

Optomechatronika Projekt

BMEGEMIBMOP

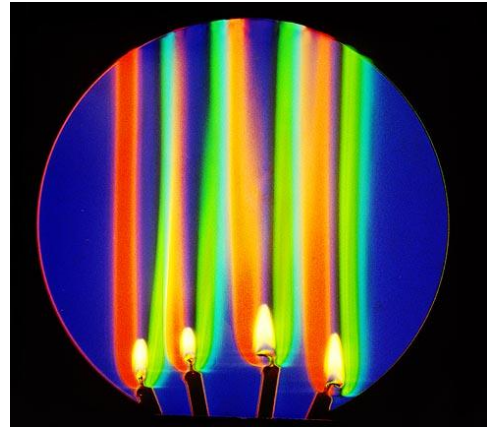
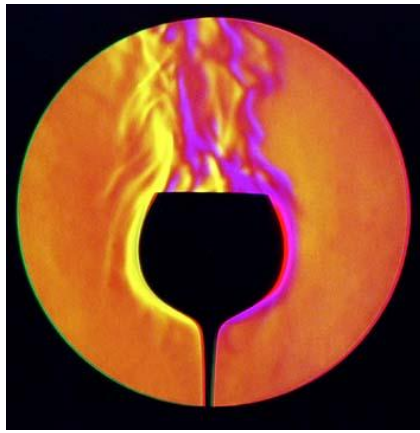
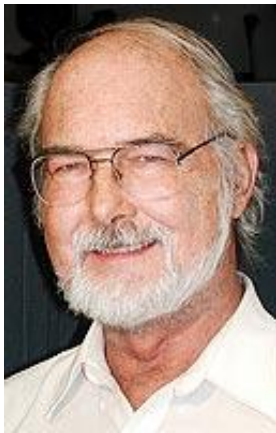
Skrodzki Marko Jakub

S36IJA

2026.06.03

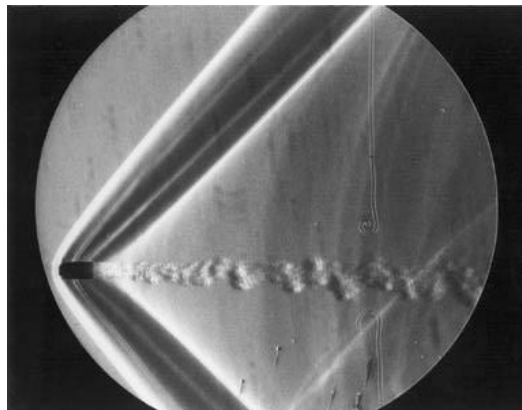
Projekt címe: Nagy sebességű és más tudományos fotográfia módszerek alkalmazása Dávidházy András professzor (Rochester) munkássága alapján

Davidházy András magyar származású fotótechnikai kutató és professzor, a Rochester Institute of Technology (RIT) oktatója volt. Olyan területekkel foglalkozott, mint a nagysebességű felvétel, stroboszkópia, perifériás fotózás, UV/IR technikák. A munkái között kiemelt helyen szerepel a schlieren fotózás, amelyről több oktatóanyagot és részletes magyarázatot is publikált.



Davidházy András schlieren fotográfiával készült képei (<https://www.davidhazy.org/andpph/>)

Egyik kiemelkedő munkája egy lövedék schlieren technikával készített nagysebességű felvétele, amely jól szemlélteti a lövedék lökeshullámaint:



Ezek alapján projektem választott célja egy hasonló fotó készítése egy lövedékről színes schlieren technikával.

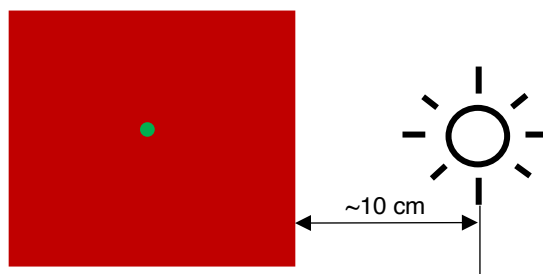
Schlieren fotográfia röviden

A schlieren fotográfia olyan optikai képalkotó eljárás, amely a közeg sűrűségének kismértékű térbeli változásait teszi láthatóvá. A módszer alapja, hogy a levegő vagy más átlátszó közeg törésmutatója a sűrűséggel arányosan változik. Amikor a fény olyan tartományon halad át, ahol hőmérséklet-, nyomás- vagy összetétel-különbség miatt sűrűséggradiens alakul ki, a fénysugár kis mértékben eltérül. Ezek az eltérések szabad szemmel nem érzékelhetők, azonban megfelelő optikai rendszerrel kontrasztos képpé alakíthatók.

