

# Światło w pobliżu czarnej dziury

- Co się dzieje ze światłem w pobliżu bardzo ciężkiego obiektu astronomicznego?
- Czego szukali astronomowie angielscy w Afryce w 1919 roku?
- Skąd na niebie biorą się soczewki?
- Co wspólnego ma z tym wszystkim Einstein?



**Mikołaj Korzyński**

*animacje i obrazy:*

**Marcin Grzybowski,**

**Michał Januszewski (KFnRD)**

## Izaak Newton 1687

Każde dwa ciała przyciągają się z siłą proporcjonalną od ich mas i odwrotnie proporcjonalną do ich odległości.

Światło składa się z cząstek.

### *Pytanie:*

Czy, podobnie jak jabłka i planety, światło jest przyciągane grawitacyjnie?



**Pierre-Simon Laplace 1796  
(oraz John Michell 1784)**



Założmy, że TAK...

Jeśli jakieś ciało jest dostatecznie ciężkie, to światło z niego nie ucieka i go nie widać!

Podobnie nie ucieknie nic poruszającego się wolniej od światła.

## Albert Einstein 1911

Czy można wykryć  
“spadanie” światła odległych gwiazd  
w polu grawitacyjnym Słońca ?

### *Trudność:*

Ugięcie bardzo małe (ok.  $1/3600$  stopnia).  
Największe wtedy, gdy gwiazda na niebie  
jest blisko Słońca, ale...

Wtedy jej światło “tonie” w blasku Słońca.

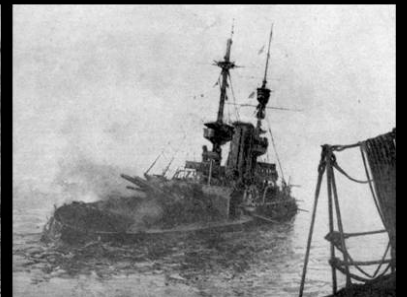
### *Rozwiązanie:*

Sfotografować gwiazdy blisko Słońca podczas jego *całkowitego zaćmienia!*



**Sierpień 1914** - Nieudana wyprawa niemieckich astronomów pod kierownikiem **E. Finlay-Freundlicha** na Krym (zaćmienie 21 sierpnia)

**28 lipca 1914 – I Wojna Światowa**



## Albert Einstein 1915

Nowa teoria grawitacji  
(ogólna teoria względności)

Ugięcie światła (prawdopodobnie)  
dwa razy większe niż sądzono!



*“Podbicie stawki”:*

- 1. potwierdzenie, że światło spada*
- 2. sprawdzenie która teoria grawitacji jest prawdziwa!*

