

Fyzika v Hollywoodu

V. Bartoš, D. Pluhař*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
775bartos@gmail.com, *pluhada1@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

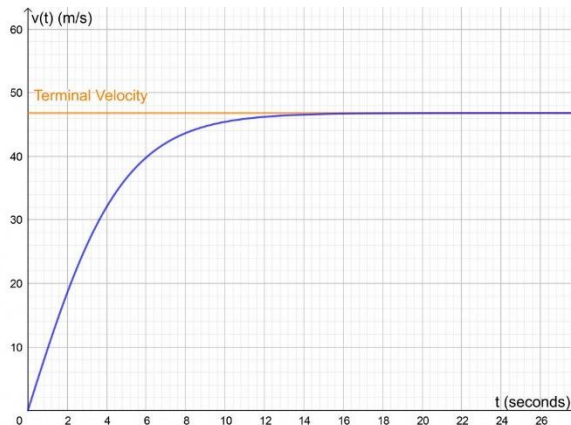
V našem bádání jsme se zabývali otázkou, zda ve filmech platí stejné fyzikální zákony, jaké dobře známe z reálného světa. Vybrali jsme scény ze čtyř filmů, na kterých případné rozdíly budeme demonstrovat.

1 Úvod

Filmy jsou výplody lidské fantazie, není tedy důvod proč by tyto vymyšlené světy měli fungovat jako ten náš. Nejde tedy o naprosto přesné hodnoty, cílem je pouze získat tušení, jak moc se liší. Dopustíme se tedy jistých zjednodušení a nepřesností, které ovšem nemění závěr.

2 Superman 1978

Popišme nejdříve danou scénu. Lois Lane padá z mrakodrapu a Superman přilétá na pomoc. Po několika vteřinách ji chytne a ponechá bez nejmenšího zranění. Analyzujme nyní tuto situaci. Známe-li zobrazovací frekvenci, v tomto případě 29,97 fps, je vcelku jednoduché určit uplynulý čas. Pád před chycení trval 8 s 13f (f značí frame, jednotlivé rámečky) tedy 8,434 s. Tak dlouhá doba pádu zapříčiní velkou rychlost, tudíž nelze zanedbat odpor vzduchu. Z následujícího grafu zjistíme, že v době chycení byla rychlost přibližně 45 m s^{-1} .



Chycení 1,367 s z toho jednoduše zjistíme zrychlení

$$a = \frac{v}{t} \cong \frac{45}{1,367} = 32,919 \text{ m s}^{-2} \sim 3,36 g$$

Tato hodnota není nijako vysoká. Běžný člověk se vypořádá s 5 g se zrychlením jako takovým není tedy problém. Ten ovšem nalezneme uvážíme-li sílu, která je se zrychlením svázána, a plochu na, kterou působí. Odhadněme hmotnost Lois na 55 kg. Poté dostaneme sílu:

$$F = ma \cong 55 * 32,919 = 1810,5 N$$

Tato síla velikostně odpovídá tíze 184,7 kg tělesa. ($m_2 = \frac{F}{g} = \frac{1810,5}{9,8} = 184,7 kg$) Superman chytil Lois pod ramenem. Lidské tělo jistě není schopné takovou sílu vydržet bez poranění. Jedná se při nejlepším o vykloubené rameno ne-li hůř. Zbývá otázka, jak bychom mohli scénu upravit, aby byla reálnější. Jednoduše: prodloužit dobu chycení.

3 Vesničko má středisková

V jedné scéně tohoto filmu postavu Drápalíka přešel kombajn. Ve filmu vyvázl bez zranění. Jaká je fyzikální realita této scénky? Nejprve určíme přibližný tlak, kterým působí pneumatika na Drápalíkovo tělo: Celková hmotnost kombajnu i s lištou je 6880 kg. Tomu odpovídá tíhová síla 68 800 N. Na přední nápravu připadají této síly, tj. jedno kolo přední nápravy tlačí silou 23 000 N. Styčnou plochu mezi kolem a tělem Drápalíka lze odhadnout ze scénky: šířka zad je 30 cm, šířka pneumatiky je 50 cm. Celková styčná plocha je cca 0,15 m².

Výsledný tlak působící na Drápalíka tedy je:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{23000}{0,15} = 153333 Pa = 0,15MPa.$$

To je tlak vyvolaný celou šířkou pneumatiky. Na obrázku jsou vidět šípky, které plochu zmenšují. Odhadem stanovíme plochu působících šípů na jednu třetinu, tj. tlak bude 3krát větší, cca. 0,46 MPa. Porovnejme tento tlak s tlakem, který je schopný přežít člověk, bez následných komplikací. Člověk se může potopit do hloubky 80 m, v této hloubce na něj působí tlak 0,8MPa. Z porovnání obou hodnot vyplývá, že Drápalík by opravdu tuto nehodu přežil.