A színes schlieren rendszer egy pontszerű fényforrásból, egy nagy átmérőjű leképező tükörből, különböző spektrális tartományokat átengedő színszűrőkből és egy kamerából áll. A fókusz síkban elhelyezett piros és zöld (vagy más színű) szűrők a fény eltérülésének irányát és mértékét színinformációvá alakítják, így a sűrűséggradiens térbeli szerkezete színes mintázatként jelenik meg.

A technika különösen alkalmas hőáramlások, gázsugarak, turbulens jelenségek, valamint nagysebességű aerodinamikai folyamatok vizsgálatára.

A schlieren fotográfia előnye, hogy nem igényel részecskejelölést vagy közegbe juttatott adalékot, mivel közvetlenül a törésmutató-változást érzékeli. Emiatt a módszer széles körben alkalmazható a fizika, a mérnöki tudományok és a kísérleti aerodinamika területén. A technika modern változatai például a digitális schlieren vagy a háttér-orientált schlieren (BOS)



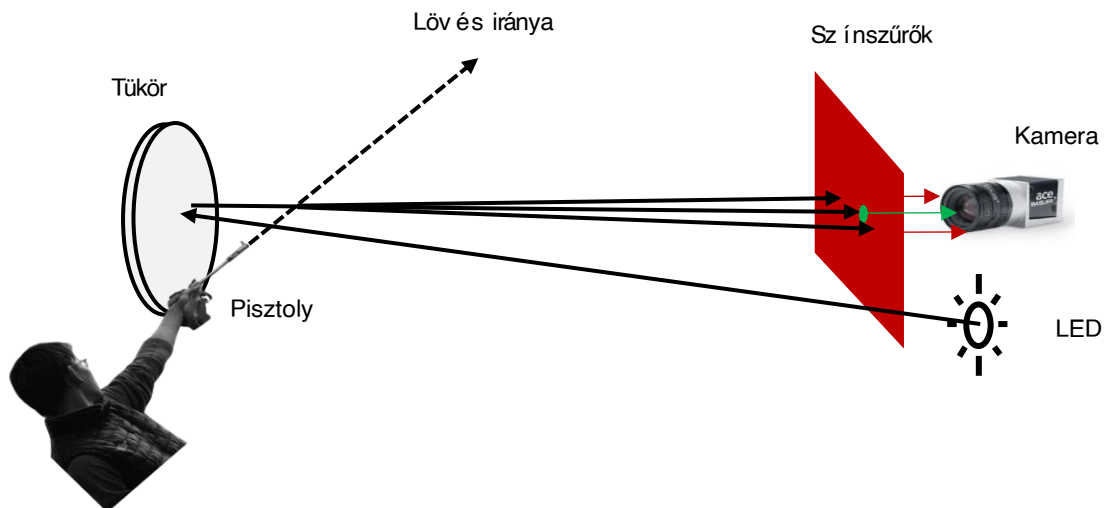
Színszűrők és fényforrás elhelyezkedése: egy nagyobb piros és a közepén egy kisebb zöld szűrő mellette a LED fény