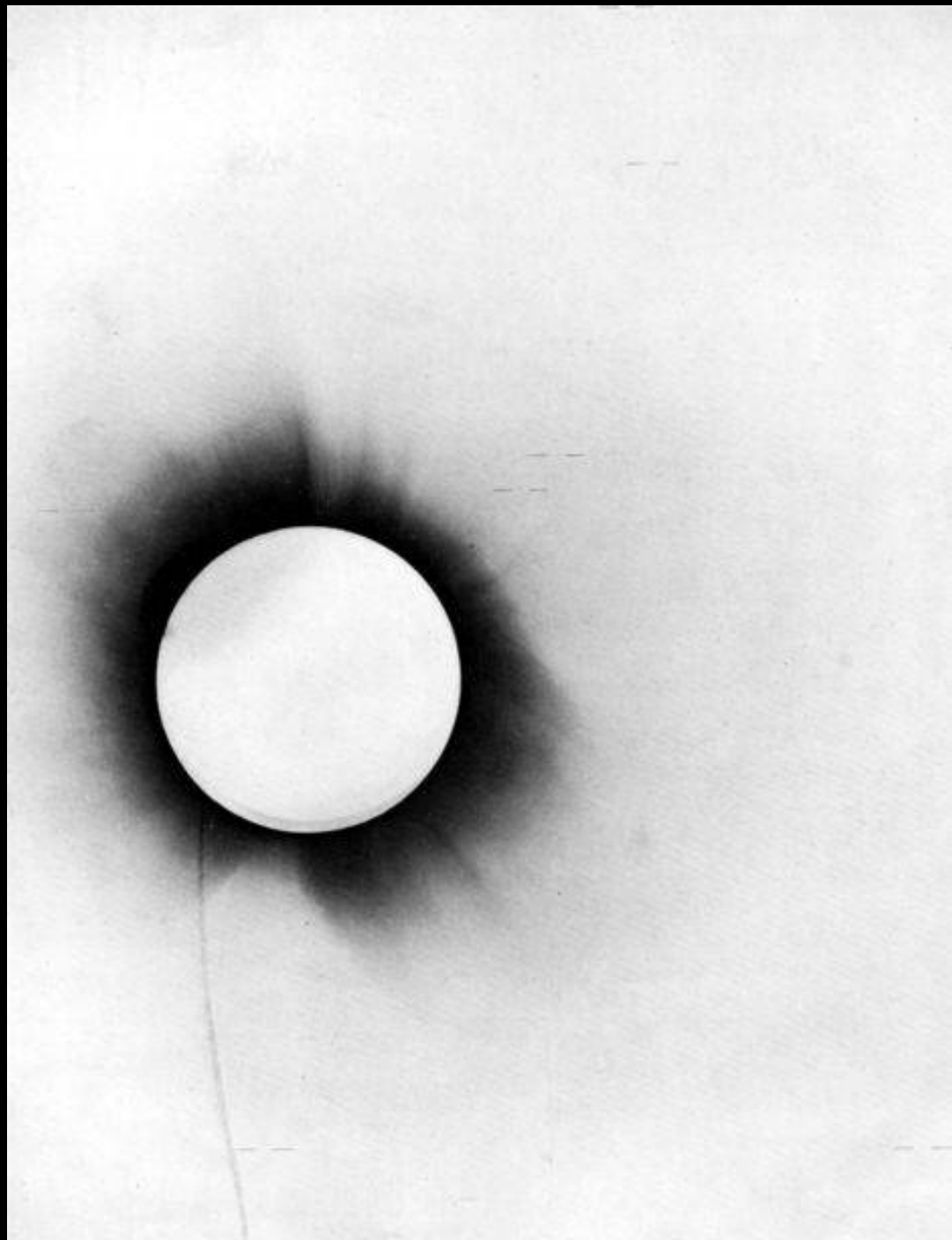
# Arthur Eddington

Zaćmienie 29 maja 1919 (Afryka,  
Ameryka Pd)

Dwie ekspedycje: do Brazylii i  
na wyspę Principe (Afryka)



