

# ANIMACIJA

Doc. dr Siniša Tomić



# Šta je animacija?

---

- Animacija je riječ s kojom se susrećemo gotovo svakodnevno, pogotovo u novije doba, kada su računalne animacije došle do tog stupnja realnosti da se neki glumci u filmovima zamjenjuju animiranim likovima. Ne baš pohvalan događaj za glumca, međutim, itekako pohvalan za animator(e).
- Animacija je slijedni prikaz dvodimenzionalnih slika, odnosno trodimenzionalnih modela koji prikazuju kretanje nekog objekta.
- Zbog fenomena tromosti vida, dolazi do iluzije kretanja, što je i glavna ideja animacije.

# Šta je animacija?

---



Primjeri primjene

- Razvojem tehničkih nauka, pa time i računarstva, sve češće se susrećemo s vizualnim efektima koji nam oduzimaju dah. Prirodno se pitati na koji način su ostvarene te animacije, specijalni efekti i virtualna stvarnost.
- Nalaze široku primjenu u raznim područjima od nauke, inženjerstva i medicine do vojnih primjena ili umjetnosti.

# Šta je animacija?

---

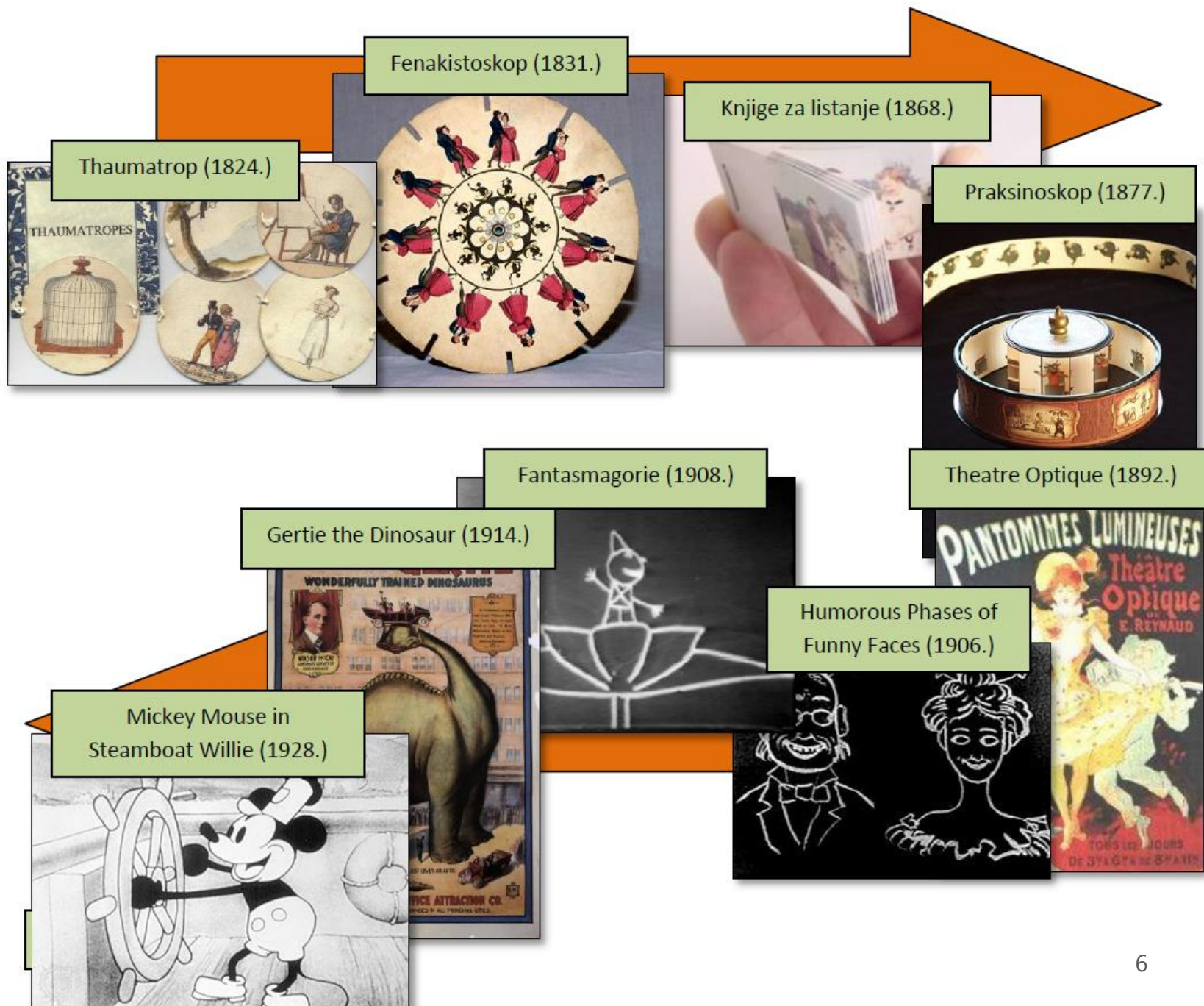
- Računarska grafika je relativno novo područje računarskih nauka. Počinje se razvijati 60-tih godina prošlog vijeka s ciljem stvaranja slika ili uklapanja i mijenjanja slikovnih i prostornih podataka koji su uzeti iz stvarnosti pomoću računara.
- Ostvariti računarsku predodžbu vizualne stvarnosti u ono vrijeme se činilo vrlo teškim i neizvedivim zadatkom, no današnji filmovi, video igre ili razne realizacije proširene stvarnosti nam ukazuju na brzinu kojom računarska grafika napreduje.
- Računarska animacija, veliko i važno područje računarske grafike, započinje s razvojem u isto vrijeme kad i računarska grafika. Sama animacija kao postupak stvaranja iluzije pokreta poznata je puno prije pojave modernih računara, ali s njima je doživjela procvat.
- Računarska animacija našla je široku primjenu u nauci, inženjerstvu i medicini, ali ponajviše u „industriji“ zabave i umjetnosti (filmovi i video igre). Ovako široka primjena je posljedica činjenice da svaku veličinu koja se može mijenjati u vremenu možemo animirati.

# Istorijski razvoj animacije

---

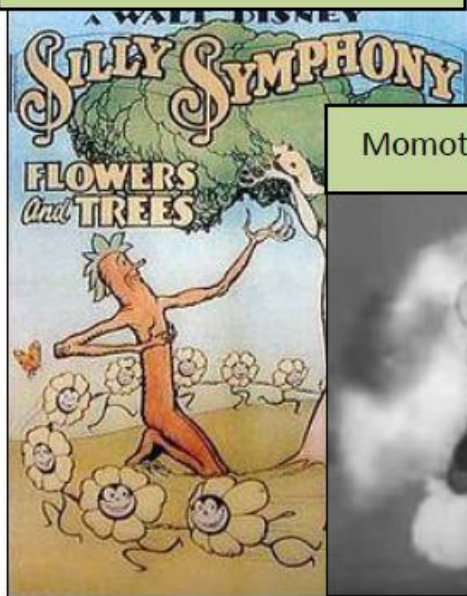
- Riječ **animacija** dolazi od latinske riječi **anima** koja predstavlja živuću silu u svakom biću. Dakle, **animirati znači doslovno oživjeti, tj. dati život.**
- **Animaciju možemo najpreciznije defisati kao brzi prikaz slika dvodimenzionalnih ili trodimenzionalnih objekata s ciljem dobivanja iluzije pokreta.**
- Zapravo se radi o optičkoj iluziji koja nastaje zahvaljujuci medicinskom fenomenu tromosti oka. Utisak slike koju vidimo ostaje u mrežnici oka približno 1/25 sekunde.

# Razvoj animacije



# Razvoj animacije

Flower and Trees (1932.)



Momotarō: Umi no Shinpei (1945.)



Alice in Wonderland (1951.)



Who Framed Roger Rabbit (1988.)



World of Warcraft (2005.)



Final Fantasy (2001.)



Lion King (1994.)



# Istorijski razvoj animacije

---

- Prvi pokušaji animacije datiraju još iz starijeg kamenog doba, kada su ljudi u pećinama prikazivali životinje s različitim položajima nogu pokušavajući ostvariti utisak kretanja.
- Intenzivniji razvoj animacije započinje tek početkom 19. vijeka kada nastaju prve igračke i slikovne knjige koje izazivaju iluziju pokreta.
- Razvojem filmske industrije bilježi se i veliki napredak animacije. Postaje prisutna u svim segmentima umjetnosti i zabave.
- Pojavom računara, a time i računarske animacije, pronalazi se primjena u širim područjima kao što su medicina, inženjerstvo ili vojne primjene.



