

კერ - დე სიტერის ტიპის შავი სფეროების სიმულაცია: კოსმოლოგიური მუდმივას შემოწმების ახალი მეთოდი

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ზუსტ და საბუნებისმეტყველო
მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ფუნდამენტური ფიზიკის მიმართულება

მომხსენებელი: ლუკა ბურდილაძე

Image of Kerr-de Sitter black holes: An additional avenue for testing the cosmological constant

Ke Wang,¹ Chao-Jun Feng,^{1,*} and Towe Wang^{2,†}

¹*Division of Mathematical and Theoretical Physics,*

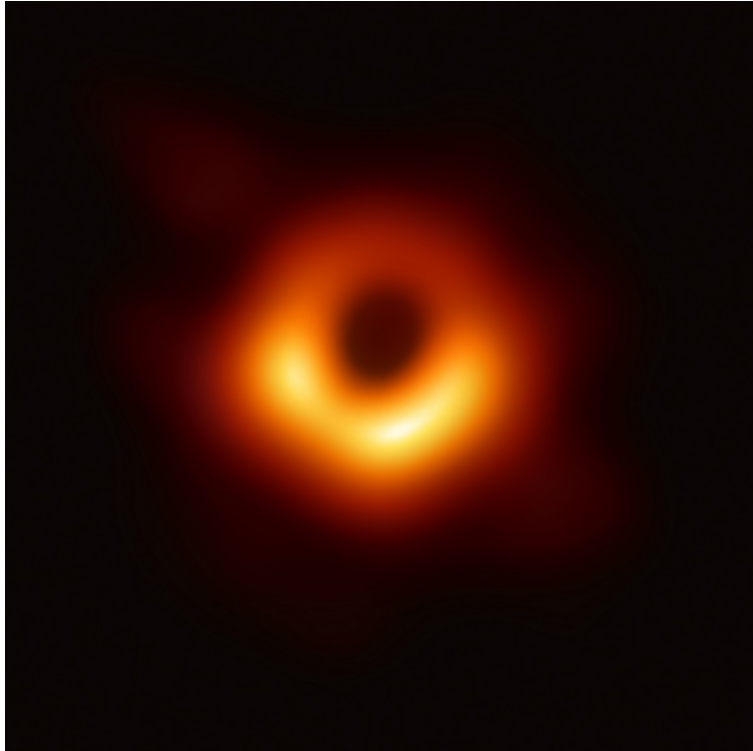
Shanghai Normal University, 100 Guilin Road, Shanghai 200234, P.R.China

²*Department of Physics, East China Normal University, Shanghai 200241, China*

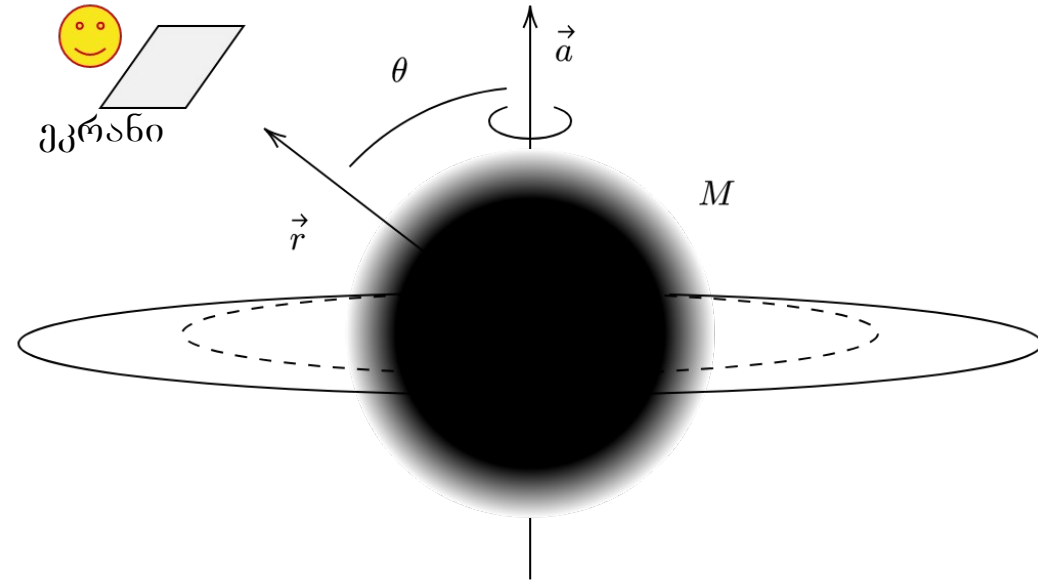
[1] Wang, Ke, Chao-Jun Feng, and Towe Wang. "Image of Kerr-de Sitter black holes: An additional avenue for testing the cosmological constant." arXiv preprint arXiv:2309.16944 (2023).