- 1. Światło też “spada”!*
- 2. Kąt odchylenia zgodny z teorią Einsteina*



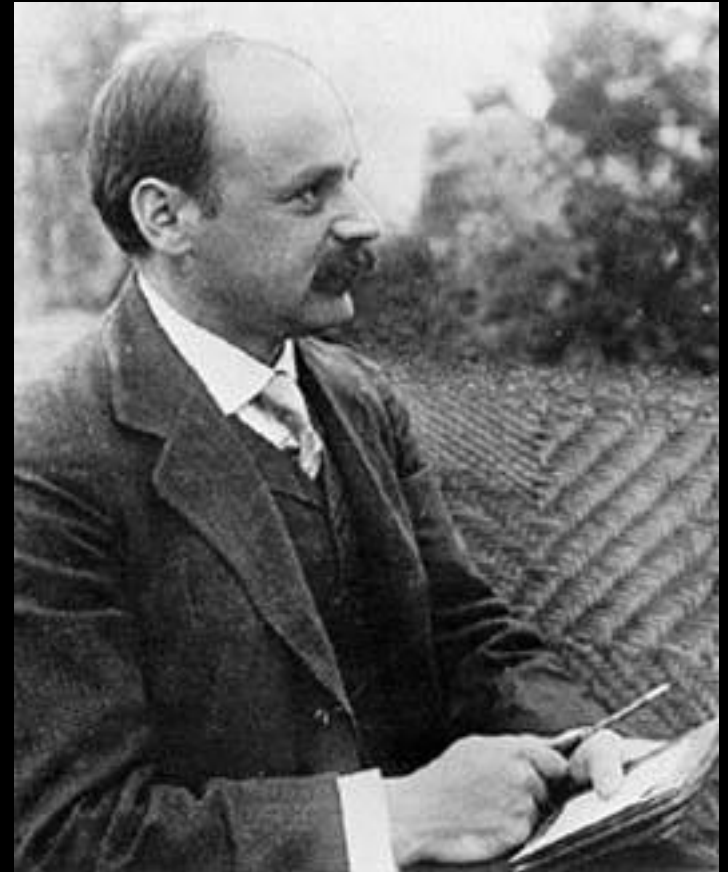
## Karl Schwarzschild 1915

**Czarna dziura:** obiekt tak ciężki i mały, że nie ucieka z niego światło (ani nic innego).

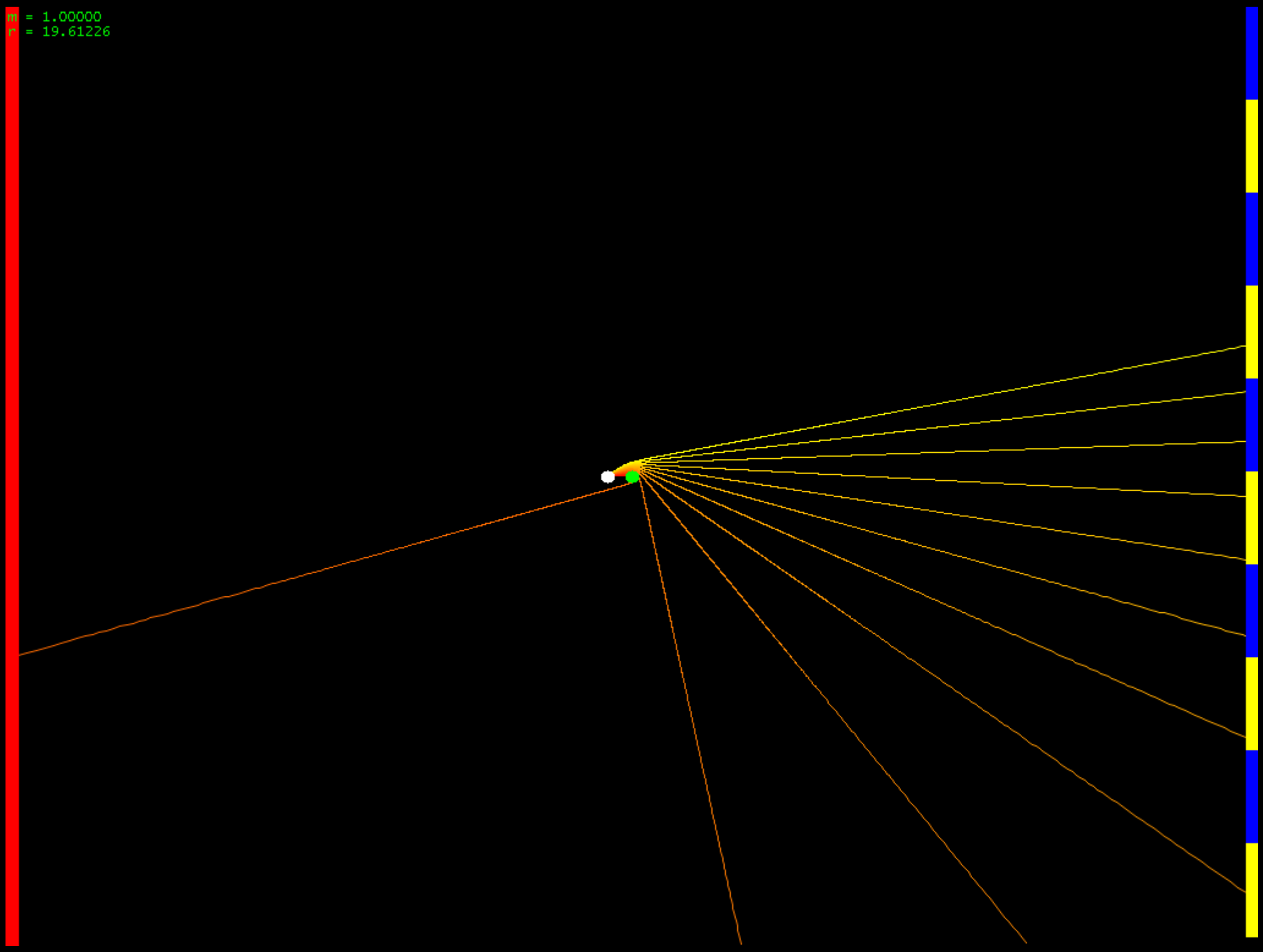
Otoczony horyzontem zdarzeń, czyli miejscem “zza której nie ma powrotu”.

