

Úloha I.P ... Přežijeme ve vakuu?

10 bodů; průměr 4,58; řešilo 139 studentů

Různé filmy dávají vzniknout různým představám o tom, co a jak rychle se stane, pokud astronautovi praskne skafandr. Některé z nich jsou dokonce protichůdné. Odůvodněte, co by se největší pravděpodobností ve skutečnosti stalo, pokud by se dosud zdravý člověk ocitl nijak nechráněný uprostřed vakua. Co by bylo nejrychlejší příčinou smrti?

Kuba plánoval vydat se do světa.

Vieme, že v mnohých filmoch je ne jeden jav, ktorý odporuje fyzikálnym zákonom. Pre vytvorenie napínavejšieho a dramatickejšieho deja sú vytvorené scény, ktoré nezodpovedajú realite aj napriek tomu, že sa javia vierohodne. Toto sa tiež týka situácii, keď vo filmoch človeku vo vesmíre praskne skafander. Vo filmoch telo exploduje, alebo okamžite zmrzne.¹ Avšak v skutočnosti to vôbec nie je až také jednoduché. Kvôli komplexnosti ľudského tela sa pri prasknutí skafandra začne odohrávať mnoho javov a zostáva nám len teoreticky opísať, čo by bolo najrýchlejšou príčinou smrti.

Únik vzduchu z pľúc

Pri poškodení skafandra dochádza k rozdielu tlakov v ľudských pľúcach a vákuu, čo spôsobí únik vzduchu z pľúc. Tlak vzduchu v pľúcach je rovný atmosférickému, čiže cca 101 000 Pa, a tlak vo vesmírnom vákuu je cca 3 300 Pa – 130 mPa (stredné vákuum).² V dôsledku nedostatku kyslíka by človek po zhruba 15 sekundách stratil vedomie – podobne ako pri topení sa¹ – a neskôr by došlo k uduseniu. Po 3 – 5 minútach bez prísunu kyslíka dochádza k vážnemu poškodeniu mozgu, ktorý sa v tom čase už nedá zachrániť.³ Absencia kyslíka taktiež vedie k nevyučovaniu škodlivých látok, a teda dôjde k otrave organizmu, ktorá však bude výrazne pomalšia ako udusenie.

Tlak

Ak by krv bola vo vesmíre priamo vystavená vákuu, tak by po pár sekundách začala vriieť.⁴ Telo vo vesmíre expanduje, avšak kvôli jeho elasticite nie dostatočne na to, aby sa vnútri v tele vytvoril tlak vákuu. Krv je preto v ľudskom tele chránená pred priamym vystavením vákuu a vriieť nezačne, ale začnú sa v nej tvoriť vzduchové bublinky spôsobené rozpúšťaním vzduchu z krvi. Ak by však človek vo vákuu mal povrchovú ranu, tak by došlo k varu krvi.

Ľudské telo je zložené z cca 70 % vody. Var vody vo vákuu nastane zhruba pri izbovej teplote, čiže 21 °C.⁵ Podobne ako v prípade krvi, voda priamo vystavená vákuu začne vriieť, čo bude mať za následok rýchle vyschnutie slín, slizníc a očného sekrétu. Plynové bubliny, ktoré sa vytvárajú v dôsledku varu vody, spôsobujú spolu s vnútorným tlakom pretlak, ktorý má za následok nafúknutie ľudského tela na takmer dvojnásobok.¹ Avšak koža je biologický materiál s veľmi odolnými vlastnosťami, čiže nedôjde k explózii tela.