მოსხენების შინაარსი

- სტატიის მიმოხილვა
- კერ – დე სიტერის მეტრიკა
- თხელი აკრეციული დისკის მოდელი
- სიმულაციის შედეგები
- დასკვნები
- გამოყენებული ლიტერატურა



M87* შავი ხვრელი



- Λ CMD მოდელი
- Kerr-de Sitter ტიპის შავი ხვრელი
- M მასის, a სპინით
- გარშემო აკრეციული დისკი

კერ – ღე სიტერის მეტრიკა

- Boyer-Lindquist კოორდინატები მარტივ შემთხვევაში ($M \rightarrow 0$) დეკარტეს კოორდინატთა სისტემას უკავშირდება შემდეგნაირად [2]:

$$\begin{cases} x = \sqrt{r^2 + a^2} \cos \theta \sin \phi \\ y = \sqrt{r^2 + a^2} \sin \theta \sin \phi \\ z = r \cos \theta \end{cases}$$

[2] Matt Visser,
arXiv:0706.0622v
3, eqs. 60-62

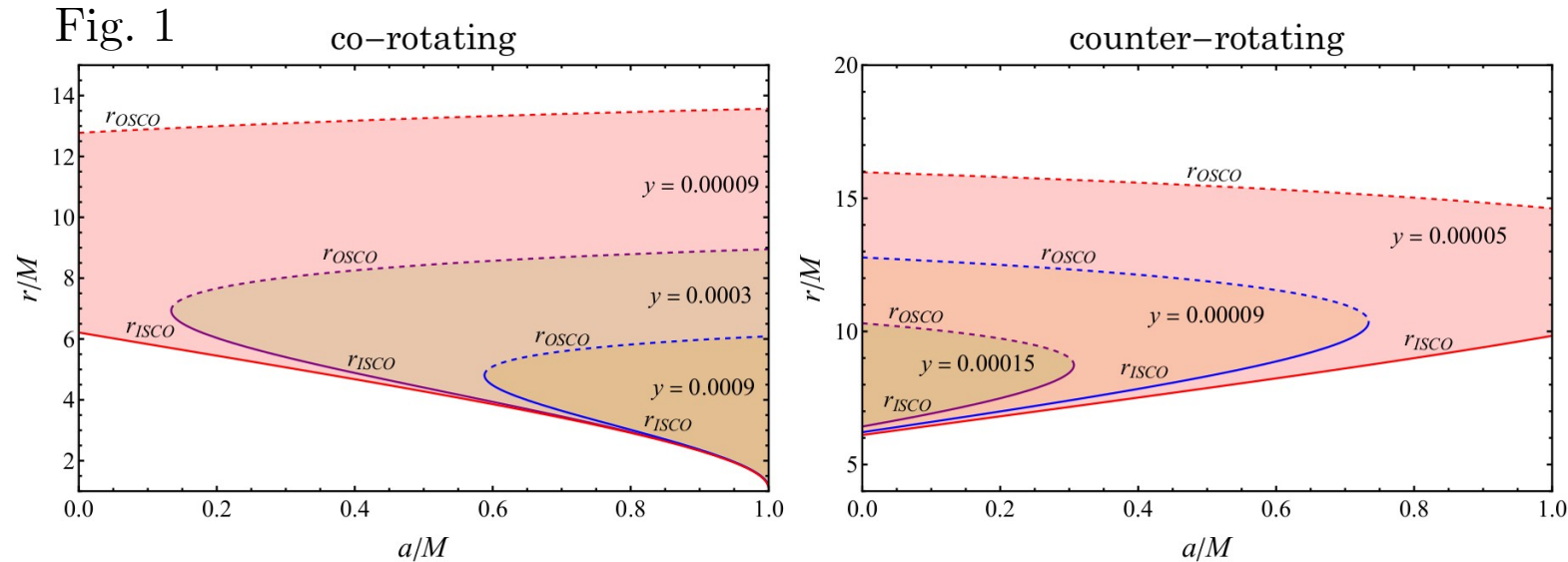
- Boyer-Lindquist კოორდინატებში მეტრიკა ($\Lambda > 0$ კოსმოლოგიური მუდმივა):