# Istorijski razvoj animacije

---



THAUMATROP



FENAKISTOSKOP

# Istorijski razvoj animacije - THAUMATROP

---



**THAUMATROP**

- 1824. godine britanski fizičar John Ayrton Paris izumio je thaumatrop, napravu koja se često smatra pretečom filma. Riječ je o okruglom kartonu razapetom između dvije uzice. Najčešće je na jednoj strani bila nacrtana krletka, a na poledini ptica, na mjestu koje odgovara sredini krletke. Kada bi se karton zavrteo dovoljno brzo gledalac bi imao utisak da se ptica nalazi u krletci.

# Istorijski razvoj animacije - THAUMATROP

---



## Istorijski razvoj animacije - FENAKISTOSKOP

---

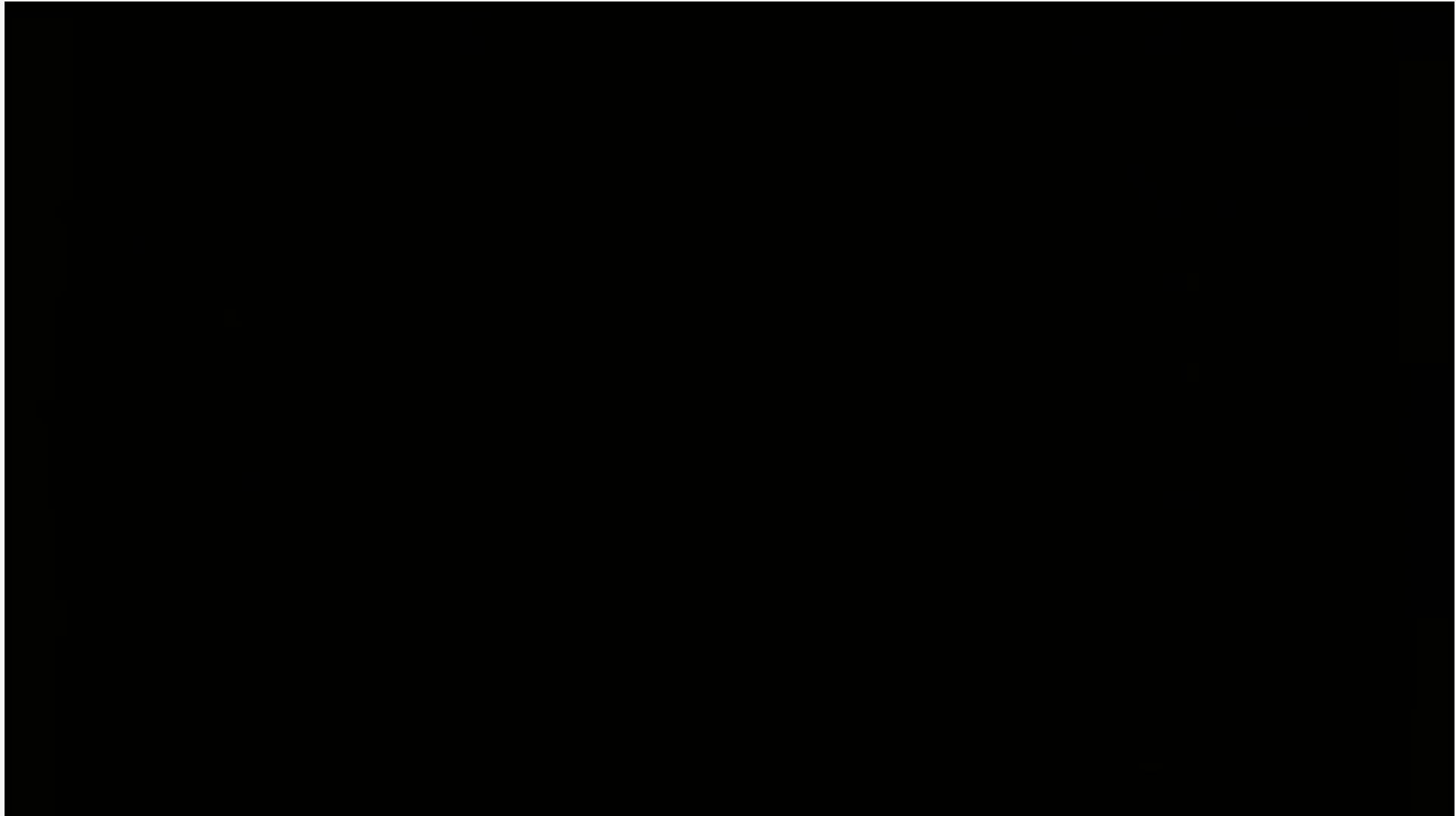


**FENAKISTOSKOP**

- 6 godina kasnije pojavila se i druga naprava koja je brzim prikazom slika izazivala iluziju pokreta - **fenakistoskop**.
- Fenakistoskop je okrugli karton pričvršćen na dršku u središtu kartona. Na rubovima kartona nalazile su se slike nekog pokreta u određenom trenutku. Kada bi se karton zavrtio oko svog središta, slike na rubu bi stvorile utisak pokreta. 60-tih godina 19. vijeka počinju se pojavljivati i prve slikovne knjižice.

# Istorijski razvoj animacije - FENAKISTOSKOP

---



# Istorijski razvoj animacije - FENAKISTOSKOP

---



# Istorijski razvoj animacije - PRAKSINOSKOP

---



**PRAKSINOSKOP**

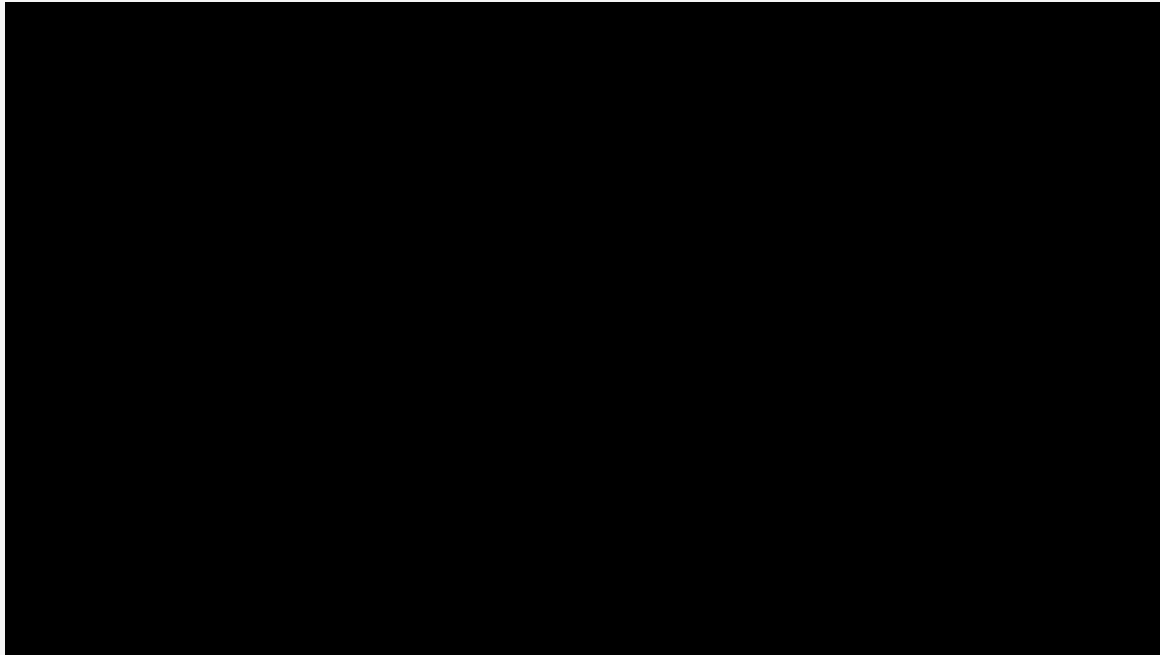
- 1877. godine Charles-Émile Reynaud izumio je **praxinoskop**, uređaj koji se sastojao od manjeg valjka s ogledalima, okruženog crtežima s unutarnje strane vedeg valjka.
- Okretanjem slika u ogledalu bi se pojavio fiksni odraz koji je reflektirao pokretnu sliku.
- Praxinoskop je vrlo brzo krenuo u komercijalnu prodaju, a Charles-Émile Reynaud je nastavio njegov razvoj.