Koža má maximálnu odolnosť voči deštrukcii približne 21,6 MPa,⁶ čo znamená, že rozdiel vnútorného tlaku a tlaku vo vákuu nemôže byť väčší ako daná hodnota, aby telo neexplodovalo. Rozdiel medzi atmosférickým tlakom (101 325 Pa⁷) a tlakom vo vákuu (1 650 Pa) je

¹<https://youtu.be/hPya55bVKDc?t=300>

²<https://sk.wikipedia.org/wiki/Vákuum>

³[https://sk.wikipedia.org/wiki/Dusenie_\(nedýchanie\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/Dusenie_(nedýchanie))

⁴<https://youtu.be/jU3MOLqA3WA>

⁵<https://tinyurl.com/waterInVacuum>

⁶<https://arxiv.org/pdf/1302.3022v1.pdf>

⁷https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_pressure

cca 99 700 Pa, čiže k destrukcii kože nedôjde.

Srdcový tep sa na začiatku zvýši a neskôr zase klesne, pričom arteriálny krvný tlak taktiež klesne za čas 30 – 60 s. Tlak v žilách sa zvýši v dôsledku rozťahnutia žilového systému a spôsobí zastavenie cirkulácie krvi.⁸

Teplô

Vo vesmíre je síce zima, avšak nie je tam médium, ktoré by ľudské telo ochladilo. Preto by človek strácal svoje teplo iba vyžarovaním, čiže po určitom čase by začalo telo mrznúť. Avšak plyn a vodná para budú prúdiť von cez dýchacie cesty a toto kontinuálne vyparovanie bude mať za následok ochladenie úst a nosa takmer až na teplotu mrazu. Zvyšok tela sa bude postupne ochladzovať tiež, avšak pomalšie, až kým nadobudne teplotu mrazu.⁸ Závisiac od miesta, kde sa vo vesmíre človek nachádza, zamrzol by za 12 až 26 hodín.⁹

Avšak ak sa človek nachádza v blízkosti nejakého zdroja energie, ktorým je napríklad Slnko, hrozí mu prehriatie.

Neplánovaný experiment

V roku 1966, testovaný subjekt Jim LeBlanc bol prvým človekom, ktorý si náhodou vyskúšal vystavenie vákuu.¹⁰ Vďaka nemu a jeho pracovníkom v NASA rozumieme aspoň trochu z toho, čo sa udeje v takej situácii. Pánovi LeBlancovi sa odpojila jedna hadička na prototype skafandra a bol vystavený zmene tlaku z 3,8 psi (26 200 Pa) na 0,1 psi (689 Pa) za 10 sekúnd.¹⁰ Následne bol vystavený vákuu zhruba 30 sekúnd, avšak kvôli pohotovosti jeho kolegov bol zachránený skôr, ako by utrpel vážne zdravotné problémy. Vyviazol z tohto incidentu „len“ s boľavým uchom.¹¹ O vystavení človeka vákuu sa nevie veľa, avšak ľudia strácajú vedomie cca za 15 sekúnd, efekty vákuu začnú likvidovať ľudské telo za cca 30 sekúnd a úplná smrť nastane za cca 90 sekúnd.¹¹ „Ako som sa potácal dozadu, cítil som, ako mi začínajú bublať sliny na jazyku tesne pred tým, než som odpadol.“ – spomína LeBlanc.¹⁰ Tento incident nám potvrdzuje, že voda v tele začne vriieť, a teda sekrety a sliny začnú vysychať. Hneď potom dôjde k strate vedomia, ktorá je dôsledkom úniku vzduchu.

Záver

Ľudské telo je príliš komplexné na to, aby sme vedeli bez experimentov presne určiť najrýchlejšiu príčinu smrti v prípade, keď je človek vystavený vákuu. Z vyššie uvedeného však vieme povedať, že únik kyslíka a zmena tlaku v žilách sú kľúčovými faktormi, keďže vedú k zlyhaniu obehového traktu a vážnemu poškodeniu mozgu, čo má rýchle a fatálne následky.

Katarína Častulíková
katka.castulikova@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

⁸<https://youtu.be/iWGGMchu6mQ>

⁹https://youtu.be/_Mr8f63Vinc

¹⁰<https://tinyurl.com/jimLeBlanc>

¹¹<https://www.popularmechanics.com/space/a24127/nasa-vacuum-exposure/>