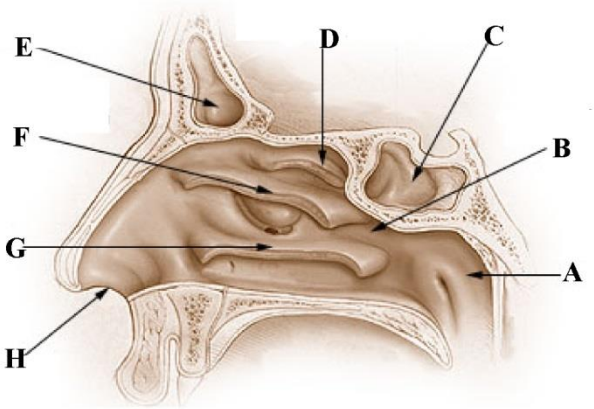
Je možné s žáky prodiskutovat drobná zkreslení výsledku použitím měrné tepelné kapacity suchého vzduchu. U vydechovaného vzduchu s obsahem vodní páry cca 6 % by byla měrná tepelná kapacita nepatrně vyšší (měrná tepelná kapacita vodní páry je 1 840 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$). Stejně tak hustota vdechovaného a vydechovaného vzduchu se liší.

Závěr:

Zjistili jsme, že při dýchání přes nosní dutinu dochází k menším tepleným ztrátám než při dýchání dutinou ústní, ale tento rozdíl je velmi malý. Horní cesty dýchací slouží nejen k ohřívání vdechovaného vzduchu, ale i k ochlazování vydechovaného vzduchu (zachycení vydávaného tepla).

Doplňkové otázky

1. Přiřaďte k pojmům v tabulce správná písmena z obrázku:



Obr. 1: Anatomie nosní dutiny (dostupné z: *https://commons.wikimedia.org)*

	PÍSMENO		PÍSMENO
vnější nozdry	**H**	dutina kosti klínové	**C**
vnitřní nozdry	**B**	dolní skořepa nosní	**G**
dutina kosti čelní	**E**	horní skořepa nosní	**D**
nosohltan	**A**	střední skořepa nosní	**F**

2. Přiřaďte k popisům v tabulce správné pojmy z tématu plicní ventilace.

Popis	**Pojem**
množství vzduchu, které přejde do plic při každém klidovém vdechu (0,5 l)	**dechový objem**
objem vzduchu, který zůstane v plicích po	**reziduální objem**

usilovném výdechu (1,2 l)	
objem vzduchu, který lze vydechnout usilovným výdechem po klidovém výdechu (1,2 l)	**expirační rezervní objem**
objem vzduchu, který lze vdechnout usilovným nádechem po klidovém nádechu (3 l)	**inspirační rezervní objem**
objem vzduchu vydechnutého usilovným výdechem po usilovném nádechu (5 l)	**vitální kapacita plic**
objem vzduchu, který se neúčastní výměny plynů v plicních alveolách (150 ml)	**mrtvý objem**

Pojmy:

vitální kapacita plic, expirační rezervní objem, dechový objem, inspirační rezervní objem, mrtvý objem, reziduální objem

Bonusové otázky

1. Najděte v dostupných zdrojích složení vydechovaného vzduchu a vypočítejte:
   a. molární hmotnost této směsi
   b. hustotu vzduchu při teplotě 22 °C a tlaku 101000 Pa

Složení vydechovaného vzduchu: **kyslík – 17 %**
oxid uhličitý – 4 %
dusík – 78 %
jiné plyny – okolo 1 % (dominuje argon)

a. **M = 0,17 · 32 + 0,04 · 44,01 + 0,78 · 28 + 0,01 · 39,94 = 29,44 g · mol^{-1}**
b. **Stavová rovnice ideálního plynu:**

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$\varrho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = \frac{101000 \cdot 29{,}44 \cdot 10^{-3}}{8{,}314 \cdot 295{,}15} = 1{,}21\ kg \cdot m^{-3}$$