سوال ۱ : (دو بخش این مسئله مستقل از هم قابل حل شدن هستند)

الف) آیا قانون آمپر با این قاعده کلی که دیورژانس کرل همیشه صفر است سازگار است؟ نشان دهید که قانون آمپر نمی تواند به طور کلی و در خارج از مغنوستاتیک معتبر باشد. آیا چنین مشکلی در سه معادله دیگر ماکسول وجود دارد؟

ب) فرض کنید تک قطبی‌های مغناطیسی وجود داشته باشند. معادلات ماکسول و قانون نیرو را چگونه اصلاح می‌کنید تا با آن‌ها تطابق داشته باشد؟ اگر فکر می‌کنید چند راه‌حل قابل قبول برای این مسئله وجود دارد، همه آن‌ها را بنویسید و حدس بزنید که از نظر تجربی چگونه می‌توان تصمیم گرفت که کدام یک از آن‌ها کاملا درست است.

سوال ۲ :

پوسته ی یکنواخت باردار کروی به شعاع R و چگالی بار سطحی σ را در نظر بگیرید. آن را با سرعت زاویه‌ای یکنواخت Ω بچرخانید.

الف: پتانسیل برداری را در تمام نقاط فضا محاسبه کنید.

ب : با داشتن پتانسیل برداری میدان مغناطیسی را در تمام فضا محاسبه کنید.

پ: در ناحیه‌ی درون کره و بیرون کره جریانی وجود ندارد. معادلات ماکسول در این نواحی را بنویسید و نشان دهید میدان مغناطیسی را می‌توان از یک پتانسیل اسکالری بدست آورد و معادله‌ی حاکم به این پتانسیل را بدست آورید

ث: با کمک نکاتی که از فصل ۳ یاد گرفته‌اید و با استفاده از شرایط مرزی مربوطه پتانسیل اسکالر و میدان مغناطیسی را در تمام فضا محاسبه کنید.

ج: این بار به طور مستقیم از معادله‌ی بیوساوار شروع کنید و میدان مغناطیسی را در تمام فضا محاسبه کنید. (دقت کنید که بدیهتا پاسخ های شما از هر ۳ راه باید یکسان باشد:)

چ: حال انرژی مغناطیسی این توزیع را حداقل از ۲ روش محاسبه کنید.

سوال ۳ :

الف) فرض کنید بیشمار دوقطبی کوچک مغناطیسی را روی خطی همراستا با ممان این دوقطبی‌ها قرار داده‌ایم به گونه‌ای که می‌توان فرض کرد این خط به طور پیوسته با چگالی طولی ثابتی دارای ممان دوقطبی می‌باشد. میدانی که چنین خطی ایجاد می‌کند را بیابید.

ب) حال فرض کنید چگالی سطحی دوقطبی ثابتی روی یک صفحه قرار داده‌ایم به طوری که m عمود بر صفحه می‌باشد. میدان ایجاد شده را بیابید.

ج) این‌بار کره‌ای را با چگالی حجمی دوقطبی یکنواخت مغناطیده می‌کنیم. میدان مغناطیسی و جریان معادلی که این کره ایجاد می‌کند را بیابید

سوال ۴ :

در حضور یک میدان مغناطیسی یکنواخت B که به بیرون از صفحه است، جریان I از طریق یک مکعب مستطیلی رسانا به سمت راست جریان دارد. (مطابق شکل)

الف) اگر بارهای متحرک مثبت باشند، توسط میدان مغناطیسی در کدام جهت منحرف می‌شوند؟ این انحراف منجر به تجمع بار در سطوح بالایی و پایینی مکعب مستطیل می‌شود، که نیروی الکتریکی تولید می‌کند که نیروی مغناطیسی مقابله می‌کند. تعادل زمانی اتفاق می افتد که این دو نیرو کاملا همدیگر را خنثی کنند(این پدیده به اثر هال معروف است.)