$$ds^2 = \frac{a^2 \sin^2 \theta \Delta_\theta - \Delta_r}{\Xi^2 \Sigma} dt^2 - 2 \frac{a \sin^2 \theta (\Delta_\theta (a^2 + r^2) - \Delta_r)}{\Xi^2 \Sigma} dt d\phi$$
$$+ \frac{\Sigma}{\Delta_r} dr^2 + \frac{\Sigma}{\Delta_\theta} d\theta^2 + \frac{\sin^2 \theta (\Delta_\theta (a^2 + r^2)^2 - a^2 \Delta_r \sin^2 \theta)}{\Xi^2 \Sigma} d\phi^2$$
$$y = \frac{1}{3} \Lambda M^2 \quad - \quad \text{უგანზომილებო კოსმოლოგიური მუდმივა}$$
$$\begin{aligned} \Sigma &= r^2 + a^2 \cos^2 \theta, \\ \Delta_r &= (r^2 + a^2) \left(1 - \frac{\Lambda}{3} r^2\right) - 2Mr, \\ \Delta_\theta &= 1 + \frac{\Lambda}{3} a^2 \cos^2 \theta, \\ \Xi &= 1 + \frac{\Lambda}{3} a^2. \end{aligned}$$

თხელი დისკის მოდელი

- M87* შავი ხვრელის აღსაწერად შემუშავებული იქნა ფენომენოლოგიური მოდელი [3], რომლის მიხედვითაც ითვლება, რომ ეკვატორის სიბრტყეში აკრეციული დისკი არის სტაციონარული, ცილინდრულად სიმეტრიული და გეომეტრიულად ბრტყელი. დისკში თითოეული ნაწილაკი მოძრაობს დროისმაგვარ გეოდეზიურ წირზე.

[3] S. E. Gralla, A. Lupsasca, and D. P. Marrone, The shape of the black hole photon ring: A precise test of strong-field general relativity.

