

Analiza primjene određenih fizikalnih principa u filmovima

Ančić, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Algebra University College / Visoko učilište Algebra**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:225:602620>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Algebra University - Repository of Algebra University](#)



SVEUČILIŠTE ALGEBRA
Multimedijsko računarstvo

ZAVRŠNI RAD

**Analiza primjene određenih fizikalnih principa
u filmovima**

Nikola Ančić

Zagreb, svibanj 2024.

SVEUČILIŠTE ALGEBRA
Multimedijsko računarstvo

ZAVRŠNI RAD

**Analiza primjene određenih fizikalnih principa
u filmovima**

Nikola Ančić

Mentor: Silvija Grgić

Zagreb, svibanj 2024.

Predgovor

„Nema većeg neprijatelja od vlastitog straha.“

Konačno mogu reći da sam blizu pobjede. Moj put na Algebri bio je poduži. Vjerovali ste u mene kada ni sam nisam. Zahvalan sam na tome jer ste mi više puta ukazali povjerenje i pružili pomoć - od samih početka kada sam dobio stipendiju, do danas kada postajem akademski građanin.

Zahvaljujem se svim profesorima i zaposlenicima Sveučilišta Algebra, posebno prof. Renatu Barišiću, prof. Nataši Trojak, kolegici Ljiljani Buljan, prof. Nadi Kaurin Knežević, prof. Nebojši Staniću, prof. Robertu Krivecu, srednjoškolskoj profesorici Ivani Biško i Jeleni Žuveli na lekturi.

Posebnu zahvalu upućujem svojoj mentorici prof. Silviji Grgić na strpljenju, pažnji i pomoći. Ona je bila moja snaga, vraćala mi je vjeru i stručno me vodila pri izradi ovog rada.

Na kraju, hvala mojoj obitelji na ljubavi i podršci tijekom školovanja.

Sažetak

U ovom završnom radu analizirana je primjena fizikalnih koncepata u filmovima. U prvom dijelu rada opisani su fizikalni koncepti koje smo analizirali u filmovima, načini snimanja scena, produkcija i post produkcija filmova koje smo koristili kao primjer u analizi. U središnjem dijelu rada analizirane su scene iz filmova s ciljem razmatranja jesu li u izabranim scenama poštivani fizikalni koncepti ili nisu. U završnom dijelu rada prikazani su rezultati istraživanja koje je provedeno s ciljem da se provjeri koliko gledatelji uopće primjećuju i prepoznaju fizikalne koncepte u filmskim scenama; znaju li prepoznati što je pogrešno u filmskoj sceni i koji fizikalni koncept uopće ta scena iskrivljuje te u konačnici koliko to utječe na njihovo opće „zadovoljstvo“ filmom.

Ključne riječi: fizikalni koncepti, snimanje, scena , filmovi , produkcija, post produkcija, istraživanje , analiza.

Abstract

This final paper analyses the application of physical concepts in movies. In the first part of the paper, the physical concepts analysed in are described, as well as the methods of filming scenes, film production and post-production techniques used as examples in the analysis. The central part of the paper examines scenes from movies with the aim of considering whether the physical concepts are respected in those scenes or not. At the end of the paper is a research report conducted to assess how much viewers notice and recognize physical concepts in movie scenes, namely, whether they can identify what is incorrect in the movie scene and which physical concept the scene distorts, and ultimately, how much this affects their overall „satisfaction“ with the movie.

Keywords: physical concepts, recording, scene, films, production, postproduction, research, analysis.

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Fizikalni koncepti	2
2.1. Gibanje tijela.....	2
2.2. Sila i Newtonovi zakoni	4
2.3. Gravitacijska sila	5
2.4. Aerodinamika	5
2.5. Termodinamika.....	6
2.6. Zvuk.....	6
2.7. Valna priroda svjetlosti.....	7
2.8. Električna energija i elektricitet.....	7
3. Načini snimanja scena	9
3.1. Snimanje realnih scena u znanstveno-fantastičnim filmovima	9
3.2. Snimanje stvarnih scena u akcijskim filmovima	11
3.3. Snimanje i produkcija nerealnih scena u akcijskim filmovima.....	13
3.4. Snimanje i produkcija nerealnih scena u znanstveno-fantastičnim filmovima ...	14
3.5. Produkcija filmova	15
3.6. Postprodukcija filmova.....	17
4. Analiza scena primjene fizikalnih koncepata u filmovima	19
4.1. Gibanje tijela u filmovima Brzina (1994.) i Projekt A (1983.)	19
4.2. Sila i Newtonovi zakoni u filmu Brzi i žestoki 5 (2011.).....	26
4.3. Gravitacija i valna priroda svjetlosti u filmu Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.)	28
4.4. Aerodinamika u filmu The Batman (2022.)	31
4.5. Termodinamika u filmu Gospodar prstenova: Povratak kralja (2003.).....	34

4.6.	Zvuk u filmovima 2001: Odiseja u svemiru (1968.) i Čuvari galaksije 2 (2017.)	35
4.7.	Strujni krug u filmu Iron Man 3 (2013.).....	39
5.	Istraživanje percepcije primjene određenih fizikalnih principa u filmovima.....	41
5.1.	Ciljevi metodologije istraživanja.....	41
5.2.	Uzorak i instrument	41
5.3.	Analiza rezultata	42
5.4.	Zaključak istraživanja.....	55
	Zaključak	56
	Popis kratica	57
	Popis slika.....	58
	Literatura	61

1. Uvod

Snimanje akcijskih i znanstveno-fantastičnih filmova često uključuje izazove vezane uz poznavanje fizikalnih koncepata. Budući da su ti žanrovi poznati po spektakularnim scenama, one ponekad zahtijevaju odstupanja od stvarnosti. Međutim, čak i u okviru fantastičnih elemenata, mnogi filmaši nastoje očuvati neki stupanj uvjerljivosti i dosljednosti u svom filmskom svijetu. Kako bi se zadržao element zabave, karakterističan za akcijske i znanstveno-fantastične filmove, ponekad je nužno napraviti kompromis između spektakla i stvarnosti. Ipak, pažljiva integracija tih elemenata može rezultirati filmskim iskustvom koje je uzbudljivo, ali i dosljedno u okvirima stvorenog svijeta.

Svrha ovog rada je analizirati primjene fizikalnih koncepata u filmovima i istražiti koliko gledatelji uopće primjećuju i prepoznaju fizikalne koncepte u filmskim scenama. Cilj je doznati znaju li gledatelji prepoznati što je pogrešno u filmskoj sceni, koji fizikalni koncept pojedina scena iskrivljuje te koliko u konačnici to utječe na njihovo opće „zadovoljstvo“ filmom. Prikazat će se fizikalni koncepti obuhvaćeni analizom scena i priložiti pregled načina snimanja i produkcije različitih filmskih scena. Oprimjerit će se uspješne primjene fizikalnih koncepata i načini postizanja specijalnih vizualnih efekata s iskrivljenim fizikalnim konceptima. U radu će se obraditi određen broj filmova koji koriste specijalne vizualne efekte koji će se usporediti s fizikalnim konceptima. Izdvojit će se i usporediti dobri i loši primjeri akcijskih scena te usporediti novi i stari filmovi koji koriste specijalne vizualne efekte i računalno stvorene scene.

Namjera je prikazati kako se produciraju filmovi i snimaju scene s naglaskom na razliku načina stvaranja realnih scena (scene koje poštuju fizikalne koncepte) i nerealnih scena (scene koje ne poštuju fizikalne koncepte). Putem ankete ispitano je u kojoj mjeri gledatelji primjećuju fizikalne koncepte u filmskim scenama, prepoznaju li fizikalni koncept kojega pojedina scena iskrivljuje te koliko to utječe na njihovo opće „zadovoljstvo“ filmom. Rezultati ankete, kao i osvrt, prikazani su u završnom dijelu rada.

2. Fizikalni koncepti

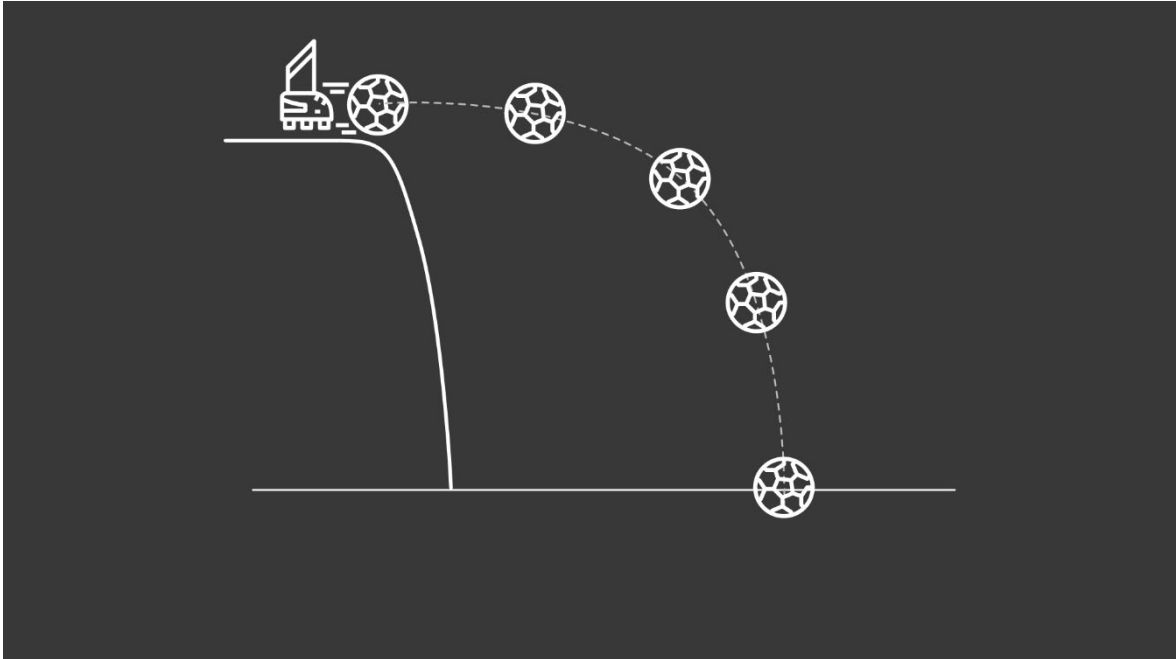
Pregled i definiranje fizikalnih koncepata neophodni su za razumijevanje i kontekstualizaciju primjene istih u odabranim filmovima. U ovom poglavlju rada fokusirat ćemo se na ključne fizikalne koncepte koji su relevantni za razumijevanje analiza scena. Pregled će nam poslužiti kao temelj za sva daljnja razmatranja.

2.1. Gibanje tijela

Gibanje je osnovni koncept u fizici koji se odnosi na promjenu položaja tijela u odnosu na vrijeme. (Andreis & Plavčić & Simić, 2011.) Kad se tijelo kreće ravnomjerno i pravocrtno, istom brzinom i u istom smjeru bez akceleracije kažemo da se giba jednoliko pravocrtno. Ako se brzina tijela mijenja s vremenom, kažemo da tijelo ima akceleraciju. Ako je akceleracija konstantna kažemo da se tijelo giba jednoliko ubrzano. (Andreis & Plavčić & Simić, 2011.)

Slobodni pad je oblik gibanja u kojem se tijelo giba, bez početne brzine i samo pod utjecajem gravitacije. (Andreis & Plavčić & Simić, 2011.) Slobodni pad ćemo na primjeru analizirati u filmu Project A (1983.).

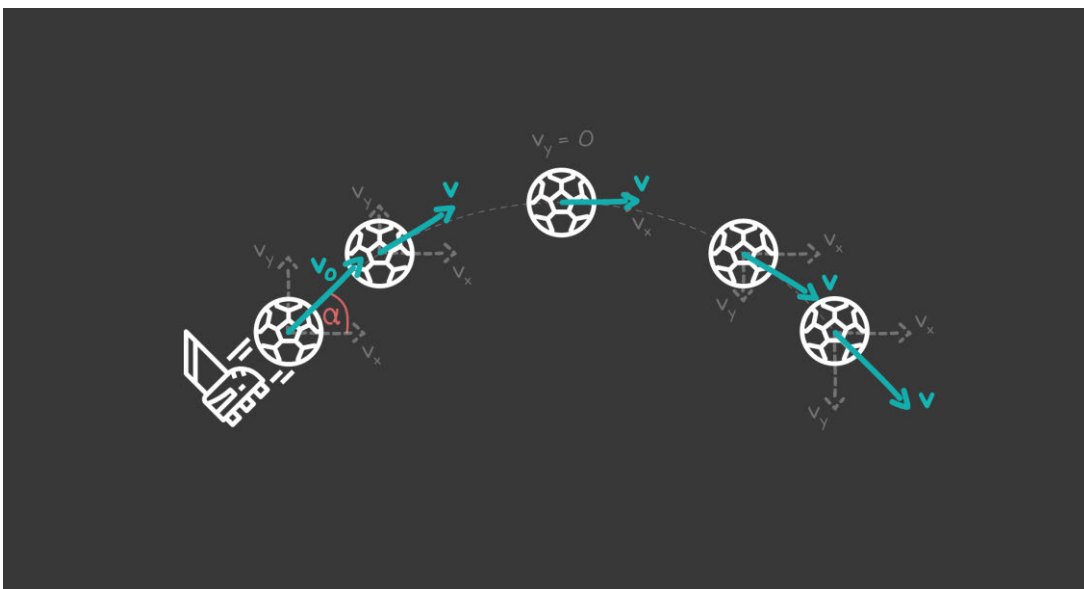
Kada su gibanja u pitanju, moramo spomenuti i složena gibanja. Složena gibanja tijela su ona koja uključuju kombinaciju različitih jednostavnih gibanja i mogu biti pravocrtna i krivocrtna. U pravocrtna gibanja spadaju vertikalna hitac, prema gore i prema dolje, a u krivocrtna spadaju kosi hitac i horizontalni hitac. (Andreis & Plavčić & Simić, 2011.) Horizontalni hitac je složeno gibanje koje nastaje kada je tijelo izbačeno horizontalno nekom brzinom te se nakon što je izbačeno kreće pod utjecajem gravitacije. (Andreis & Plavčić & Simić, 2011.). Slika 2.1. prikazuje putanju horizontalnog hitca.



Slika 2.1 Grafički prikaz horizontalnog hitca.

Izvor: <https://gradivo.hr/pages/komponente-vektora-i-horizontalni-hitac>.

Kosi hitac je složeno gibanje pri kojemu je tijelo bačeno pod kutom u odnosu na horizontalu ravninu te se giba zbog početne brzine i pod utjecajem gravitacije. Slika 2.2. prikazuje putanju kosog hitca.



Slika 2.2 Kosi hitac.

Izvor: <https://gradivo.hr/pages/kosi-hitac>.

Najveća udaljenost koju postigne tijelo gibajući se u horizontalnom smjeru od mjesta izbačaja naziva se domet. Domet kod kosog hitca ovisi o početnoj brzini, kutu izbačaja i gravitaciji dok kod horizontalnog hitca ovisi o početnoj brzini, gravitaciji i visini s koje je tijelo izbačeno. (Andreis & Plavčić & Šimić, 2011.)

Horizontalni i kosi hitac ćemo analizirati na sceni iz filma Brzina (1994.).

2.2. Sila i Newtonovi zakoni

Pojam „sila“ ima različita tumačenja, a u kontekstu ovog poglavlja sila ima središnju ulogu u gibanju tijela. Newtonov prvi zakon gibanja glasi: „Tijelo miruje ili se giba jednoliko po pravcu ako na njega ne djeluje nikakva sila ili je rezultanta svih sila koje na njega djeluju jednaka nuli“ (Tečić, Sabolek, Šijan, 2011.). Newtonov prvi zakon ističe koncept inercije. To je sposobnost tijela da se opire gibanju. Ako tijelo ima više inercije, teže mu je promijeniti stanje mirovanja te je potrebno više sile za tu promjenu. Da bismo to ilustrirali, zamislit ćemo da guramo neki predmet, primjerice kamen. Nasuprot sili koju primjenjujemo pri guranju tog predmeta, sila trenja djeluje u suprotnom smjeru od gibanja tog predmeta. Da bismo nastavili gurati predmet i zadržali jednoliko gibanje moramo primijeniti silu koja bi trebala biti najmanje jednaka sili trenja. (Ružić & Knežević, 2022.)

Drugi Newtonov zakon kaže da je promjena količine gibanja razmjerna djelovanju sile što bi značilo da bi se tijelu promijenila brzina, potrebno je da na njega djeluje sila veća od nule. Ovaj zakon objašnjava kako sila uzrokuje promjenu brzine tijela. Ako je sila koja djeluje na tijelo veća i promjena brzine će biti veća, pod uvjetom da je masa tijela konstantna.