Horyzont tym większy, im cięższe ciało.

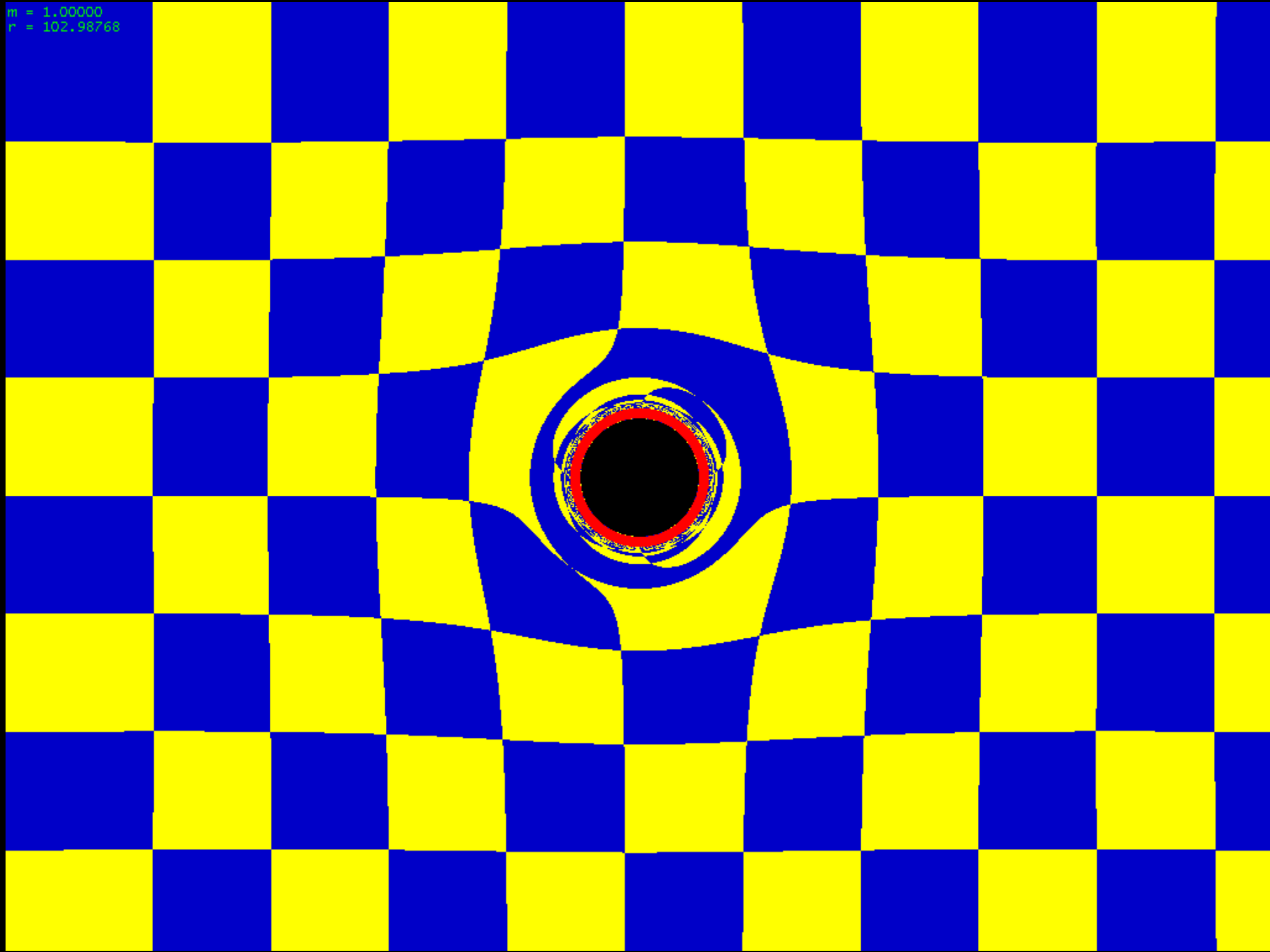
W pobliżu takiego ciała możliwe ogromne odchylenia promieni światła.