Mérési jegyzőkönyv

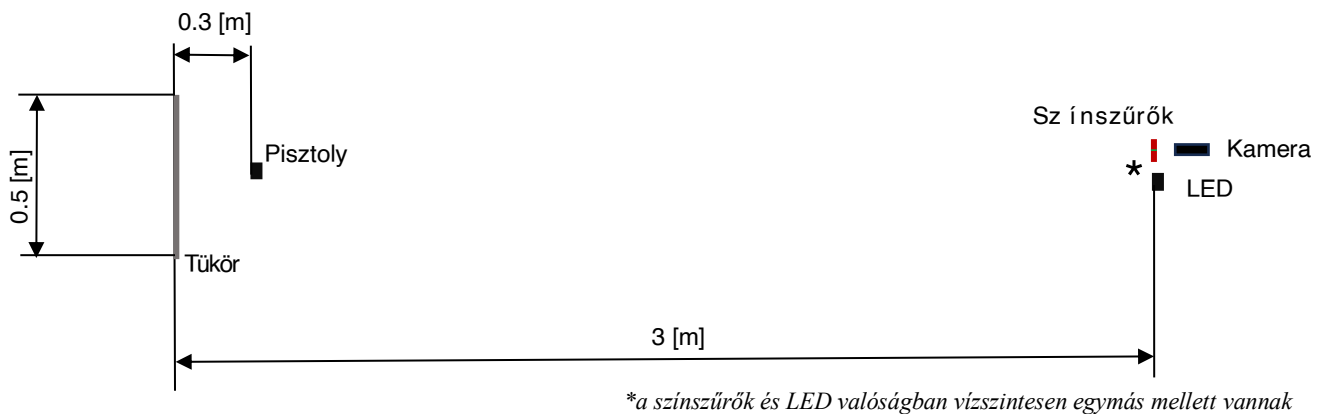
A mérés menete:

- Pontszerű fényforrás (LED)
- Leképező tükör → a fényt visszavezeti a fókuszpontba
- Színszűrő a fókusz síkban
- Fényeltérülés → a sűrűséggradiens miatt a sugarak más színzónába esnek (most zöld vagy piros)
- Különböző irányú eltérülések különböző színekként jelennek meg
- Kamera rögzíti a képet → a sűrűségváltozások színes mintázatként látszanak

A mérés vizuális ábrázolása:



A mérés arányos megjelenítése:



Mérési eszközök:

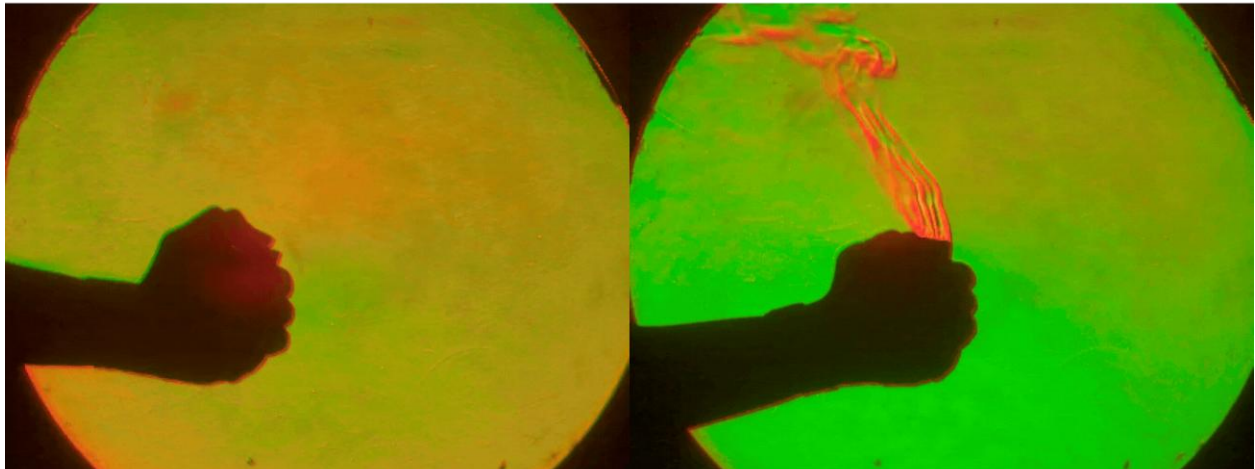
- LED fényforrás
- Kör alakú síktükör ($d = 0.5 \text{ [m]}$)
- Pardini SP22 olimpiai pisztoly (0.22)
- Színszűrők (piros, zöld)
- Basler acA800-510uc kamera (511 FPS)

Mérés ideje és helyszíne:

- Május 5. 2026
- Budapest, Nemzeti Lőtér

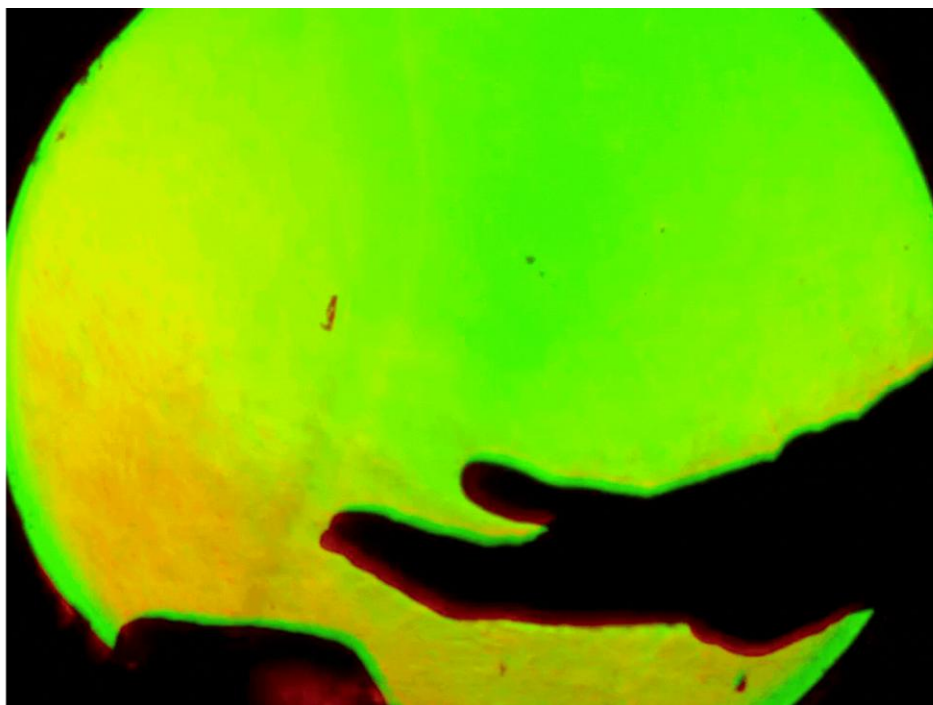
Mérési eredmények

Teszt mérések egy öngyújtóról:



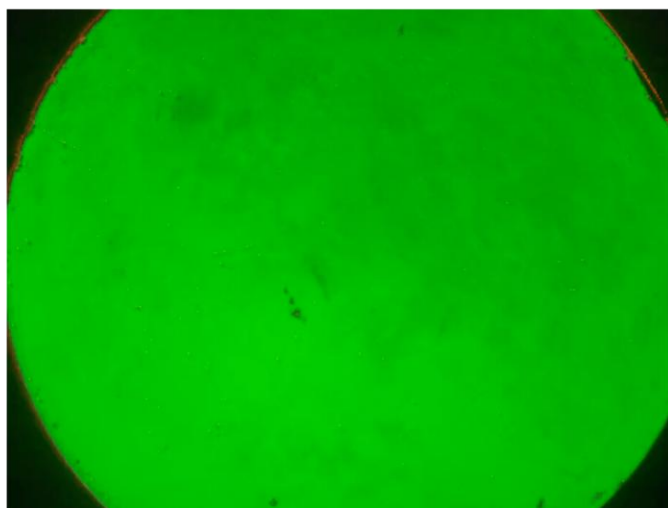
A láng felmelegíti a körülötte lévő levegőt, ami a levegő sűrűségének és így a törésmutatójának megváltozását okozza. A schlieren felvételeken ez a hatás jól látható, különösen a lassított felvételeken.

Teszt mérések egy kézről:

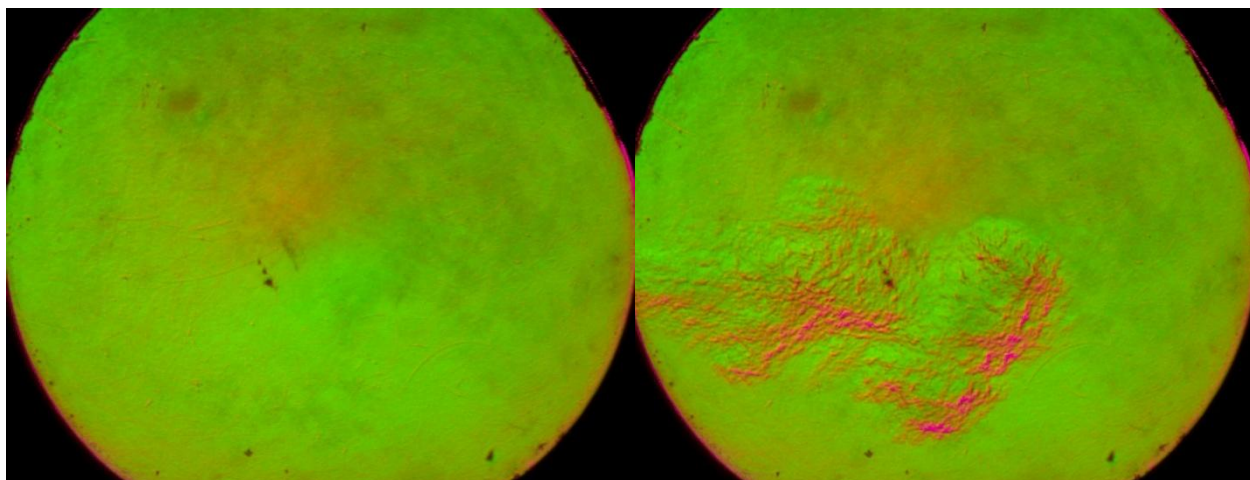


Itt látható, ahogy a kéz hője felmelegíti a körülötte lévő levegőt, ami a levegő sűrűségének és így a törésmutatójának megváltozását eredményezi.

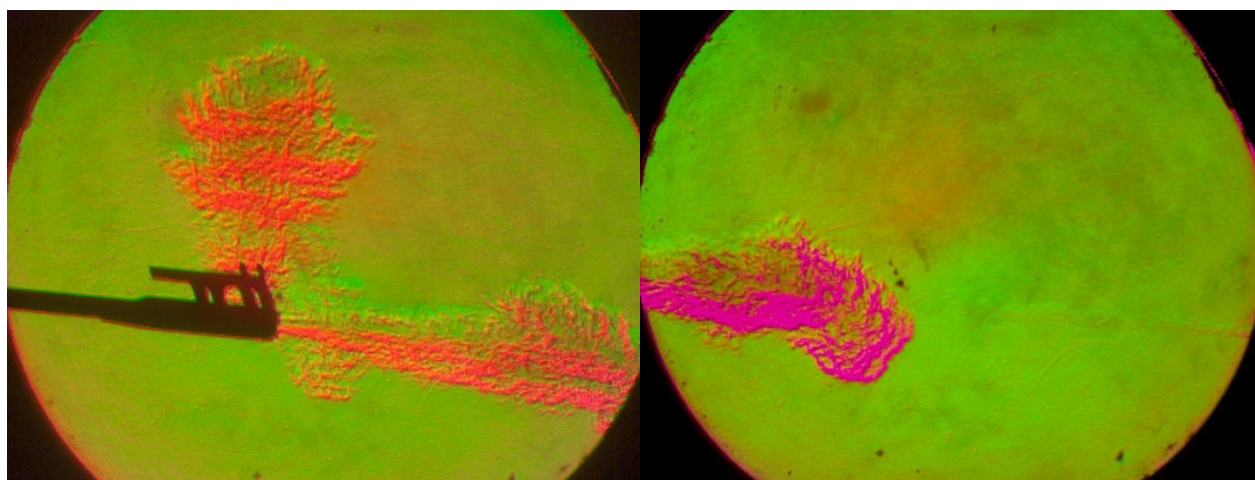
Lövés mérések:



Mivel a lövedék rendkívül nagy sebességgel halad, a látómezőn való áthaladása csak néhány mikroszekundumig tart