Charles-Émile Reynaud

# Istorijski razvoj animacije - PRAKSINOSKOP

---





# Istorijski razvoj animacije – PRAKSINOSKOP (Theatre Optique)

---

- 1888. godine nastaje **Theatre Optique, veliki praksinoskop** namijenjen javnom prikazivanju animacija. 4 godine kasnije dogodila se i slavna premijera u Parizu gdje su prikazani filmovi u trajanju od 12 do 15 minuta.



## Istorijski razvoj animacije - *Humorous Phases of Funny Faces* (1906)

---



*Humorous Phases of Funny Faces* (1906)

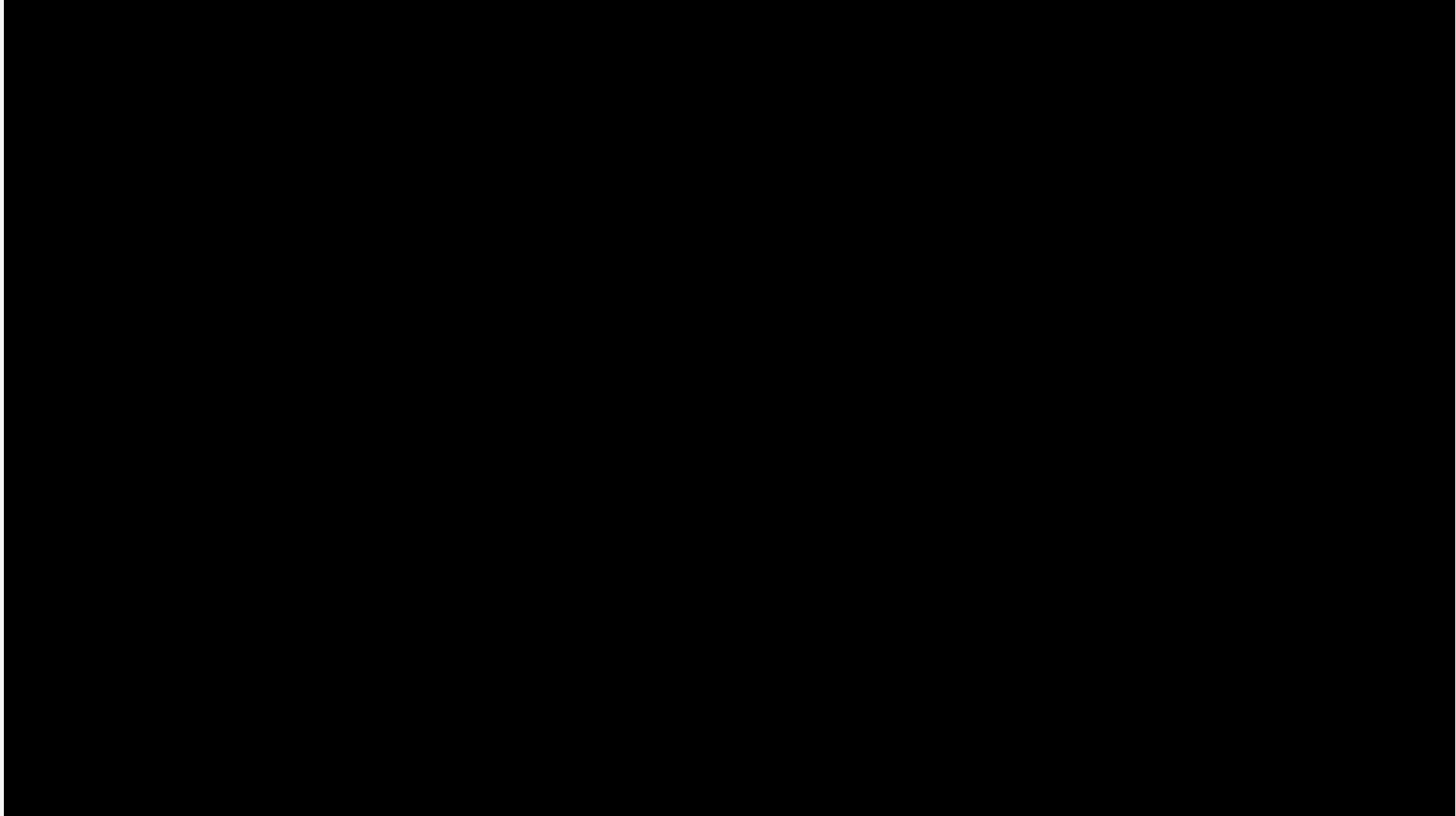
- Prvi pravi animirani film pojavio se 1906. godine. Riječ je o filmu ***Humorous Phases of Funny Faces*** američkog filmaša Jamesa Stuarta Blacktona.
- Blackton je prvi pravi animator koji predstavio koncepte tehnike stop animacije i animacije ručnih crteža (eng. *hand-drawn animation*).



James Stuart Blacktone

## Istorijski razvoj animacije - *Humorous Phases of Funny Faces* (1906)

---



# Istorijski razvoj animacije

---

- 1908. godine francuski umjetnik **Émile Cohl** napravio je animirani film ***Fantasmagorie*** koji je prikazivao jednostavne ljudske oblike u interakciji s raznim predmetima (boce, cvijeće i sl.). Spomenuta dva animirana film ostvarila su velik uspjeh i postavila temelje animiranog filma.
- Slijedeći uspjeh Blacktona i Cohla, američki strip autor **Winsor McCay** 1911. godine objavljuje, nakon 4 godine rada i oko 4 000 crteža koje je sam izveo, kratki animirani film ***Little Nemo in Slumberland***. Slijedi ga njegov najpopularniji animirani film ***Gertie the Dinosaur*** 1914. godine.
- Kreativni vrhunac McCayeve karijere predstavlja animirani film ***The Sinking of the Lusitania (1918.)***, s oko 25 000 crteža. Ovim kratkim animiranim filmovima započinje razvoj danas vrlo velike industrije animiranog filma.



Winsor McCay: *Gertie the Dinosaur*, *Little Nemo in Slumberland*

# Istorijski razvoj animacije – Winsor McCay

---



Gertie the Dinosaur (Winsor McCay, 1914)



1911 Winsor McCay - "Little Nemo"  
(full animation in color)

# Istorijski razvoj animacije

---

- Pojavom računara moderniziraju se postupci animacije.
- Računarska animacija nalazi sve širu primjenu, i to ne samo u filmskoj industriji.
- Vrlo brzo razvijaju se alati za jednostavnu animaciju koji su dostupni svima.
- Tehnologije animacije i dalje intenzivno napreduju čime se razvija snažna filmska i industrija video igara.

# Tehnike animacije

---

- TRADICIONALNA ANIMACIJA
- STOP ANIMACIJA
- RAČUNARSKA ANIMACIJA

# TRADICIONALNA ANIMACIJA

---



Kamera za snimanje crteža  
na celuloidnoj foliji

Tradicionalna animacija je najčešće korišteni postupak animacije prošlog vijeka. Tradicionalno animirani filmovi sastoje se od niza fotografija ili ručno crtanih sličica, pri čemu se svaka slika vrlo malo razlikuje od prethodne da bi se njihovim brzim prikazivanjem ostvarila iluzija pokreta.

Sličice tradicionalno animiranog filma nastaju kao skice za crtačkim pultom, a potom se prenose na tzv. **celuloidne folije** i snimaju specijalnim kamerama. **Iz tog razloga tradicionalna animacija je poznata i pod nazivom *celuloidna animacija*.**



# TRADICIONALNA ANIMACIJA

---

- Postupci tradicionalne animacije danas se u praksi rijetko koriste.
- Pojavom računara oni se modernizuju, pa se danas najčešće crteži skeniraju ili crtaju izravno na računarima, te se animiraju pomoću razvijenih programskih alata.
- Najpoznatiji primjer dugometražnog tradicionalno animiranog filma je *Pinocchio* produkcije Walt Disney iz 1940. godine.
- Krajem 20. vijeka postupci tradicionalne animacije potpomognuti su računarskim sistemima, pa tako veliki uspjeh bilježe filmovi Kralj Lavova (SAD, 1994.) i Avanture male Chihiro (Japan, 2001.), dobitnik oskara za najbolji animirani film.
- Razlikujemo i nekoliko stilova tradicionalne animacije: **POTPUNA ANIMACIJA, DJELIMIČNA ANIMACIJA I ROTOSKOPIJA.**

# TRADICIONALNA ANIMACIJA – POTPUNA ANIMACIJA

---

- Potpuna animacija (eng. full animation) je pojam koji se odnosi na produkciju visokokvalitetnih tradicionalno animiranih filmova koje koriste detaljne crteže i uvjerljivo prikazuju kretanja.
- Primjeri potpune animacije su spomenuti Kralj lavova, te filmovi Ljepotica i zvijer (SAD, 1991.) i Aladdin (SAD, 1992.).