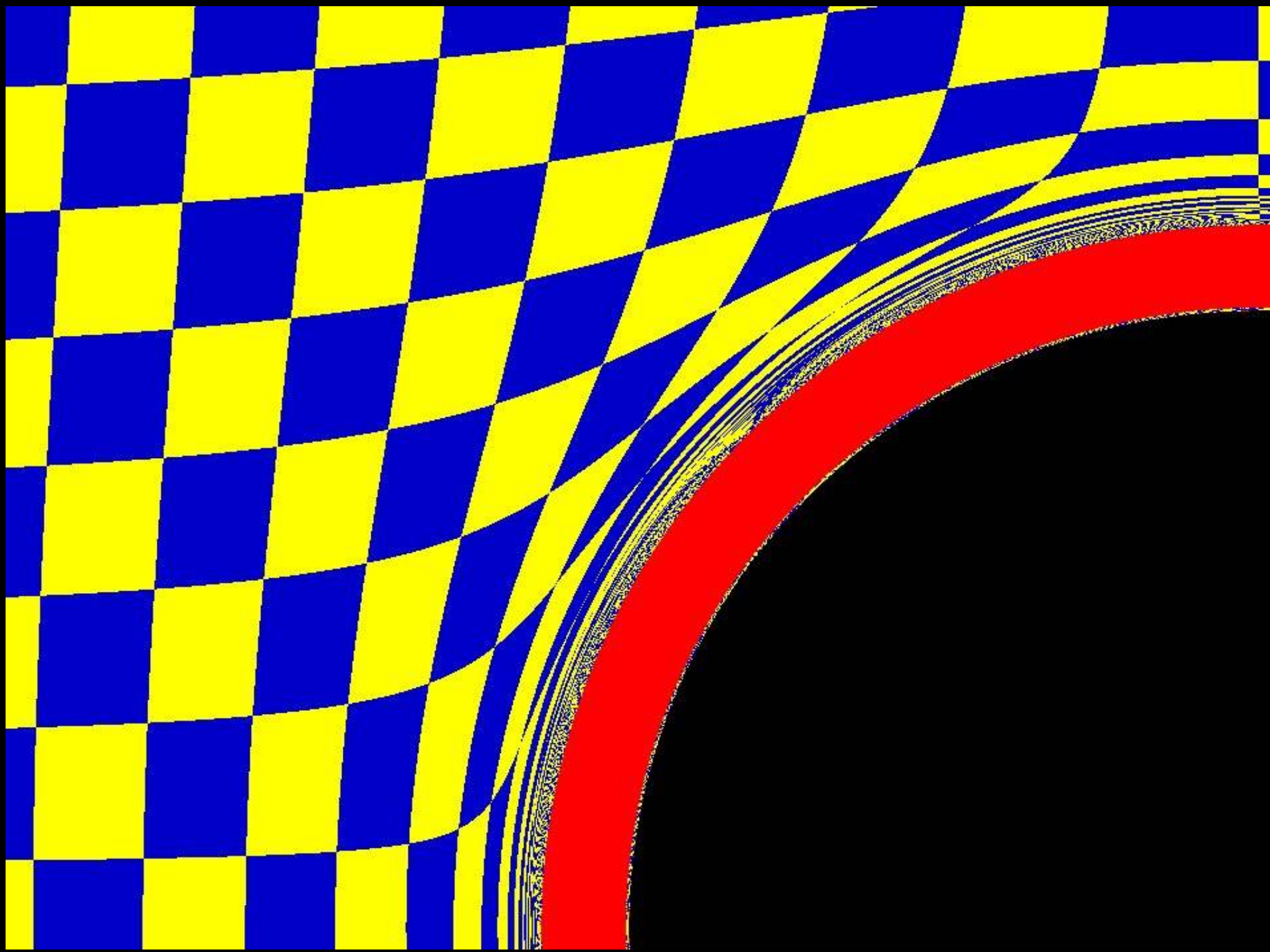


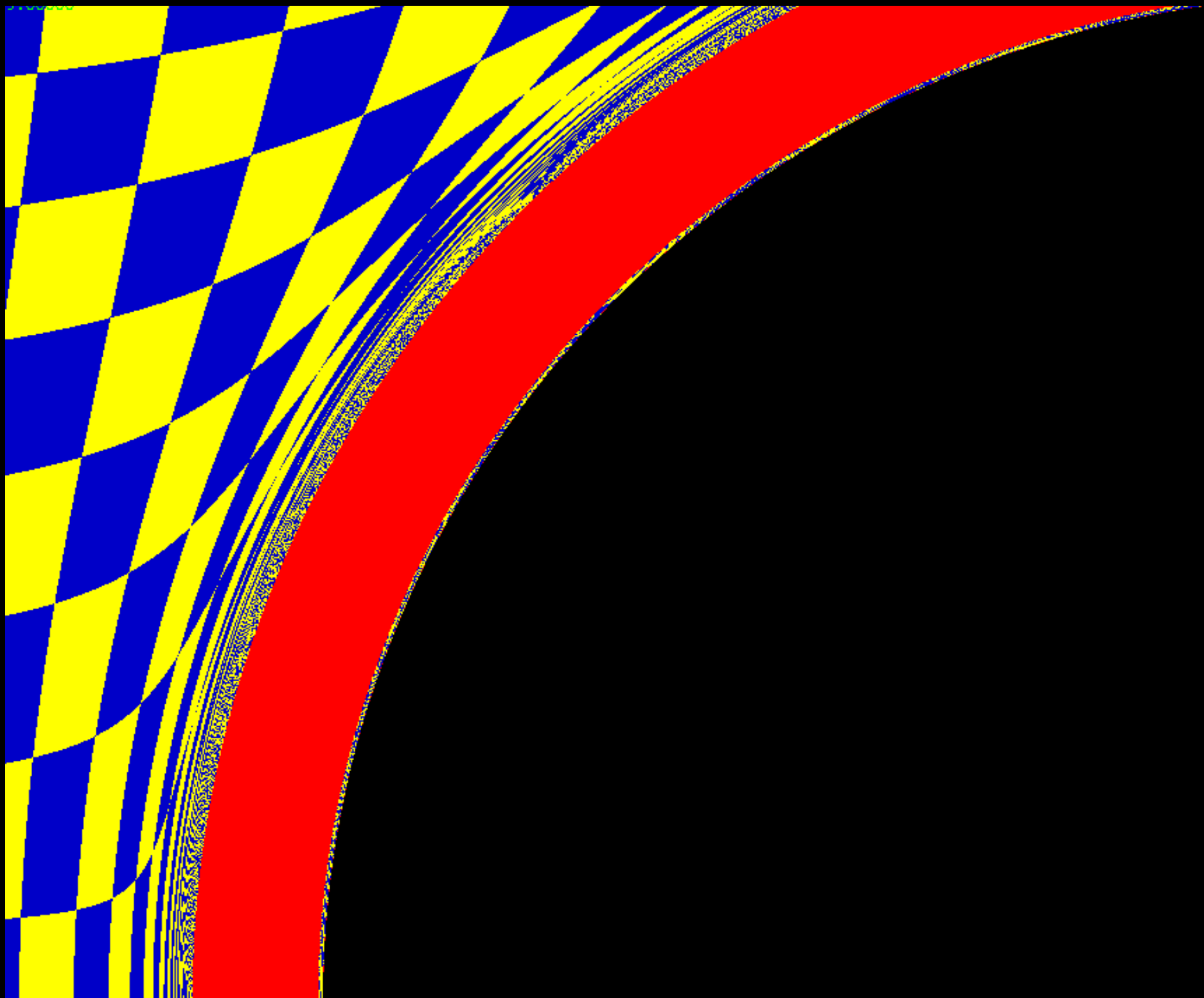
m = 1.00000  
r = 19.61226

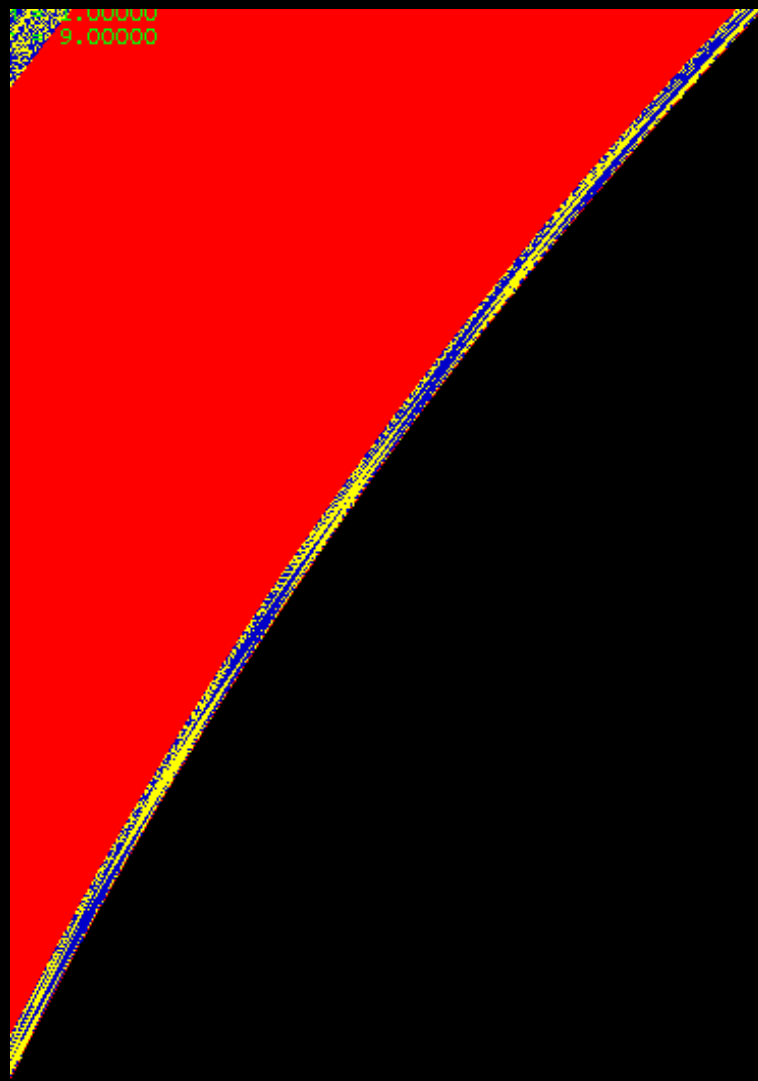


m = 1.00000  
