

ZEMETRASENIA

V tejto úlohe kvôli jednoduchosti formulácií nerozlišujeme medzi miestom, v ktorom zemetrasenie vzniklo (ohnisko zemetrasenia) a jeho priemetom na zemský povrch (epicentrum zemetrasenia). Vzďialenosť seizmickej stanice od ohniska zemetrasenia nie je totožná s jej vzdialenosťou od epicentra. Pri určovaní epicentra zemetrasenia sa však tieto vzdialenosti spravidla stotožňujú. Jedným z dôvodov je aj skutočnosť, že vzdialenosť od ohniska nevieme určiť úplne presne (pozri tiež poznámku v riešení úlohy 4).

Úlohy 1 a 2 obsahujúce návod na výpočet vzdialenosti od miesta zemetrasenia môžu byť pre niektorých žiakov náročné, preto odporúčame riešiť ich spoločne alebo v skupinách. Text pred úlohou 2 obsahuje časť odpovede na úlohu 1. Preto odporúčame žiakov nechať riešiť najprv úlohu 1, potom diskutovať o jej riešení a až potom prejsť k úlohe 2.

Postup navrhnutý v úlohe 2 predstavuje jeden z možných prístupov k zostavovaniu rovníc: najprv preveríme, či nejaké číslo (navrhnuté napr. učiteľom) je riešením danej úlohy – teda urobíme skúšku správnosti. Potom v tejto skúške dané číslo nahradíme neznámou.

Riešenie úlohy 3 možno využiť ako propedeutiku práce s výrazmi: trikrát opakovaný rovnaký postup (ktorý sme opísali v riešení úlohy 2) možno nahradiť dosadením do všeobecného vzorca $s = \frac{r}{\frac{1}{v_P} - \frac{1}{v_S}}$, kde r je rozdiel časov, v_P

je rýchlosť P-vlny a v_S rýchlosť S-vlny.

- Číslo $709,8 : 7,7$ je čas (v sekundách), za ktorý P-vlny prejdú vzdialenosť 709,8 km. Podobne číslo $709,8 : 3,5$ je čas, za ktorý túto vzdialenosť prejdú S-vlny. Peter tieto čísla potrebuje vypočítať, aby skontroloval, či ich rozdiel je 169 s.

2. nie je

Z výsledkov delenia

$$709,8 : 7,7 = 92,18... , \quad 709,8 : 3,5 = 202,8$$

vyplýva, že S-vlny by seizmograf zaznamenal s oneskorením

$$202,8 - 92,18... = 110,618... \text{ sekúnd.}$$

Podľa zadania toto oneskorenie malo byť 169 sekúnd, preto Albínov výsledok nie je správny.

- Rovnica s neznámou s : $\frac{s}{3,5} - \frac{s}{7,7} = 169$. Vzdialenosť stanice Albuquerque od miesta zemetrasenia bola približne **1 084 km**.

Postupnými úpravami rovnice

$$\frac{s}{3,5} - \frac{s}{7,7} = 169$$

dostávame

$$s \left(\frac{1}{3,5} - \frac{1}{7,7} \right) = 169, \quad s = \frac{169}{\frac{1}{3,5} - \frac{1}{7,7}} = \frac{169}{0,155844...} = 1084,416... \approx 1084 \text{ (km).}$$

- Epicentrum zemetrasenia bolo vzdialené od stanice Vyhne **126,8 km**, od stanice Červenica **122,0 km** a od stanice Ostrava-Krásné Pole **139,6 km**.

Žiaci môžu k výpočtu vzdialeností pristupovať niekoľkými spôsobmi:

- zopakujú pre každú z troch staníc celý postup výpočtu z riešenia úlohy 2,
- niektorí si pravdepodobne uvedomia, že stačí v rovnici

$$s \left(\frac{1}{3,5} - \frac{1}{7,7} \right) = 169, \quad \text{resp.} \quad s = \frac{169}{\frac{1}{3,5} - \frac{1}{7,7}}$$



nahradíť čísla 3,5; 7,7 a 169 hodnotami pre príslušnú stanicu (teda rýchlosťou šírenia S-vln, rýchlosťou šírenia P-vln a rozdielom v čase príchodu P-vln a S-vln vyjadreným v sekundách).

V oboch uvedených postupoch potrebujeme vypočítať rozdiel času príchodu P-vln a S-vln pre každú z troch staníc. Tieto rozdiely sú

| stanica | VYHS | CRVS | OKC |
|---------|--------|--------|--------|
| rozdiel | 17,5 s | 18,2 s | 17,4 s |

Pre jednotlivé stanice potom dostávame tieto vzdialenosti od epicentra:

$$\text{VYHS: } s = \frac{17,5}{\frac{1}{3,37} - \frac{1}{6,3}} = \frac{17,5}{0,138\ 005 \dots} = 126,806\ 313 \dots \approx 126,8 \text{ km,}$$

$$\text{CRVS: } s = \frac{18,2}{\frac{1}{3,3} - \frac{1}{6,5}} = \frac{18,2}{0,149\ 184 \dots} = 121,996\ 875 \approx 122,0 \text{ km,}$$

$$\text{OKC: } s = \frac{17,4}{\frac{1}{3,6} - \frac{1}{6,53}} = \frac{17,4}{0,124\ 638 \dots} = 139,603\ 822 \dots \approx 139,6 \text{ km.}$$

5. Vzdialenosť epicentra od seizmickej stanice Vyhne je 126,8 km, preto epicentrum leží na kružnici so stredom vo Vyhniach a polomerom 126,8 km. Rovnako tak musí ležať na kružnici so stredom v Červenici a polomerom 122 km a na kružnici so stredom v Ostrave-Krásnom Poli a polomerom 139,6 km. Preto epicentrum nájdeme ako spoločný bod uvedených troch kružníc. (Dve kružnice by na určenie epicentra nestačili, pretože ich prienikom dostaneme dva rôzne body, ktorých vzájomná vzdialenosť môže byť pomerne veľká).

Poznámka: Uvedené tri kružnice by sa v ideálnom prípade pretli v jedinom bode. Táto situácia by nastala, keby sme vedeli vzdialenosť od epicentra určiť úplne presne. V skutočnosti však naše výpočty vzdialenosti od epicentra úplne presné nie sú. Dôvodom tejto nepresnosti je viaceré, medzi nimi aj fakt, že S- a P-vlny sa nešíria presne po rovnakej dráhe a priemerné rýchlosti týchto vln vieme určiť len experimentálne a s istou chybou. Preto spomínané tri kružnice neurčia jediný bod, ale „krivočiary trojuholník“, v ktorom leží epicentrum.

6. Epicentrum nájdeme postupom opísaným v riešení úlohy 4. Prienikom troch kruhov (prvý so stredom vo VYHS a polomerom 126,8 km, druhý so stredom v CRVS a polomerom 122 km, tretí so stredom v OKC a polomerom 139,6 km) vznikne krivočiary trojuholník. Epicentrum zemetrasenia by sa malo nachádzať niekde vnútri neho.