Potpuna animacija (*Aladdin, Ljepotica i zvijer, Kralj lavova*)

# TRADICIONALNA ANIMACIJA – DJELIMIČNA ANIMACIJA

---

- Djelimična animacija (eng. limited animation) podrazumijeva upotrebu manje detaljnih crteža, čime su i ostvareni pokreti manje uvjerljivi. Djelimična animacija je često korišćena kao metoda stilizovanog umjetničkog izražaja, pa tako veliki broj anime filmova japanske produkcije pripadaju upravo ovom stilu.
- Najznačajnija ostvarenja djelimične animacije su djela Hayaoa Miyazakija, najvedeg japanskog režisera animiranih filmova: Princeza Mononoko (1997.), Avanture male Chihiro, Pokretni dvorac (2004.) i drugi.



Djelimična animacija (*Avanture male Chihiro, Princeza Mononoko*)

# TRADICIONALNA ANIMACIJA – ROTOSKOPIJA

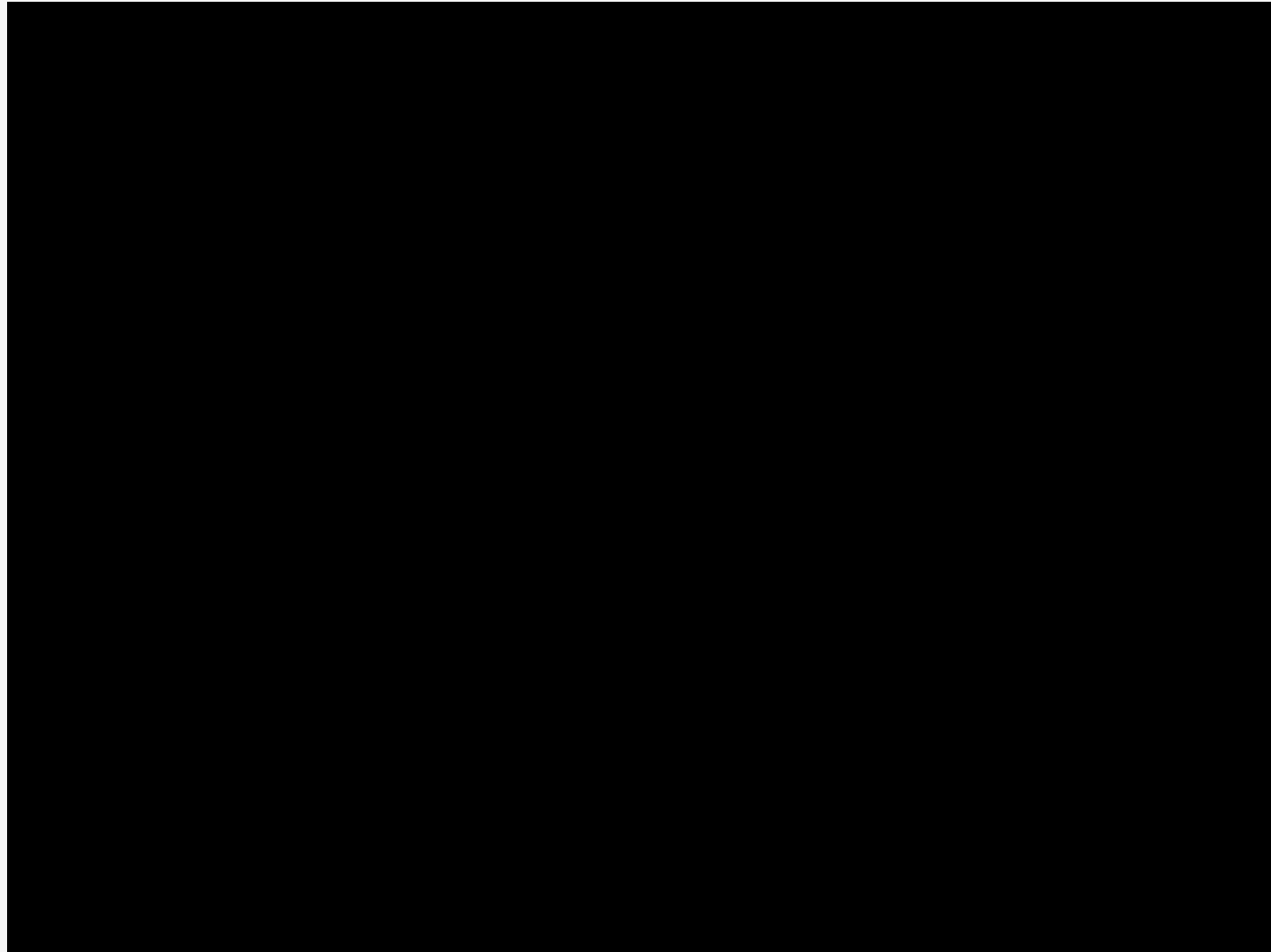
---

- Rotoskopija je tehnika koju je patentirao Max Fleischer, poznati američki animator (Betty Boop, Popeye), 1917. godine. Radi se o animaciji koja je vođena pokretima prethodno snimljenog stvarnog objekta.



# TRADICIONALNA ANIMACIJA – ROTOSKOPIJA

---



## STOP ANIMACIJA (eng. *stop-motion animation*)

---

- Stop animacija (eng. *stop-motion animation*) je tehnika kojom se iluzija pokreta ostvaruje fizičkim manipuliranjem stvarnih objekata te njihovim fotografiranjem.
- Razlikujemo više podvrsta stop animacije, obično po vrsti materijala koji se koristi.
- GLINENA ANIMACIJA
- ANIMACIJA IZREZIVANJEM
- LUTKARSKA ANIMACIJA

