

بسمه تعالی

امتحان نهایی الکترومغناطیس ۲ مدت آزمون: ۳ ساعت ۹۹/۴/۲۸

توجه:

(۱) تمام صفحه های پاسخنامه خود را پس از عکس گرفتن، فقط در یک فایل Pdf، به آدرس ایمیل زیر تا ساعت ۱۲ و ربع ارسال کنید. یک ربع آخر برای ارسال پاسخنامه اختصاص دارد.

(۲) لازم است اسم فایل ارسالی، نام و نام خانوادگی خودتان باشد.

(۳) امتحان کتاب باز است و فقط استفاده از کتاب "گریفیتس" یا "ریتس و میلفورد و کریستی" به صورت هارد یا نرم مجاز است ولی هرگونه کتاب یا امکانات دیگر اینترنتی غیر مجاز است

آدرس ایمیل من: [bahmanabadi@sharif.edu](mailto:bahmanabadi@sharif.edu)

مسئله ی (۱) موج تختی در محیطی با ضریب شکست  $n_1$  منتشر می شود و در فصل مشترک این محیط با محیط با ضریب شکست  $n_2$  انعکاس کلی داخلی می کند. موج فرودی ترکیبی از قطبش S و قطبش p است.

(آ) اختلاف فاز دو مولفه قطبش موج منعکس شده را برحسب  $n_1$ ،  $n_2$ ، و زاویه فرود  $\theta_1$  به دست آورید.

(ب) اختلاف فاز ماکزیمم با چه زاویه ی  $\theta_1$  ای به وجود می آید؟

(ج) اختلاف فاز ماکزیمم را به دست آورید.

مسئله ی (۲) یک موج TE در یک موجبر مستطیلی با ابعاد  $a = 2.5\text{cm}$  و  $b = 1\text{cm}$  در فرکانس های پایین تر از  $f = 15.1\text{GHz}$  کار می کند.

(آ) مُدهای مختلف  $TE_{mn}$  که در این موج بر منتشر می شود را به دست آورید.

(ب) سرعت فاز و سرعت گروه مُدهایی که در این موجبر منتشر می شوند را در فرکانس  $f = 15.1\text{GHz}$  به دست آورید.

**مسئله ی ۳)** یک ستاره تپنده ( پالسار) به طور منظم پشت سر هم امواج رادیویی با فرکانس های

$$\omega_1 = 2.563 \times 10^9 s^{-1} \text{ و } \omega_2 = 3.833 \times 10^9 s^{-1} \text{ منتشر می کند. به دلیل محیط میان ستاره ای، که دارای}$$

هیدروژن یونیزه شده با  $N = 10^5 \frac{\text{الکترن}}{m^3}$  است، سیگنال با فرکانس  $\omega_1$  با تاخیر زمانی 0.367 ثانیه دیرتر از سیگنال با فرکانس  $\omega_2$  به گیرنده زمینی می رسد. فرض کنید ضریب شکست محیط میان ستاره ای برحسب فرکانس زاویه ای،  $\omega$ ، به

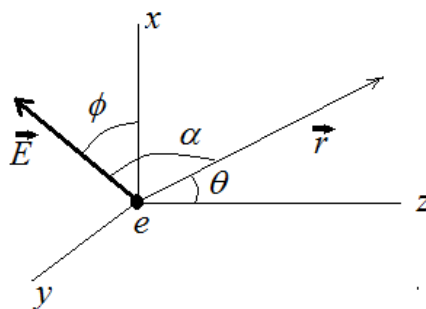
$$\text{صورت } n = (1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2})^{\frac{1}{2}} \text{ است، که در آن } \omega_p = (\frac{Ne^2}{m\epsilon_0})^{1/2} \text{ فرکانس پلاسما است.}$$

(آ) با استفاده از تعریف سرعت گروه  $v_g = \frac{d\omega}{dk}$ ، با  $k = n \frac{\omega}{c}$ ، سرعت گروه موج الکترومغناطیسی را در محیط میان ستاره ای برحسب  $\omega$  به دست آورید.

(ب) فاصله ی این ستاره ی تپنده،  $L$ ، تا زمین چند ساتیمتر است؟

**مسئله ی ۴)** یک موج الکترومغناطیسی تخت با قطبیدگی خطی  $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$  با شدت  $I_0$  به یک الکترون آزاد می خورد. الکترون شتاب گرفته و تابش می کند.

فرض کنید میدان الکتریکی موج فرودی در صفحه ی  $xy$  است و جهت آن با محور  $x$  زاویه ی  $\varphi$  است. می خواهیم شدت موج تابش شده از الکترون،  $I$ ، در نقطه ی  $\vec{r}$  را برحسب شدت موج فرودی،  $I_0$ ، به دست آوریم.  $\vec{r}$  در صفحه ی  $xz$  است و با محور  $z$  زاویه ی  $\theta$  می سازد.



(آ)  $\alpha$  زاویه بین  $\vec{r}$  و  $\vec{E}$  است. نشان دهید  $\cos \alpha = \sin \theta \cos \varphi$ .

$$(ب) \text{ نشان دهید } I = I_0 \frac{r_e^2}{r^2} (1 - \sin^2 \theta \cos^2 \varphi), \text{ که در آن } r_e = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mc^2}$$

(ج) نمودار شدت  $I$  برحسب  $\theta$  را در بازه ی  $\theta = 0$  تا  $\theta = \pi$  رسم کنید.