

## Úloha I.P ... Přežijeme ve vakuu?

10 bodů; (chybí statistiky)

*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!<sup>1</sup> Avšak v skutočnosti to vôbec nie je až také jednoduché. Kvôli komplexnosti ľudského tela sa pri prasknutí skafandru začne odohrávať mnoho javov, a zostáva nám len teoreticky opísať čo by bolo najrýchlejšou príčinou smrti.

Pri poškodení skafandra dochádza k rozdielu tlakov v ľudských pľúcach a vákuu, čo spôsobí únik vzduchu z pľúc. V pokoji meraný stredný artériový krvný tlak v pľúcnej tepne je 20 mmHg a menej,<sup>2</sup> čo je 2 666 Pa a menej. Tlak vo vákuu je cca 3 300 Pa – 130 mPa (stredné vákuum).<sup>3</sup> V dôsledku nedostatku kyslíka by človek po zhruba 15 sekundách stratil vedomie – podobne ako pri topení sa<sup>4</sup> – a neskôr by došlo k uduseniu.

Var vody vo vákuu nastane zhruba pri izbovej teplote, čiže 21 °C.<sup>5</sup> Keďže ľudské telo je zložené z cca 70 % vody, táto voda sa v dôsledku teploty ľudského tela začne rýchlo variť, čo bude mať za následok rýchle vyschnutie slín, slizníc, očného sekrétu. Var krvi má za následok okamžité vytvorenie zrazenín v cievach.<sup>6</sup> 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.<sup>7</sup> Avšak koža je biologický materiál s veľmi odolnými vlastnosťami, čiže nedôjde k explózii tela. Koža má maximálnu odolnosť voči deštrukcii cca 21,6 MPa,<sup>8</sup> čo znamená, že rozdiel vnútorného tlaku a tlaku vo vákuu nemôže byť väčší ako udaná hodnota, aby telo neexplodovalo. Rozdiel medzi atmosférickým tlakom (101 325 Pa<sup>9</sup>) a tlakom vo vákuu (1 650 Pa) je cca 99 700 Pa, čiže k deštrukcii kože nedôjde.

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.

V roku 1966, testovaný subjekt Jim LeBlanc, bol prvým človekom, ktorý náhodou vyskúšal vystavenie vákuu.<sup>10</sup> Vďaka jemu a jeho pracovníkom v NASA, rozumieme aspoň trochu z toho, čo sa udeje v takej situácii. Pánovi LeBlancovi sa odpojila jedna hadička na prototypy skafandra a bol vystavený zmene tlaku z 3,8 psi (26 200 Pa) na 0,1 psi (689 Pa) za 10 sekúnd!<sup>11</sup> Bol vystavený

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=hPya55bVKDc&feature=youtu.be&t=300>

<sup>2</sup> [https://www.aoporphan.com/sk\\_sk/rare-diseases/cardiology-pulmonology/pulmonary-arterial-hypertension](https://www.aoporphan.com/sk_sk/rare-diseases/cardiology-pulmonology/pulmonary-arterial-hypertension)

<sup>3</sup> <https://sk.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1kuum>

<sup>4</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=hPya55bVKDc&feature=youtu.be&t=300>

<sup>5</sup> <https://van.physics.illinois.edu/qa/listing.php?id=1514&t=water-in-a-vacuum#:~:text=In%20a%20vacuum%20chamber%2C%20the,a%20high%20vacuum%20any>

<sup>6</sup> <https://primar.sme.sk/c/6680302/krv-ma-mat-spravnu-hustotu-inak-riskujete.html>

<sup>7</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=hPya55bVKDc&feature=youtu.be&t=300>

<sup>8</sup> <https://arxiv.org/pdf/1302.3022v1.pdf>

<sup>9</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric\\_pressure](https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_pressure)

<sup>10</sup> <http://www.spacesafetymagazine.com/aerospace-engineering/space-suit-design/early-spacesuit-vacuum-test-wrong/>

<sup>11</sup> <http://www.spacesafetymagazine.com/aerospace-engineering/space-suit-design/early-spacesuit-vacuum-test-wrong/>

vákuu zhruba 30 sekund, avšak kvůli pohotovosti jeho kolegův bol zachráněný skôr, ako utrpel vážne zdravotné problémy. Vyviazol z tohto incidentu „len“ s boľavým uchom.<sup>12</sup> Nevie sa veľa o vystavení človeka vákuu, avšak ľudia strácajú vedomie cca za 15 sekúnd, efekty vákua začnú likvidovať ľudské telo za cca 30 sekúnd a úplná smrť nastane za cca 90 sekúnd.<sup>13</sup> „Ako som sa potácal dozadu, cítil som, ako mi začínajú bublať sliny na jazyku tesne pred tým, než som odpadol.“ – spomína LeBlanc.<sup>14</sup> Tento incident nám potvrdzuje, že voda v tele začne vriť a teda sekrety a sliny začnú vysychať. Hneď potom dôjde k strate vedomia, ktoré je dôsledok úniku vzduchu. Z vyššie uvedených vecí vieme povedať, že únik kyslíka je kľúčovým faktorom, keďže vedie k zlyhaniu obehového traktu, čo má rýchle a fatálne následky. Absencia kyslíka vedie k nevyučovaniu škodlivých látok a teda dôjde k otrave organizmu.

---

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/>.

---

<sup>12</sup><https://www.popularmechanics.com/space/a24127/nasa-vacuum-exposure/>

<sup>13</sup><https://www.popularmechanics.com/space/a24127/nasa-vacuum-exposure/>

<sup>14</sup><http://www.spacesafetymagazine.com/aerospace-engineering/space-suit-design/early-spacesuit-vacuum-test-wrong/>