# STOP ANIMACIJA – GLINENA ANIMACIJA

---

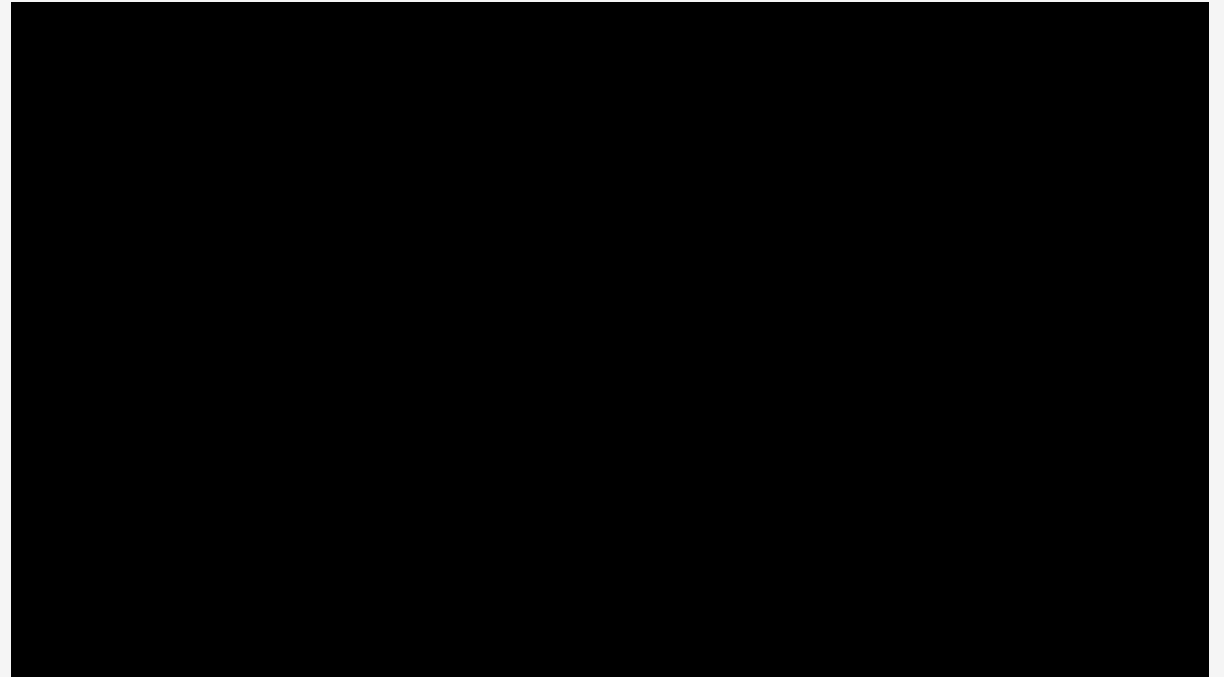
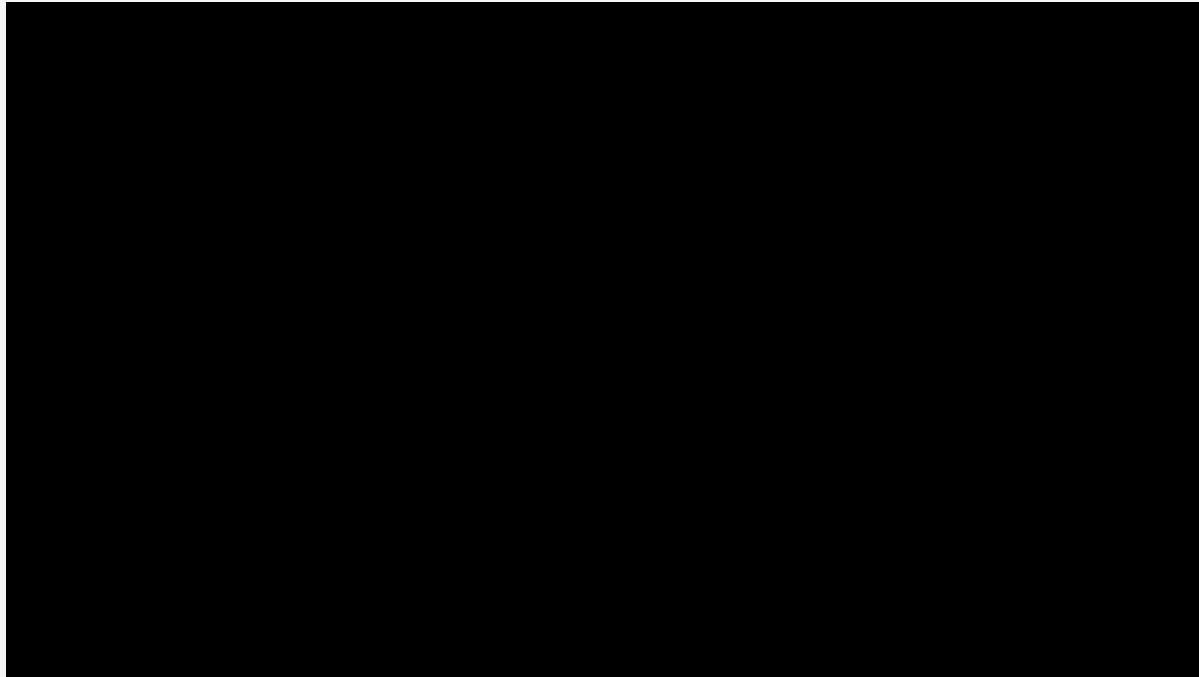
- Glinena animacija (eng. clay animation, claymation) koristi glinu, plastelin ili neki drugi sličan prilagodljiv materijal kako bi se ostvarila iluzija pokreta.
- Korišćene figure najčešće imaju žičani kostur kojim se olakšava pozicioniranje.
- Poznatiji primjeri glinene animacije su animirani filmovi Wallace i Gromit (Velika Britanija, 1989.), te Pobuna u kokošinjcu (SAD, 2000.).



Glinena animacija (*Wallace i Gromit, Pobuna u kokošinjcu*)

# STOP ANIMACIJA – GLINENA ANIMACIJA

---



Glinena animacija (*Wallace i Gromit, Pobuna u kokošinjcu*)



# STOP ANIMACIJA – ANIMACIJA IZREZIVANJEM

---

- **Animacija izrezivanjem** (eng. cutout animation) koristi dvodimenzionalne komade materijala poput papira ili tkanine. Najpoznatiji primjeri ovakve animacije su animirane scene iz poznate britanske humorističke serije Leteći cirkus Monty Pythona. Tvorac ovih animacija je poznati britanski glumac, režiser, scenarist i animator Terry Gilliam.
- Podvrsta animacije izrezivanjem je **siluetna animacija** (eng. silhouette animation) gdje se likovi dodatno osvjetljavaju pozadinskim osvjetljenjem, te su vidljivi samo kao siluete.



# STOP ANIMACIJA – LUTKARSKA ANIMACIJA

---

- Lutkarska animacija (eng. puppet animation) uključuje lutkarske figure koje se stavljaju u interakciju s konstruisanim okolišem. Lutke najčešće imaju žičani kostur radi lakšeg pozicioniranja. Najpoznatiji lutkama animirani filmovi su djela američkog režisera Tima Burtona: Božićna pustolovina (1993.) i Mrtva nevjesta (2005.)



Lutkarska animacija (*Mrtva nevjesta*, *Božićna pustolovina*)

# RAČUNARSKA ANIMACIJA

---

- Računalna animacija je u osnovi digitalni nasljednik tradicionalne stop animacije, s 3D modelima ili digitalnim 2D ilustracijama.
- Riječ je modernoj tehnici stvaranja iluzije pokreta pomoću računarske grafike.

**Računarsku animaciju prema učešću računara u animaciji možemo podijeliti na:**

**1. Računarom potpomognutu animaciju i**

**2. Računarski generisanu animaciju.**

- Računarski potpomognuta animacija obuhvata postupke prije opisane tradicionalne animacije koji su modernizovani uporabom računara. Ručno crtani objekti obrađuju se korišćenjem raznih programskih alata te se računarski animiraju. Računarski generisana animacija ne obuhvata postupke ručne izrade crtanih objekata koji se animiraju, već se 2D ili 3D objekti izrađuju na računarima gdje se i animiraju.

# RAČUNARSKA ANIMACIJA – PODJELA PREMA DUBINI PROSTORA

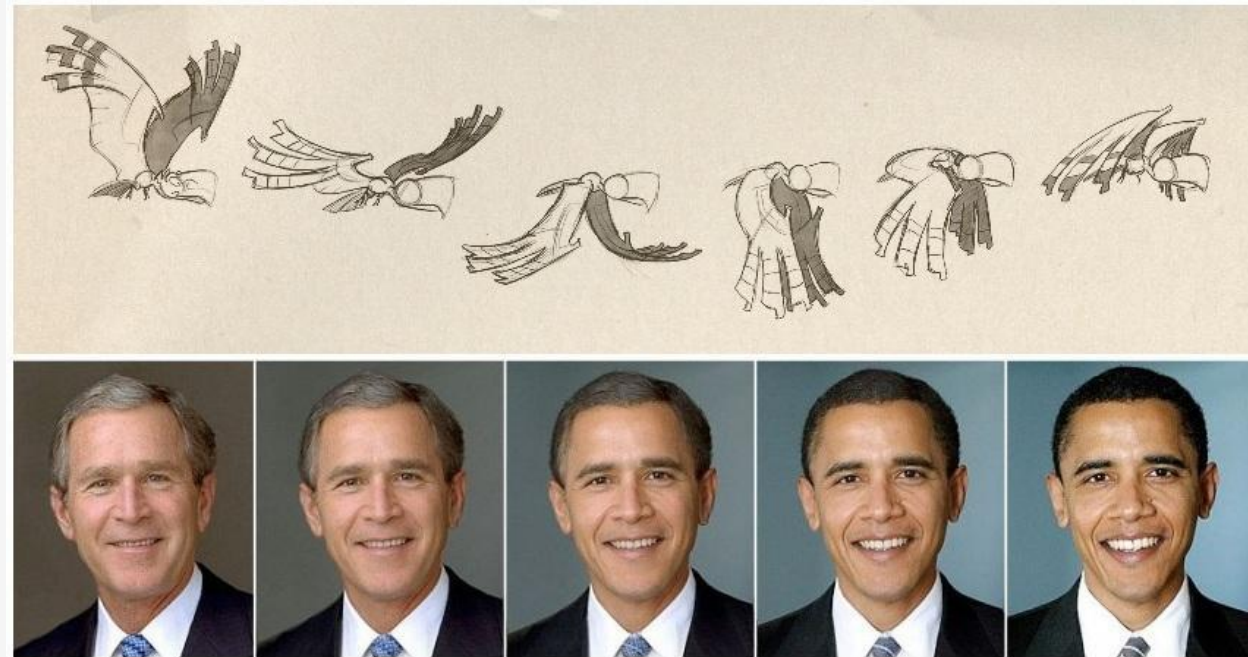
---

- 2D
- 3D

# 2D RAČUNARSKA ANIMACIJA

---

- Dvodimenzionalni slikovni objekti su stvoreni i/ili uređeni na računaru koristeći 2D bitmap ili vektorsku grafiku. Najčešće tehnike dvodimenzionalne računarske grafike su automatizovane računarske verzije tradicionalnih animacijskih postupaka **tweeninga, morphinga, onion skinninga, interpolirane rotoskopije i drugih.**
- **Tweening** je postupak stvaranja i dodavanja međusličica između dviju ključnih sličica kako bi se dobila što „glada“ animacija.
- **Morphing** je postupak kojim se prijelaz iz jedne sličice u drugu ostvaruje njenim izobličavanjem. Onion skinning metodom stapa se više bliskih slika u jednu.



