

Názov: Letectvo – Koľko paliva potrebuje dopravné lietadlo

Témy: percentá, modelovanie, rýchlosť, čas, dráha, hmotnosť	Čas: 90 minút	Vek žiakov: 13-14
--	----------------------	-----------------------------

Úrovne práce s materiálom: Vyššia úroveň: riešenie úloh, v ktorých je zakomponovaný odpor vzduchu Nižšie úroveň: pomocné poznámky k riešeniu úloh z pracovných listov, žiakom môžu byť poskytnuté časti riešení z pracovného listu	Metodické poznámky, IKT podpora a pod.: Aplet na výpočet množstva paliva. Žiaci môžu pracovať v skupinách tak, že jedna skupina žiakov rieši pracovný list s matematickými úlohami a druhá skupina rieši pracovný list s fyzikálnymi úlohami.
---	--

Pomôcky: Pracovné listy Pripojenie k internetu Požadované predchádzajúce vedomosti: Základné aritmetické operácie Vedomosti o vzťahoch a výpočtoch pre rýchlosť, dráhu a čas Vedomosti o hmotnosti a hustote Ochrana zdravia a bezpečnosť:	Vzdelávacie výsledky po realizácii aktivity: Žiaci by mali byť schopní vykonať podľa inštrukcií výpočty s danými údajmi. Žiaci by mali dokázať hodnoverne odhadovať spotrebu paliva lietadla a tiež porovnať spotrebu paliva iných dopravných prostriedkov navzájom. Žiaci by mali byť schopní vysvetliť rôzne možnosti, ktorými sa môže ušetriť palivo (zmena letovej výšky, zníženie rýchlosti) a tiež vedieť, aké sú limity pre tieto možnosti
--	---

Opis vyučovania

Úvodná aktivita

Žiakom je poskytnutých niekoľko údajov o lete dopravného lietadla (vzdialenosť, priemerná rýchlosť; viď. pracovný list 1). Žiakov požiadame, aby odhadli množstvo paliva, ktoré je nutné pre uvedený let. Niekoľko odhadnutých čísel sa napíše na tabuľu.

Následne žiaci hlasujú zdvihnutím ruky o tom, či je potrebné a) menej b) viac paliva. Počet žiakov, ktorí hlasovali za možnosť a) i za možnosť b) sa zapíše na tabuľu vedľa odhadnutých čísel

Hlavná aktivita

Žiaci pracujú v skupinách po troch. Každá skupina obdrží pracovný list 2, v ktorom sú uvedené špecifické údaje pre daný let spolu s vysvetlením, z akých jednotlivých prvkov pozostáva výpočet spotreby paliva. Žiaci následne počítajú spotrebu paliva podľa údajov a inštrukcií. Na konci aktivity odovzdá každá skupina vypracovaný pracovný list 2 učiteľovi. Výsledky (každá skupina by sa mala dopracovať približne k tomu istému číslu, rozdiely môžu nastať v zaokrúhľovaní čiastočných výsledkov) sa napíšu na tabuľu a porovnajú s číslami, ktoré žiaci odhadli na začiatku aktivity.

Záverečná spoločná diskusia

Brainstorming o tom, aké možnosti existujú, aby sa mohlo palivo ušetriť.

Žiaci dostanú za domácu úlohu vypracovať úlohy na jednom alebo dvoch pracovných listoch. Pracovný list 3a obsahuje viacej výpočtov, ktoré sú dôležité pre pilotov, vrátane možností ušetrenia paliva. Pracovný list 3b obsahuje úlohy, v ktorých sa porovnáva spotreba paliva pri doprave rôznymi dopravnými prostriedkami. Výsledky, ktoré žiaci vypočítajú za domácu úlohu, sa prediskutujú na nasledujúcej vyučovacej hodine.

Letectvo – Koľko paliva potrebuje dopravné lietadlo

Pracovný list 1 – úvodná aktivita



Všetci vieme, že každé dopravné lietadlo potrebuje na svoj let určité množstvo paliva. Koľko paliva lietadlo počas letu skutočne spotrebuje? Môžeme porovnať spotrebu paliva dopravného lietadla a osobného auta alebo lode? Skúsme počítať!