Treći Newtonov zakon (akcije i reakcije) glasi: "Ako tijelo djeluje na drugo tijelo silom, drugo tijelo djeluje na prvo tijelo suprotnom silom jednakog intenziteta i u suprotnom smjeru.". (Ružić & Knežević, 2022.)

Svi ovi koncepti će nam poslužiti pri analizi filma Brzi i žestoki 5 (2011.).

2.3. Gravitacijska sila

Sila privlačenja između tijela koja imaju masu naziva se gravitacijska sila. Kada se tijelo nalazi u gravitacijskom polju blizu površine Zemlje na njega djeluje gravitacijska sila koja je odgovorna za to da tijela padaju prema središtu Zemlje. Nasuprot tome postoji bestežinsko stanje. Bestežinsko stanje tijela nastaje kada na tijelo prividno ne djeluje gravitacijska sila. Važno je spomenuti da tijela u bestežinskom stanju nemaju težinu i lebde u prostoru bez obzira na svoju masu. (Ružić & Knežević, 2022.)

Ovi fizikalni koncepti pomoći će nam u analizi scena iz svemira, kao što su scene iz filma Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.).

2.4. Aerodinamika

Aerodinamika proučava strujanje plinova, a nas u ovom radu zanima zrak i sile kojima zrak djeluje na tijelo ako između njih postoji relativno gibanje. U ovom ćemo se dijelu prisjetiti i objasniti što je fluid i viskoznost, otpor i otpor zraka, strujanje i uzgon kako bi kasnije mogli objasniti scenu u filmu The Batman (2022.)

Fluid je tvar, tekućina ili plin. Viskoznost je trenje koje nastaje pri strujanju fluida radi različite brzine gibanja slojeva određenog fluida (tekućine ili plina). (<https://www.enciklopedija.hr/clanak/fluid>)

Otpor je sila koja se javlja kada se neko tijelo giba kroz fluid. Razlikujemo hidrodinamički otpor koje se odnosi na silu gibanja tijela u tekućinama dok se aerodinamički otpor javlja u plinovima. Strujanje je gibanje fluida, a može se odvijati unutar nekog korita, oko nepomičnoga predmeta ili oko predmeta koji se giba u fluidu. Prema viskoznosti fluida razlikuje se strujanje idealnoga (nema viskoznosti) i realnoga fluida. Razlikujemo laminarno ili mirno i jednolično gibanje svih slojeva fluida i turbulentno strujanje koje je nejednoliko gibanje fluida u kojem se svi slojevi miješaju i pri tom se vektori brzina čestica razlikuju u smjerovima i iznosima. (<https://www.enciklopedija.hr/clanak/strujanje>)

Otpor zraka javlja se u plinovima i nastaje radi strujanja. Suprotan je od smjera gibanja tijela, i opire se tom gibanju. Ovisi o gustoći zraka ili nekog fluida, njegovoj gustoći te naravno veličini i obliku tijela. (<https://enciklopedija.hr/clanak/zracni-otpor>)

Uzgon je sila kojom fluid djeluje na tijelo u fluidu. Ta sila suprotna je od smjera gravitacije i ovisi o gustoći samog fluida, volumenu tijela i gravitacijskom ubrzanju. Razlikujemo statički uzgon i dinamički uzgon. Kasnije u radu razmatrat ćemo dinamički uzgon koji omogućava let zrakoplova i ostalih letjelica čija su tijela veće gustoće od gustoće zraka. (<https://enciklopedija.hr/clanak/uzgon>)

2.5. Termodinamika

Termodinamika proučava pretvaranje topline u druge oblike energije. Tijelo u kojem se čestice kreću brže osjećamo kao toplije, a tijelo u kojem se čestice kreću sporije osjećamo kao hladnije. Fizikalna veličina kojom se opisuje energija koja prelazi s toplijeg na hladnije tijelo naziva se toplina. (Andreis & Plavčić & Simić, 2011.) Primanjem topline tijelo se zagrijava. Grijanjem se temperatura tijela može povećati toliko da tijelo promijeni agregatno stanje. Tvari mogu biti u čvrstom, tekućem i plinovitom stanju. Voda može biti u sva tri agregatna stanja, a u kojem će agregatnom stanju biti ovisi o temperaturi. Za razliku od vode, koja pri atmosferskom tlaku iznad 100°C prelazi u plinovito stanje, lava koja nastaje erupcijom vulkana. Lava je rastaljeni kamen u tekućem stanju, temperature od 700 °C do 1200 °C, koja može teći dok se ne ohladi i tada prelazi u čvrsto agregatno stanje. (<https://www.enciklopedija.hr/clanak/agregatno-stanje>)

Ovi fizikalni koncepti pomoći će nam u analizi scena iz filma *Gospodar prstenova: Povratak kralja* (2003.).

2.6. Zvuk

Kako bi objasnili scene u znanstveno-fantastičnim scenama koje se odvijaju u svemiru moramo se prisjetiti što je zvuk i kako se te u kojem mediju širi.

Zvuk je mehanički val u rasponu frekvencija od 16 Hz do 20 kHz. Zvuk nastaje periodičnim titranjem izvora zvuka koji mijenja tlak medija kroz koji se širi. Taj poremećaj tlaka se prenosi na susjedne čestice medija i tako se zvuk širi kroz medij. Ključno je zapamtiti da je potreban medij čija je sredina dovoljno elastična i neki fizikalni mehanizam preko kojeg djelići sredine utječu jedna na drugoga da bi se poremećaj odnosno zvuk proširio. Stanja medija kroz koje se zvuk može širiti su plinovito, tekuće ili čvrsto stanje.

U scenama iz filmova 2001: Odiseja u svemiru (1968) i Čuvari galaksije 2 (2017.) analiziramo zvuk u svemiru, zato ćemo se prisjetiti čuje li se zvuk u svemiru.

Znanstvenici koji se bave zvukom svemira vjeruju da je tišina u svemiru privid i posljedica nemogućnosti da naše uho čuje udaljene vibracije. Sonifikacija je postupak pretvaranja svjetlosnih valova u zvučne valove i to je jedan od načina da čujemo što se u svemiru događa. Sonifikacija se zasniva na upotrebi astronomskih slika snimljenih raznim vrstama teleskopa s idejom da se te slike pretvore u zvuk. (<https://povijest.hr/znanostitehnologija/kako-zvuci-svemir/>)

Za potrebe ovog rada držali smo se fizikalnih koncepata te konstatirali da, s obzirom na to da u svemiru nema zraka nego je vakuum, nema ni mogućnosti prijenosa zvučnih valova.

Dopplerov efekt je promjena frekvencije vala radi međusobnog približavanja ili udaljavanja izvora i promatrača. Ovaj efekt primjenjuje se na različite vrste valova (zvuk, svjetlost i radiovalove. Na primjeru zvuka, kada se automobil s upaljenim sirenom približava promatraču, zvuk sirene čini se višim tonom. Kada se automobil udalji se, zvuk sirene čini se nižim tonom.

2.7. Valna priroda svjetlosti

Za razumijevanje pojedinih scena u svemiru potrebno je pojasniti određene pojmove vezane za svjetlost. Svjetlost je elektromagnetski val koji za razliku od zvuka ne zahtjeva medij za prenošenje. Brzina svjetlosti definirana je kao $c=299,792,458$ m/s i predstavlja gornju granicu brzine kojom se informacije ili energija mogu kretati kroz svemir. Brzina svjetlosti je konstantna i važna je za razumijevanje prostora, vremena i relativističkih pojava. Brzina svjetlosti u drugim medijima (osim vakuuma) može biti manja od c .

U filmu Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.) ćemo analizirati brzinu svjetlosti i laser.

2.8. Električna energija i elektricitet

Kako bi objasnili scenu u filmu Iron Man 3 (2013.) moramo se prisjetiti što je električna energija, što je električna struja, strujni krug te kako strujni udar djeluje na čovjeka.

Električna energija nastaje kada se u električnom strujnom krugu energija elektromagnetskoga polja odnosno električna potencijalna energija pretvara u drugi oblik

energije kao svjetlosnu, toplinsku itd. (<https://enciklopedija.hr/clanak/elektricna-energija>) Električna struja je kretanje električnih naboja kroz provodnik ili druge medije koji omogućuju protok elektriciteta. Električna struja može biti istosmjerna i izmjenična. Kod istosmjerne električne struje električni naboji kreću se u jednom smjeru i stalne je jakosti. Izvor električne energije u istosmjernom električnom strujnom krugu može biti akumulator, generator i sl. Kod izmjenične električne struje smjer kretanja električnih naboja periodično se mijenja kao i jakost. (<https://www.enciklopedija.hr/clanak/elektricna-struja>)

Strujni krug je sklop koji se sastoji od izvora, vodiča, trošila, kondenzatora, zavojnica i drugih elemenata. Kada su ti elementi međusobno spojeni, kroz sklop teče električna struja. Električna struja nastala u strujnom krugu prenosi električnu energiju do trošila, u kojem se ta energija pretvara u druge oblike energije kao što je svjetlosna, toplinska, mehanička i sl. Strujni krugovi mogu biti jednosmjerni ili izmjenični. Kakav je strujni krug ovisi o tome teče li električna struja u jednom smjeru, kao u bateriji ili se periodično mijenja s vremenom kao u utičnici za struju. (<https://www.enciklopedija.hr/clanak/elektricni-strujni-krug>)

Električna struja može različito utjecati na čovjeka, a ozbiljnost tih utjecaja ovisi o više faktora kao što su: jačina struje, trajanje izloženosti, put prolaska struje kroz tijelo i sl. Najčešća opasnost od električne struje na čovjeka je električni udar. Električni udar je ozljeda koja nastaje kada struja prođe kroz tijelo i kada se tijelo na neki način uključi u tok električne struje. Može izazvati smrt ako je napon veći od 50 V. Ozbiljnost povreda ovisi o jačini struje i trajanju izloženosti. Male struje mogu izazvati lagane povrede, dok veće struje mogu uzrokovati ozbiljne povrede. Ponekad i indirektni utjecaji poput izloženosti visokom naponu mogu imati dugoročne utjecaje na zdravlje. Važno je napomenuti da ne igra ulogu samo jačina struje već i put prolaska struje kroz tijelo, jer su neki dijelovi tijela osjetljiviji na električni udar od drugih. (<https://www.enciklopedija.hr/clanak/elektricni-udar>)

3. Načini snimanja scena

Ovo poglavlje posvećeno je različitim tehnikama i metodama koje se koriste u snimanju filmskih scena. Proučavanjem ovih tehnika, cilj nam je razumjeti kako filmski stvaraoci koriste različite pristupe u kreiranju vizualnih narativa koji privlače gledatelje i pojačavaju emotivni doživljaj. Analizirat ćemo napredne metode snimanja, od klasičnih kadrova i kamera pokreta do suvremenih digitalnih efekata i računalno generirane slike.

3.1. Snimanje realnih scena u znanstveno-fantastičnim filmovima

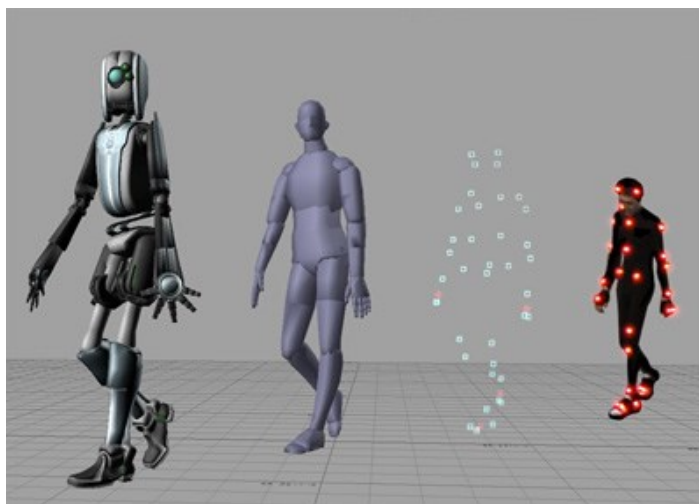
Snimanje stvarnih i realnih scena u znanstveno-fantastičnim filmovima predstavlja poseban izazov. Kombiniraju se stvarni elementi sa znanstveno-fantastičnim, često i futurističkim, kako bi se postigao uvjerljiv dojam. Ključni koraci i elementi ovog procesa su: planiranje, konceptualizacija, izbor lokacija, setovi, osvjetljenje, kamera, vizualni efekti, računalno generirane slike, praktični efekti, inovativne tehnologije, montaža i postprodukcija. Planiranje i konceptualizacija je razvoj jasne vizije filma s kombinacijom stvarnih i znanstveno-fantastičnih elemenata. To uključuje izradu storyboardova, skica i detaljnog planiranja kako bi se postigao međusobno usklađen vizualni stil. Kada su u pitanju lokacije i setovi, korištenje stvarnih lokacija i setova služi kako bi se postigla autentičnost u stvarnim dijelovima filma. To uključuje snimanje na modernim lokacijama koje prikazuju viziju budućnosti ili prilagodbu stvarnih setova kako bi odgovarali znanstveno-fantastičnom svijetu. (Dinur, 2017.)



Slika 3.1 Snimanje bestežinskih scena.

Izvor:<https://www.youtube.com/watch?v=8Kld61n8ZDI&t=444s>

NASA je ustupila zrakoplov KC-135 za set snimanja filma Apollo 13(1995.) koji može u letu dobiti 23 sekunde bestežinskog stanja. Tu je metodu NASA oduvijek koristila za obuku svojih astronauta za svemirski let. Slika 3.1 prikazuje snimanje realne scene u tom avionu. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_13_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_13_(film))) Svjetlosni izvori i kamere važne su za postizanje dojma u znanstveno-fantastičnim filmovima. One se posebno postavljaju kako bi se postigao odgovarajući dojam u kombinaciji stvarnih i znanstveno-fantastičnih elemenata. Pravilno osvjetljenje može dodati realizam scenama, dok se kamerom može naglasiti futuristički izgled. Važni elementi ovog procesa svakako su specijalni efekti i računalno generirane slike koje služe kako bi se dodali znanstveno-fantastični elementi. To može uključivati futurističke arhitektonske dodatke, svemirske brodove, napredne tehnologije i slično (slika 3.2). (Dinur, 2017.)



Slika 3.2 Primjer Računalno generirane slike.

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-generated_imagery

Autentičnost određenih scena znanstveno-fantastičnog filma također se može ostvariti upotrebom praktičnih efekata, poput minijatura i mehaničkih modela. Nadalje, upotrebom inovacija i naprednih tehnologija postiže se futuristički dojam. U tu svrhu upotrebljavaju se dronovi, VR tehnologije, hologrami itd. Integracijom stvarnih i računalno generiranih slika tijekom montaže i postprodukcije postiže se međusobno usklađeni dojam.

Integracija stvarnih i znanstveno-fantastičnih elemenata zahtijeva pažljivo planiranje i suradnju stručnjaka iz različitih područja filmske produkcije. Ovakav pristup omogućuje stvaranje uvjerljivih i realističnih znanstveno-fantastičnih filmova. Na kraju se uvijek provodi testiranje i korekcije koje podrazumijevaju provjeru kvalitete scena kako bi se izvršile potrebne korekcije i poboljšanja snimljenih scena. (Dinur, 2017.)

3.2. Snimanje stvarnih scena u akcijskim filmovima

Snimanje stvarnih i realnih scena u akcijskim filmovima zahtijeva precizno planiranje, dobro koordinirane akcijske sekvence i upotrebu stvarnih lokacija kako bi se postigla autentičnost. Ključni koraci i elementi koji se često koriste u ovom procesu su planiranje akcijskih seansi, izbor lokacija, setovi, vratolomije (engl. stunts), upotreba stvarnih akcijskih scena, osvjetljenje, kamera, realni rekviziti, dinamička snimanja, testiranje i korekcije.

Planiranje akcijskih seansi uključuje detaljno planiranje svake akcijske scene, koreografiju borbenih pokreta, postavljanje akcijskih sekvenci i odabir najprikladnijih lokacija.

Snimanjem na stvarnim mjestima (slika 3.2) postiže se vjerodostojnost i pridonosi dojmu stvarnih događaja te se postiže autentičnost scene. Također, uključivanjem profesionalnih kaskadera u proces snimanja akcijskih filmova, osigurava se sigurnost tijekom izvođenja opasnih ili spektakularnih scena. (Braha & Byrne, 2011.)



