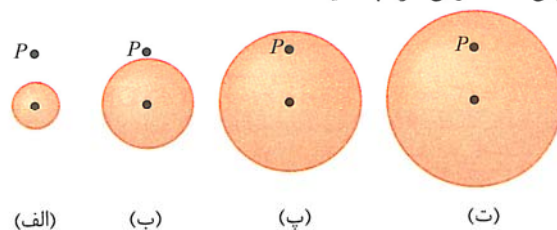


۹- یک گوی باردار کوچک درون یک پوسته‌ی کروی فلزی به شعاع  $R$  قرار دارد. برای سه وضعیت، بارهای خالص روی گوی و پوسته به ترتیب عبارت‌اند از: (۱)  $+4q$ ، (۲)  $-6q$ ، (۳)  $+10q$ ، (۴)  $+16q$ ، (۵)  $-12q$ . این وضعیت‌ها را بنا بر بار روی (الف) سطح داخلی پوسته و (ب) سطح خارجی پوسته، به ترتیب از مثبت‌ترین مرتب کنید.

۱۰- وضعیت‌های پرسش ۹ را بنا بر بزرگی میدان الکتریکی در (الف) میانه‌ی پوسته و (ب) در نقطه‌ی  $2R$  از مرکز پوسته از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.

۸- شکل ۱۹-۲۵ چهار کره‌ی توپر را با بار  $Q$  که به طور یکنواخت در حجم آنها توزیع شده است، نشان می‌دهد. (الف) کره‌ها را بنا بر چگالی بار حجمی آنها از بیشترین تا کمترین مرتب کنید. این شکل همچنین یک نقطه‌ی  $P$  را برای هر کره نشان می‌دهد که همگی در فاصله‌ی یکسانی از مرکز کره‌ها قرار دارند. (ب) کره‌ها را بنا بر میدان الکتریکی که هر یک در نقطه‌ی  $P$  ایجاد می‌کند از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.



شکل ۱۹-۲۵ پرسش ۸

### مسئله‌ها

مسئله‌های آموزشی قابل دسترس (در نسخه مدرس).

GO

SSM: پاسخ قابل دسترس در کتاب حل مسئله‌ها

WWW: پاسخ در

<http://www.wiley.com/college/halliday>

تعداد نقطه‌ها درجه دشوار بودن سطح مسئله را نشان می‌دهد. ILW: پاسخ یادگیری تعاملی در

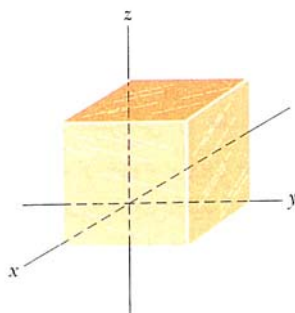
اطلاعات اضافی در سیرک پرنده فیزیک و در [flyingcircusofphysics.com](http://flyingcircusofphysics.com) قابل دسترس است.

فlying

### بخش ۱۹-۳ شار میدان الکتریکی

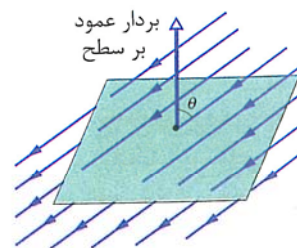
شار الکتریکی عبوری از (الف) وجه بالایی، (ب) وجه پایینی، (پ) وجه سمت چپ، و (ت) وجه عقبی چقدر است؟ (ث) شار الکتریکی خالص عبوری از مکعب چقدر است؟

۳۰۰- طول هر ضلع مکعب شکل ۱۹-۲۷ برابر  $1/40 \text{ m}$  است و این مکعب همان گونه که نشان داده شده است در میدان الکتریکی یکنواختی قرار گرفته است. مطلوب است تعیین شار میدان الکتریکی عبوری از وجه سمت راست، در صورتی که میدان الکتریکی برحسب نیوتون بر کولن با (الف)  $6/00 \hat{i}$ ، (ب)  $2/00 \hat{j}$ ، و (پ)  $3/00 \hat{i} + 4/00 \hat{k}$  داده شده باشد. (ت) شار کل عبوری از مکعب برای هر یک از این میدان‌ها چقدر است؟



شکل ۱۹-۲۷ مسئله‌های ۳، ۴، و ۱۱

۱۰- SSM طول هر ضلع مربع نشان داده شده در شکل ۱۹-۲۶ برابر  $3/2 \text{ mm}$  است. این مربع در میدان الکتریکی یکنواختی با بزرگی  $E = 1800 \text{ N/C}$  قرار دارد. خط‌های این میدان با بردار عمود بر سطح، همان گونه که در شکل نشان داده شده است، زاویه  $\theta = 35^\circ$  می‌سازند. جهت بردار عمود بر سطح، با فرض آنکه این سطح روی یک وجه جعبه‌ای باشد، «رو به بیرون» است. شار الکتریکی عبوری از این سطح را محاسبه کنید.