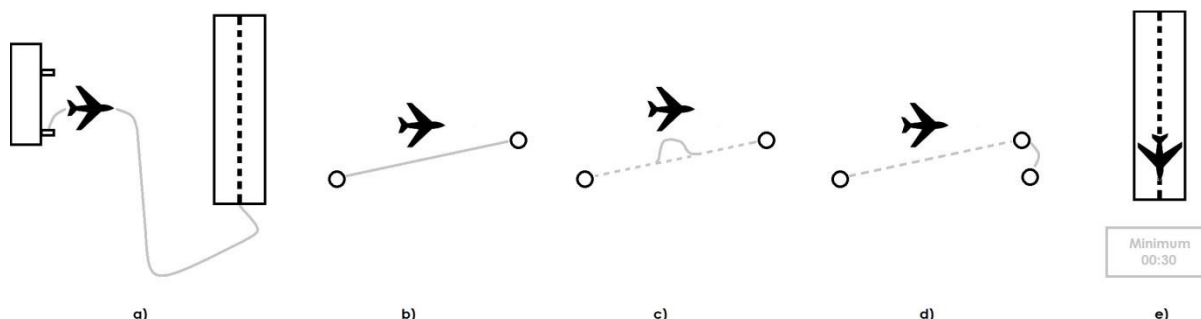
Úloha: Dopravné lietadlo Boeing 737-800 (ktoré je typickým predstaviteľom stredne veľkých dopravných lietadiel a tento typ lietadla používa veľa leteckých spoločností) má naplánovaný let z Viedne do mesta Dubaj. Vzdialenosť medzi týmito dvoma mestami je 2450 NM (námorných míľ), inak to je 4537 km. Priemerná rýchlosť lietadla na tomto lete je 445 uzlov (námorné míle za hodinu).

Odhadnite, koľko paliva potrebuje lietadlo na tento let!



Letectvo – Spotreba paliva dopravného lietadla

Pracovný list 2 – hlavná aktivita



Spotreba paliva, ktoré je potrebné na každý let dopravného lietadla sa vypočíta pred uskutočnením letu na základe niekoľkých výpočtov. Výpočet minimálnej spotreby paliva pozostáva z nasledujúcich častí:

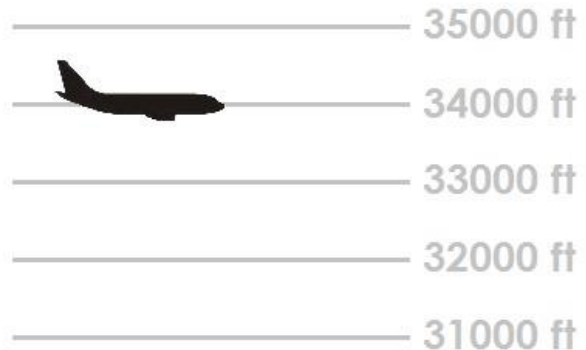
- Palivo potrebné na presun lietadla z miesta, kde parkuje, na štartovaciu dráhu (ranvej), odkiaľ vyštartuje (štandardne: 200 kg)
- Palivo potrebné na let z miesta odletu na miesto doletu.
- 5% z b) ako záloha na rôzne udalosti počas letu, ako napríklad zmena smeru vetra, nižšia letová hladina, možná obchádzka kvôli búrkam s bleskami na priamej trase a pod.
- Palivo potrebné na let z miesta odletu na iné, alternatívne, miesto pristátia (ak je napríklad v mieste pôvodného pristátia zlé počasie, alebo letisko je blokované kvôli nepredvídateľným prekážkam), počíta sa so štandardnou priemernou rýchlosťou 380 uzlov (uzlov ... námorných míľ za hodinu)
- Minimum zostatkového paliva (po pristátí by malo v lietadle zostať palivo na ďalších 30 minút letu).