Slika 3.3 Snimanje scene u filmu Brzina (1994.).

Izvor: <https://www.pbssocal.org/shows/kcet-must-see-movies/how-1994s-speed-captured-a-changing-los-angeles>

Korištenjem stvarnih akcijskih scena s minimalnom upotrebom specijalnih efekata postiže se autentičnost. To primjerice može uključivati stvarne borbe, skakanje s visina, vožnje automobila, broda, u ovom slučaju autobusa, motora i automobila (slika 3.3). Dinamika akcijskih filmova postiže se upotrebom ručnih kamera ili dronova, a postavljanje svjetlosnih izvora i kamere služi da bi se najbolje „uhvatila akcija“. Kombinacijom različitih kutova snimanja može se pridonijeti uzbudljivosti scena. Autentičnost se postiže i korištenjem realnih rekvizita i opreme kao što su stvarna oružja, vozila i oprema, čime postizemo i vjerodostojnost scene. Važna faza je testiranje, kao i korekcije. Eventualne korekcije i poboljšanja mogu se napraviti tijekom produkcije. Redovitim testiranjem akcijskih scena provjerava se njihova kvaliteta i realizam. Integracija stvarnih akcijskih elemenata u akcijske filmove pridonosi autentičnosti, stvarajući dojam da su scene stvarno odigrane, što može poboljšati filmsko iskustvo gledatelja. (Braha & Byrne, 2011.)

3.3. Snimanje i produkcija nerealnih scena u akcijskim filmovima

Nerealne i nestvarne scene obično se odnose na situacije, događaje ili prikaze koji su nestvarni, fantastični, odnosno nisu u skladu s realnim svijetom i kao takve šire granice naše mašte. U filmskoj industriji to su prizori ili događaji koji nisu mogući u stvarnom svijetu, a često su povezani s fantastičnim žanrovima poput znanstvene fantastike, *fantasy*-ja ili horora. Za snimanje takvih scena i filmova filmska industrija koristi filmske trikove i specijalne efekte u produkciji i postprodukciji. Povijest filmskih trikova i specijalnih efekata seže u daleku prošlost, točnije u 1895., kada je Alfred Clark stvorio prvi specijalni efekt za film. Dok je snimao rekonstrukciju odrublivanja glave Marije, kraljice Škotske, naredio je glumcu da dođe do bloka u kostimu. Kad mu je krvnik podigao sjekiru iznad glave, zaustavio je kameru, natjerao glumce da se zalede, a glavnu glumicu da napusti set. Postavio je lutku Marije na mjesto glumca, ponovno započeo snimanje i tada je krvnik odsjekao lutki glavu. Tehnike poput ovih dominirale su u proizvodnji specijalnih efekata jedno stoljeće. Georges Melies je kasnije sasvim slučajno je otkrio trik „stop trik“ kada mu se, dok je snimao, kamera zaustavila. Taj „stop trik“ uzrokovao je da se kamion pretvori u mrtvačka kola, da pješaci promijene smjer i da se muškarci pretvore u žene. To ga je nadahnulo da napravi seriju od petstotinjak kratkih filmova između 1896. i 1913. u procesu razvijanja ili izmišljanja takvih tehnika kao što su višestruka ekspozicija, ubrzana fotografija i sl. No, to su bili tek početci.

Danas se pomoću računalne grafike i animacije stvaraju nestvarne scene, digitalni svjetovi, likovi i događaji koji ne postoje u stvarnom životu. Snimanje i produkcija nerealnih scena u akcijskim filmovima danas obuhvaća niz tehnika i procesa kako bi se postigao impresivan i uvjerljiv vizualni dojam. Ključni koraci i elementi ovog procesa su vizualni efekti i računalno generirane slike, modeliranje likova, animacija likova, upotreba tehnološke opreme, pirotehnika i postprodukcija. Korištenjem vizualnih efekata i računalno generiranih slika efekata, omogućeno je stvaranje nerealnih elemenata poput eksplozija, čudovišta, svemirskih brodova itd. Kombinacijom stvarnih i računalno generiranih slika može se stvoriti dojam stvarnosti. Na primjer, glumci se mogu snimati pred zelenom podlogom (engl. *Chroma key*), a potom se dodaju računalno generirane slike tijekom postprodukcije. (Dinur, 2017.)

Modeliranje i animacija likova koriste se ako su u pitanju fantastični likovi poput čudovišta, vanzemaljaca ili superheroja, a procesi modeliranja i animacije koriste se kako bi se likovi oživjeli na ekranu. Korištenjem napredne visoko tehnološke filmske opreme, poput visokokvalitetnih kamera, dronova ili žiroskopskih sustava za stabilizaciju, omogućuje se snimanje impresivnih nerealnih scena. Za takve scene, kao i za akcijske scene, ključno je korištenje pirotehnike. U taj proces su uključeni stručnjaci za pirotehniku koji rade na sigurnom postavljanju i detonaciji pirotehničkih efekata.

Montaža je ključna faza u kojoj se svi elementi spajaju. U fazi montaže se također dodaju računalno generirane slike, rade se korekcije boja i drugi postproduksijski radovi poput 3D tehnologije. 3D tehnologija se najčešće dobiva računalnom grafikom, a može se dobiti i na način da sistem kamera snima iz dvije perspektive. Snimanjem u 3D formatu može dodatno poboljšati vizualni dojam nerealnih scena, posebno u akcijskim filmovima koji se bave spektakularnim efektima. U kombinaciji, ovi elementi stvaraju nerealne scene koje su ključne za doživljaj akcijskih filmova, pružajući publici spektakularno iskustvo koje se teško može postići u stvarnom svijetu. (Dinur, 2017.)

3.4. Snimanje i produkcija nerealnih scena u znanstveno-fantastičnim filmovima

Znanstveno-fantastični filmovi često se bave fantastičnim elementima, futurističkim svjetovima i tehnologijama koje trenutno ne postoje. Snimanje i produkcija nerealnih scena u ovim filmovima zahtijevaju dodatne elemente kako bi se stvorio uvjerljiv i fascinantan svijet. Ključni koraci i elementi koji se često koriste u ovom procesu, a koji su važni za snimanje i produkciju nerealnih scena u znanstveno-fantastičnim filmovima, su: vizualni efekti, računalno generirane slike, futuristička tehnologija, 3D tehnologija, snimanje na lokacijama (setovima), testiranje i korekcije. Korištenje vizualnih efekata i računalno generiranih slika omogućuje stvaranje futurističkih krajolika, svemirskih brodova, vanzemaljskih bića i drugih fantastičnih elemenata. Računalno generirane slike se često koriste kako bi se proširile granice stvarnosti i prikazale tehnologije i fenomeni koji nisu mogući u stvarnom svijetu. Upotreba futurističkih tehnologija kao što su hologrami, napredni roboti, svemirski brodovi i drugi napredni uređaji doprinosi autentičnosti znanstveno-fantastičnog svijeta. Upotreba 3D tehnologije može dodatno poboljšati dojam prostornih elemenata i percepcije dubine u znanstveno-fantastičnim filmovima.

Korištenje futurističkih lokacija i setova stvara uvjerljivu kulisu za radnju. Pri tome kombinacija stvarnih lokacija s računalno generiranim slikama stvara veću autentičnost. U tom procesu provode se provjere kvalitete i realnosti scena putem testiranja, kako bi se izvršile potrebne korekcije i poboljšanja. Možemo zaključiti da snimanje nestvarnih i nerealnih scena uključuje različite tehnike i pristupe kako bi se postigao uvjerljiv vizualni dojam. Ovisno o žanru filma, može se koristiti kombinacija stvarnih setova, specijalnih efekata, računalno generiranih slika i drugih elemenata kako bi se stvorio fantastičan svijet. U kombinaciji, ovi elementi pomažu stvaranju dojmljivih i uvjerljivih nerealnih scena u znanstveno-fantastičnim filmovima. Suradnja između stručnjaka za specijalne efekte i ostalih filmskih stručnjaka ključna je za postizanje željenog vizualnog spektakla. (Dinur, 2017.)

3.5. Produkcija filmova

Produkcija obuhvaća sve korake i procese koji su uključeni u stvaranje nekog medijskog sadržaja, kao što su film, televizijska emisija, glazbeni album ili drugi oblici zabave. Proizvodnja može uključivati sljedeće faze: razvoj, prijenos sredstava, pripremu i snimanje.

- Razvoj je faza u kojoj se konceptualizira ideja i razrađuje scenarij. Uključuje planiranje i istraživanje kako bi se odredile smjernice projekta.
- Prijenos sredstava uključuje prikupljanje financijskih sredstava potrebnih za provedbu projekta. To može uključivati pregovaranje s investitorima, producentima ili drugim izvorima financiranja.
- Priprema je faza koja uključuje pripremu svih potrebnih elemenata za samu produkciju, uključujući odabir lokacija, glumaca, tehničkog osoblja, kostima, rekvizita i drugih sredstava.
- Snimanje je faza kada se stvaraju vizualni i zvučni elementi projekta. Snimanje može uključivati rad na setu ili na lokacijama, koristeći kamere, rasvjetu, zvuk i ostalu opremu.

Produkcija stvarnih scena obuhvaća izradu planova i koncepta, pripremu lokacija i setova, postavljanje svjetlosnih izvora i kamere te snimanje.

- Izrada planova i koncepta podrazumijeva razvoj jasnog koncepta i plana za stvarne scene, uključujući detaljne lokacije, redoslijed događanja i vizualni stil.

- Priprema lokacija i setova podrazumijeva pronalaženje i pripremu stvarnih lokacija koje će se koristiti u filmu, a ako je potrebno i izradu setova koji odgovaraju scenariju.
- Postavljanje svjetlosnih izvora i kamere je važno kako bi se postigao željeni vizualni izgled scene. Osvjetljenje i kamera igraju ključnu ulogu u stvaranju atmosfere.
- Snimanje stvarnih scena prema scenariju je proces koji uključuje suradnju između redatelja, direktora fotografije, glumaca i ostalog filmskog osoblja.

Produkcija nestvarnih scena obuhvaća izradu koncepta, scenarija i *storyboarda*, dizajn produkcije, specijalne efekte, *Motion Capture*, zeleno platno i koreografiju akcije i pokreta.

- Izrada koncepta podrazumijeva razvoj jasnog koncepta i plana za nestvarne scene uključujući detaljne vizualne elemente, računalno generirane slike i ostale nestvarne elemente.
- Scenarij i *storyboard* podrazumijeva pisanje scenarija i izradu *storyboarda* koji vizualno prikazuje svaku nestvarnu scenu.
- Dizajn produkcije podrazumijeva razvoj vizualnih elemenata uključujući kostime, šminku, rekvizite i sve ostale dijelove koji će stvarati nestvarni svijet.
- Angažiranje umjetnika za vizualne efekte i stručnjaka za računalno generirane slike kako bi se stvorili nestvarni elementi, poput fantastičnih pejzaža, čudovišta, eksplozija i drugih efekata spada u produkcijski element specijalni efekti i računalno generirane slike .
- Motion Capture podrazumijeva uključivanje ljudskih likova, upotrebu *motion capture* tehnologije za snimanje stvarnih pokreta glumaca i njihovo prenošenje na 3D modele.
- Zeleno podloga i snimanje u stvarnom okruženju je korištenje zelenog platna za snimanje glumaca ili objekata koji će se kasnije zamijeniti računalno generiranim slikama. Integracija stvarnih i nestvarnih elemenata može se postići i snimanjem u stvarnom okruženju.

Koreografija akcije i pokreta je precizno planiranje i koreografija akcijskih scena ili pokreta koji će se kasnije kombinirati s nestvarnim elementima. (Braha & Byrne, 2011.)

3.6. Postprodukcija filmova

Postprodukcija se odnosi na faze nakon završetka snimanja. Uključuje razne aktivnosti kako bi se dovršio medijski projekt, a to su montaža, postproduksijski zvuk, vizualni efekti i distribucija. To je proces sklapanja svih elemenata filma (slike, glazbe, zvučnih efekata, vizualnih efekata i popratno teksta) pri čemu se stvara gotovi proizvod. Proces može trajati od nekoliko tjedana do nekoliko mjeseci.

Montaža je važan proces u kojem se snimljeni materijal uređuje i sastavlja u skladu sa scenarijem, ili bolje rečeno postupak u kojim se video materijal slaže u smislenu cjelinu. Ovaj proces uključuje odabir najboljih snimaka, postavljanje redoslijeda scena, dodavanje glazbe i zvuka te stvaranje priče. Montaža obuhvaća nekoliko koraka: grubi šnit, fini šnit, obrada slike, postproduksijski zvuk, vizualni efekti, specijalni efekti i grafika, finalna obrada tona i slike i distribucija.

- Grubi šnit je prvi korak montaže. U grubom šnitu se pregledava materijal biraju kadrovi i „ugrubo“ ih se slaže po zamišljenom redoslijedu.
- Fini šnit ili precizno rezanje je proces kada se željeni isječki precizno slažu i određuje se njihovo trajanje.
- Obrada slike je proces korekcije slike kao npr. intenzitet svjetla.
- Postproduksijski zvuk je dodavanje i uređivanje zvučnih efekata, dijaloga, glazbe i drugih zvučnih elemenata kako bi se u konačnom proizvodu postigla visoka kvaliteta zvuka. To je faza u kojoj se ton ujednačava, čiste se šumovi i dodaje atmosfera.
- Vizualni efekti je faza koja uključuje dodavanje specijalnih efekata, dodavanje digitalnih elemenata, animacija i druga vizualna poboljšanja.
- Posebni ili vizualni efekti i grafika je faza kada se dodaju računalno generirane slike, kompjuterski efekti ili grafika.
- Finalna obrada tona i slike je faza dorade završnih detalja kao što su usklađivanje slike i audio elemenata.
- Distribucija je posljednja faza postprodukcije i podrazumijeva da je medijski sadržaj spreman za distribuciju. To može uključivati prikazivanje u kinima, emitiranje na televiziji, online distribuciju ili druge oblike dostupne publici.

Razlikujemo postprodukciju stvarnih i postprodukciju nestvarnih scena.

Postprodukcija stvarnih scena uključuje specijalne efekte, finalnu montažu te testiranje i korekciju. Ukoliko postoji potreba za dodatnim vizualnim elementima koji se ne mogu postići tijekom snimanja stvarnih scena, dodaju se vizualni efekti. Pri finalnoj montaži integriraju se svi elementi filma u finalnu verziju. Ovo uključuje dodavanje titlova i drugih završnih elemenata. Na kraju se obavlja testiranje i korekcija finalnog proizvoda kako bi se provjerila kvaliteta i eventualno izvršile korekcije.

Postprodukcija nestvarnih scena uključuje rendiranje, montažu nestvarnih scena, kolorizaciju i korekciju, finalnu montažu te testiranje i korekciju.

Rendiranje je proces pretvaranja 3D modela u 2D slike ili videozapise koji se mogu integrirati u stvarne scene. Rendiranje može biti zahtjevno i dugotrajno.

Montaža nestvarnih scena je proces integracije nestvarnih elemenata u postprodukciji, kombiniranje računalno generirane slike, vizualni efekti i stvarnih snimki.

Kolorizacija i korekcija je prilagodba boja i kontrasta. Korekcije se primjenjuju kako bi se postigao sklad.

Finalna montaža je integracija svih elemenata filma, stvarnih i nestvarnih, u konačnu verziju. U ovoj fazi se postavljaju sve sekvence, prilagođava tempo i dodaju konačni elementi. Testiranje i korekcija podrazumijeva testiranje nestvarnih scena kako bi se provjerila kvaliteta i realizam. Proces produkcije i postprodukcije nestvarnih scena često uključuje suradnju između različitih odjela filma, uključujući redatelja, umjetnike za vizualne efekte, dizajnere produkcije, direktore fotografije i mnoge druge stručnjake. Ova suradnja ključna je za postizanje uvjerljivih rezultata koji će zadovoljiti publiku i time postići dobru gledanost. (Braha & Byrne, 2011.)

4. Analiza scena primjene fizikalnih koncepata u filmovima

U ovom poglavlju ćemo kroz analizu odabranih filmova, prikazati istraživanje kako su fizikalni koncepti interpretirani i prikazani na filmskom platnu. Svaki primjer će pružiti uvid u način na koji su autori filma koristili fizikalne koncepte kako bi postigli određeni efekt ili dočarali određenu situaciju.

