

- ۱- از کتاب کرول (۲۰۰۴): تمرین ۴ فصل ۵ صفحه ۲۳۷
- ۲- توجه: در یک دستگاه مختصات، ناظر همراه، ناظری است که مؤلفه‌های فضایی آن با زمان تغییر نکند؛ به بیان دیگر: $\frac{dU^i}{dt} = 0$ ، $(i = 1, 2, 3)$.
 الف) ثابت کنید برای ناظر همراه در متریک شوارتسشیلد، چهار-بردار سرعت عبارتست از: $U^\mu = \left(\left(1 - \frac{2m}{r}\right)^{-\frac{1}{2}}, 0, 0, 0 \right)$ (ب) با استفاده از معادله ژئودزیک، حرکت ذره‌ای را که در ابتدا در فضای متقارن کروی اطراف جرم نقطه‌ای M ساکن است دقیقاً توصیف کنید. (ج) با توجه به قسمت ب، آیا ناظر همراه شوارتسشیلد، ناظری لخت است؟ (د) مجدداً با استفاده از معادله ژئودزیک ولی این بار به صورت توصیفی، حرکت ذره در قسمت ب را هنگامی که در ابتدا صرفاً سرعت زاویه‌ای دارد بررسی نمایید و احتمالات مختلف را شناسایی کنید. (ه) قسمت ج را این بار برای یک ذره در حالت کلی (که مؤلفه شعاعی هم دارد) بررسی کنید.
- ۳- متریک فریدمان-لومیتز-رابرتسون-واکر (Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker) را که به اختصار FLRW نامیده می‌شود، و به فرم $ds^2 = -dt^2 + a^2(t)(dr^2 + r^2 d\Omega^2)$ است، در نظر بگیرید. قسمت فضایی این متریک، مانند متریک شوارتسشیلد، همسان‌گرد است ولی علاوه بر آن همگن نیز هست. الف) چهار-بردار سرعت ناظر همراه را در این متریک بدست آورید. (ب) نشان دهید که اگر ناظری در ابتدا در چنین متریکی (از نظر فضایی) ساکن باشد، آنگاه همواره ساکن می‌ماند. (ج) آیا ناظر همراه در این متریک، ناظری لخت است؟
- ۴- الف) میزان انحراف نور در کنار جرم M را با استفاده از متریک شوارتسشیلد محاسبه نمایید. (راه حلستان کامل، از ابتدا تا انتها باشد.) (ب) میزان این انحراف را برای ستاره‌ای که نیم درجه قوسی با مرکز خورشید فاصله داشته باشد حساب نمایید.
- ۵- میزان انتقال حضيض مدار ماه در گردشش به دور کره زمین را در هر قرن محاسبه کنید. (اطلاعات دقیق مورد نیاز را خودتان پیدا کنید.)

موفق باشید. شجاعی