Úloha 1: Dopravné lietadlo typu Boeing 737-800 letí z Viedne na letisko Dubaj. Ak už vieme, vzdialenosť medzi týmito dvoma mestami (ich letiskami) je 2450 NM (námorných míľ) = 4537 km. Alternatívne letisko k letisku Dubaj je letisko mesta Muscat, ktoré leží vo vzdialenosti 160 NM od Dubaja. Lietadlo má dva motory; každý motor má spotrebu 1200 kg paliva za hodinu. Vypočítajte minimálne množstvo paliva, ktoré je potrebné na tento let! Pomôcka: Vypočítajte najskôr množstvo paliva na let opísané v časti b), potom vypočítajte ďalšie časti c), d), a e), a nakoniec pridajte palivo z časti a).

Úloha 2: Dopravné lietadlo Boeing 737-800 má v momente vzlietnutia najčastejšie hmotnosť asi 50 000 kg. Akú veľkú prácu musia motory lietadla vykonať, ak od momentu štartu po vzlet prebehne 20 sekúnd a priemerná rýchlosť lietadla pri vzlietnutí je 160 uzlov? Odpor vzduchu zanedbajte.

Letectvo – Koľko paliva potrebuje dopravné lietadlo

Pracovný list 3a – domáca úloha (možnosť a)



Teraz už vieme, koľko paliva potrebuje dopravné lietadlo na svoj let na trase Viedeň – Dubaj. Ale ako dlho trvá natankovanie paliva do lietadla? Existuje nejaká možnosť ušetriť palivo počas letu?

Úlohy:

- Na veľkých letiskách lietadlá tankujú palivo z podzemných nádrží pomocou čerpadiel. Natankované palivo sa meria v jednotkách objemu, nie v jednotkách hmotnosti. Koľko litrov paliva musí natankovať lietadlo, ak hustota leteckého benzínu je $0,79 \text{ kg/l}$?
- Ako dlho trvá tankovanie do palivovej nádrže lietadla, ak priemerná rýchlosť prúdenia paliva je 14 l/s a v nádrži už bolo $3,2$ tony paliva, ktoré zostalo z predchádzajúceho letu?
- Piloti rozmyšľajú že budú letieť na nižšej letovej hladine, ako bolo pôvodne plánované, pretože sila vetra v smere letu je o 25 uzlov vyššia, keď poletia v letovej hladine o 4000 stôp nižšej. Je možné takto ušetriť palivo, ak platí, že za každých 1000 stôp nižšie sa ušetrí 1% paliva? Koľko paliva sa ušetrí, ak sa vôbec nejaké ušetrí? (Pomôcka: Pripočítajte rýchlosť vetra v smere letu k rýchlosti lietadla a zopakujte výpočet z pracovného listu 2. Uvedomte si, že motory teraz budú potrebovať o 4% viac paliva.)
- Piloti uvažujú, že palivo môžu ušetriť znížením rýchlosti letu. O koľko (v %) môžu znížiť rýchlosť, ak maximálny čas povolený na let je 5 hodín a 46 minút? Koľko paliva môže byť ušetrené, ak uvažujeme, že zníženie rýchlosti o 1% znamená o 1% menej spotreby paliva? (Pomôcka: Použite údaj o maximálnej povolenej dĺžke letu, ktorá je 5 hodín a 46 minút a potom počítajte množstvo paliva ako v pracovnom liste 2).

Letectvo – Koľko paliva potrebuje dopravné lietadlo

Pracovný list 3b – domáca úloha (možnosť b)



Teraz už vieme, koľko paliva potrebuje lietadlo na let na trase dlhej 4537 km z Viedne do Dubaja. Zdá sa, že je to naozaj veľmi veľa paliva, ale dokázali by sme toto množstvo porovnať so spotrebou osobného auta, ak má prejsť takú istú trasu? A čo dopravná loď?