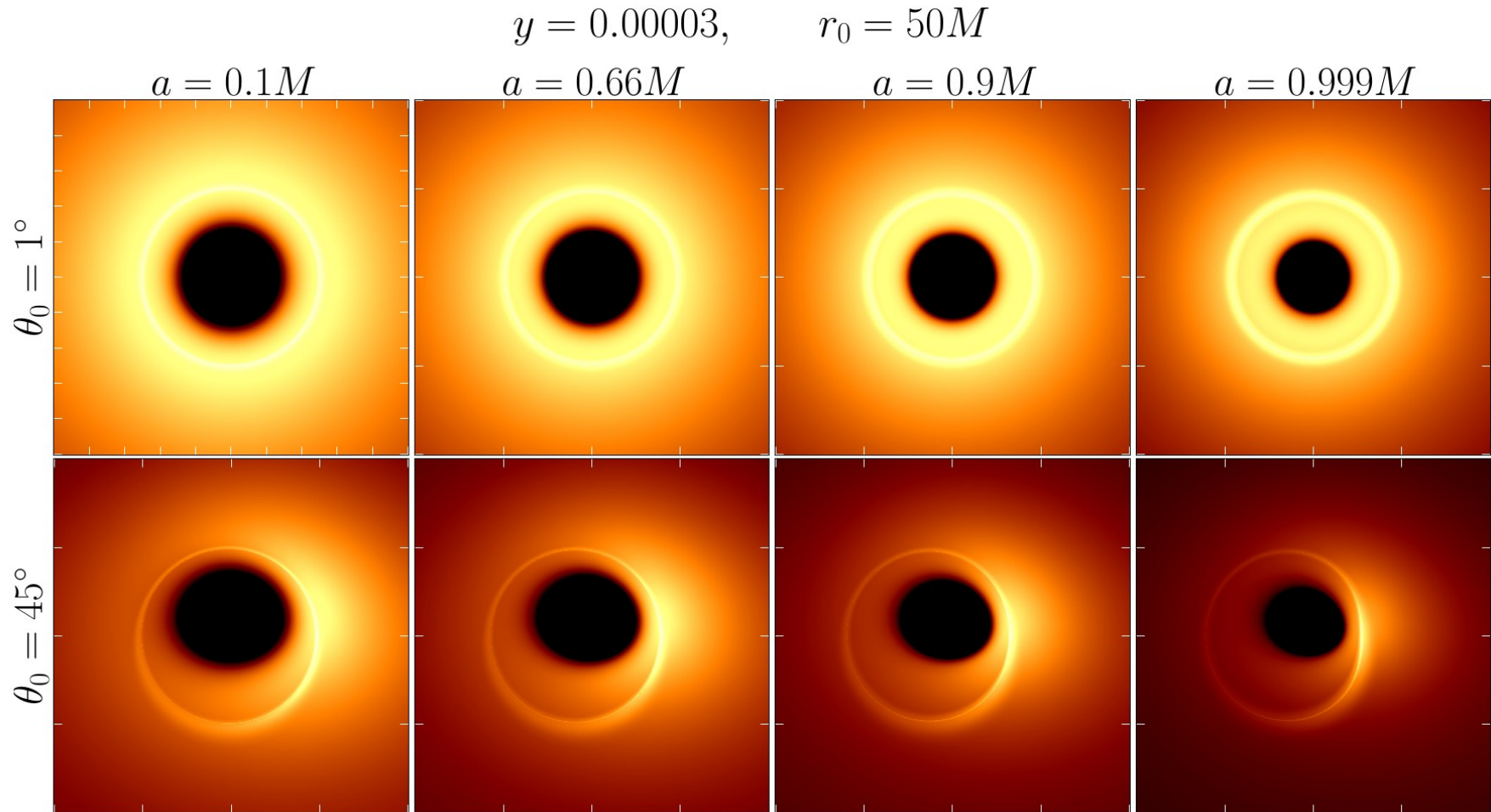


r_{ISCO} – შიდა
სტაბილური
წრიული ორბიტის
რადიუსი

r_{osco} - გარე
სტაბილური
წრიული ორბიტის
რადიუსი

სიმულაციის შედეგები: (prograde thin equatorial accretion disk)

Fig. 2



სიმულაციის შედეგები: (prograde thin equatorial accretion disk)

