

1. A K_2 koordinátarendszer a K_1 -hez képest a fénysebesség 75%-ával mozog. A K_3 koordinátarendszer ugyanabban az irányban a K_2 -höz képest szintén a fénysebesség 75%-ával mozog. Milyen gyorsan mozog K_3 a K_1 -hez képest?

- A. A fénysebesség 150%-ával.
- B. A fénysebesség 80%-ával.
- C. A fénysebesség 96%-ával.

2. A megforgatott korong pereme mentén elhelyezett méterrudak Lorentz-kontrakciót szenvednek, emiatt a kerületet a koronggal együtt forgó megfigyelők hosszabbnak mérik, mintha inerciarendszerből mérnék. Miért nem szenved Lorentz-kontrakciót a korong pereme is?

- A. A korong pereme is Lorentz-kontrakciót szenved, emiatt a kerület mért hossza nem is változik.
- B. A korong pereme azért nem szenved Lorentz-kontrakciót, mert hat rá a centrifugális erő.
- C. A korong pereme is Lorentz-kontrakciót szenved, de ezzel egyidejűleg rugalmasan megnyúlik, mivel inerciarendszerből nézve a kerület és a sugár aránya a forgás miatt nem változhat.

3. Miért precesszál egy forgó koordinátarendszerben elhelyezett gömbszimmetrikus pörgettyű?

- A. Mert idő irányú párhuzamos eltoláskor a metrika vegyes (térszerű-időszerű) komponensei miatt a tengely iránya megváltozik.
- B. Az árapálykeltő erők miatt.
- C. A Coriolis-erő miatt.

4. A Christoffel-szimbólum

- A. háromindexes tenzor.
- B. a téridő görbületének a mértéke.
- C. a párhuzamos eltolást jellemzi, nem tenzor.

5. A Riemann-tenzor

- A. háromindexes tenzor.
- B. a téridő görbületének a mértéke.
- C. a párhuzamos eltolást jellemzi, nem tenzor.

6. A Bianchi-azonosság

A.

$$\mathcal{R}_{iklm} + \mathcal{R}_{imkl} + \mathcal{R}_{ilmk} = 0$$

B.

$$\mathcal{R}_{iklm} = -\mathcal{R}_{kilm} = -\mathcal{R}_{ikml}$$

C.

$$\mathcal{R}^n_{ikl;m} + \mathcal{R}^n_{imk;l} + \mathcal{R}^n_{ilm;k} = 0$$

7. A Riemann-tenzornak általános esetben

- A. 10 független komponense van
- B. 20 független komponense van.
- C. 21 független komponense van.

8. A gravitációs tér Lagrange-sűrűsége

$$-\frac{c^3}{16\pi k} \mathcal{R} \sqrt{-g}$$

ahol $\mathcal{R}$ a Ricci-skalár. Ez a metrika második deriváltjait tartalmazza.

- A. Emiatt az Einstein-egyenletek a metrika harmadik deriváltjait tartalmazzák.
- B. A fenti kifejezésből le kell vonni a második deriváltakat, és az lesz a Lagrange-sűrűség.
- C. A második deriváltak lineárisan szerepelnek $\mathcal{R}$ -ben, a hatásintegrálhoz csak felületi tagokkal járulnak hozzá, az Einstein-egyenletek a metrika legfeljebb második deriváltjait tartalmazzák.

9. Az anyag energia-impulzus tenzora

$$T_{ik} = \frac{2}{\sqrt{-g}} \left\{ \frac{\partial (\sqrt{-g} \Lambda)}{\partial g^{ik}} - \frac{\partial}{\partial x^l} \left(\frac{\partial (\sqrt{-g} \Lambda)}{\partial \left(\frac{\partial g^{ik}}{\partial x^l} \right)} \right) \right\}$$

- A. Ez a kifejezés abból a tényből vezethető le, hogy az anyag hatásintegrálja tetszőleges infinitezimális koordinátatranszformációra invariáns.
- B. Ez a kifejezés általában nem szimmetrikus.
- C. Ez a kifejezés abból vezethető le, hogy az anyag Lagrange-sűrűsége nem függ expliciten a koordinátáktól.

10. Az Einstein-egyenletek tulajdonsága, hogy

- A. a metrikus tenzor minden komponensének második időderiváltját tartalmazzák.
- B. a Bianchi-azonosság miatt következik belőlük, hogy az energia-impulzus-tenzor kovariáns négyesdivergenciája eltűnik.
- C. a Ricci-tenzor arányos az energia-impulzus-tenzorral.

11. Az energia-impulzus tenzor

$$T^k_{i;k} = 0$$

egyenletéből nem következik megmaradási tétel, mivel

- A. az általános relativitáselméletben nem érvényes az energia megmaradása.
- B. az anyag és a gravitációs tér együttes energiája és impulzusa marad meg.
- C. az energia-impulzus tenzor nem szimmetrikus.