Úlohy:

- a) Priemerná spotreba auta je asi 7 litrov (5,5 kg) paliva na 100 kilometrov. Koľko paliva potrebuje osobné auto na cestu z Viedne do Dubaja, ak by použilo priamu trasu vzdušnou čiarou (4537 km)?
- b) Reálne cestné spojenie medzi Viedňou a Dubajom má dĺžku 5424 km. Koľko paliva potrebuje osobné auto so spotrebou ako v úlohe a) na takúto cestu?
- c) Výsledky získané v riešení úloh a) a b) ukazujú, že osobné auto na ceste z Viedne do Dubaja potrebuje menej paliva ako lietadlo Boeing 737-800. Ale v aute sa vezú iba štyria pasažieri, zatiaľ čo lietadlo odvezie 189 pasažierov. Koľko litrov paliva na jedného cestujúceho spotrebuje osobné auto a koľko dopravné lietadlo?
- d) Nájdite na internete priemernú spotrebu paliva dopravnej lode. Vypočítajte, koľko paliva potrebuje dopravná loď na trase z mesta Janov (najbližší námorný prístav k Viedni) do Dubaja. Námorná trasa má dĺžku 7680 km. Vypočítajte spotrebu paliva na jedného pasažiera a porovnajte s výsledkami úloh b) a c).

Letectvo – Koľko paliva potrebuje dopravné lietadlo

Výsledky

- Pracovný list 2, úloha 1

Najskôr vypočítame b), množstvo paliva z miesta odletu na miesto doletu.

Vypočítame čas letu:

$$\text{čas} = \text{vzdialenosť} / \text{rýchlosť} = 2450 / 445 \approx 5,5 \text{ h}$$

Potom počítame spotrebu paliva pre jeden motor za 5,5 hodiny

$$1200 \cdot 5,5 = 6600 \text{ kg} \quad \text{na celý let.}$$

Pre dva motory:

$$6600 \text{ kg} \cdot 2 = 13200 \text{ kg}$$

c) Teraz pridáme 5% z tejto hodnoty ako nutnú rezervu:

$$13200 \cdot (1 + 0,05) = 13860 \text{ kg}$$

d) Musíme pridať palivo potrebné na let z cieľového letiska na alternatívne letisko (Muscat) pre štandardnej rýchlosti 380 uzlov. Počítame čas letu z Dubaja do Mucsat:

$$\text{čas} = \text{vzdialenosť} / \text{rýchlosť} = 160 / 380 \approx 0,42 \text{ h}$$

Spotreba paliva pre dva motory za 0,42 h letu:

$$1200 \cdot 0,42 \cdot 2 \approx 1000 \text{ kg}$$

pripočítame k výsledku z c)

$$13860 + 1000 = 14860 \text{ kg}$$

e) Po pristátí musí zostať v nádržiach lietadla palivo na 30 minút (0,5 h):

$$1200 \cdot 0,5 \cdot 2 = 1200 \text{ kg}$$

Výsledok pripočítame k číslu získanom v e)

$$14860 + 1200 = 16060$$

a) A na záver pripočítame palivo potrebné na pohyb lietadla po letiskovej ploche z parkovacej pozície na ranvej:

$$16060 + 200 = \mathbf{16250 \text{ kg}}$$

- Pracovný list 2, úloha 2

Najskôr vypočítame rýchlosť v štandardných jednotkách, t.j. v metroch za sekundu:

$$v = 160 \text{ kts} = 160 \text{ NM/h} = 160 \cdot 1,852 \text{ km/h} = 160 \cdot 1852 \text{ m/h} = \\ 160 \cdot 1852 / 3600 \text{ m/s} \approx 82,3 \text{ m/s}$$

Teraz počítame nutné množstvo práce:

$$W = m \cdot v^2 / 2 = 50000 \cdot 82,3^2 / 2 = 169332250 \text{ J} \approx \mathbf{169 \text{ MJ}}$$

- Pracovný list 3a, úloha a

$$\text{Objem} = \text{hmotnosť} / \text{hustota} = 16250 / 0,79 \approx \mathbf{20570 \text{ l}}$$

- Pracovný list 3a, úloha b

Najskôr počítame, koľko paliva musí byť natankované do palivovej nádrže lietadla:

$$16250 - 3200 = 13050 \text{ kg}$$

Rýchlosť prúdenia je 14 l/s, to znamená

$$\text{čas} = \text{palivo} / \text{rýchlosť prúdenia} = 13050 / 14 \approx 932 \text{ s} \approx \mathbf{15 \text{ minút}}$$