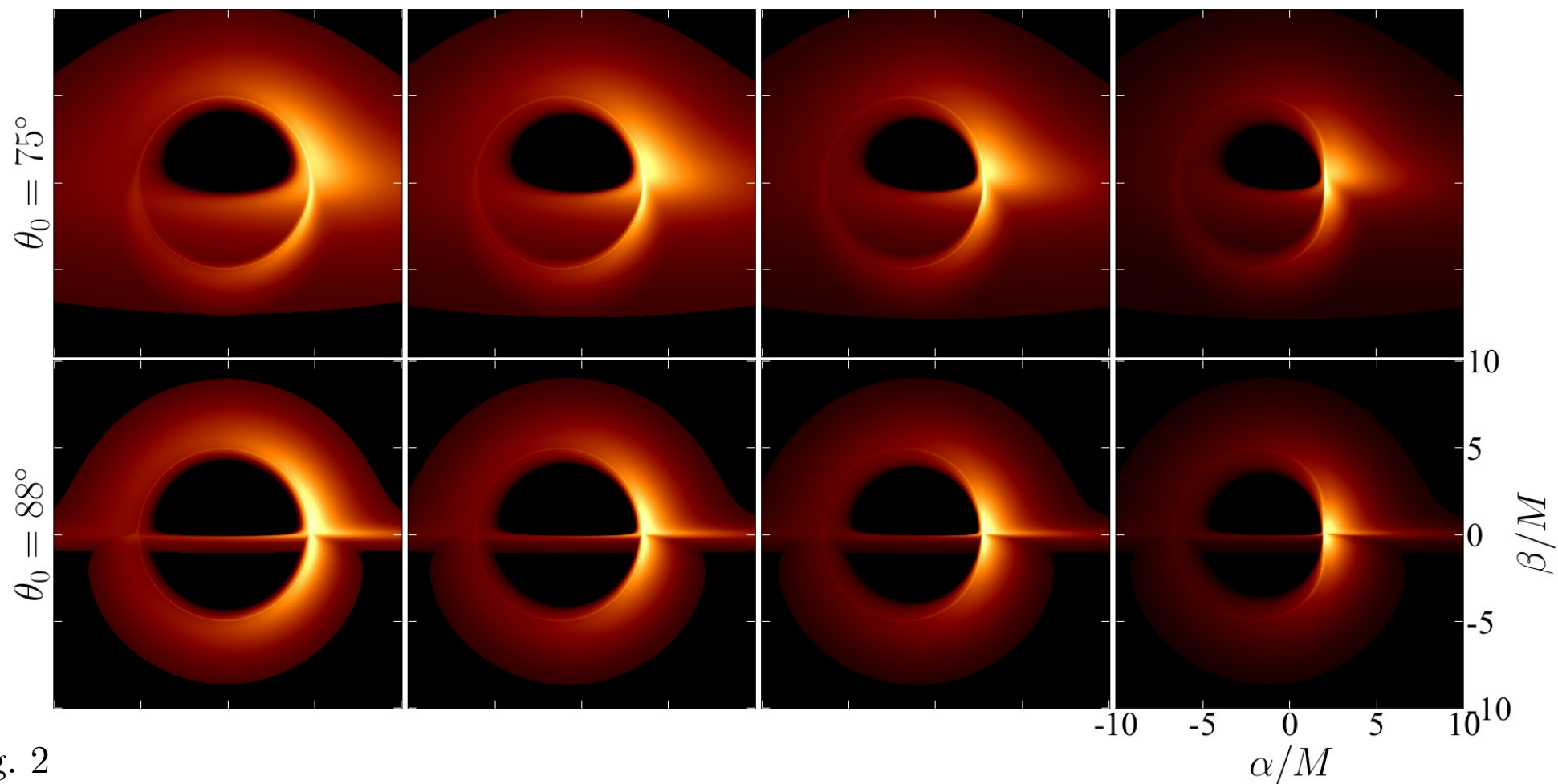
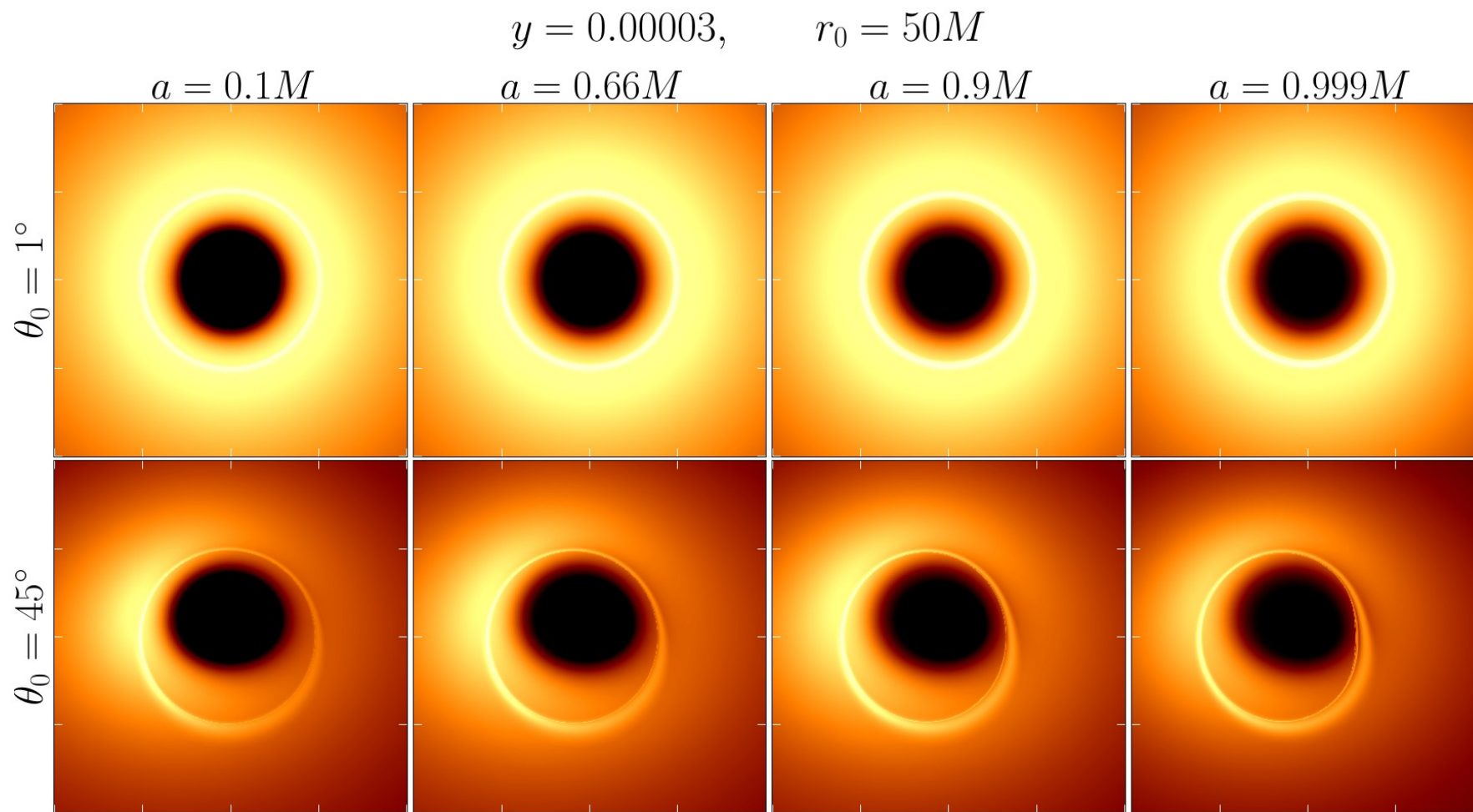


Fig. 2

სიმულაციის შედეგები: (retrograde thin equatorial accretion disk)

Fig. 3



სიმულაციის შედეგები: (retrograde thin equatorial accretion disk)

