۱- دستگاهی شامل N $(N \gg 1)$ ذره یکسان برهم کنشی در یک جعبه یک بعدی به طول L با شرایط مرزی تناوبی می باشد. فرض کنید پتانسیل برهم کنش ذرات با یکدیگر به شکل پتانسیل دلتا، $V(x-x') = A\delta(x-x')$، است. انرژی حالت پایه دستگاه را در تقریب هارتری-فوک با فرض اینکه ذرات (الف) فرمیون و (ب) بوزون می باشند، بدست آورید. توضیح دهید پاسخ بدست آمده برای فرمیون ها چه ارتباطی با پاسخ دقیق مسئله خواهد داشت.

۲- مسئله شماره ۲ فصل ۲ کتاب Inkson را حل نمائید.

۳- با استفاده از روش کوانتش میدان معمول، معادله کلاین-گوردون (KG) را کوانتیزه کنید. با فرض $\hbar = c = 1$، معادله KG به شکل $\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \nabla^2 + m^2\right)\phi(\boldsymbol{r},t) = 0$ است که می توان آن را از چگالی لاگرانژی $L(\phi,\dot{\phi}) = \frac{1}{2}\dot{\phi}^2 - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\nabla}\phi)^2 - \frac{1}{2}m^2\phi^2$ بدست آورد. با دنبال کردن روش معمول کوانتش میدان، هامیلتونی کوانتیزه و طیف برانگیختگی های بنیادی متناظر معادله KG را بدست آورید. معین نمایید که این برانگیختگی های بنیادی از چه نوع آماری (فرمی-دیراک یا بوز-اینشتین) تبعیت می کنند؟

۴- برای دستگاه فرمیون های آزاد غیر برهم کنشی عملگر چگالی ذره، $\hat{\rho}(\boldsymbol{r},t)$، و عملگر چگالی جریان، $\hat{\boldsymbol{J}}(\boldsymbol{r},t)$، ذره را برحسب عملگرهای مد موج تخت بنویسید. نشان دهید که این عملگرها در معادله پیوستگی صدق می کنند.