(ب) اختلاف پتانسیل حاصله (ولتاژ هال) را بین بالا و پایین مکعب، بر حسب B، v (سرعت بارها) و ابعاد مکعب مستطیل پیدا کنید.

(ج) اگر بارهای متحرک منفی بودند، تحلیل شما چگونه تغییر می‌کرد؟ (اثر هال روش کلاسیک برای تعیین علامت حامل‌های بارهای متحرک در یک ماده است)

سوال ۵ : (امتیازی)

الف: میدان مغناطیسی ناشی از یک دو قطبی مغناطیسی را محاسبه کنید.

ب: دوقطبی مغناطیسی را در مبدا مختصات قرار دهید (و راستای دو قطبی در جهت محور z است.) و فرض کنید آن‌قدر سرجایش محکم است که تحت هیچ شرایطی تکان نمی‌خورد و نمی‌چرخد، باری با جرم m و بارq در نظر بگیرید که با سرعت اولیه‌ی زیاد v (زیاد نسبت به چی؟) درراستای محور ایکس و فاصله ی b از

محور ایکس از بی نهایت حرکت می‌کند. به واسطه ی نیرویی که دو قطبی وارد می‌کند مقداری از مسیرش منحرف خواهد شد. این انحراف را توصیف کنید و با توجه به پارامتر های داده شده مقدار انحراف و راستای آن را بدست آورید.

پ: درس بخش مربوط به دو قطبی الکتریکی گذشته است و مربوط به این سری نیست اما طبیعتا انتظار می‌رود آن را بدانید. این بار قسمت پ را به جای انحراف ذره ی باردار از دوقطبی مغناطیسی، انحراف از دو قطبی الکتریکی را محاسبه کنید.

(می‌توانید برای اینکه درکی از چرایی طرح این مساله داشته باشید به این فکر کنید که میدان مغناطیسی زمین در دوردست مانند یک دو قطبی مغناطیسی است و این ذرات باردار می‌توانند منشا کیهانی داشته باشند.(پرتور های کیهانی، که دکتر بهمن آبادی هم در آزمایشگاه خود مشغول آشکارسازی آن هاست.) می‌خواهیم ببینیم پرتو های کیهانی ای که فاصله اشان با زمین زیاد است و احتمالا برخوردی با زمین نمی‌کنند چگونه تحت اثر این میدان مغناطیسی منحرف می‌شوند.)

سوال ۶ : (امتیازی)

الف) فرض کنید دو نیم‌خط جریان ثابت در جهت مخالف به یک نقطه می‌رسند و سپس جریان به صورت پایا روی سطح صفحه‌ای عمود بر خطوط پخش می‌شود. در این صورت چگالی جریان سطحی را با توجه به شرط پایا بودن جریان بیابید.

ب) با توجه به قوانین آمپر و گاوس و تقارن‌های مسئله میدان مغناطیسی را در دو طرف سطح بیابید.

ج) نشان دهید میدانی که یافته‌اید در شرایط مرزی صدق می‌کند.

د) با استفاده از قسمت‌های قبل آیا میتوانید ادعا کنید که میدان مغناطیسی صفحه‌ای که جریان از مرکز آن به صورت شعاعی جاری میشود را حساب کرده‌اید؟ اگر آری میدان چنین صفحه‌ای را بیابید و اگر نه توضیح دهید چه اشکالی وارد است.

ه) حال در همان مسئله یکی از نیم‌خطها را بر می‌داریم. مجددا میدان را در دو ناحیه پیدا کرده و شرایط مرزی را بررسی کنید.

و) حال دو صفحه موازی را با سیمی عمود بر صفحات به هم وصل می‌کنیم و جریانی پایا از یک صفحه به صفحه دیگر ایجاد می‌کنیم (با تقارن های قبلی). میدان را در همه نواحی بیابید و شرایط مرزی را تحقیق کنید..