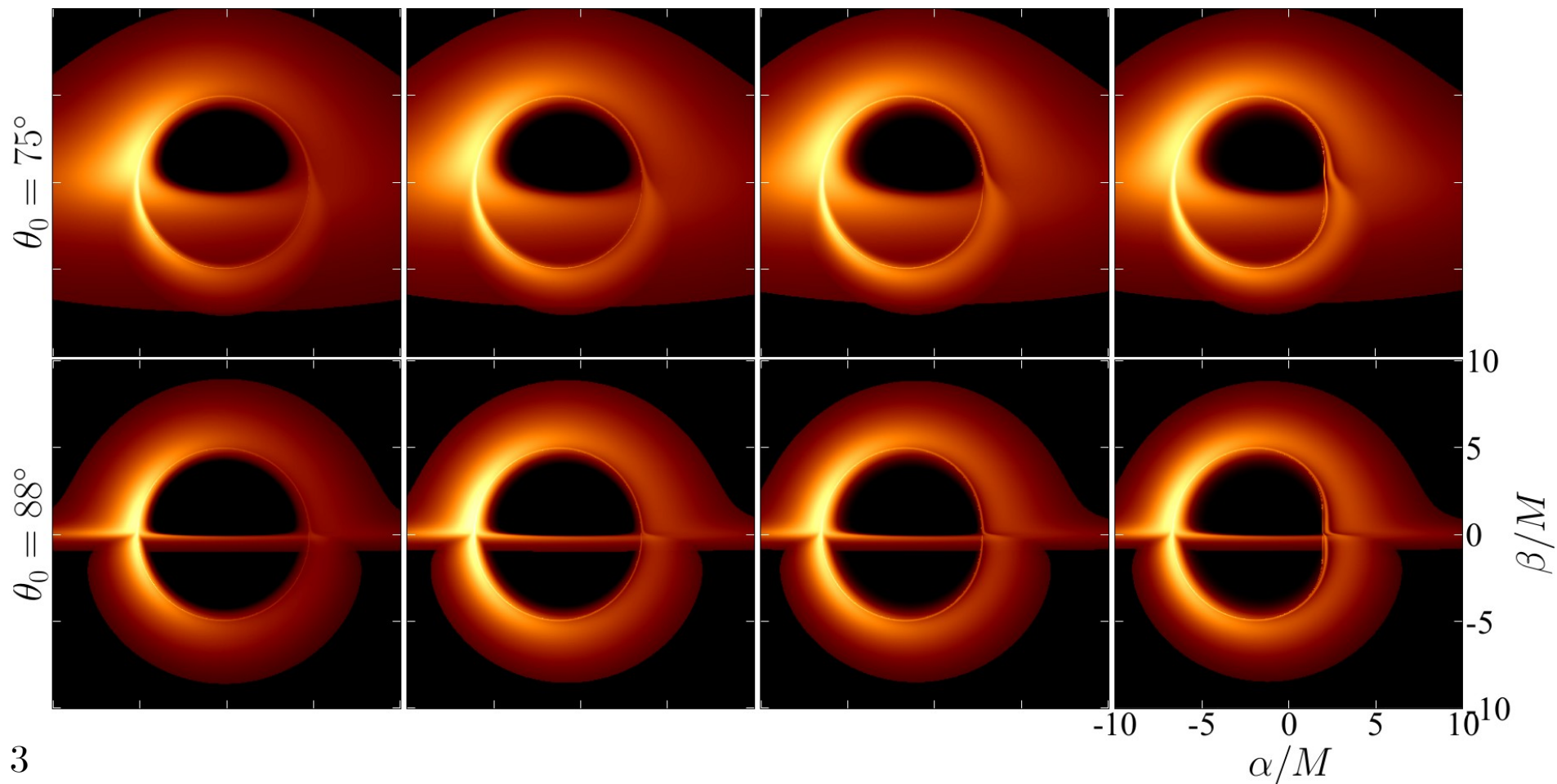


Fig. 3

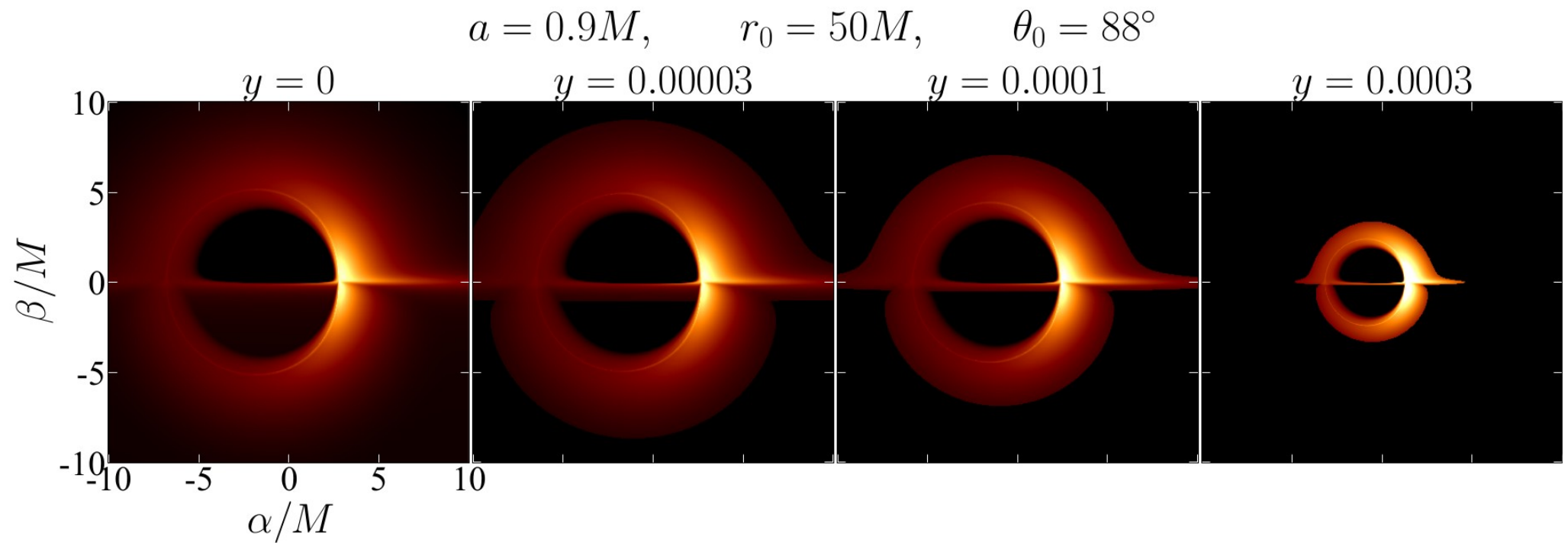


FIG. 5. Images of Kerr-de sitter black hole with different cosmological constants. From left to right, the dimensionless cosmological constants is set as $y = (0, 0.00003, 0.0001, 0.0003)$. Each black hole in