*Tweening i morphing*

# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA

---

- Trodimenzionalna računarska animacija je relativno novo područje računarske grafike i animacije.
- Postupci 3D računarske animacije su složeni procesi koji često zahtijevaju dobro poznavanje matematičkih osnova u grafici, umijeće trodimenzionalnog modeliranja objekata, te razna znanja o prirodi pokreta i strukturi objekta koji se animira.
- 3D računalnom animacijom animiraju se pokretni objekti kao što su ljudi, životinje ili roboti, ali i prirodni fenomeni, vatra, voda, kosa, tkanina i sl.
- Velika prednost 3D animacije je njena realističnost, pa je tako vrhunske 3D animacije teško razlikovati od stvarno snimljenih pokreta što čini ovu vrstu animacije pogodnu za specijalne efekte u filmovima.
- Danas postoji nekoliko najčešćih tehnika 3D računarske animacije koje su detaljnije objašnjene u nastavku.

# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA - FOTOREALISTIČNA

---

- **Fotorealistična animacija** se prvenstveno koristi kada se žele postići animacije koje nalikuju stvarnosti. Posebno velik izazov je prikazati ljude i ljudske pokrete što realističnijima.
- Animirani film *Final Fantasy: The Spirits Within* iz 2001. godine se često smatra prvim filmom koji pokušava modelirane ljudske likove prikazati što stvarnije.
- Fotorealistična animacija koristi složene algoritme renderovanja kojima se dobivaju objekti s velikim brojem detalja tako da što bolje oponašaju stvarni svijet oko nas.

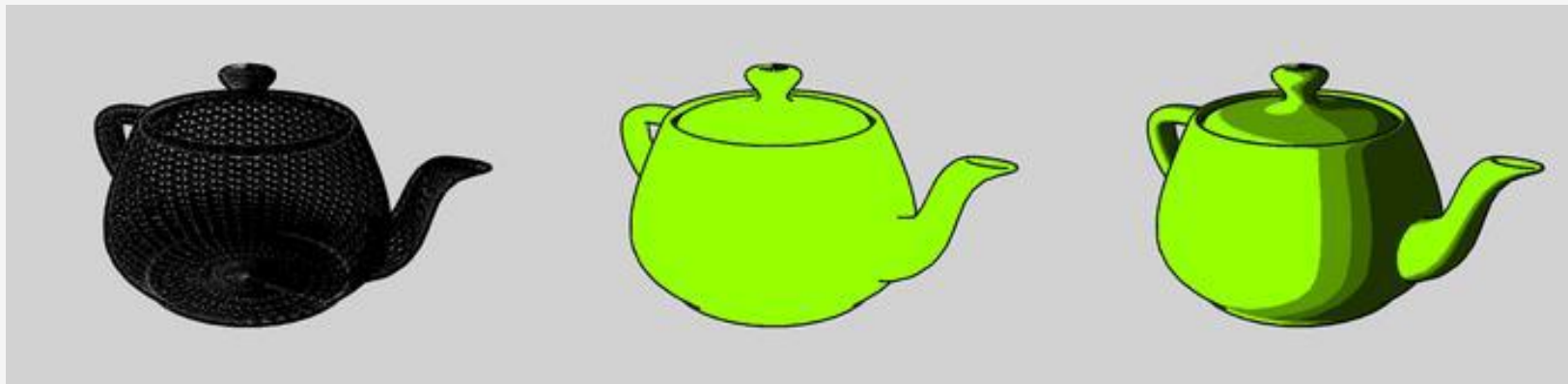


Fotorealistična animacija (*Final Fantasy: The Spirits Within*)

# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA – FOTO NEREALISTIČNA

---

- Najpoznatija tehnika nefotorealistične animacije je **cel-sjenčanje** (eng. cel-shading). Cel-sjenčanje je tehnika koja se najčešće koristi kada se želi oponašati stil stripova, ili drugih rukom crtanih radova.
- Proces cel-sjenčanja sastoji se od 3 ključna koraka
  1. Započinje s 3D modelom čiji se obrisi i konture linija dodatno naglašavaju
  2. Boji se osnovnom teksturom,
  3. U zadnjem koraku sjenčenje.



Cel-sjenčanje



# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA – ANIMACIJA IZOBLIČAVANJEM

---

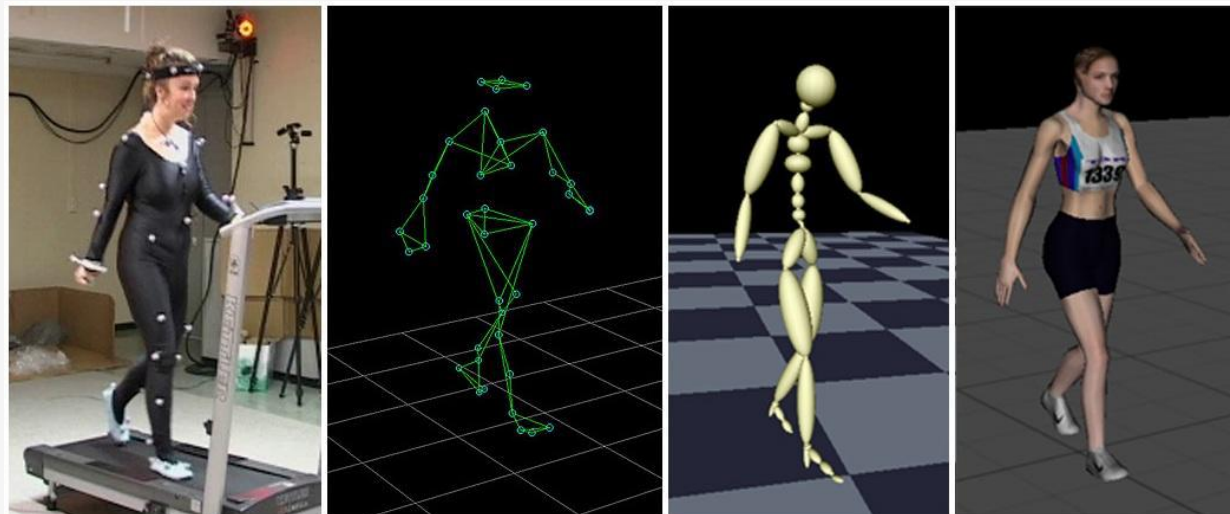
- Animacija izobličavanjem (eng. morph target animation) je tehnika koja se najčešće koristi zajedno sa skeletalnom animacijom. Animacija izobličavanjem ostvaruje pokrete transformirajući vrhove modela (eng. vertex) čime se dobiva izobličeni izgled mreže vrhova (eng. mesh). Pamte se lokacije vrhova u sličici u ključnom trenutku (eng. keyframe), a između njih vrhovi se kreću po tačno definisanim stazama da bi se dobila što preciznija i „glađa“ animacija. Animacija izobličavanjem često se koristi prilikom prikaza pokreta lica, odnosno emocija.



Animacija izobličavanjem

# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA – MOTION CAPTURE

- **Hvatanje pokreta** (eng. *motion capture*) je složena tehnika snimanja pokreta iz stvarnog svijeta i njihovog prevođenja u digitalni oblik. Proces zahtijeva posebnu računalnu opremu i kamere, pa je često nepraktičan. Na objekat čiji se pokreti snimaju pozicioniraju se tzv. markeri na specifične tačke tijela objekta. Markeri se snimaju s preciznim kamerama, a zatim se računarski obrađuju podaci o pozicijama, brzini i akceleraciji markera čime se dobija digitalna reprezentacija pokreta. Markeri mogu biti zvučni, inercijski, magnetni, LED ili bilo koja druga kombinacija spomenutih. Postupak hvatanja pokreta daje nam kao rezultat vrlo preciznu realističnu digitalnu reprezentaciju pokreta, ali zahtijeva skupu računarsku opremu, velik prostor i veći broj stručnjaka za ovakvu vrstu animacije.