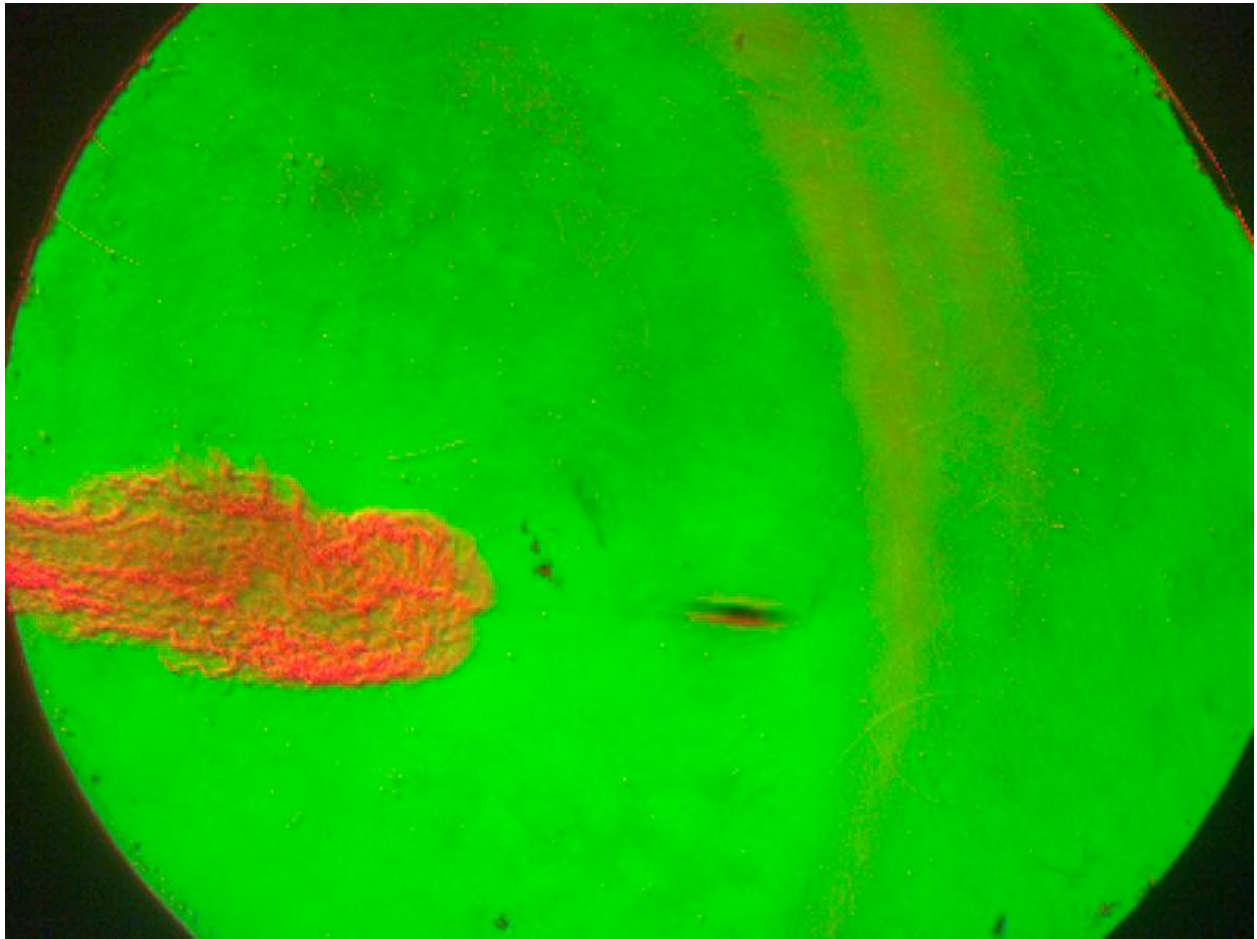


A pisztoly elsütésekor keletkező lökeshullám.



A pisztoly eleje lövés közben.

A kép jobb oldalán látható a lövedék útja.



Ezen a felvételen jól látható a lövedék, valamint az előtte kialakuló lökéshullám.

A felvételen látható, hogy a lövedék előtt egy közel gömbszerűen terjedő nyomáshullámfront helyezkedik el, amely a hangsebességgel terjed. Mivel a lövedék ehhez a hullámfronthoz képest lemarad, sebessége a hangsebesség alatt van. A levegőben a hangsebesség nagyságrendileg 300–340 m/s, így a lövedék sebessége körülbelül 250–300 m/s-ra tehető, azonban a pontos érték a felvételtől önmagában nem határozható meg.

Mérés kiértékelése

A számos felvétel ellenére a lövedéket csak egyetlen alkalommal sikerült rögzíteni, ami jól mutatja, hogy a jelenlegi képfrissítési sebesség mellett rendkívül kicsi az időzítés találati valószínűsége. A pontosabb és élesebb eredmények érdekében célszerű nagyobb FPS-ű kamerát alkalmazni, amely jelentősen növeli a lövedék elkapásának esélyét.

Külön köszönet Szabó G. Istvánnak (OMI) a mérési segítségért, valamint Jákó Míriamnak a lövések lebonyolításában nyújtott közreműködéséért.

Forrás:

<https://www.davidhazy.org/andpph/>

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bullet_Wiki.ogv