4.1. Gibanje tijela u filmovima Brzina (1994.) i Projekt A (1983.)

Film „Brzina“ je film iz 1994. godine. Radnja filma se odvija u Los Angelesu, a glavni lik je policajac Jack Traven koji mora spriječiti aktivaciju bombe koja je postavljena na autobusu. Bomba će eksplodirati ako autobus ne bude vozio brže od 80 km/h ili ako netko od ljudi iz autobusa izađe. Policajac Jack, zajedno s vozačicom autobusa Annie Porter, rješava problem i kasnije ulovi terorista. Scena koju opisujemo odvija se tijekom vožnje autobusa na 15 metara dugom, nedovršenom mostu, a koju autobus u vožnji uspije preskočiti. Scena je prikazana na slici 4.1.



Slika 4.1 Slika scene iz filma Brzina (1994.)

Izvor: film Brzina (1994.)

Na slici 4.1. i slici 4.2. možemo vidjeti autobus koji preskače preko nedovršenog mosta. On izvodi kosi hitac i kreće se kao da ima početnu brzinu pod kutom u odnosu na horizontalnu ravninu. Cesta kojom autobus dolazi i cesta na koju autobus treba doskočiti su ravne i horizontalno poravnate. To znači da bi se autobus trebao gibati po pravilu horizontalnog hitca i da će autobus, u trenutku kada dođe do rupe na mostu, početi padati radi gravitacije. Zato će izgubiti na visini dok dođe na drugu stranu mosta, bez obzira kojom se brzinom gibao.



Slika 4.2 Slika scene iz filma Brzina (1994.)

Izvor: film Brzina (1994.)

Dakle, neovisno o brzini i udaljenosti između dvije strane mosta, autobus bi trebao pasti u ponor. Ne smijemo zanemariti ni otpor zraka koji bi tijekom preleta autobusa preko ponora utjecao na stabilnost i putanju leta. Da bi autobus stvarno preskočio bez odskočne rampe s jedne strane mosta na drugu, druga strana mosta bi trebala biti niža. No, to u filmu nije slučaj (slika 4.3) pa možemo zaključiti da je scena nerealna i da ne poštuje fizikalni koncept.



Slika 4.3 Slika scene iz filma Brzina (1994.)

Izvor: film Brzina (1994.)

Kako je zapravo scena snimljena i kako se je postiglo da hitac kao koncept bude uvjerljiv?

U sceni, umjesto da autobus izvede horizontalni hitac, autobus uz pomoć nevidljive rampe napravi kosi hitac dok preskače s jednog kraja mosta na drugi (slika 4.4).



Slika 4.4 Snimanje scene iz filma Brzina (1994.)

Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=EiybiMFKAJc>

U produkciji se radilo na tri slike koje ilustriraju cijelu sekvencu gdje se autobus približava kraju nedovršenog mosta preskačući na drugu stranu. Tu je snimka gdje je autobus oko pola milje od rampe, nastavlja se pratiti autobus, a zatim se događa hitac. Na sljedećoj snimci,

koja prikazuje stvarni skok, vidimo autobus koji punom brzinom silazi s ruba ceste te doskače na drugu stranu. Posljednja snimka u toj sekvenci je doskok autobusa na drugu stranu ceste. Nakon toga se rampa uklonila sa snimke kao što se vidi na slici 4.5 i slici 4.6.



Slika 4.5 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.)

Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=EiybiMFKAJc>



Slika 4.6 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.)

Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=EiybiMFKAJc>

Na slici 4.7. prikazan je originalni snimak koji je snimljen uživo i prikazuje skok autobusa s rampe i pad na drugu stranu.



Slika 4.7 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.)

Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=EiybiMFKAJc>

Digitalno je uklonjen dio mosta koji je stvorio dojam nedovršenog mosta, što se vidi na slici 4.8 i 4.9. (<https://www.youtube.com/watch?v=EiybiMFKAJc>)



Slika 4.8 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.)

Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=EiybiMFKAJc>



Slika 4.9 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.)

Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=EiybiMFKAJc>

Film "Project A" je akcijska komedija koju je režirao i producirao Jackie Chan. Radnja se odvija u Hong Kongu pod britanskom vlašću u 19. stoljeću. Glavni lik je Dragon Ma (Jackie Chan), hrabri policajac koji se bori protiv korumpiranih članova policije i pirata koji haraju gradom. Dragon Ma je zapovjednik policijske postaje koji pokušava očistiti grad od kriminala. U tome mu pomažu kolege, uključujući hrabrog i vještog policajca Fei-a. Oni se bore protiv plaćenih ubojica, spašavaju taoce te se bore protiv zlog kapetana pirata. Film je prepun akcije, borilačkih vještina i Chanovim kaskaderskim scenama.

Najpoznatija scena filma, pad glavnog glumca Jackie Chana s kule sa satom, ujedno je jedna od najstrašnijih vratolomija ikada izvedena u filmovima. U sceni glumac visi s jedne od kazaljki na satu. U trenutku kada mu popuste ruku i više ne se može držati, on počne padati (slika 4.10). Pada preko platnenih nadstrešnica koje propadaju pod njim i nađe se na tlu (slika 4.11). Zanimljivo je da je tu vratolomiju J. Chan izveo nekoliko puta, a u filmu možemo vidjeti najmanje dvije verzije pada. U sceni je u potpunosti realno prikazan slobodni pad.



Slika 4.10 Scena iz filma Project A (1983.)

Izvor: film Project A (1983.)



Slika 4.11 Scena iz filma Project A (1983.)

Izvor: film Project A (1983.)

Ova scena je zahtjevna i veoma opasna te je izvodi glavni glumac osobno. Jackie Chan je poznat po tome da izvodi vlastite akrobacije i opasne scene, pa je i ova scena bila izvedena bez korištenja kaskadera i specijalnih efekata. Za njeno snimanje, koja je uključivalo pad s velike visine, korištena je kombinacija različitih tehnika kako bi se postigla željena akcija i sigurnost glavnog glumca. Pretpostavljamo da su korišteni štitovi za padove ili neke druge sigurnosne mjere kako bi se smanjila opasnost za Jackiea Chana. (<https://www.youtube.com/watch?v=80oxU3jf2lo>)

4.2. Sila i Newtonovi zakoni u filmu Brzi i žestoki 5 (2011.)

Akcijski film Brzi i žestoki 5 (2011.) peti je nastavak franšize pod nazivom Brzi i žestoki. Radnja filma prati glavnog lika Dominica Toretta i njegovog prijatelja Briana O'Connera koji su pobjegli iz zatvora u SAD-u. Pobjegli su u Rio de Janeiro gdje planiraju pljačku koja će im osigurati slobodu. Oni okupljaju tim specijaliziranih vozača i pljačkaša, a cilj im je ukrasti novac moćnog brazilskog kriminalca Hernana Reyesa.

Scena koju ćemo analizirati događa se od trenutka kada Dominik (Dom) i Brian zakače trezor za dva automobila te ga odvuku niz ulicu. U ovoj spektakularnoj sceni, koja se odnosi na krađu trezora, možemo analizirati razumijevanje Newtonovovih zakona, posebno u

kontekstu sile, mase i ubrzanja. Kako bi izveli pljačku, Dom i Brian vežu trezor za dva moćna sportska automobila te ga njime izvuku iz podzemne garaže i nastavljaju ga vućipo gradskim ulicama (slika 4.12).



Slika 4.12 Film Brzi i žestoki 5 (2011.)

Izvor: film Brzi i žestoki 5 (2011.)

Ovaj isječak možemo sagledati s aspekta sile i Newtonovih zakona. Prvo promotrimo silu. Ako pokušamo pomaknuti nešto teško poput ormara, gurnemo ga i on se ne pomakne. Gurnemo jače, on se opet ne pomakne. Zatim gurnemo još jače i na kraju se pomakne. U trenutku kad se pomakne, upravo smo prevladali statičku silu trenja. To znači, kad jednom pokrenemo nešto poput ormara, puno ga je lakše zadržati u kretanju. Stoga se postavlja pitanje je li moguće da ova dva automobila nadvladaju statičko i kasnije dinamičko trenje potrebno za gibanje trezora?

Da bi se scena izvela, stavljen je sklizak materijal na dno trezora kako bi ga dva auta uspjela povući. No, postoji još jedan problem, a to je kada nešto lakše pokrenemo, trebat će puno više vremena da se zaustavi.

Da ove vratolomije funkcioniraju u stvarnom životu s praktičnim učincima, a ne CGI, i da bi se ova scena izvela, za snimanje su izgradili više različitih trezora s različitim težinama kako bi mogli izvoditi sve različite dijelove scene s trezorom. Vrhunska pljačka sefa zahtijevala je četiri tjedna priprema sa svakom scenom i kutom kamere. Angažiran je i

redatelj kaskader i koordinator kaskader da režiraju akcijsko snimanje. Par je prvo započeo testiranje mogućnosti rekvizita i Dodge Charger-a koje su vozili likovi Dom i Brian. Razatos je odabrao koristiti seriju automobila s kamerom, uključujući kameru postavljenu na dizalicu na vrhu Porsche Cayenne-a. Ta kamera mu je omogućila snimanje iz raznih kutova i visina dok su vozila u pokretu. Drugi automobil je Subaru Impreza, s čeličnim kavezom ugrađenim oko njega, koji je omogućio praćenje hitaca. Padelford je također razvio gornji sustav dvostrukog pogona za Charger-a, koji je vozaču kaskaderu omogućio da kontrolira vozilo s krova, dok se glumac usredotočio na njihovu izvedbu unutar automobila. Jedan od trezora bio je fasada ugrađena na prednji dio kamiona i korišten je za snimanje bliskih kadrova trezora koji uništava ulične automobile. Drugi trezor bilo je ojačano vozilo na četiri kotača, koje je bilo povezano s kablovima i koje su dva kaskaderska Dodge Charger-a vukla ulicama. (https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Five)

4.3. Gravitacija i valna priroda svjetlosti u filmu Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.)

Ratovi zvijezda IV: Nova nada je kulturni znanstveno-fantastični film iz 1977. godine, koji je režirao George Lucas. Prvi je to producirani film u originalnoj trilogiji Ratova zvijezda, a četvrti po redu u jednoj od najuspješnijih filmskih franšiza u povijesti pod nazivom Ratovi zvijezda.

Glavni lik je mladić Luke Skywalker koji se pridružuje pobunjenicima u borbi protiv Galaktičkog Carstva. Luke se udružuje s hrabrom princezom Leiom, koja posjeduje planove za uništenje svemirske postaje, a ujedno i smrtonosnog oružja Carstva - Zvijezdu smrti. Luke, uz pomoć mudrog Jedi viteza Obi-Wana Kenobija, krijumčara Han Soloa i robota (droida) R2-D2-a i C-3PO-a, kreće na putovanje kako bi uništio Zvijezdu smrti i oslobodio galaksiju od tiranije Carstva.

Scena iz filma koju ćemo analizirati prikazuje konačnu i odlučujuću svemirsku borbu. U sceni se prikazuje kako se bomba (torpedo) ispušta iznad okna koje vodi do glavne jezgre kako bi uništila Zvijezdu smrti. Ova scena sadrži mnoge pogreške .

Prvo ćemo razmotriti gravitaciju u filmu.

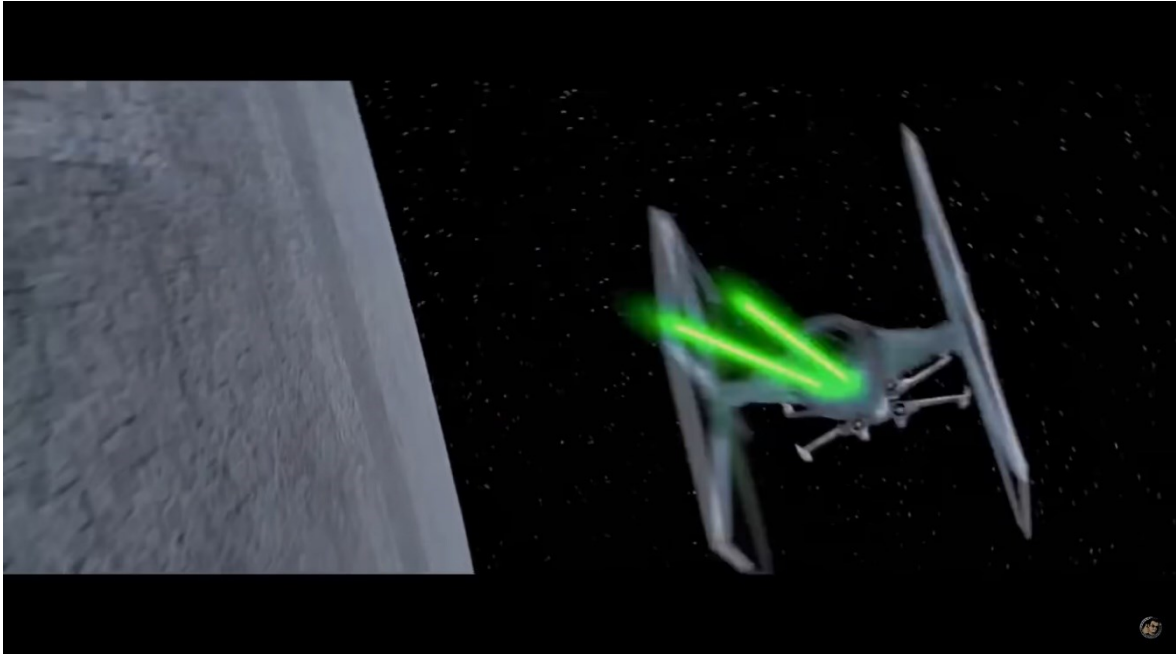


Slika 4.13 Scena iz filma Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.)

Izvor: film Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.)

Većinu vremena gravitacija u svemirskim brodovima, kao i na svemirskoj postaji Zvijezda smrti (klasificiranoj kao svemirski brod), čini se da je poput gravitacije na Zemlji. Gravitacija je uzrokovana privlačenjem mase, dok svemirski brodovi nemaju potrebnu masu za izazivanje vlastite gravitacije.

Nadalje, razmotrit ćemo laserske zrake na slici 4.14.



Slika 4.14 Scena iz filma Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.)

Izvor: film Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.)

Ratovi zvijezda i mnogi drugi filmovi predstavljaju laserske zrake kao nešto vidljivo. Prije svega, općenito se ne može vidjeti putanja laserskih zraka. Čak i na Zemlji, laserske zrake su vidljive samo ako prolaze kroz raspršene čestice. Laserske zrake se u filmovima često prikazuju kao pulsevi, pri čemu se pulsevi vrlo sporo šire što je netočan prikaz brzine svjetlosti. U ovom filmu je i to netočan prikaz fizikalnog koncepta.

Razmotrimo i zvuk u svemiru. U mnogim znanstveno fantastičnim filmovima, uključujući Ratove zvijezda, moguće je čuti zvukove u svemiru, npr. eksplozije ili zvuk laserskih zraka. Iako je širenje zvučnih valova u vakuumu nemoguće, ovdje je imaginarni Dopplerov efekt ispravno prikazan. Prikazano je pretjecanje zvjezdanih lovaca gdje se stvara tipična promjena tona koja je povezana s vozilima.

Što se tiče produkcije, film je snimljen prije početka kompjuterske animacije pa su korišteni specijalni efekti i praktični efekti za postizanje atraktivnosti. Film je osvojio Oscara za specijalne (vizualne) efekte i odlično je vizualno prikazan unatoč pogreškama. Film je ujedno i revolucionaran zbog upotrebe posebnih efekata i tehnologije. Snimanje svemirske bitke u ovom filmu bilo je jedno od najzahtjevnijih tehničkih dostignuća u filmskoj industriji tog vremena. Scena obiluje spektakularnim vizualnim efektima. Redatelj George Lucas surađivao je s *Industrial Light & Magic* (ILM) radi kreiranja posebnih efekata kako bi stvorio

spektakularan prikaz svemirske bitke. ILM je koristio različite tehnike, uključujući optičke efekte kako bi se postigli željeni vizualni efekti. Za većinu vizualnih efekata koristila se digitalna fotografija s kontrolom pokreta, koja je stvorila iluziju veličine korištenjem malih modela, i kamera koje se sporo kreću. Pri snimanju je trebalo uskladiti već navedene različite elemente kao što su modeli svemirskih brodova, specijalni efekti i kompjuterski generirane slike koje su u to vrijeme bile inovacija u svijetu filmske industrije. Uspješnost projekta je vidljiva samom popularnošću filma i cijele franšize. (https://www.youtube.com/watch?v=DEHl3b8_cFw)

4.4. Aerodinamika u filmu The Batman (2022.)

Film The Batman (2022.) je akcijski film adaptiran po liku iz istoimenog stripa. Glavni lik film je milijarder Bruce Wayne istovremeno i osvetnik zvan Batman. Radnja prati Batmana koji pokušava razotkriti korupciju u gradu Gotham City i razotkriti identitet Riddlera koji je glavni negativac u filmu. Batman, uz pomoć Catwoman i komesara policije Gordona, vodi svoju bitku kako bi oslobodio grad od korupcije i kriminala.