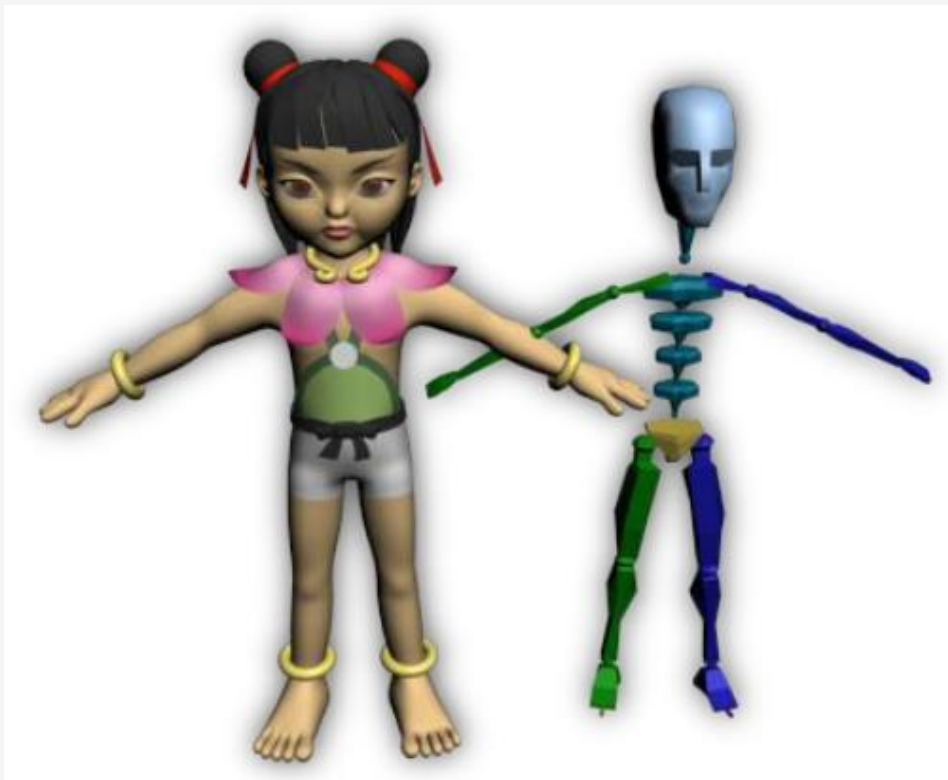


Hvatanje pokreta (eng. *motion capture*)

# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA – SKELETNA ANIMACIJA

---

- Skeletna animacija (eng. *skeletal animation*) je najčešće korišćena tehnika animiranja kičmenjaka.



Dijelovi modela animiranog skeletnom animacijom: koža (eng. *skin, mesh*) i kostur (eng. *skeleton, rig*)

Skeletna animacija je tehnika računarske animacije u kojoj je model koji se animira predstavljen u dva glavna dijela:

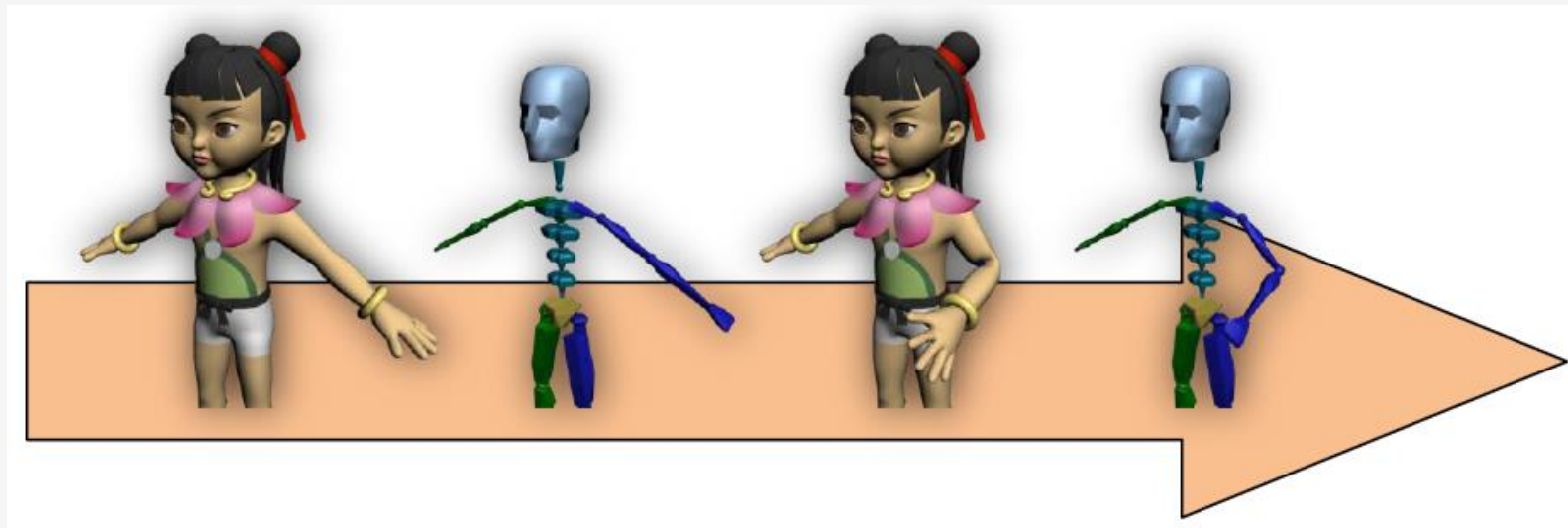
1) površina koja ocrta lik – **koža** (eng. *skin, mesh*)

2) hijerarhijski skup povezanih kostiju – **kostur** (eng. *skeleton, rig*).

- Ova tehnika najčešće se koristi za animiranje modela kičmenjaka kao što su ljudi, životinje, roboti i sl., ali se može koristiti i za kontrolu deformacije bilo kojeg drugog objekta. Ona olakšava često vrlo složene procese animiranja ljudskih i životinjskih likova pružajući korisniku pojednostavljeno korisničko sučelje i time zaobilazi složene algoritme i matematičke transformacije.

# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA – SKELETNA ANIMACIJA

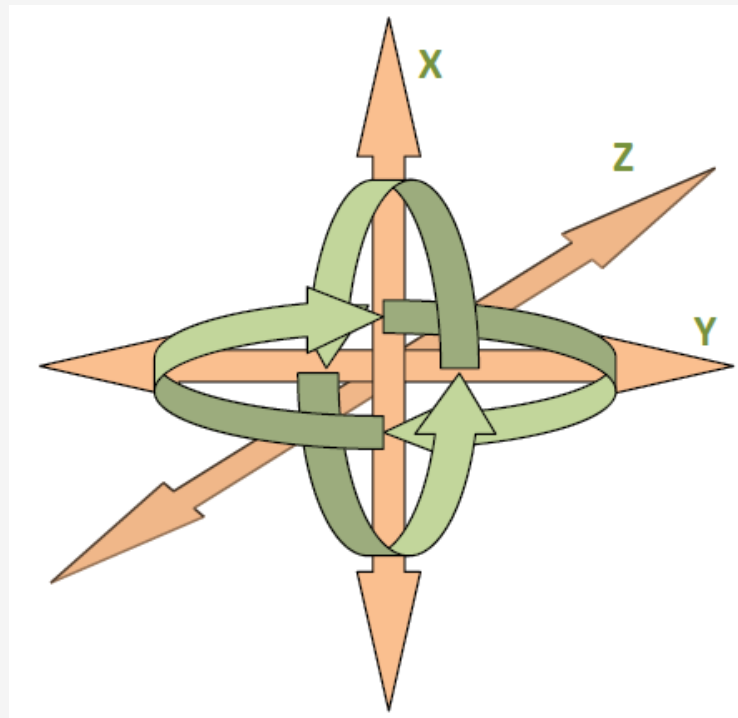
- Svaka kost vezana je za određeni dio kože, tj. mreže vrhova (eng. vertex) i svojom trodimenzionalnom transformacijom (položaj, mjerilo, orijentacija) utiče na položaje vrhova, a time i izgled mreže.
- Dodatno, svaka kost može imati pridruženu roditeljsku kost. Takav skup kostiju je hijerarhijski uređen i kao takav pojednostavljuje postupke animiranja. Mijenjanjem položaja roditeljske kosti, npr. nadlaktice, mijenjat će se i položaj kostiju djece, u ovom slučaju kosti podlaktice i šake.