the figure has the same spin $a = 0.9$ and the observer's positions are fixed at $(r_0 = 50M, \theta_0 = 88^\circ)$.

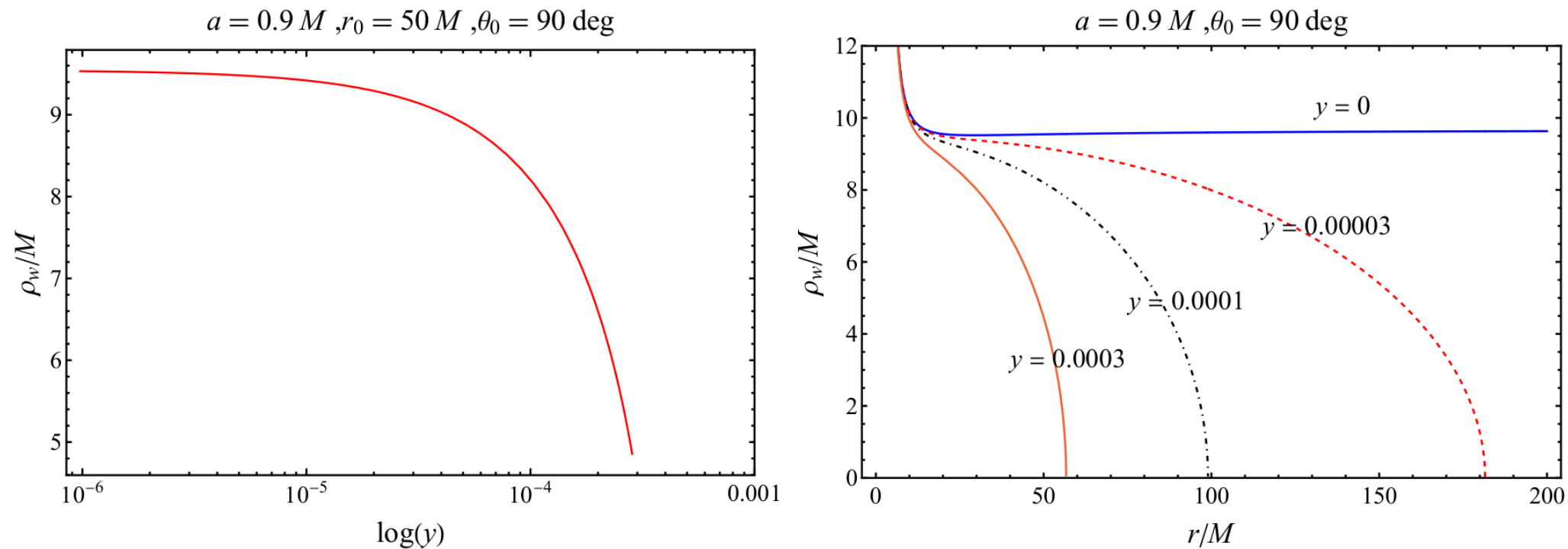


FIG. 7. The apparent size of the shadow varies with respect to y (the dimensionless cosmological constant) or r (the observation distance).