- Pracovný list 3a, úloha c

Opakujeme výpočty z pracovného listu 2 ale urobíme dve zmeny: rýchlosť vetra v smere letu pripočítame k rýchlosti lietadla a spotreba paliva motormi lietadla sa zvýši o 4%. Znovu počítame b), množstvo paliva pri lete z miesta odletu do miesta priletu. Vypočítame čas letu:

$$\text{čas} = \text{vzdialenosť} / \text{rýchlosť} = 2450 / (445 + 25) \approx 5,2 \text{ h}$$

Potom počítame spotrebu paliva za 5,2 hodiny letu

$$1200 \cdot 1,04 \cdot 5,2 \approx 6490 \text{ kg} \text{ spotreba paliva na let pre jeden motor.}$$

Pre dva motory:

$$6490 \text{ kg} \cdot 2 = 12980 \text{ kg}$$

c) Teraz pridáme 5% tejto hodnoty ako nutnú rezervu:

$$12980 \cdot (1 + 0,05) \approx 13630 \text{ kg}$$

d) Musíme pripočítať palivo na let z miesta odletu do alternatívneho letiska (Muscat) pre štandardnej rýchlosti 380 uzlov. Rýchlosť vetra v smere letu sa v tomto prípade nepridáva, takže použijeme výsledok z pracovného listu 2:

$$\text{čas} = \text{vzdialenosť} / \text{rýchlosť} = 160 / 380 \approx 0,42 \text{ h}$$

Spotreba paliva oboma motormi za 0,42 h letu:

$$1200 \cdot 1,04 \cdot 0,42 \cdot 2 \approx 1050 \text{ kg}$$

Výsledok pripočítame k výsledku získaného v c)

$$13630 + 1050 = 14680 \text{ kg}$$

e) Po pristátí musí zostať zásoba paliva na 30 minút (0,5 h), takže použijeme výsledok z pracovného listu 2

$$1200 \cdot 0,5 \cdot 2 = 1200 \text{ kg}$$

Pripočítame tento výsledok k výsledku e)

$$14680 + 1200 = 15880$$

a) A na záver pripočítame palivo potrebné na presun po letiskovej ploche, z parkovacieho miesta na ranvej:

$$15880 + 200 = 16080 \text{ kg}$$

Porovnáme výsledok s množstvom paliva vypočítaným v pracovnom liste 2:

$$16250 - 16080 = \mathbf{170 \text{ kg}}$$

Piloti ušetrili 170 kg paliva, teda približne 1%.

- Pracovný list 3a, úloha d

Čas letu je 5 hodín a 46 minút = $5 + 46/60$ hodiny = 5,77 hodiny

Počítame rýchlosť letu:

$$\text{rýchlosť} = \text{dráha}/\text{čas} = 2450/445 \approx 424,6 \text{ uzlov}$$

Porovnáme s pôvodnou rýchlosťou, ktorá je 445 uzlov

$$(424,6-445)/445 \approx -4,6 \%$$

Lietadlo je o 4,6% pomalšie, to znamená, že motory potrebujú o 4,6% menej paliva.

Počítame spotrebu paliva pre jeden motor za 5,77 hodín letu, za podmienky, že motory teraz potrebujú o 4,6% paliva menej:

$$1200 \cdot 5,77 \cdot (1-0,046) \approx 6600 \text{ kg na let.}$$

Dav motory

$$6600 \text{ kg} \cdot 2 = 13200 \text{ kg}$$

Tu môžeme prestať počítať, pretože vidíme, že lietadlá potrebujú to isté množstvo paliva. Pomalším letom sa **neušetrí žiadne palivo**.

Pracovný list 3b, úloha a

$$4537/100 \cdot 5,5 = \mathbf{249,5 \text{ kg}}$$

- Pracovný list 3b, úloha b

$$5424/100 \cdot 5,5 = \mathbf{298,3 \text{ kg}}$$

- Pracovný list 3b, úloha c

Spotreba paliva na jedného pasažiera, **dopravné lietadlo**:

$$16250/189 \approx \mathbf{86 \text{ kg/pasažier}}$$

Spotreba paliva na jedného pasažiera, **osobné auto**:

$$298.3/4 \approx \mathbf{75 \text{ kg/pasažier}}$$