r = 102.98768





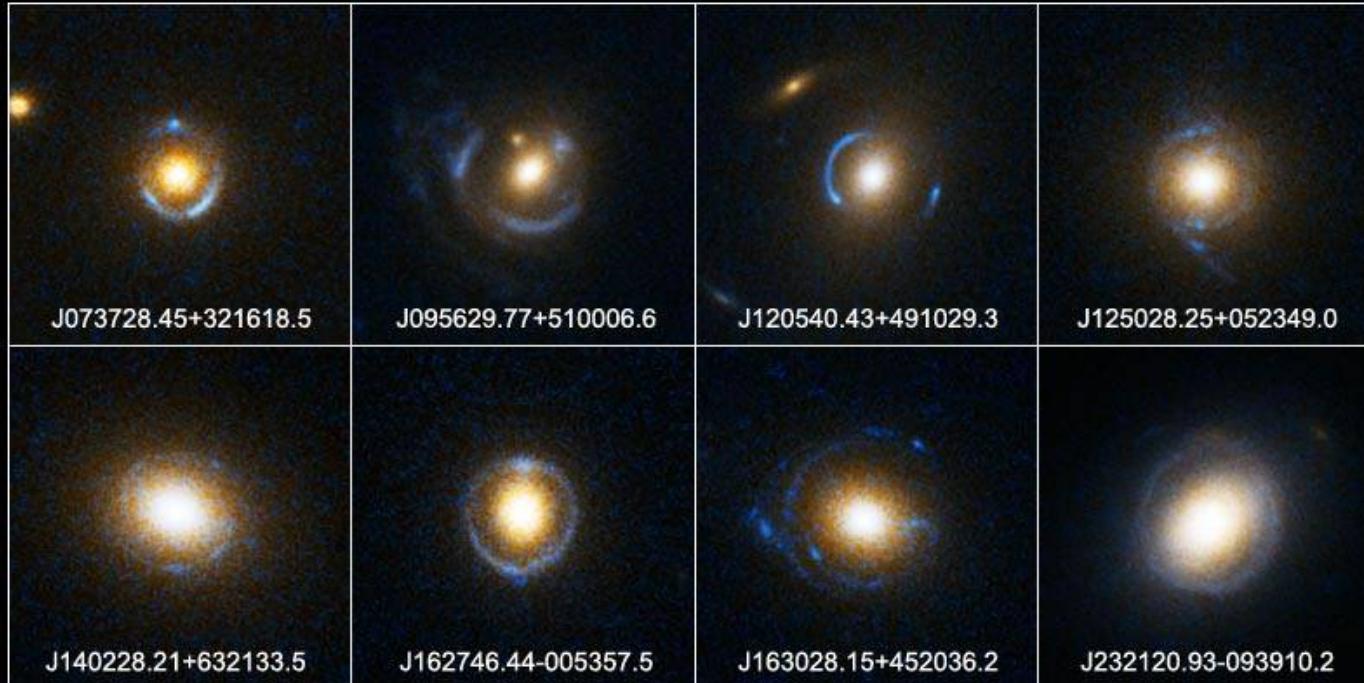




# Soczewkowanie grawitacyjne

## Einstein Ring Gravitational Lenses

Hubble Space Telescope • ACS



NASA, ESA, A. Bolton (Harvard-Smithsonian CfA), and the SLACS Team

STScI-PRC05-32



Gravitational Lens in Abell 2218

HST • WFPC2

## **Pożytki z soczewkowania:**

- 1. Możliwość “ważenia” dalekich obiektów astronomicznych**
- 2. Możliwość wykrywania małych, nieświecących obiektów**
- 3. “Kosmiczny teleskop”: powiększenie obrazów bardzo dalekich obiektów astronomicznych**