Pokreti kostiju lijeve ruke

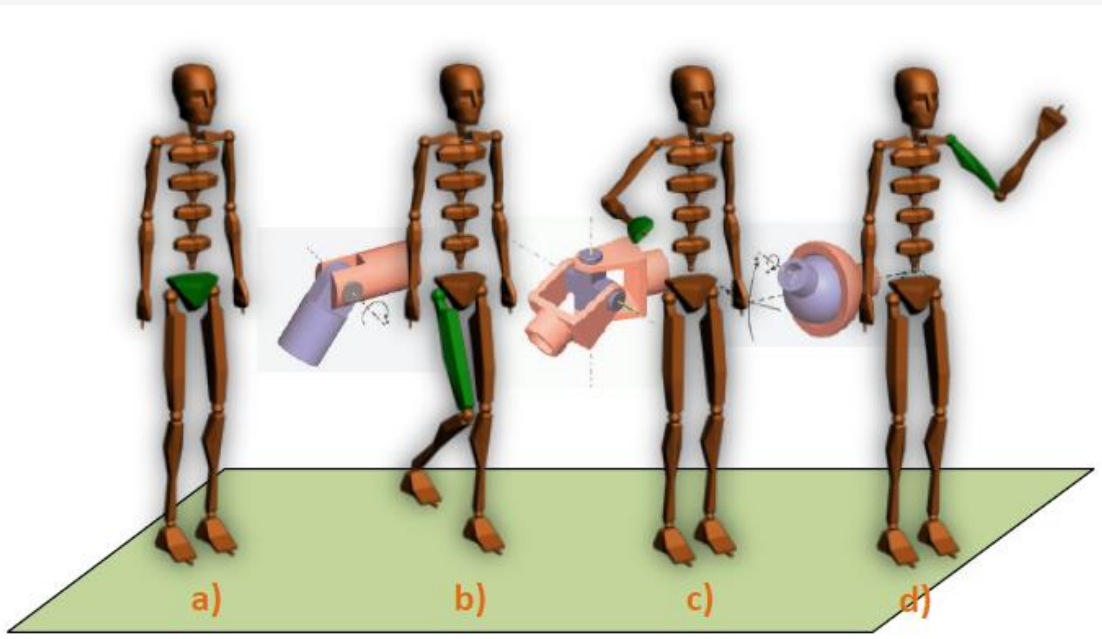
# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA – SKELETNA ANIMACIJA

- Kostu modelu pridruženog kostura su međusobno povezane **zglobovima**. Zglob može imati do tri translaciona i tri rotaciona stepena slobode (eng. *degree of freedom, DOF*): rotacija oko X, Y i Z osi, te translacija po X, Y i Z osi. U ljudskom tijelu većina zglobova ima jedan ili dva rotaciona stepena slobode, dok translacionih zglobova nema. Izuzetak je korijenski zglob, kojim se translacija i rotira čitavi kostur.

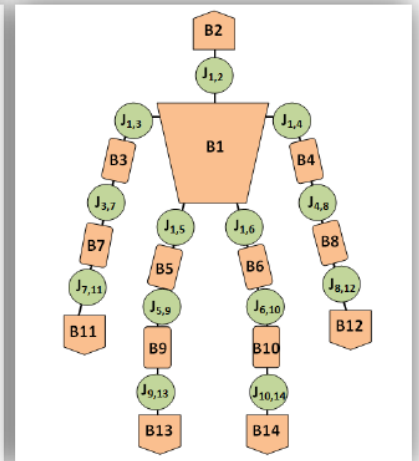
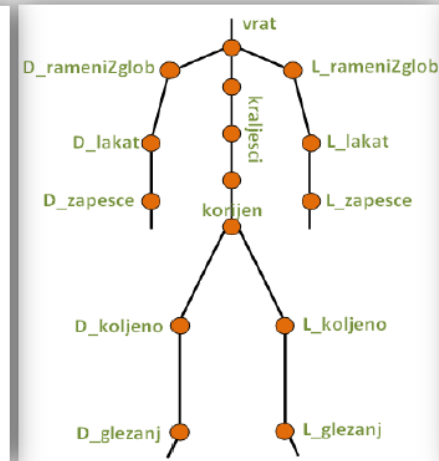


Rotacioni i translacioni stepeni slobode

# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA – SKELETNA ANIMACIJA

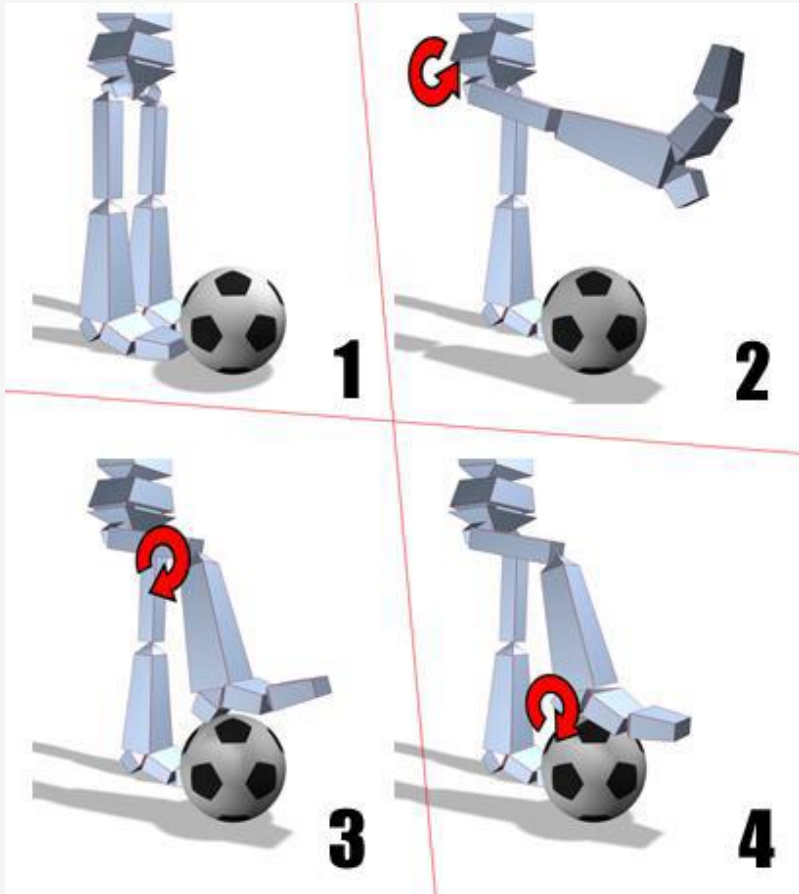


Rotacioni i translacioni stepeni slobode ljudskih zglobova

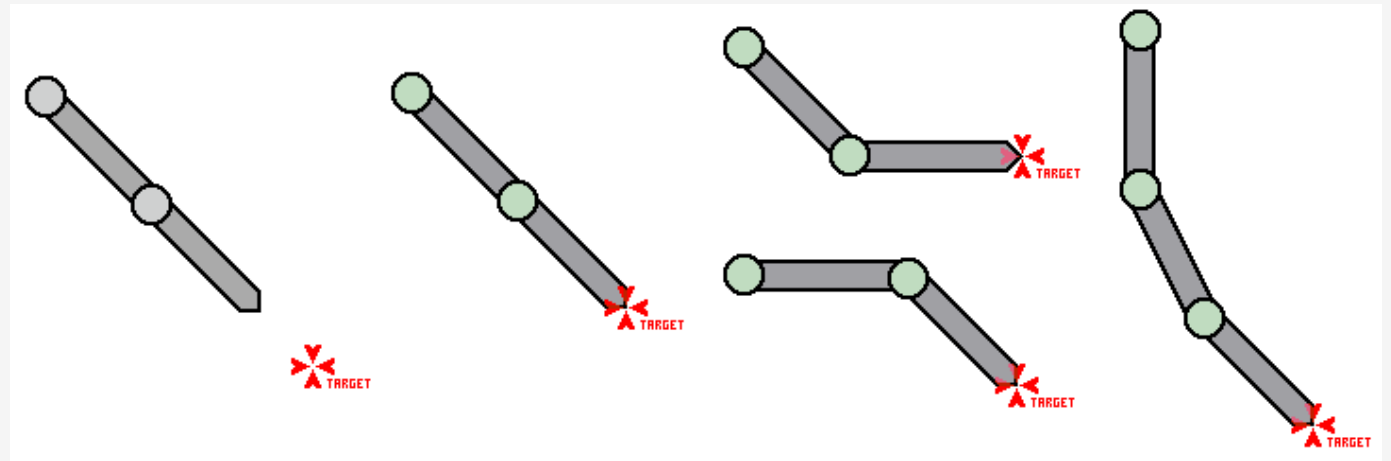


Apstraktna reprezentacija modela i graf stabla

# 3D RAČUNARSKA ANIMACIJA – SKELETNA ANIMACIJA



Unaprijeđena kinematika



Primjer problema koje rješava inverzna kinematika