شکل ۱۹-۲۶ مسئله‌ی ۱

۲۰۰- یک میدان الکتریکی که با  $\vec{E} = 4/00 \hat{i} - 3/00 (y^2 + 2/00) \hat{j}$  داده شده است، از مکعب گاوسی شکل ۱۹-۵ به ضلع  $2/0 \text{ m}$  می‌گذرد. ( $E$  برحسب نیوتون بر کولن و  $x$  برحسب متر است.)

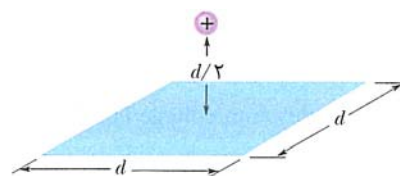
## بخش ۱۹-۴ قانون گاوس

۴۰- در شکل ۱۹-۲۸، یک تور پروانه‌گیری در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی  $E = 3/0 \text{ mN/C}$  قرار دارد. قاب تور، دایره‌ای به شعاع  $a = 11 \text{ cm}$  و عمود بر این میدان الکتریکی قرار گرفته است. تور دارای بار خالصی نیست. شار الکتریکی عبوری از تور را پیدا کنید.



شکل ۱۹-۲۸ مسئله ۴

۵۰- در شکل ۱۹-۲۹، یک پروتون به طور مستقیم به فاصله  $d/2$  بالای مرکز مربعی به ضلع  $d$  قرار دارد. بزرگی شار الکتریکی عبوری از مربع چقدر است؟ (راهنمایی: فرض کنید این مربع، یک وجه از مکعبی به ضلع  $d$  است.)



شکل ۱۹-۲۹ مسئله ۵

۶۰- در هر نقطه‌ای روی سطح مکعب نشان داده شده در شکل ۱۹-۲۷، میدان الکتریکی موازی محور  $z$  است. طول هر ضلع مکعب  $3/0 \text{ m}$  است. در وجه بالایی مکعب  $\vec{E} = -34\hat{k} \text{ N/C}$  و در وجه پایینی  $\vec{E} = +20\hat{k} \text{ N/C}$  است. بار خالص محصور شده در داخل این مکعب را تعیین کنید.

۷۰- بار نقطه‌ای  $1/8 \mu\text{C}$  در مرکز یک سطح گاوسی مکعبی به ضلع  $55 \text{ cm}$  قرار دارد. شار الکتریکی خالص عبوری از این سطح چقدر است؟

۸۰۰- وقتی شیر دوش حمام در بسته‌ای را باز می‌کنیم، ترشح آب از وان خالی می‌تواند هوای داخل حمام را با یون‌های باردار شده‌ی منفی پر کند و یک میدان الکتریکی به بزرگی  $1000 \text{ N/C}$  در هوا به وجود آورد. حمامی را به ابعاد  $2/5 \text{ m} \times 3/0 \text{ m} \times 2/0 \text{ m}$  در نظر بگیرید. میدان الکتریکی را در امتداد سقف، کف و چهار دیواره، یکنواخت و عمود بر این سطوح و بزرگی آن را  $600 \text{ N/C}$  بگیرید. همچنین فرض کنید که این سطوح یک سطح گاوسی بسته را به دور هوای حمام تشکیل می‌دهند. (الف) چگالی بار حجمی  $\rho$  و (ب) تعداد بارهای بنیادی اضافی  $e$  بر متر مکعب را در هوای حمام محاسبه کنید.

۹۰۰- شکل ۱۹-۲۷ یک سطح گاوسی به شکل مکعب و به طول ضلع  $1/40 \text{ m}$  را نشان می‌دهد. اگر  $\vec{E} = (3/00 y\hat{j}) \text{ N/C}$  باشد که در آن  $y$  برحسب متر است، (الف) شار خالص  $\Phi$  عبوری

از این سطح و (ب) بار خالص  $q_{\text{enc}}$  محصور شده توسط این سطح چقدر است؟ اگر

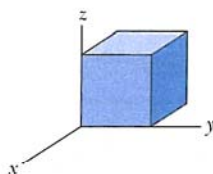
$$\vec{E} = [-4/00\hat{i} + (6/00 + 3/00y)\hat{j}] \text{ N/C}$$

باشد، (پ)  $\Phi$  و (ت)  $q_{\text{enc}}$  چقدر است؟

۱۰۰۰- شکل ۱۹-۳۰ سطح گاوسی بسته‌ای به شکل مکعب با طول ضلع  $2/00 \text{ m}$  را نشان می‌دهد. این مکعب در ناحیه‌ای که میدان الکتریکی در آنجا با

$$\vec{E} = (3/00x + 4/00)\hat{i} + 6/00\hat{j} + 7/00\hat{k} \text{ N/C}$$

داده می‌شود، قرار دارد که در آن  $x$  برحسب متر است. چه بار خالصی توسط مکعب در بر گرفته شده است؟