12. Az ívelemnégyzet

$$ds^2 = \left(1 - \frac{r_g}{r}\right) c^2 dt^2 - r^2 (d\Theta^2 + \sin^2 \Theta d\varphi^2) - \frac{dr^2}{1 - \frac{r_g}{r}}$$

kifejezésével meghatározott Schwarzschild-metrika

- A. egy gömbszimmetrikus tömegeloszláson kívül, vákuumban adja meg a téridő metrikáját.
- B. az r_g Schwarzschild-sugáron kívül adja meg a téridő metrikáját.
- C. az r_g Schwarzschild-sugáron belül adja meg a téridő metrikáját.

13. A Schwarzschild fekete lyukba hulló test

- A. a távoli megfigyelő szerint véges idő alatt áthalad az $r=r_g$ Schwarzschild-sugáron.
- B. az együttmozgó megfigyelő szerint sohasem éri el az $r=r_g$ Schwarzschild-sugarat.
- C. az együttmozgó megfigyelő szerint véges idő alatt áthalad az $r=r_g$ Schwarzschild-sugáron.

14. A sztatikus, gömbszimmetrikus gravitációs térben mozgó test mozgásegyenletei

A. a klasszikus Kepler-probléma egyenleteivel azonosak.

B. a klasszikus Kepler-problémától annyiban különböznek, hogy egy $1/r^3$ -bel arányos tag jelenik meg az effektív potenciál kifejezésében.

C. teljesen mások, mint a klasszikus Kepler-probléma esetén, nem lehet a kettőt összehasonlítani.

15. A sztatikus gömbszimmetrikus gravitációs térben a fény irányváltoztatása (fényelhajlás)

A. kétszer akkora, mint amit a speciális relativitáselmélet és a newtoni gravitáció alapján kapnánk.

B. éppen akkora, mint amit a speciális relativitáselmélet és a newtoni gravitáció alapján kapnánk.

C. feleakkora, mint amit a speciális relativitáselmélet és a newtoni gravitáció alapján kapnánk.

16. Gyenge gravitációs terekre érvényes, hogy

A. a kisugárzott gravitációs hullámok abszolút luminozitása a kvadrupólmomentum-tenzor harmadik időderiváltjának négyzetével arányos.

B. szimmetrikus forgó testek polarizált gravitációs hullámokat sugároznak ki.

C. a kisugárzott gravitációs hullámok longitudinális hullámok.

17. Az általános relativitáselmélet egyik bizonyítéka a Merkúr perihélium-vándorlása, mert

A. a klasszikus érték kétszeresét jósolja.

B. a többi bolygó zavaró hatását veszi figyelembe.

C. az effektív potenciálban megjelenő $1/r^3$ tag miatt a pálya nem zárt.

18. A Gravity Probe B kísérletnél a gömbszimmetrikus pörgettyűket egy poláris pályán keringő műholdra telepítették, mert

A. így nem zavarja a mérést a sarki fény.

B. a keringés miatti geodetikus precesszió és a Föld forgása miatti precesszió tengelyei ilyenkor egymásra merőlegesek és a két effektus elkülöníthető.

C. így kiküszöbölik a légellenállást.

19. A Hulse-Taylor pulzár jeleinek vizsgálatából kiderült, hogy az egy kettős rendszer része, melynek meghatározták a pontos pályaelemeit. A gravitációs hullámok létezésére abból következtettek, hogy

A. fellépett a periasztron-vándorlás, és mértéke összhangban volt az elméleti számításokkal.

B. fellépett a fényelhajlás, és mértéke összhangban volt az elméleti számításokkal.

C. csökkent a keringés periódusideje, és ennek mértéke a gravitációs hullámok által elszállított energiával volt magyarázható.

20. A gravitációs hullámok földi megfigyelése a LIGO detektorokkal történt. Ezek hatalmas interferométerek, kettőt építettek belőlük, egymástól 3000 km távolságban. Miért kellett kettő? Honnan tudják, hogy gravitációs hullámot észleltek?

A. A két detektor némi időeltolódással azonos jelet kell, hogy érzékeljen. Így szűrik ki a más - földi eredetű - fluktuációkat. A lehetséges forrásokra sok ezer különféle paraméterrel előzetesen már elvégezték a numerikus szimulációt. A jelalakból ennek alapján lehet a forrás jellegére és paramétereire következtetni.

B. Két detektor jobb statisztikát ad. Ha az egyik nem érzékelte, lehet, hogy a másiknak még sikerült. A szisztematikus hibákat olyan alaposan kiszűrték a kísérletben, hogy csak gravitációs hullám adhat jelet.

C. A két detektor a folyamatos üzemmód miatt kell. Az egyik mindig javítás alatt van. A gravitációs hullám jellegzetes alakú, szakértő szem egyből felismeri.