Scena iz filma The Batman (2022.) koju ćemo analizirati je scena u kojoj Batman koristi svoje odijelo za letenje (*engl. wingsuit*) te je prikazan njegov let preko grada Gothama na slici 4.15 i slici 4.16 .



Slika 4.15 Scena iz filma The Batman (2022.) Izvor: film The Batman (2022.)



Slika 4.16 Scena iz filma The Batman (2022.)

Izvor: film The Batman (2022.)

Odjelo za letenje je odijelo za lebdenje. Omogućuje ljudima da lebde na duže udaljenosti dok se spuštaju primjericice s visokih nadmorskih visina, koristeći aerodinamične karakteristike odijela.

Aerodinamika i pojmovi koje smo obradili u ranijem poglavlju su ključni u razumijevanju ove scene. Uzgon je sila koja djeluje na odijelo za letenje kada se kreće kroz zrak. Gornja površina krila je oblikovana tako da zrak putuje brže preko nje nego preko donje površine, stvarajući niži tlak na gornjoj strani i tako podiže odijelo i osobu u njemu, a strujanje zraka omogućuje osobama koje lete da ostanu u zraku. Stabilnost se odnosi na sposobnost osobe koja leti da zadrži stabilan položaj tijekom leta, koja se postiže dizajnom odjela i rasporedom težine. Odijela za letenje imaju poseban dizajn koji uključuje tkaninu između ruku i tijela, između nogu i tijela te između nogu. Ovaj dizajn stvara površinu koja omogućava uzgon kada se kreće kroz zrak. Kada letač u odijelu za letenje raširi svoje ruke i noge, tkanina između stvara površinu nalik krilima. Ovaj oblik povećava površinu izloženu zraku, stvarajući uzgon. U međuvremenu, zrak koji prolazi ispod i iznad odijela za letenje uzrokuje razliku u tlaku, što rezultira uzgonom. Letač mora kontrolirati lebdenje položajem tijela. Promjene položaja tijela mogu utjecati na smjer i brzinu leta. Otpor zraka također može

utjecati na brzinu i stabilnost leta. Letenje pomoću odijela za letenje nije bezopasno pa je za njegovo korištenje važno znanje, iskustvo i poštivanje sigurnosnih mjera.

Scena u kojoj je prikazano letenje je zaista spektakularna te iako nije u potpunosti u skladu sa stvarnim tehnikama letenja u odjelu za letenje, u sceni je uglavnom realistično prikazano letenje.

Aerodinamička ograničenja, kao što smo već objasnili, ovise o obliku i dizajnu letjelice, brzini leta, gustoći zraka i sl. Letjelica mora biti konstruirana (u ovom slučaju odijelo za letenje) tako da može podnijeti sile koje djeluju na nju tijekom leta. Ako struktura nije dovoljno jaka ili stabilna, može doći do deformacija ili čak loma tijekom leta. Odijelo za letenje korišteno u ovoj sceni je specijalno izrađeno i zadovoljava jačinu i stabilnost koju možemo u sceni i primijetiti. Maksimalni kut napada je maksimalni kut pod kojim letjelica može biti izložena strujanju zraka pri kojem još uvijek može stvoriti uzgon. Prekoračenje ovog kuta može dovesti do gubitka uzgona.

Prikazani Batmanovi usponi nemogući su za izvođenje zbog aerodinamičkih ograničenja. U sceni su prikazani i letački manevri s odjelom za letenje kao što su oštri zaokreti u kojima Batman leti. Obzirom da je Batman je u svom letenju stvorio uzgon, pretpostavka je da nije prekoračio maksimalni kut.

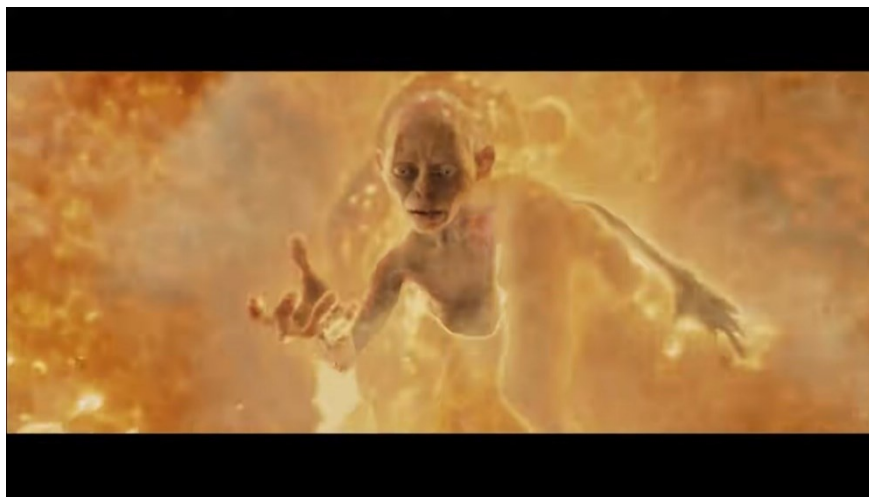
Nadalje, Batman može letjeti veoma dugo bez potrebe za slijetanjem. U stvarnosti, trajanje leta s odjelom za letenje ovisi o različitim faktorima kao što su meteorološki uvjeti ili sposobnost letaća da održi kontrolu nad letjelicom/odijelom za letenje. Batman, kao običan čovjek, očito ima znanja i iskustva o kojemu smo govorili kako bi uspješno i sigurno letio. Generalno, možemo zaključiti da je ova scena dobar primjer prikaza fizikalnog koncepta. U produkciji je redatelj odlučio napustiti prvotnu ideju s plaštom koji lebdi, te se odlučio za nešto praktičnije i realističnije kao što je odijelo za letenje. On i njegova ekipa su pokušali osmisliti način kako da odijelo za letenje bude dio Batmanova odijela. Htjeli su postići dojam realističnosti. Za tu namjenu izradili su posebno prilagođeno odijelo temeljeno na dizajnu Batmana. Napravili su odijelo spojeno na bat odijelo koje se aktiviralo brzo poput zračnog jastuka. Prvotno su htjeli snimati s profesionalnim kaskaderom vezanim za helikopter, ali nakon mnogih izazova odbacili su taj plan i koristili nekoliko različitih tehnika snimanja i lokacije. Na kraju su se prebacili u studio i snimili scenu do kraja. (<https://www.youtube.com/watch?v=wRKUkwV79IU>)

4.5. Termodinamika u filmu Gospodar prstenova: Povratak kralja (2003.)

Film Gospodar prstenova: Povratak kralja (2003.) je film adaptiran prema istoimenoj knjizi i posljednji je film iz trilogije Gospodar prstenova. Radnja filma govori o konačnoj borbi za Međuzemlje kojem prijeti Sauron, gospodar tame. Glavni likovi su Frodo Baggins, Samwise Gamgee, Aragorn, Gandalf, Legolas i Gimli. Cijeli film je zapravo putovanje Froda i Sama u Mordor prema planini Doom s namjerom da unište Prsten. Na tom putu se suočavaju s teškim izazovima i iskušenjima.

Scena koju ćemo analizirati je scena u kojoj se prikazuje jedna od najpoznatijih filmskih smrti od lave, kada Gollum tone u lavu planine Doom. Ta bi smrt u stvarnosti bila mnogo dramatičnija nego ona prikazana u filmu.

Za početak, u sceni se likovi kreću vrlo blizu lave, ali se čini da ne osjećaju toplinu koju lava prenosi na njihova tijela. U ranijem poglavlju spomenuli smo temperaturu lave; u stvarnosti bi to značilo da je nemoguće biti u blizini lave bez posebne zaštite bez da se tijela ne zapale ili izgore.



Slika 4.17 Scena pada Golluma u krater iz filma Gospodar prstenova: Povratak kralja (2003.)

Izvor: film Gospodar prstenova: Povratak kralja (2003.)

Promotrimo pad Golluma u krater tj. u lavu (slika 4.17). Gustoća je razlog zašto stvari tonu ili plutaju. Voda ima gustoću od oko 1000 kg po kubičnom metru pa će sve što ima gustoću veću od ove, poput čelične kocke, potonuti u njoj. Sve s gustoćom nižom od ove, poput kocke drva, plutati će i dalje.

Gollum je humanoid i zato vjerojatno ima gustoću sličnu gustoći čovjeka koja je približna gustoći vode, oko 1000 kilograma po kubnom metru. Lava ima gustoću od oko 3000 kilograma po kubnom metru, a to je tri puta veća gustoća od Golluma. To bi značilo da Gollum ne bi odmah potonuo u lavu, on bi se polako živ kuhao. Prsten bi u ovoj sceni trebao odmah potonuti u lavu jer je materijal od kojega je prsten napravljen šest puta gušći od lave.

Do smrti od lave došlo bi prije nego što bi čovjek uopće udario u površinu, jer je površina toliko vruća pa bi samo udisanje jednog udaha zraka isparilo pluća i spalilo ljudsko tijelo. Kada bi ljudsko tijelo i palo u vrelu lavu, voda u tijelu bi brzo isparila, pretvorila bi se u plin stvarajući paru i plinove koji bi uzrokovali eksplozivne efekte tj. erupciju.

Možemo zaključiti da je scena spektakularna, ali ne poštuje zakone termodinamike.

Za potrebe snimanje ove scene, filmska ekipa je morala koristiti različite tehnike kako bi postigla željeni efekt. Korišteni su specijalni efekti kako bi se stvorila vizualno impresivna scena pada u lavu. To uključuje korištenje računalno generiranih slika kako bi se stvorio pejzaž s lavom, kao i drugi vizualni efekti poput vatre, dima i plamenova. Za snimanje su također korišteni različiti setovi i kulise, minijature, kompjuterski generirane slike i stvarne lokacije kako bi se stvorio dojam vulkana.

(<https://www.youtube.com/watch?v=0IT5Wlu5s7g>)

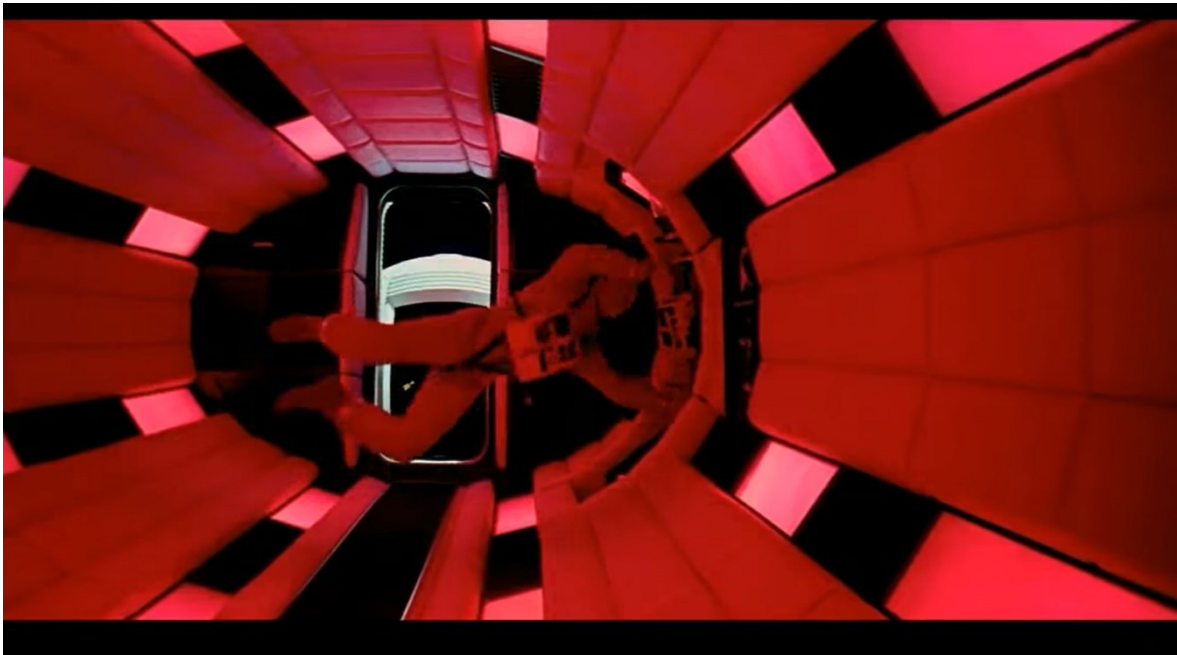
4.6. Zvuk u filmovima 2001: Odiseja u svemiru (1968.) i Čuvari galaksije 2 (2017.)

"2001: Odiseja u svemiru" je znanstveno-fantastični film iz 1968. godine koji je režirao Stanley Kubrick prema priči "Odiseja u svemiru 2001" Arthura C. Clarka. Radnja filma prati putovanje čovječanstva kroz prostor i vrijeme, te istražuje pitanja postanka, inteligencije i evolucije.

Ovaj film je podijeljen u četiri dijela. Prvi dio filma je fokusiran na lika Moonwatcher, a drugi dio filma prati doktora Heywooa R, Floyd. Treći i četvrti dio filma odvija se na svemirskom brodu Discovery One gdje se radnja prati dva astronauta - Davida Bowmana i Franka Poolea. Na brodu se nalazi umjetna inteligencija, računalo po imenu HAL 9000, koje je u jednom trenutku ključno za razvoj radnje filma jer više nije u službi astronauta već se okreće protiv njih.

Scena koju promatramo se odvija u svemirskoj letjelici Discovery One. Letjelica je pod kontrolom glavnog brodskog kompjutera pod nazivom HAL 9000, kojeg ostali članovi posade zovu "Hal". Dok astronaut Poole izvan letjelice zamjenjuje dio, Hal mu iz nekog razloga oštećuje dotok kisika. Bowman ga pokuša spasi, nesvjestan činjenice da je za nezgodu odgovoran Hal. Hal za to vrijeme isključuje funkcije za održavanje života ostalih članova posade.

Scena realistično prikazuje vakuum svemira, gdje ne postoji atmosfera i gdje se zvuk ne prenosi, što rezultira tišinom u svemirskim scenama.



Slika 4.18 Scena iz filma 2001: Odiseja u svemiru (1968.)

Izvor: film 2001: Odiseja u svemiru (1968.)

Film *Odiseja u svemiru* je jedan od rijetkih filmova s radnjom u svemiru u kojem se pravilno prikazuju fizikalni principi. Na taj način redatelj je postigao autentičnost u prikazu putovanja u svemiru, a naročito je prikaz gravitacije u svemiru pridodao tom dojmju.

Radnja realistično prikazuje nultu gravitaciju u tim svemirskim scenama, posebno unutar svemirskog broda *Discovery One*. Astronauti se slobodno kreću kroz prostor, bez utjecaja gravitacijske sile, koristeći se rukohvatima i drugim uređajima za stabilizaciju. Ono što je realistično jest korištenje rotacijske simulirane gravitacije, koja se koristi u simulacijama koje pomažu astronautima pri treningu za ekstremne uvjete. Takva gravitacija često se koristi

kao rješenje za štetne učinke uzrokovane u produljenom bestežinskom stanju. Ova ideja omogućava astronautima održati orijentaciju i izvođenje svakodnevnih zadaća.

Redatelj je pomno pazio da poštuje gravitaciju u prikazu kretanja svemirskog broda kroz svemir. Poštuje i zakone očuvanja količine kretanja, što se vidi u scenama svemirskih brodova koji se kreću kroz svemir bez otpora (osim Discoveryja One koji ima vlastiti pogon). Realno su prikazane scene manevriranja i ubrzanja.

Zvuk je realno prikazan u sceni kada se astronaut nalazi u zračnoj komori za hitne slučajeve; dok su vrata otvorena nema zvuka. Kada ih uspije zatvoriti, zvuk se vraća. Postoji detalj vezan za tu scenu: astronaut bi, dok su vrata otvorena, trebao ostati bez zraka, ali on preživi i uspije zatvoriti vrata u toj ekstremnoj situaciji.

Snimanje scena na svemirskom brodu Discovery u filmu "2001: Odiseja u svemiru" iz 1968. godine bilo je jedno od najizazovnijih tehničkih dostignuća tog vremena. Redatelj Stanley Kubrick želio je postići visok stupanj autentičnosti i uvjerljivosti u prikazu svemirskog putovanja.