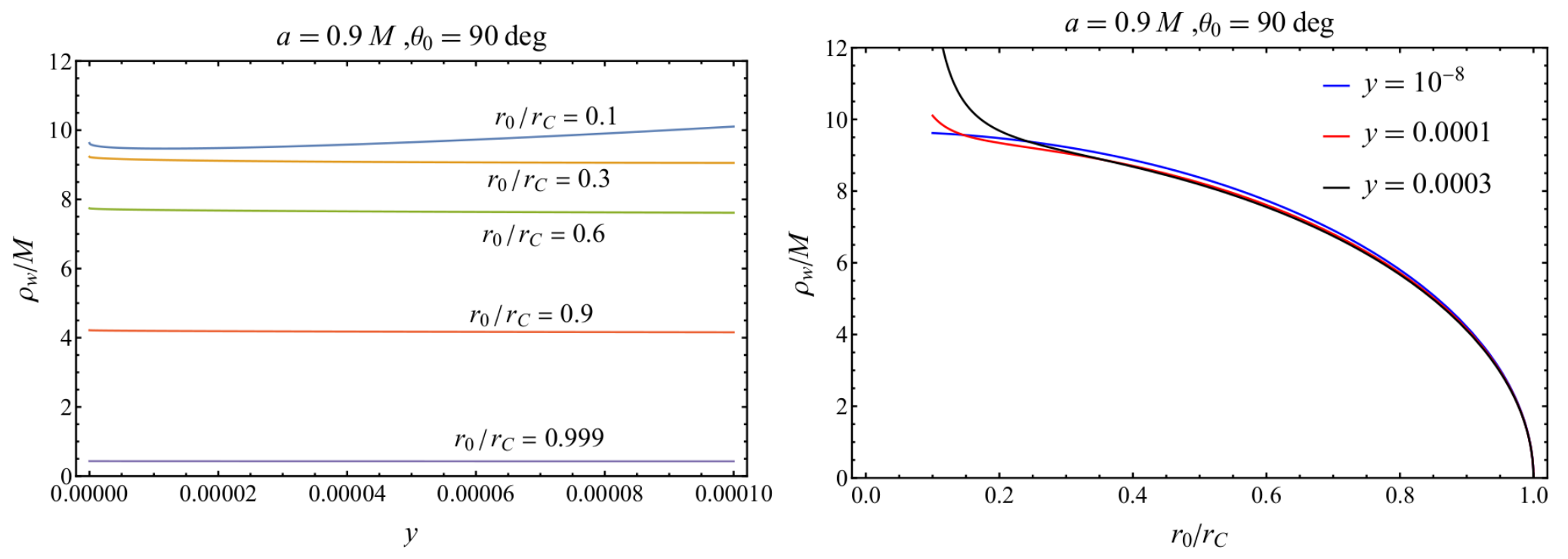


FIG. 8. The apparent size of the shadow varies with respect to y (the dimensionless cosmological constant) or r/r_C (the relative observation distance)

- კერის შავ ხვრელთან შედარებით, კოსმოლოგიური კონსტანტის შემოღება საბოლოო ჯამში ამცირებს შავი ხვრელის სურათს.
- დანახული შავი ხვრელის ზომა მცირდება კოსმოლოგიური მუდმივას ზრდასთან ერთად.
- დანახული შავი ხვრელის ზომას განსაზღვრავს დამკვირვებლის ფარდობითი მდებარეობა კოსმოლოგიურ ჰორიზონტთან შედარებით (r_0/r_c).
- კოსმოლოგიური კონსტანტის შემოღების კიდევ ერთი ეფექტია დანახული შავი ხვრელის სიკაშკაშის გაზრდა ზომის შემცირებასთან ერთად.
- შავი ხვრელის გარშემო არსებული ფოტონები შესაძლებელს ხდის შევისწავლოთ როგორ გავლენას ახდენს კოსმოლოგიური კონსტანტა შავი ხვრელის დაკვირვებებზე.

მადლობა ყურადღებისთვის