

Optikai rendszerek szimulációja

Tompa Júlia

Alkalmazott matematikus MSc
Témavezető: Jüttner Alpár

2022. december 22.

A félév témája

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
kirajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

- Előző félév: Gauss-féle paraxiális közelítéses modell
 - ideális képalkotás
 - nagyobb szögek esetén nem működik jól
- Mostani félév: sugárkövetéses modellezés
 - figyelembe veszi a képalkotás geometriai aberrációit
 - implementálás: C++-ban
 - sugármenetek kirajzolása
 - képalkotási hibák ábrázolása és elemzése

Geometriai aberrációk

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

- Kromatikus aberrációk,
- Monokromatikus aberrációk:
 - szférikus aberráció,
 - kóma,
 - asztigmatizmus,
 - fókuszfelület-görbülés,
 - torzítás.

A kód felépítése

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

- **struct Vec3**
 - az euklideszi tér pontjait tárolja
- **struct Ray**
 - sugarak modellezésére alkalmas
 - kiindulópont + irányvektor
 - **Vec3 intersection(Ray& ray1, Ray& ray2):**
metszéspont-függvény

A kód felépítése

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

- **class Surface:**
 - optikai felületet modellező osztály
 - származtatott osztályai: síkfelület, gömbfelület
 - **Vec3 intersection(const Ray& ray) const [inline]:**
 - felület és sugár metszéspontja
 - **Ray goThrough(const Ray& ray) const [inline]:**
 - felületen áthaladó sugár
 - **void draw(cairo_t *cr) const [inline]:**
 - kirajzolás a cairo program segítségével

A kód felépítése

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
kirajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

- **class Obj:**
 - objektívet, optikai rendszereket modellező osztály
 - **void readObjective(Obj& obj):**
 - adatok beolvasása
 - **void drawPaths(std::vector<Ray>& rays, Obj& obj):**
 - sugársereg útjának kirajzolása a cairo program segítségével

Sugármenetek kirajzolása

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
kirajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

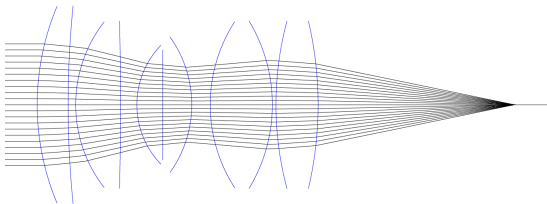
Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

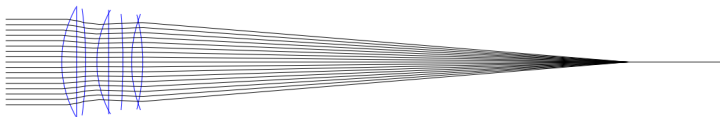
Kóma

További
tervek

Biotar objektív:



Tessar objektív:



Sugármenetek kirajzolása

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

**Sugármenetek
kirajzolása**

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

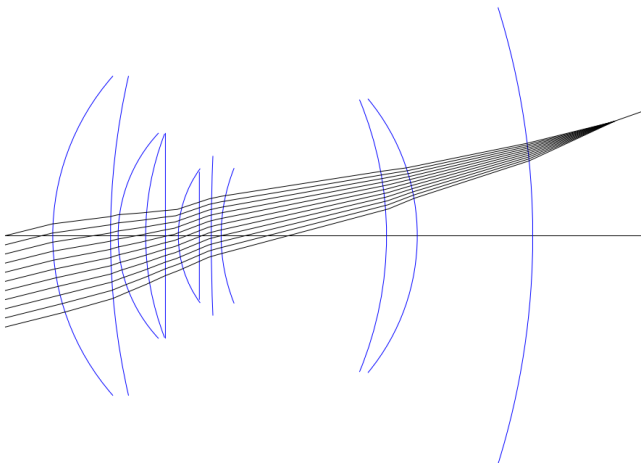
Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

Biogon objektív, ferde sugármenetek:



Szférikus aberráció

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

**Szférikus
aberráció**

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

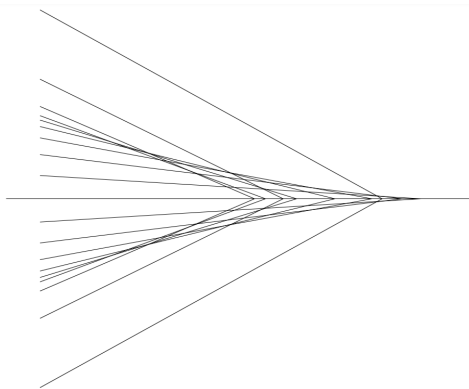
Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

Az optikai tengellyel párhuzamosan érkező sugárnyalábok nem egy pontban fókuszálódnak.

Pl. Tessar objektív:



Szférikus aberráció szemléltetése I.

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

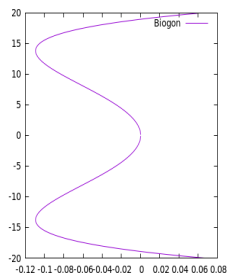
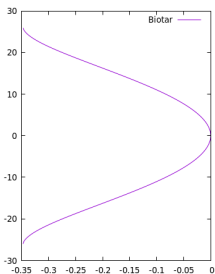
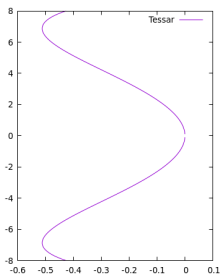
Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

y tengely: belépő sugár magassága

x tengely: optikai tengellyel való metszéspont távolsága a paraxiális fókuszponttól



Szférikus aberráció szemléltetése II.

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

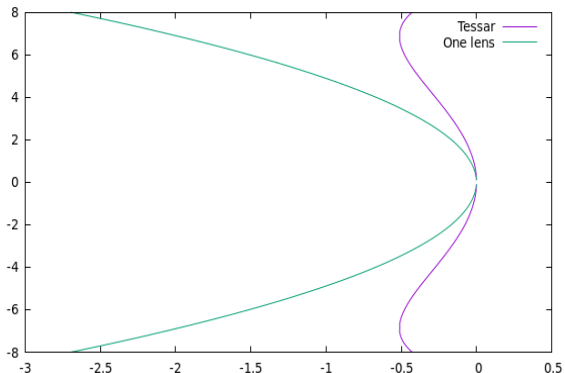
Szemléltetés III.

Kóma

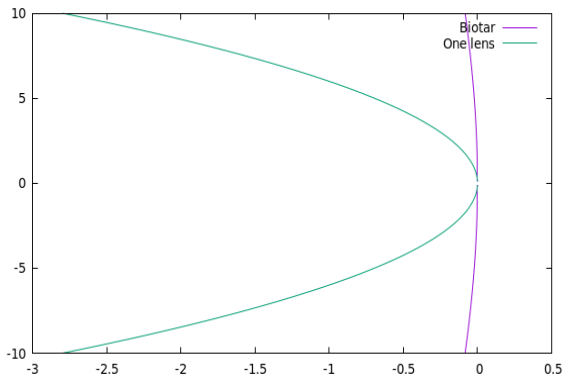
További
tervek

Összehasonlítás alapja: azonos fókusztávolságú síkdomború lencse.

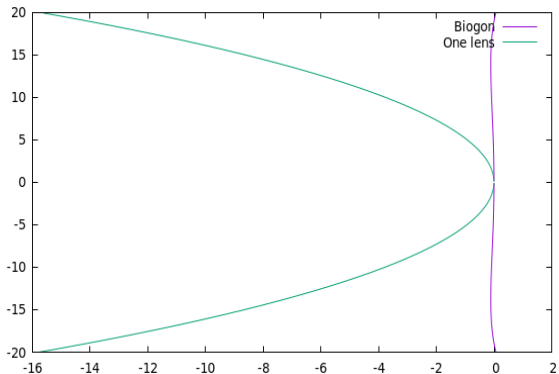
Tessar objektív:



Biotar objektív:



Biogon objektív:



Szférikus aberráció szemléltetése III.