Jedna od najpoznatijih tehnika koju su koristili pri snimanju bila je upotreba ogromnih modela brodova izrađenih s puno detalja kako bi izgledali što autentičnije na filmskom platnu. Također su se koristili i minijaturni setovi koji su također vjerno prikazivali svaki dio broda kako bi se stvorio dojam unutrašnjosti broda.

Korišteni su i razni optički trikovi kako bi se dodatno poboljšao vizualni dojam scena na brodu. To uključuje korištenje složenih kamera i osvjetljenja. Nadalje, korišteni su i specijalno oblikovani zvukovi kako bi naglasili određene atmosfere, kao npr. zvuk disanja astronauta u scenama u svemiru koji je stvorio prilično jeziv i napet efekt.

Film je postigao nevjerojatnu autentičnost i podigao je ljestvicu za buduće filmove znanstvene fantastike. (<https://www.youtube.com/watch?v=5ch5WC54egU>)

Film Čuvari galaksije 2 (2017.) prikazuje tim Čuvara galaksije i njihovog vođu Petera Quilla koji traži svog oca. U filmu Čuvari putuju kroz svemir i pomažu Peteru Quillu da sazna nešto više o svom tajanstvenom podrijetlu. Peter, nakon što konačno upozna svog oca, dolazi do spoznaje da ga mora ubiti kako bi spasio svemir. Njegov otac zapravo nije ljudsko biće i spreman je uništiti mnoga bića u svemiru, a to Peter i Čuvari moraju spriječiti.

U ovom dijelu analizirat ćemo akcijsku scenu s eksplozijama u svemiru. Scena se događa kada se Čuvari galaksije: Peter Quill, Gamora, Drax, Rocket Raccoon i Baby Groot,

suočavaju s neprijateljima pri bijegu. Scena borbe uključuje pucanje i eksplozije. Eksplozije su uobičajeni elementi u filmovima koji sadrže akcijske i borilačke scene. Scena eksplozije dodaje dinamičnost i uzbuđenje u film, ističući opasnost i akciju u priči.

U filmu "Čuvari galaksije 2", kao uostalom i u većini znanstveno-fantastičnih filmova, zvuk u svemiru se ne prikazuje na način kako se odvija u stvarnom svijetu. U stvarnosti, svemir je vakuum, što znači da nema zraka koji bi prenosio zvuk. Bez medija za prijenos, tj. zraka, zvuk ne može putovati i čuti se u svemiru. U ovoj sceni zvuk eksplozija i pucanja se koristi kako bi se pojačala dramatičnost.

Također, u ovoj sceni je prikazan govor izvan svemirskog broda; Drax izađe i bori se protiv neprijateljskih svemirskih brodova (slika 4.19). To je nemoguće jer, kao što smo već spomenuli, zvuk u svemiru ne može putovati kroz vakuum.



Slika 4.19 Scena iz filma Čuvari galaksije 2 (2017.)

Izvor: film Čuvari galaksije 2 (2017.)

Snimanje filma odvijalo se na različitim lokacijama uključujući studio te lokacije u Atlanti i okolici. Korištene su zelene podloge i digitalni efekti kako bi se stvorili svemirski pejzaži i vizualni efekti karakteristični za film. Film "Čuvari galaksije 2" je obilovao vizualnim efektima koji su bili ključni za stvaranje svemirskih pejzaža, svemirskih brodova, likova i spektakularnih akcijskih scena. Rad na vizualnim efektima trajao je kroz cijeli proces produkcije, uključujući postprodukciju filma. Također su konstruirani interijeri svemirskih

brodova, kako bi se ograničila količina plavih podloga s kojim su glumci morali komunicirati. Ovo uključuje pilotsku kabinu Quillovog svemirskog broda koji je izgrađen za prvi film, a korišten je i u ovom nastavku. Korišteni su i video paneli za svemirski pejzaž. (https://en.wikipedia.org/wiki/Guardians_of_the_Galaxy_Vol._2)

4.7. Strujni krug u filmu Iron Man 3 (2013.)

Film Iron Man 3 iz 2013. Godine, temeljen je na istoimenom liku iz MARVEL stripova. Film je treći nastavak u seriji filmova o Iron Manu. Radnja filma prati Tonyja Starka, poznatog kao Iron Man, koji se bori s posljedicama događaja iz filma Osvetnici (2012.). On se bori protiv terorista Mandarina koji je odgovoran za seriju bombaških napada. Stark se suočava s uništavanjem njegovog doma te s gubitkom opreme i tehnologije. Snalažljivi Stark poražava Mandarina i tako zaštititi ljude koje voli.

Scena koju ćemo opisati je scena u kojoj Iron Man pokušava spasiti putnike koji su ispali iz aviona. Dok oni nekontrolirano padaju, on ih pokušava uhvatiti na način da im naelektrizira tijela kako bi se spojili u strujni krug (slika 4.20).



Slika 4.20 Scena iz filma Iron Man 3 (2013.)

Izvor: film Iron Man 3 (2013.)

Premisa na temelju koje je snimljena scena jest ta da se električnim šokom može postići grčenje mišića usljed čega se osobe (u ovom slučaju putnici) uhvate za ruke i drže zajedno.

Da bi to bilo i teoretski moguće treba postojati zatvoreni strujni krug. Međutim, ne postoji način da se struja vrati do Iron Mana i upotrijebi njegovo napajanje kako bi uspio u naumu. Također, nemoguće je da se struja vrati jer su ljudi koje on drži spojeni u lancu, a ne u krugu, zbog čega se ne može postignuti strujni krug .

Dio scene sniman je u kontroliranom okruženju na setu koristeći zelenu podlogu. Glumac koji igra Iron Mana bio je pričvršćen za žičani sustav kako bi simulirao pad iz aviona. Korišteni su i drugi elementi poput vjetra. Većina scene snimana je na otoku Oak kako bi se snimio pad iz zraka iznad Atlantskog oceana. U snimanje su bili uključeni profesionalni padobranc i korišten je žičani sustav za sigurnost i atrakciju. Računalna grafika korištena je samo za dodavanje oblaka, uništenog aviona i slika obale Floride u pozadini. (<https://www.youtube.com/watch?v=RJtLa0Jyzec>)

5. Istraživanje percepcije primjene određenih fizikalnih principa u filmovima

5.1. Ciljevi metodologije istraživanja

Istraživanje za potrebe ovog završnog rada napravljeno je u obliku ankete naslova: „Koliko poznajete zakonitosti fizike i zakone fizike u filmovima?“. Cilj ankete je bio dobiti podatke o tome koliko ljudi poznaju fizikalne koncepte te u kojoj mjeri svoje znanje koriste da bi prepoznali pravilnu primjenu u filmskim scenam. Ispitano je i koliko kršenje fizikalnih konceptata utječe na gledanost navedenih filmskih žanrova.

5.2. Uzorak i instrument

Anketa je provedena pomoću *Microsoft Forms*-a i anonimna je, što je na početku i naglašeno. Anketa je podijeljena putem e-maila, te mobilnih aplikacija *Viber* i *WhatsApp*. Postavljena pitanja bila su raznolika, kao i mogućnost odgovora. Dio pitanja bila su pitanja je višestrukog izbora, a dio pitanja s jednim izborom. Neka pitanja, radi prirode teme rada, upotpunjena su video isječcima filmova koji su u radu analizirani. Anketa se sastojala od četiri seta pitanja. Prvi, opći dio odnosi se na dob, spol i obrazovanje ispitanika. Drugi set uključivao je pitanja vezana za poznavanje fizike i fizike u filmovima te koliko je ispitanicima važno poštivanje fizikalnih zakonitosti u filmovima za ukupan filmski doživljaj. Treći set pitanja, upotpunjen s video isječcima, iz filmova odnosi se na poznavanje zakonitosti fizike u odabranim isječcima akcijskih i znanstveno-fantastičnim filmovima. Posljednji set pitanja odnosi se na zadovoljstvo anketom.

5.3. Analiza rezultata

U prvom dijelu ankete tražio se odgovor na demografska pitanja. Anketu je ispunilo pedeset devet osoba (59), od čega su 47% muškaraca (28 muškaraca) i 47% žena (28 žena) i ostalih 6% izjasnilo se kao neopredijeljeni ili ostalo (troje).



Slika 5.1 Prikaz rezultata ankete – spol

Izvor: izradio autor

Prema najvišem stupnju obrazovanja ispitanika 4% (dvoje) je završilo osnovnu školu, 37% ispitanika (dvadeset jedna osoba) je završilo srednju školu, 23% ispitanika (trinaest) je završilo preddiplomski studij ili višu školu, diplomski studij je završilo 33% ljudi (devetnaest ljudi), a poslijediplomski studij 4% ispitanika (dvoje).



Slika 5.2 Prikaz rezultata ankete - stupanj obrazovanja

Izvor: izradio autor

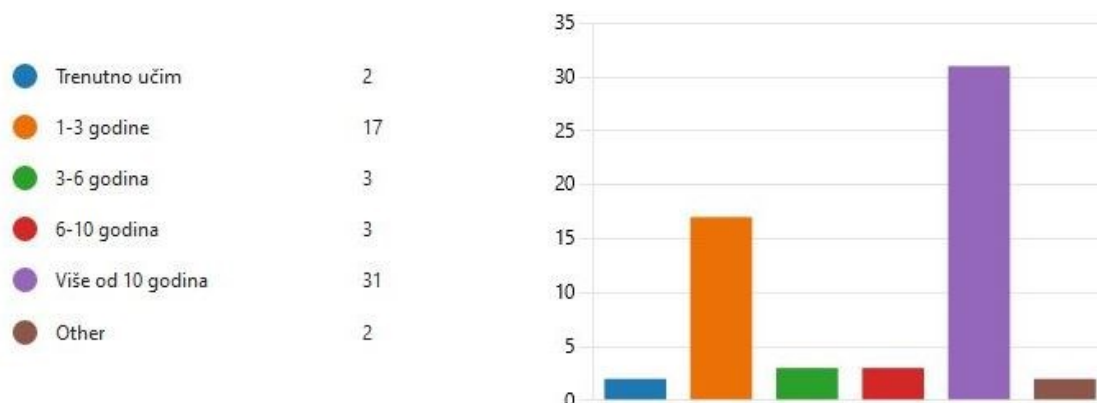
Predmet fizika posljednji put pohađalo je u osnovnoj školi 7% ispitanika (četvero), u srednjoj školi 60% ljudi (trideset četvero), a na fakultetu njih 33% (devetnaest).



Slika 5.3 Prikaz rezultata ankete – obrazovanje u području fizike 1

Izvor: izradio autor

Fiziku trenutno uči dvoje ispitanika, dok je sedamnaest fiziku učilo prije jedne do tri godine, njih troje prije tri do šest godina, njih troje prije šest do deset godina, njih trideset jedan prije više od deset godina i njih dvoje nije odgovorilo.



Slika 5.4 Prikaz rezultata ankete - obrazovanje u području fizike 2

Izvor: izradio autor

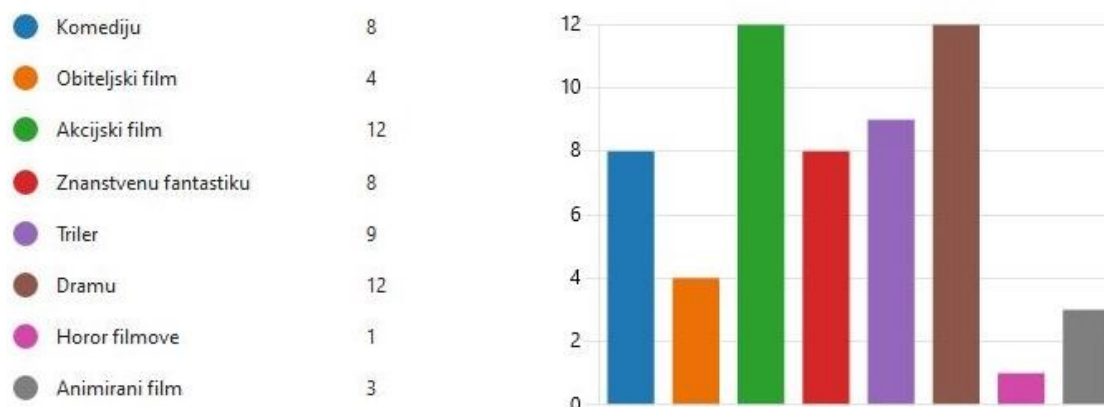
Drugi set uključuje pitanja vezana za poznavanje fizike oćenito i fizike u filmovima, te koliko je ispitanicima bitno poštivanje fizikalnih zakonitosti u filmovima za ukupan filmski doživljaj. U zadnjih mjesec dana petero ljudi nije pogledalo niti jedan film ili 9%, dvadeset sedam ih je pogledalo do pet filmova ili 47%, osamnaest ih je pogledalo od pet do deset filmova ili 32%, petero ih je pogledalo od deset do dvadeset filmova ili 9%, a dvoje više od dvadeset filmova što u postotku iznosi 4%.



Slika 5.5 Prikaz rezultata ankete – aktivno gledanje filmova

Izvor: izradio autor

Osam ispitanika preferira komediju, četvero obiteljske filmove, dvanaestero akcijske filmove, osmero znanstvenu fantastiku, devetero trilere, dvanaestero dramu, horore jedan, a animirane filmove troje. Najviše ispitanika preferira podjednako akcijske filmove i dramu, što je značajno za ovaj rad.



Slika 5.6 Prikaz rezultata ankete – omiljeni filmski žanrovi

Izvor: izradio autor

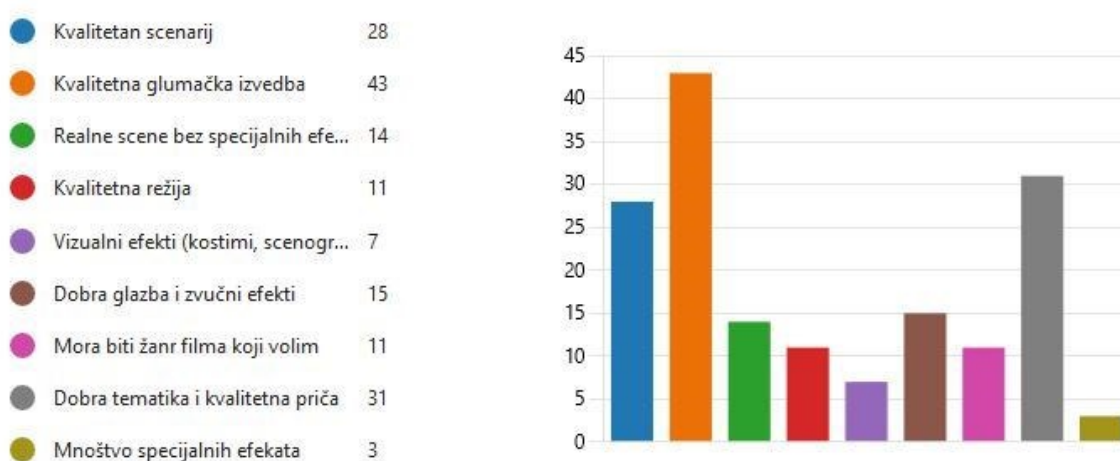
Na skali od jedan do pet, pri čemu jedan označava najmanje važno, a pet vrlo važno, ispitanici su odgovarali na pitanje „Koliko je bitno da film realno prikazuje fizikalne principe?“. Njih šesnaest ili 28% je odgovorilo kako im je vrlo važno, a troje ili 5% kako im je to najmanje važno. Dvadeset i jedan ispitanik ili 37% je na skali dao ocjenu četiri, dvanaest ili 21% ocjenu tri, a petero ili 9% ocjenu dva. Možemo zaključiti kako je većini ispitanika važno da film realno prikazuje fizikalne principe.



Slika 5.7 Prikaz rezultata ankete - skala važnosti poštivanja fizikalnih principa u filmovima

Izvor: izradio autor

Među najvažnija tri elementa koja mora sadržavati film za kvalitetan scenarij izjasnilo se njih dvadeset osam. Dalje, za kvalitetnu glumačku izvedbu njih četrdeset tri, za kvalitetnu režiju njih jedanaest, za dobru glazbu i zvučne efekte njih petnaest, za žanr njih jedanaest, za dobru tematiku i kvalitetnu priču njih trideset jedan, za mnoštvo specijalnih efekata njih troje, dok se za realne scene bez specijalnih efekata izjasnilo samo četrnaest ispitanika.