4 Zmrznutí v kosmu

Ve filmech se často odehrává scéna, kdy je člověk vystaven chladu kosmu bez ochranného skafandru. V drtivé většině takových scén z různých filmů zmrzne člověk řádově ve vteřinách doslova na kost. Proč by se tak ale mělo stát? Lidský organismus vytváří teplo a je ve vakuu dokonale izolován. Jediná možnost, jak se tělo ochlazuje je skrze záření. Otázka tedy je, co je výkonnější? Předpokládejme, že tělo přežije nulový tlak a dokážeme nějakou zajistit dýchání. Zkrátka nás zajímá pouze změna teploty. Výkon záření P_z se řídí podle Stefanova-Boltzmannova zákona:

$$P_z = A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

ε – emisivita povrchu tělesa, pro lidské tělo má hodnotu $\varepsilon = 0,98$

$\sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^2 \text{ K}^{-4}$ Stefanova-Boltzmannova konstanta

T – termodynamická teplota [K]

A – Obsah povrchu [m^2] (podle Mostellerova vzorce odhadněme na $2,066 \text{ m}^2$)

Pro teplotu $37 \text{ }^\circ\text{C}$ je $P_z = 1062,32 \text{ W}$, $0 \text{ }^\circ\text{C}$ je $P_z = 639,11 \text{ W}$ z důvodu slabého matematického aparátu počítejme s průměrnou hodnotou předchozích tedy $\bar{P}_z = 850,7 \text{ W}$. Výkon metabolismu je přibližně 100 W . Pohlédneme-li na rozdíl těchto hodnot (označme P), snadno nahlédneme, že tělo jistě ztrácí teplo rychleji, než si ho dokáže tvořit. Mějme $c = 3016 \text{ J Kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ (měrná tepelná kapacita lidského těla) a $m = 80 \text{ kg}$ hmotnost. Potom dobu Δt , kde tělu klesá teplota z $37 \text{ }^\circ\text{C}$ na $0 \text{ }^\circ\text{C}$, dokážeme vyjádřit takto:

$$\Delta t = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{P} = \frac{3016 \cdot 80 \cdot 37}{750,7} = 11\,892 \text{ s} \cong \mathbf{3,3 \text{ hod}}$$

Zmrznutí za pár vteřin jako ve filmech je zřejmě nereálné. V naší vypočtené hodnotě ani není zahrnuta změna skupenství, která by dobu podstatně prodloužila.

5 Žralokonádo

Většina scén je ve filmu nesmyslná. Rozebírali jsme to jak žralok drží v tornádu. Na žraloka působí odstředivá síla $f_o = \frac{v^2}{R}$. Platí nám Bernoulliho rovnice $\frac{1}{2}\rho v^2 + p = konst.$ Závislost rychlosti v tornádu na poloměru. Bohužel námi známé parametry z filmu nebyly dostačující. Vyzkoušeli jsme mnoho aproximací rychlosti na poloměru, zkoušeli jsme lineární, kvadratické aj. Bohužel to není fyzikálně možné.



6 shrnutí

V našem projektu jsme došli k závěrům, že filmy se od reality většinou liší. Ve snímcích jsou různé neuvěřitelné situace, které nejsou podle fyzikálních zákonů možné. Ne však v každém filmu se najdou scény, které se nemohou stát v reálném světě. Chtěli bychom doporučit všem, aby ve filmech se snažili zamýšlet nad fyzikou a cvičili si tak svůj mozek.

7 Poděkování

Poděkování patří ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za pořadatelství fyzikálního semináře.

Reference

- [1] Eugene Brennan, *Terminal Velocity of a Human, Free Fall and Drag Force*, <https://owlcation.com/stem/Drag-Force-and-the-Terminal-Velocity-of-a-Human>
- [2] anonym, *G-Force Process on Human Body*, <https://www.aerotime.aero/aerotime.extra/22913-2721>
- [3+x] kol. Autorů, *Stefanův–Boltzmannův zákon*, https://cs.wikipedia.org/wiki/Stefan%C5%AFv%E2%80%93Boltzmann%C5%AFv_z%C3%A1kon
- [4+x] Dr. Roderick Thomas, *Understanding Emissivity–It’s Only Skin Deep!*, https://www.thesnellgroup.com/storage/fck/File/thinkthermally/ThinkThermally_2007_Winter.pdf
- [5+x] Hana Nedělová, *Sdílení tepla při hluboké hypotermii člověka*, <https://stc.fs.cvut.cz/history/2009/sbornik/Papers/pdf/NedelovaHana-319654.pdf>
- [6] Avengers: Infinity War (2018)
- [7] Vesničko má středisková (1985)
- [8] Superman (1978)
- [9] Sharknado (2013)
- [10] kol. Autorů, *Bernoulliho rovnice* https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Bernoulliho_rovnice&oldid=16858319