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

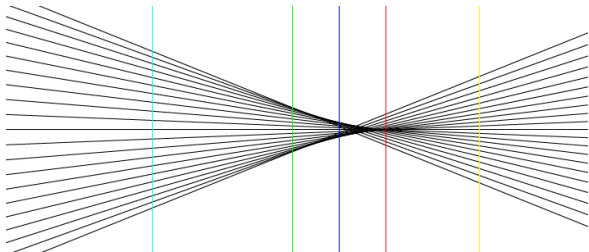
Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

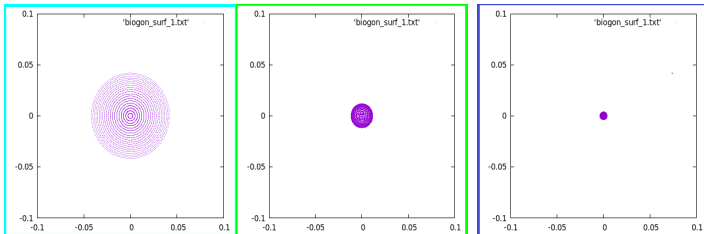
Az optikai tengelyre merőleges síkok segítségével is láttathatjuk a szférikus aberráció mértékét.

Felhasznált objektív: Biogon.



A síkok elhelyezkedése: cian: 0.5 mm-rel, zöld: 0.2 mm-rel, kék: 0.1 mm-rel a paraxiális fókusz előtt, piros: a paraxiális fókusz sík, citromsárga: 0.2 mm-rel mögötte.

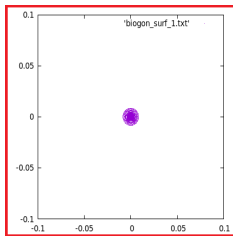
Nézzük meg, hol metszik a koncentrikus körök mentén indított sugarak a síkokat.



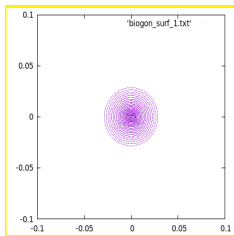
ábra: 0.5 mm

ábra: 0.2 mm

ábra: 0.1 mm



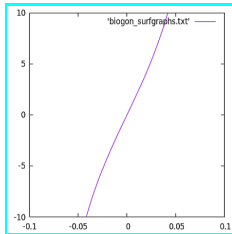
ábra: 0.0 mm



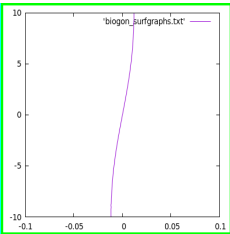
ábra: 0.2 mm

A kapott eredményeket grafikonon is szemléltethetjük:

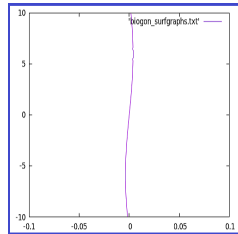
- y tengely: sugár kiinduló magassága,
- x tengely: milyen távol van a sugár az optikai tengelytől, amikor átfúrja a síkot.



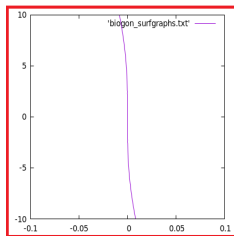
ábra: 0.5 mm



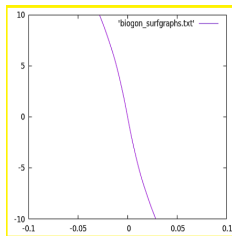
ábra: 0.2 mm



ábra: 0.1 mm



ábra: 0.0 mm



ábra: 0.2 mm

Kóma

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

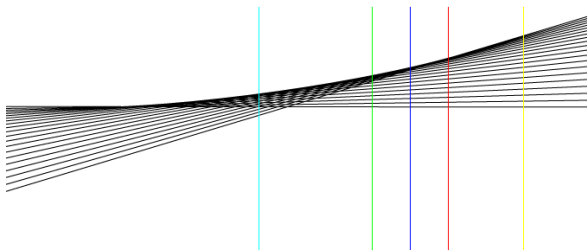
Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