Slika 5.8 Prikaz rezultata ankete - tri važna elementa za ukupno filmsko zadovoljstvo

Izvor: izradio autor

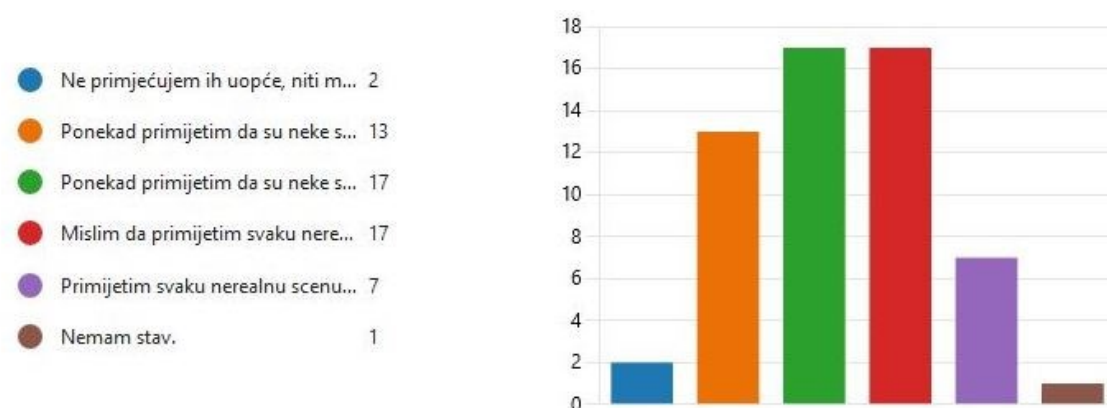
Nerealne scene, u kojima se ne poštuju fizikalni principi, na ukupno zadovoljstvo filmom nimalo ne utječe na 12% ispitanika ili njih sedmero, vrlo malo utječe na 63% tj. na njih trideset šest, dok značajno utječe na 25% ispitanika ili njih četrnaest.



Slika 5.9 Prikaz rezultata ankete - utjecaj nerealnih scena na ukupno filmsko zadovoljstvo

Izvor: izradio autor

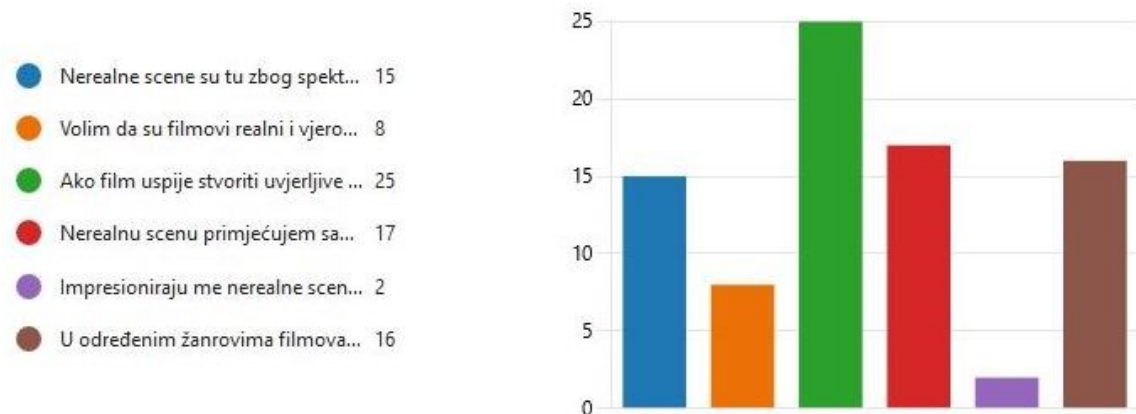
Nerealne scene u filmovima ne primjećuje dvoje ispitanika, ponekad primjećuje i to im nije jako važno trinaest ispitanika, ponekad primjećuje i to im može narušiti zadovoljstvo filmom sedamnaest ispitanika, sedamnaest ispitanika misli da primijeti svaku nerealnu scenu, ali im to ne narušava zadovoljstvo filmom, sedmero ispitanika primijeti svaku nerealnu scenu i to im narušava zadovoljstvo filmom, a jedan ispitanik nema stav o tome. Možemo zaključiti kako većina ispitanika primjećuje nerealne scene, ali im to znatno ne narušava zadovoljstvo filmom.



Slika 5.10 Prikaz rezultata ankete - koliko primjećujem nerealne scene i koliko to utječe na ukupno filmsko zadovoljstvo

Izvor: izradio autor

Za njih petnaest nerealne scene su tu zbog spektakularnosti i zabave, njih osmero voli realne i vjerodostojne filmove, njih dvadeset pet može prihvatiti nerealne scene ako film uspije stvoriti uvjerljive elemente, njih sedamnaest nerealnu scenu primjećuju samo ako im se značajno ne uklapa u film, dvojicu ispitanika impresioniraju nerealne scene, njih šesnaest u određenim žanrovima očekuju nerealne scene. Možemo zaključiti kako većini ispitanika ne smetaju nerealne scene u doživljaju filma.



Slika 5.11 Prikaz rezultata ankete - čemu služe nerealne scene

Izvor: izradio autor

Treći set pitanja, upotpunjen videoisječcima iz filmova, odnosi se na to koliko ispitanici poznaju zakonitosti fizike u odabranim isječcima akcijskim i znanstveno fantastičnim filmovima.

U jednoj od scena iz filma „Brzina“ (1994.), koja je priložena u anketi, većina ispitanika prepoznala je kako scena nije u skladu s fizikalnim principom, njih 79% ispitanika. Troje je pogriješilo što u postotku iznosi 5%, a devet ili 16% ih izjasnilo se da ne znaju.



Slika 5.12 Prikaz rezultata ankete - poznavanje fizikalnog principa iz scene u filmu „Brzina“ (1994.)

Izvor: izradio autor

U istoj sceni dvadeset dvoje ili 39% ispitanika prepoznala je kosi hitac



Slika 5.13 Prikaz rezultata ankete - poznavanje kosog hitca u sceni iz filma "Brzina" (1994.)

Izvor: izradio autor

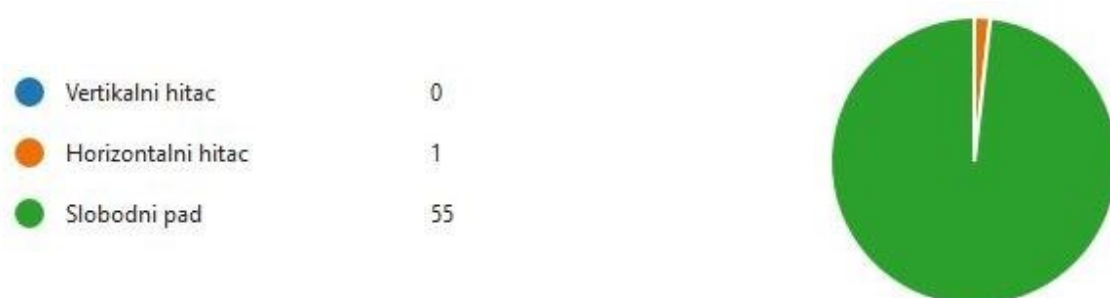
U jednoj od scena iz filma „Projekt A“ (1983.), koja je priložena u anketi, većina ispitanika, njih trideset sedam ili 66%, prepoznalo je da je scena u skladu s fizikalnim principom slobodnim padom. Osam ispitanika ili 14% to nije prepoznalo, a jedanaest ili 20% ih ne zna.



Slika 5.14 Prikaz rezultata ankete - poznavanje slobodnog pada u sceni iz filma "Project A" (1983.)

Izvor: izradio autor

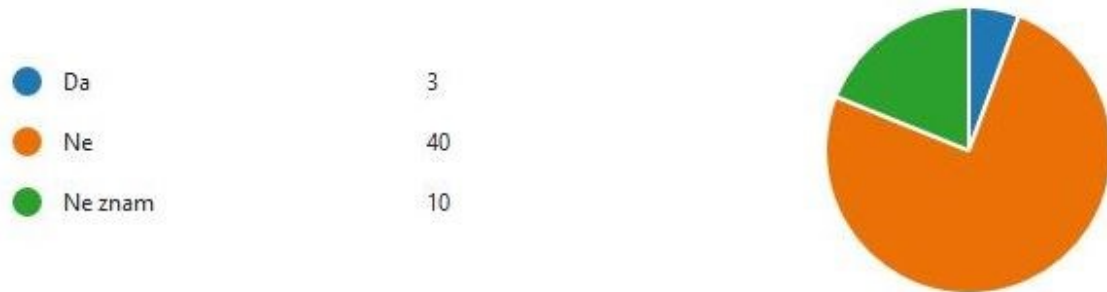
Njih 98% (pedeset pet) ispitanika ih je prepoznalo da se radi o slobodnom padu, a 2% (jedan) ispitanik je odgovorilo da se radi o horizontalnom hitcu.



Slika 5.15 Prikaz rezultata ankete - statistika prepoznavnja fizikalnog pricipa u sceni filma "Project A" (1983.)

Izvor: izradio autor

U jednoj od scena iz filma „Brzi i žestoki 5“ (2011.), koja je priložena u anketi, većina ispitanika prepoznala je nerealnost scene, točnije 75% ispitanika; troje je netočno odgovorilo ili 6%, a deset, njih 19% ne zna.



Slika 5.16 Prikaz rezultata ankete - prepoznavanje nerealne scene u filmu „Brzi i žestoki 5“ (2011.)

Izvor: izradio autor

Samo trinaest ispitanika ili 28% prepoznalo je nepoštivanje 3. Newtonovog zakona.



Slika 5.17 Prikaz rezultata ankete - poznavanje nepoštivanja 3. Newtonovog zakona

Izvor: izradio autor

Na pitanje „Je li moguće da Batman lebdi zrakom?“ samo dvadeset dvoje ispitanika tj. njih 39% odgovorilo je točno, a fizikalni princip u toj sceni prepoznalo je trideset pet ispitanika ili 64%.



Slika 5.18 Prikaz rezultata ankete - Je li moguće da Batman lebdi zrakom

Izvor: izradio autor



Slika 5.19 Prikaz rezultata ankete - poznavanje fizikalnih principa iz scene u filmu "The Batman" (2022.)

Izvor: izradio autor

Trideset devet ispitanika, njih 70% odgovorilo je kako je točno da se tijelo ne može utapati u lavi kao u sceni iz filma „Povratak kralja“ (2003.). Njih četvero ili 7% misli da može, a trinaest ili 23% ih ne zna.



Slika 5.20 Prikaz rezultata ankete - poznavanje fizikalnih principa u filmu "Gospodar prstenova: Povratak kralja" (2003.)

Izvor: izradio autor

Termodinamiku je prepoznalo samo 36% ili njih dvadeset.

● Termodinamika	20
● Statika fluida	25
● Molekularna fizika	10

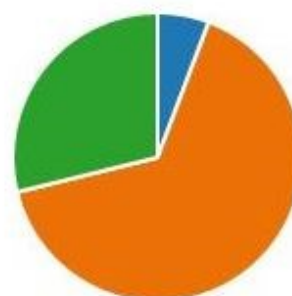


Slika 5.21 Prikaz rezultata ankete - poznavanje područja fizike-termodinamike u filmu "Gospodar prstenova: Povratak kralja" (2003.)

Izvor: izradio autor

Trideset četvero ispitanika ili 65% prepoznalo je kako nije moguće čuti eksploziju asteroida u svemiru, dok ostali ne znaju što u postotku iznosi 29%.

● Da	3
● Ne	34
● Ne znam	15



Slika 5.22 Prikaz rezultata ankete - je li moguće čuti zvuk u svemiru

Izvor: izradio autor

Da nije moguće vidjeti laserske zrake u svemiru, zna njih osamnaest ili samo 33%.

● Da	9
● Ne	18
● Ne znam	28



Slika 5.23 Prikaz rezultata ankete - je i moguće vidjeti laserske zrake u svemiru

Izvor: izradio autor

Njih dvadeset dvoje ili samo 42% prepoznalo je da nije moguće povezati ljude u strujni krug kao u sceni iz filma „Iron Man 3“ (2013.).



Slika 5.24 Prikaz rezultata ankete - poznavanje strujnog kruga

Izvor: izradio autor

Manje od polovice ispitanika ili 46% točno je odgovorilo da scena eksplozije bombe u svemiru nije realna.

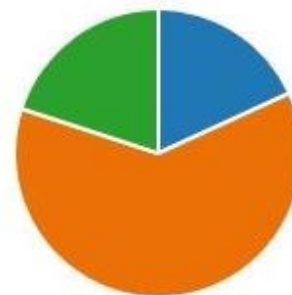


Slika 5.25 Prikaz rezultata ankete - prepoznavanje nerealne scene iz filma „2001: Odiseja u svemiru“ (1968.)

Izvor: izradio autor

Na pitanje „Je li moguće postići gravitaciju kao na Zemlji unutar svemirskog broda u svemiru?“, trideset četvero ispitanika ili 62% odgovorilo je kako nije moguće, deset ih misli da je moguće ili 18%, a ostali, njih 20% ne zna.

● Da	10
● Ne	34
● Ne znam	11



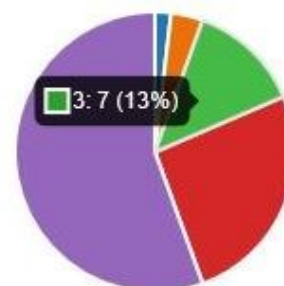
Slika 5.26 Prikaz rezultata ankete - poznavanje gravitacije iz scene u filmu "Ratovi zvijezda IV: Nova nada" (1977.)

Izvor: izradio autor

Posljednji set je pitanje o zadovoljstvu anketom.

Većina ispitanika izrazila je visoko zadovoljstvo anketom. Na skali od 1-5, njih 56% je jako zadovoljno, a samo 2% ili jedan ispitanik nije zadovoljan anketom.

● 1	1
● 2	2
● 3	7
● 4	14
● 5	30



5.4. Zaključak istraživanja

Nakon provedene ankete možemo zaključiti kako većina ispitanika prepoznaje fizikalne koncepte. Također, možemo zaključiti da je veći dio ispitanika visoko obrazovan ili trenutno uči fiziku na nekom stupnju obrazovanja što je zasigurno utjecalo na rezultat. Utvrđeno je i da ispitanici prate različite filmske žanrove uključujući i akcijske i znanstveno-fantastične filmove. Anketu su podjednako ispunili muškarci i žene kao i mali broj neopredijeljenih osoba. Većini ispitanika važno je da film realno prikazuje fizikalne principe, no zanimljiva tematika i kvalitetna glumačka izvedba većini ispitanika je važnija od specijalnih efekata. Zaključak je da za filmski doživljaj realne ili nerealne scene nisu toliko presudne za gledanost.

Nerealne scene, u kojima se ne poštuju fizikalni principi, na ukupno zadovoljstvo filmom nimalo ne utječe ili vrlo malo utječe na veći dio ispitanika. Na manji dio ispitanika značajno utječe. Možemo zaključiti kako većina ispitanika primjećuje nerealne scene, ali im to znatno ne narušava zadovoljstvo filmom.

Iz trećeg seta pitanja s video isječcima iz filmova vidljivo je da ispitanici u velikoj mjeri prepoznaju zakonitosti fizike kao i područja fizike. I na kraju, ispitanici su se pozitivno referirali na anketu, dok je manji broj anketi dao nižu ocjenu, vjerojatno radi njezine zahtjevnosti.

Zaključak

Tema ovog rada bila je analiza primjene određenih fizikalnih koncepata u akcijskim i znanstveno-fantastičnim filmovima. U radu je analizirano devet filmova. Nakon analize poštivanja fizikalnih koncepata u scenama, dobili smo prikaz koliko su scene stvarne ili nestvarne. Zaključujemo da su fizikalni koncepti u nekim scenama ipak poštivani, u brojnim scenama nisu, dok su redatelji u nekim scenama filmskim trikovima i ostalim tehnikama gotovo uspjeli prikazati fizikalni koncept kao moguć. Nekima to nije ili je slabo uspjelo. Držati se zakona fizike u svijetu filma nije lagan posao. Zaključujemo da je, koliko god se redatelji trudili, često nemoguće postići potpunu realnost. Analizom scena dolazimo do spoznaje da su vješta i dobro osmišljena produkcija i timovi stručnjaka koji na njoj rade zaslužna za prikrivanje iskrivljenih fizikalnih koncepata.

