

Šíření plamene, aneb jak rychle shořel Jan Hus

M. Beran

Gymnázium dr. A. Hrdličky Humpolec; beran.matyas@gymhu.cz

M. Jex, školitel; KF FJFI ČVUT

Abstrakt

Tento miniprojekt se zabýval šířením plamene a rychlostí tohoto šíření. V reálném světě se metody zde využitě používají i v oblastech lidské působnosti fyzice vzdálené, například contact-tracing při pandemii koronaviru. Pro samotné studium šíření plamene jsou ale využívány také, třeba při strategickém hašení lesních či městských požárů.

1 Úkol

Naším úkolem bylo zjistit, jak rychle se v systému šíří oheň, a také sestavit model, který by byl schopen tento jev do určité míry popsat a zdůvodnit.

2 Tvorba simulace

Simulace byla tvořena v softwaru Mathematica. Jde o relativně jednoduchý skript, který byl dále garantem rozšířen o grafický prvek ukazující aktuální stav všech buněk pomocí barvy pixelů. Skript popisoval šíření plamene po kružnici, kde byla regenerace potenciálu rychlá, respektive stejná jako doba hoření.

3 Pomůcky

Výpočetní software Mathematica, metr $\pm 0,5$ mm, Zippo benzín do zapalovačů, zapalovač, fotoaparát s obnovovací frekvencí 50 Hz, stativ, injekční stříkačka, kádinka, plachta, digestoř, víčko od plechovky s průměrem využívané drážky 15,7 cm, vytištěná hvězdicovitá struktura z 3D filamentu PETG, počítač na zpracování videí a dat z nich odvozených



Obrázek 1: hořící hvězdovitý tvar použitý při experimentu



Obrázek 2: víčko od plechovky s plamenem v pravé části obrázku

4 Teorie za pokusem a modelem

Šíření plamene si můžeme představit jako akutní změnu stavu, tedy rychlé shoření množství paliva za vzniku místa, kde dále plamen existovat nemůže, kvůli nedostatku materiálu na spálení, a tím pádem po určitém časovém intervalu plamen musí přejít na jiné, nové palivo, či vyhasnout. Takto si můžeme představit i reálné situace, kde například lesní požár nemůže na již vyhořelé půdě zůstat, a proto se šíří do okolního prostoru, analogii tady také můžeme vidět i při epidemické situaci, kde si jako hoření můžeme představit aktivní nemoc, jako palivo nikdy nenakaženého člověka, a jako spálenou oblast člověka s imunitou vybudovanou kvůli prodělané nemoci.

Pokud se ovšem plamen na určitém místě dlouho nenachází, místo má tendenci znovu nabýt dostatečné potenciální chemické energie, aby umožnilo plamenu zde na čas přežít. Les znovu vyroste, a imunitní systém na nemoc pomalu zapomene.

Simulace proto využívají množství diskrétních buněk na popsání šíření. Toto si můžeme přestavit jako stromy v lese, a předpokládáme, že proximita, tedy sousednost s hořící buňkou, vždy vyústí v zapálení, je-li tato sousedící buňka schopna začít hořet.

5 Průběh experimentu

Experiment proběhl 17. 6. 2024 v Praze. Do digestoře byl dán stativ a krátce poté do něj byl umístěn samotný fotoaparát. Fotoaparát směřoval přímo dolů, Do fotoaparátu byl připojen kabel, který jej propojoval s počítačem, ze které bylo ovládáno samotné nahrávání.

Jako dráhu pro náš plamen jsme nejprve využili plechové víčko od plechovky, do kterého bylo pomocí stříkačky vpraveno okolo 0,75ml) benzínu, který byl připraven vedle v malé kádince na nabírání. Benzín byl rovnoměrně rozmístěn do drážky víčka. Víčko jsme dali pod fotoaparát tak, aby bylo na záznamu vidět celé.

Nad víčko byl umístěn zapalovač, jenž byl poté aktivován za vzniku cestujícího plamene, který byl kvůli vysoké těkavosti benzínu schopen po drážce plechovky cestovat dokola. Vše bylo za pomoci fotoaparátu natočeno. Často se zde ale vyskytoval nepříjemný jev, při kterém se objevily dva protichůdné plameny, které po srážce vyhasly. Experiment byl opakován po vyhasnutí plamene do doby, než byl všechn vpravený benzín postupně spálen.

Dále bylo víčko od plechovky zaměněno za vytištěnou hvězdicovitou strukturu, která byla také stříkačkou naplněna benzínem, přesunuta do digestoře a zapalována zapalovačem, vše za stálého nahrávání fotoaparátu. Zde nedošlo k šíření plamene po vnitřku hvězdy, ale k zapálení vnitřního kruhu a postupnému pulzování ve vyčnívajících větvích.

6 Zpracování videa

Video bylo z fotoaparátu kabelem přesunuto do počítače. Bylo dále analyzováno snímek po snímku v aplikaci Windows Media Player. Vždy jsme zaznamenali množství snímků potřebné k opsání kružnice, respektive projetí plamene kolem dokola celého víčka.

7 Výsledky

Zde jsou výsledky pozorování, tedy jak dlouho trvalo plamenu oběhnout víčko, a jak často k tomu došlo. Z tohoto lze pomocí váženého průměru a aplikace výpočtu dráhy plamene

Počet snímků na otáčku	četnost pozorování
41	4
40	9
39	9
38	1

Tabulka 1: výsledky pozorování

z poloměru drážky vypočítat průměrná rychlost jako $v = (0,62 \pm 0,01) m \cdot s^{-1}$.

8 Diskuse

Experiment proběhl úspěšně, rychlost cestování plamene byla změřena s nízkou odchylkou.

Problém experimentu ležel v částečné neovladatelnosti plamene, kde plamen měl tendenci cestovat do obou směrů, ne pouze do jednoho, což by pro nás bylo pohodlné, jelikož by po setkání plameny vyhasly, takže byly výsledky limitovány na množství pokusů, kde se nám povedlo plamen zapálit tak, aby šel pouze jeden jedním směrem.

Další problém bylo zapálení hvězdicovité formy, která se kvůli teplu pohybujícího plamene začala částečně delaminovat, a vznikla zde místa, ve kterých díky této částečné delaminaci 3D filamentu vznikla struktura podobná knotu na svíčce, respektive zde vystávala situace, při níž se kvůli zvýšené ploše a teplotě odpařovala velká část paliva paliva na udržení konstantního ohně. Tomuto by šlo předejít například použitím méně hořlavého tekutého paliva.

9 Shrnutí

Experiment proběhl celkem úspěšně za naměření rychlosti cestujícího plamene na $v = (0,62 \pm 0,01) m \cdot s^{-1}$. Také byla úspěšně vytvořena simulace, která popisovala tento jev.

Poděkování

Děkuji doktoru Michalu Jexovi za umožnění a dozorování tohoto miniprojektu. Rovněž děkuji i Karlu Tesaři za pomoc s uskutečněním experimentu