Kóma akkor léphet fel, amikor az optikai tengellyel szöget bezáró sugarak lépnek be az apertúrán. A beérkező sugarak dőfspontjai elnyúlt, üstökösszerű alakzatban helyezkednek el. Szemléltetéshez felhasznált objektív: Biogon.



A síkok elhelyezkedése (mint korábban): cian: 0.5 mm-rel, zöld: 0.2 mm-rel, kék: 0.1 mm-rel a paraxiális fókusz előtt, piros: a paraxiális fókusz sík, citromsárga: 0.2 mm-rel mögötte.

Kóma szemléltetése

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

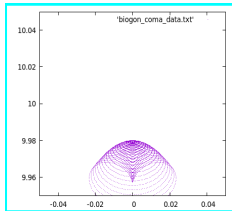
Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

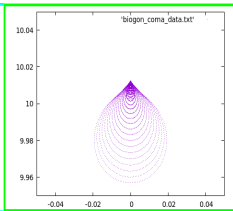
Kóma

További
tervek

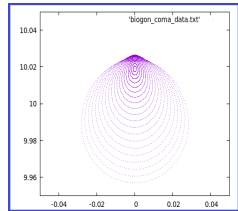
Ismét vizsgáljuk meg, hol dőlik a sugarak a síkokat.



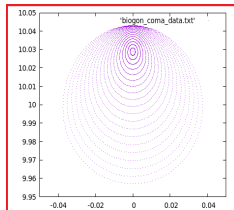
ábra: 0.5 mm



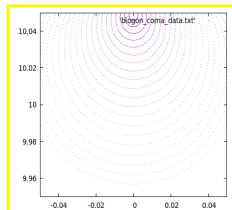
ábra: 0.2 mm



ábra: 0.1 mm



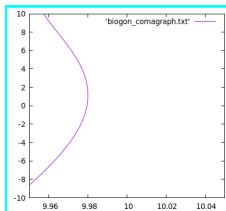
ábra: 0.0 mm



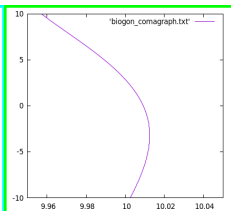
ábra: 0.2 mm

A kóma mértékét szintén szemléltettem grafikonon is:

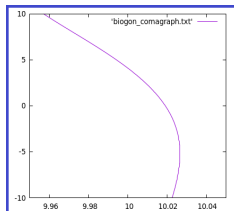
- y tengely: sugár kiinduló magassága,
- x tengely: milyen távol van a sugár az optikai tengelytől, amikor átfúrja a síkot.



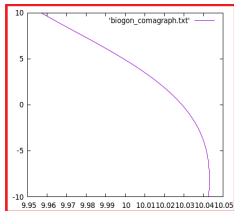
ábra: 0.5 mm



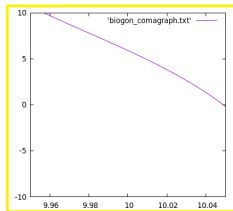
ábra: 0.2 mm



ábra: 0.1 mm



ábra: 0.0 mm



ábra: 0.2 mm

További tervek

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

Cél: objektívek paramétereinek optimalizálása sugárkövetéses modellezés és Fourier-optika segítségével

Optikai
rendszerek
szimulációja

Tompa Júlia

Bevezetés

Geometriai
aberrációk

A C++
program

Sugármenetek
krajzolása

Szférikus
aberráció

Szemléltetés I.

Szemléltetés II.

Szemléltetés III.

Kóma

További
tervek

Köszönöm a figyelmet!