Anketnim upitnikom dobili smo podatke o tome koliko prosječni gledatelj prepoznaje stvarne scene, primjećuje li fizikalne koncepte i njihovo kršenje u filmskim scenama. Nakon provedene ankete, možemo zaključiti kako većina ispitanika prepoznaje fizikalne koncepte što objašnjavamo činjenicom da je veći dio ispitanika visoko obrazovan ili trenutno uči fiziku kao nastavni predmet na nekoj od razina obrazovanja. Oni primjećuju kršenje fizikalnih koncepata. Zanimljivo je da tim istim ispitanicima, za filmski doživljaj, ne smeta nerealna scena iako je prepoznaje. Tim ispitivanjem došli smo do spoznaje da prosječni gledatelji u principu žele zabavu; privlači ih zanimljivost i atrakcija u filmskim žanrovima kao što su akcijski film i znanstvena fantastika, bez obzira na poznavanje zakona fizike i uočavanje kršenja istih.

Današnja postprodukcija, u kojoj se računalno kreiraju krajolici, interijeri i likovi, u potpunosti stavlja atraktivnost ispred poštivanja fizikalnih koncepata. Iako rijetki redatelji primjenjuju fizikalne koncepte u potpunosti, zadovoljstvo je zaključiti da postoje redatelji koji uzimaju u obzir fiziku kao znanost i poštuju zakone fizike u osmišljavanju i izvođenju trikova kojima se koriste pri snimanju atraktivnih filmskih scena.

Popis kratica

Hz	Herc	mjerna jedinica za frekvenciju
GHz	Gigaherc	milijarda herca
m	<i>Metar</i>	mjerna jedinica za dužinu
m/s	<i>Metara u sekundi</i>	mjerna jedinica za brzinu
m/s ²	<i>Metara u sekundi na kvadrat</i>	mjerna jedinica za ubrzanje
Nm	Nanometar	milijarditi dio metra
N	Njutn	mjerna jedinica za silu
V	Volt	jakost električne struje
VFX	Visual effects	vizualni efekti
CGI	<i>Computer-generated imagery</i>	kompjuterska animacija i efekti
VR	Virtual reality	virtualna simulacija
NASA	National Aeronautics and Space Administration	državna uprava SAD-a

Popis slika

Slika 2.1 Grafički prikaz horizontalnog hitca.....	3
Slika 2.2 Kosi hitac.....	3
Slika 3.1 Snimanje bestežinskih scena	10
Slika 3.2 Primjer CGI.....	11
Slika 3.3 Snimanje scene u filmu Brzina (1994.).....	12
Slika 4.1 Slika scene iz filma Brzina (1994.).....	19
Slika 4.2 Slika scene iz filma Brzina (1994.).....	20
Slika 4.3 Slika scene iz filma Brzina (1994.).....	21
Slika 4.4 Snimanje scene iz filma Brzina (1994.).....	21
Slika 4.5 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.).....	22
Slika 4.6 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.).....	23
Slika 4.7 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.).....	23
Slika 4.8 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.).....	24
Slika 4.9 Snimanje i obrada scene u filmu Brzina (1994.).....	24
Slika 4.10 Scena iz filma Project A (1983.).....	25
Slika 4.11 Scena iz filma Project A (1983.).....	26
Slika 4.12 Film Brzi i žestoki 5 (2011.).....	27
Slika 4.13 Scena iz filma Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.).....	29
Slika 4.14 Scena iz filma Ratovi zvijezda IV: Nova nada (1977.).....	30
Slika 4.15 Scena iz filma The Batman (2022.).....	31
Slika 4.16 Scena iz filma The Batman (2022.).....	32
Slika 4.17 Scena pada Golluma u krater iz filma Gospodar prstenova: Povratak kralja (2003.)	34
Slika 4.18 Scena iz filma 2001: Odiseja u svemiru (1968.).....	36

Slika 4.19 Scena iz filma Čuvari galaksije 2 (2017.)	38
Slika 4.20 Scena iz filma Iron Man 3 (2013.)	39
Slika 5.1 Prikaz rezultata ankete – spol	42
Slika 5.2 Prikaz rezultata ankete - stupanj obrazovanja	42
Slika 5.3 Prikaz rezultata ankete – obrazovanje u području fizike 1	43
Slika 5.4 Prikaz rezultata ankete - obrazovanje u području fizike 2	43
Slika 5.5 Prikaz rezultata ankete – aktivno gledanje filmova.....	44
Slika 5.6 Prikaz rezultata ankete – omiljeni filmski žanrovi.....	44
Slika 5.7 Prikaz rezultata ankete - skala važnosti poštivanja fizikalnih principa u filmovima	45
Slika 5.8 Prikaz rezultata ankete - tri važna elementa za ukupno filmsko zadovoljstvo.....	45
Slika 5.9 Prikaz rezultata ankete - utjecaj nerealnih scena na ukupno filmsko zadovoljstvo	46
Slika 5.10 Prikaz rezultata ankete - koliko primjećujem nerealne scene i koliko to utječe na ukupno filmsko zadovoljstvo	46
Slika 5.11 Prikaz rezultata ankete - čemu služe nerealne scene.....	47
Slika 5.12 Prikaz rezultata ankete - poznavanje fizikalnog principa iz scene u filmu „Brzina“ (1994.)	48
Slika 5.13 Prikaz rezultata ankete - poznavanje kosog hitca u sceni iz filma "Brzina" (1994.)	48
Slika 5.14 Prikaz rezultata ankete - poznavanje slobodnog pada u sceni iz filma "Project A" (1983.)	49
Slika 5.15 Prikaz rezultata ankete - statistika prepoznavnja fizikalnog pricipa u sceni filma "Project A" (1983.).....	49
Slika 5.16 Prikaz rezultata ankete - prepoznavanje nerealne scene u filmu „Brzi i žestoki 5“ (2011.)	50
Slika 5.17 Prikaz rezultata ankete - poznavanje nepoštivanja 3.Newtonovog zakona.....	50

Slika 5.18 Prikaz rezultata ankete - Je li moguće da Batman lebdi zrakom.....	51
Slika 5.19 Prikaz rezultata ankete - poznavanje fizikalnih principa iz scene u filmu "The Batman" (2022.)	51
Slika 5.20 Prikaz rezultata ankete - poznavanje fizikalnih principa u filmu "Gospodar prstenova: Povratak kralja" (2003.).....	51
Slika 5.21 Prikaz rezultata ankete - poznavanje područja fizike-termodinamike u filmu "Gospodar prstenova: Povratak kralja" (2003.).....	52
Slika 5.22 Prikaz rezultata ankete - je li moguće čuti zvuk u svemiru.....	52
Slika 5.23 Prikaz rezultata ankete - je i moguće vidjeti laserske zrake u svemiru.....	52
Slika 5.24 Prikaz rezultata ankete - poznavanje strujnog kruga.....	53
Slika 5.25 Prikaz rezultata ankete - prepoznavanje nerealne scene iz filma „2001: Odiseja u svemiru“ (1968.).....	53
Slika 5.26 Prikaz rezultata ankete - poznavanje gravitacije iz scene u filmu "Ratovi zvijezda IV: Nova nada" (1977.)	54

Literatura

- [1] Gilić, N., *Filmske vrste i rodovi*, AGM, Zagreb , 2007.
- [2] Ružić, J., Knežević , S.,*Fizika* , Sveučilište u Splitu , Split, 2022.
- [3] Labinac,V., Milotić , B.,*Fizika III: Valovi i optika* , Sveučilište u Rijeci , Rijeka, 2023.
- [4] Hrvatska enciklopedija URL:
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=43656> (Pristupano dana 28.12.2023.)
- [5] Krauss, L.M., *Fizika zvjezdanih staza*, Naklada Jesenski i Turk, 2004.
- [6] http://www.antoniosiber.org/james_cameron_i_fizika.html (Pristupano dana 9.1.2024.)
- [7] Eran Dinur. , *Filmmaker's Guide to Visual Effects The Art and Techniques of VFX and Cinematographers*, 2017.
- [8] Andreis, T., Plavčić, M., Simić, N, *Fizika 1 udžbenik za 1.razred gimnazije i srodnih škola s četverogodišnjim programom („varijanta B“)* , 2001.
- [9] Tonči Andreis, Miro Plavčić, Nikica Simić, *Fizika 2 udžbenik za 2.razred gimnazije („varijanta B“)* , 2003.
- [10] Anđelko Tečić, dr., Stjepan Sabolek, Suzana Šijan, *Fizika priručnik za pripremu ispita na državnoj maturi*, 2011.
- [11] Ante Peterlić, *Filmska enciklopedija*, 1990.
- [12] David Parkinson, Oxford, Film, 1995.
- [13] *The Complete Film Production Handbook (Fourth Edition)* - Eve Light Honthaner
- [14] Braha, Yael, Byrne, Bill, *Creative Motion Graphic Titling for Film, Video, and the Web By Title Design*, 2011.
- [15] <https://gradivo.hr/pages/komponente-vektora-i-horizontalni-hitac> (Pristupano dana 4.2.2024.)
- [16] <https://gradivo.hr/pages/kosi-hitac> (Pristupano dana 4.2.2024.)
- [17] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/fluid> (Pristupano dana 6.2.2024.)
- [18] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/strujanje> (Pristupano dana 6.2.2024.)
- [19] <https://enciklopedija.hr/clanak/zracni-otpor> (Pristupano dana 6.2.2024.)
- [20] <https://enciklopedija.hr/clanak/uzgon> (Pristupano dana 6.2.2024.)
- [21] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/agregatno-stanje> (Pristupano dana 8.2.2024.)
- [22] <https://povijest.hr/znanostitehnologija/kako-zvuci-svemir/> (Pristupano dana 9.2.2024.)
- [23] <https://enciklopedija.hr/clanak/elektricna-energija> (Pristupano dana 10.2.2024.)
- [24] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/elektricna-struja> (Pristupano dana 10.2.2024.)

- [25] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/elektricni-udar> (Pristupano dana 10.2.2024.)
- [26] <https://www.youtube.com/watch?v=8Kld61n8ZDI&t=444s> (Pristupano dana 12.2.2024.)
- [27] [https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_13_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_13_(film)) (Pristupano dana 13.2.2024.)
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-generated_imagery (Pristupano dana 7.2.2024.)
- [29] <https://www.pbssoical.org/shows/kcet-must-see-movies/how-1994s-speed-captured-a-changing-los-angeles> (Pristupano dana 12.2.2024.)
- [30] <https://www.youtube.com/watch?v=EiybiMFKAJc> (Pristupano dana 13.2.2024.)
- [31] <https://www.youtube.com/watch?v=80oxU3jf2lo> (Pristupano dana 13.2.2024.)
- [32] https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Five (Pristupano dana 14.2.2024.)
- [33] https://www.youtube.com/watch?v=DEHl3b8_cFw (Pristupano dana 15.2.2024.)
- [34] <https://www.youtube.com/watch?v=wRKUkwV79IU> (Pristupano dana 16.2.2024.)
- [35] <https://www.youtube.com/watch?v=0IT5Wlu5s7g> (Pristupano dana 17.2.2024.)
- [36] <https://www.youtube.com/watch?v=5ch5WC54egU> (Pristupano dana 18.2.2024.)
- [37] https://en.wikipedia.org/wiki/Guardians_of_the_Galaxy_Vol._2 (Pristupano dana 19.2.2024.)
- [38] <https://www.youtube.com/watch?v=RJtLa0Jyzec> (Pristupano dana 20.2.2024.)



ALGEBRA

**VISOKO
UČILIŠTE**

NASLOV ZAVRŠNOG RADA

Pristupnik: Nikola Ančić, 0321003866

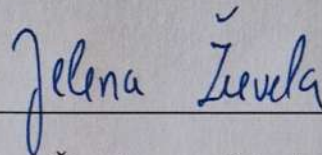
Mentor: Silvija Grgić

POTVRDA O LEKTURI

Autor rada: Nikola Ančić

Naslov rada: **Analiza primjene određenih fizikalnih principa u filmovima**

Dokument je lektoriran prema pravilima hrvatskoga jezika.



Jelena Žuvela, magistra hrvatskoga jezika i književnosti

Datum: 5. svibnja 2024.

Temeljem članka 7. Pravilnika o završnom i diplomskom radu i završnom ispitu Sveučilišta Algebra sačinjena je ova

Potvrda o dodjeli završnog rada

kojom se potvrđuje da student Nikola Ančić, [REDACTED] u ak. godini 2023./2024., studij: Multimedijско računarstvo - Prijediplomski studij, od strane Povjerenstva za završne i diplomske radove ima odobrenu izradu završnog rada

s temom: **Analiza primjene određenih fizikalnih koncepata u filmovima**

i sažetkom rada: U ovom završnom radu analizirana je primjena fizikalnih koncepata u filmovima. U prvom dijelu rada opisani su fizikalni koncepti koje smo analizirali u filmovima te su opisani, načini snimanja scena, produkcija i post produkcija filmova koje smo koristili kao primjer u analizi. U središnjem dijelu rada analizirane su scene iz filmova s ciljem razmatranja jesu li u tim scenama poštivani fizikalni koncepti ili ne. U završnom dijelu rada prikazana je analiza istraživanja koje je provedeno s ciljem da se provjeri koliko gledatelji uopće primjećuju i prepoznaju fizikalne koncepte u filmskim scenama; odnosno znaju li prepoznati što je pogrešno u filmskoj sceni i koji fizikalni koncept uopće ta scena iskrivljuje te u konačnici koliko to utječe na njihovo opće "zadovoljstvo" filmom.

Mentorica: Silvija Grgić.

Student je obvezan položiti kolegij Izrada završnog projekta/Praksa najkasnije 12 mjeseci od početka semestra u kojem je kolegij upisan.

U protivnom student može zatražiti novog mentora i temu te ponovo upisati kolegij Izrada završnog projekta/Praksa budući da rad koji nije predan i obranjen na završnom ispitu prestaje vrijediti. Izrada novog završnog rada izvodi se sukladno rokovima određenima za akademsku godinu u kojoj je studentu dodijeljen novi mentor i upisan kolegij Izrada završnog projekta/Praksa.

Potpis studenta:



Potpis mentorice:



Potpis predsjednika
Povjerenstva:



Ova potvrda izdaje se u 3 (tri) primjerka koji se uvezuju u završni rad.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

„Pod punom odgovornošću pismeno potvrđujem da je ovo moj autorski rad čiji niti jedan dio nije nastao kopiranjem ili plagiranjem tuđeg sadržaja, niti generiranjem od strane AI alata. Prilikom izrade rada koristio sam tuđe materijale navedene u popisu literature, ali nisam kopirao niti jedan njihov dio, osim citata za koje sam naveo autora i izvor te ih jasno označio znakovima navodnika. U slučaju da se u bilo kojem trenutku dokaže suprotno, spreman sam snositi sve posljedice uključujući i poništenje javne isprave stečene dijelom i na temelju ovoga rada.”



Vlastoručni potpis studenta

Meta-podaci o radu

Ime i prezime studenta: Nikola Ančić

Ime i prezime mentora: Silvija Grgić

Ime i prezime ko-mentora (ako ima): -

Datum obrane: 16. svibnja 2024. godine

Naslov rada na hrvatskom jeziku: Analiza primjene određenih fizikalnih principa u filmovima

Naslov rada na engleskom jeziku: Analysis of the application of certain physical principles in movies

Broj izvora: 38

Broj riječi od uvoda do zaključka: 11399

Temeljem Pravilnika o završnom i diplomskom radu i završnom ispitu Sveučilišta Algebra sačinjen je ovaj

Zapisnik o završnom ispitu

kojim se potvrđuje da je dana 16.05.2024. godine u Zagrebu održan završni ispit kojem je pristupio student

Nikola Ančić

upisan na studij: **Multimedijsko računarstvo - Prijediplomski studij**

na kojem je student obranio završni rad pod nazivom

Analiza primjene određenih fizikalnih koncepata u filmovima

Ocjenu i obranu završnog rada te provedbu završnog ispita provelo je ispitno povjerenstvo u sastavu:

Predrag Šuka, predsjednik ispitnog povjerenstva,
Silvija Grgić, mentorica završnog rada,
Andrej Lacković, član ispitnog povjerenstva,

pri čemu je student ostvario sljedeće ocjene:

(A) Srednja ocjena svih položenih ispita:	2.88
(B) Ocjena završnog rada:	vrlo dobar (4)
(C) Ocjena obrane završnog rada:	izvrstan (5)
(D) Ocjena znanja iz područja struke:	dovoljan (2)

Prema Pravilniku o završnom i diplomskom radu i završnom ispitu Sveučilišta Algebra konačna ocjena završnog ispita je:
doobar (3)

Ovaj zapisnik tiska se u 2 (dva) primjerka od čega 1 (jedan) zadržava student, a 1 (jedan) se dostavlja studentskoj referadi radi uvođenja u evidenciju studenata.

1. Predrag Šuka - predsjednik ispitnog povjerenstva

2. Silvija Grgić - mentorica završnog rada

3. Andrej Lacković - član ispitnog povjerenstva