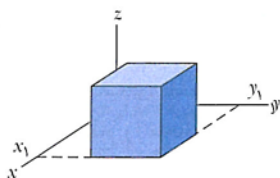


شکل ۱۹-۳۰ مسئله ۱۰

۱۱۰۰- شکل ۱۹-۳۱ سطح گاوسی بسته‌ای به شکل مکعب با طول ضلع  $2/00 \text{ m}$  را نشان می‌دهد که یکی از گوشه‌های آن در  $x_1 = 5/00 \text{ m}$ ،  $y_1 = 4/00 \text{ m}$  قرار دارد. این مکعب در ناحیه‌ای که میدان الکتریکی در آنجا با

$$\vec{E} = -3/00\hat{i} - 4/00y\hat{j} + 3/00\hat{k} \text{ N/C}$$

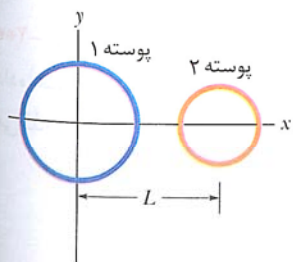
داده می‌شود، قرار دارد که در آن  $y$  برحسب متر است. چه بار خالصی توسط مکعب در بر گرفته شده است؟



شکل ۱۹-۳۱ مسئله ۱۱

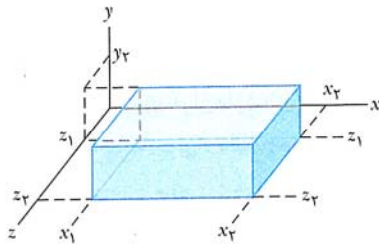
۱۲۰۰- شکل ۱۹-۳۲ دو پوسته‌ی کروی نارسا را نشان می‌دهد که در مکان خود ثابت شده‌اند. پوسته‌ی ۱ دارای چگالی بار سطحی یکنواخت  $+6/0 \mu\text{C/m}^2$  روی سطح خارجی خود و شعاع  $3/0 \text{ cm}$  است؛ پوسته‌ی ۲ دارای چگالی بار سطحی یکنواخت  $+4/0 \mu\text{C/m}^2$  روی سطح خارجی خود و شعاع  $2/0 \text{ cm}$  است؛ مرکز پوسته‌ها

به فاصله‌ی  $L = 10 \text{ cm}$  از هم قرار گرفته‌اند. میدان الکتریکی خالص در  $x = 2/0 \text{ cm}$ ، برحسب نماد گذاری بردار یک‌چيست؟



شکل ۱۹-۳۲ مسئله ۱۲





شکل ۱۹-۳۴ مسئله ۱۶

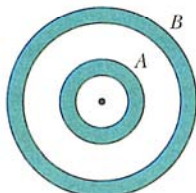
## بخش ۱۹-۶ رسانای باردار منزوی

**۱۷۰-SSM** یک کره‌ی رسانای باردار یکنواخت به قطر  $1/2 \text{ m}$  دارای چگالی بار سطحی  $8/1 \mu\text{C}/\text{m}^2$  است. (الف) بار خالص روی کره را پیدا کنید. (ب) شار الکتریکی کلی که از سطح این کره خارج می‌شود، چقدر است؟

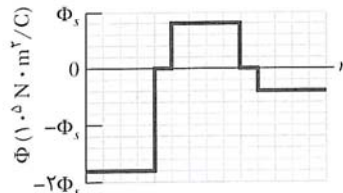
**۱۸۰** میدان الکتریکی بالای سطح غلتک باردار دستگاه فتوکپی دارای بزرگی  $E$  برابر با  $2/3 \times 10^5 \text{ N/C}$  است. چگالی بار سطحی روی غلتک، با فرض آنکه غلتک رسانا باشد، چقدر است؟

**۱۹۰** فضاپیماهایی که از کمربندهای تابشی زمین می‌گذرند ممکن است با تعداد قابل توجهی از الکترون‌ها برخورد کنند. زیاد شدن بار ایجاد شده بر اثر این برخوردها می‌تواند به اجزای الکترونیکی فضا پیما آسیب برساند و عملکردهای آن را مختل کند. فرض کنید یک ماهواره‌ی فلزی کره‌ی به قطر  $1/3 \text{ m}$  در یک چرخش مداری، بار  $2/4 \mu\text{C}$  را به دست آورد. (الف) چگالی بار سطحی حاصل را به دست آورید. (ب) بزرگی میدان الکتریکی حاصل از این بار سطحی را درست بیرون سطح ماهواره محاسبه کنید.

**۲۰۰-GO** شار و پوسته‌های رسانا. ذره‌ی باردار در مرکز دو پوسته‌ی کره‌ی رسانای هم‌مرکز قرار داده شده است. شکل ۱۹-۳۵ الف سطح مقطع آنها را نشان می‌دهد. شکل ۱۹-۳۵ ب شار خالص  $\Phi$  عبوری از یک سطح گاوسی به مرکز ذره‌ی باردار را برحسب تابعی از شعاع  $r$  کره به دست می‌دهد. مقیاس محور قائم با  $\Phi_s = 5/0 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$  مشخص شده است. (الف) بار ذره‌ی مرکزی و بارهای خالص (ب) پوسته‌ی  $A$  و (پ) پوسته‌ی  $B$  چقدر است؟



(الف)

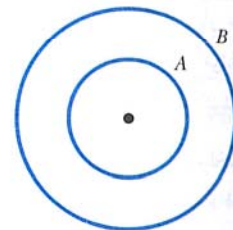


(ب)

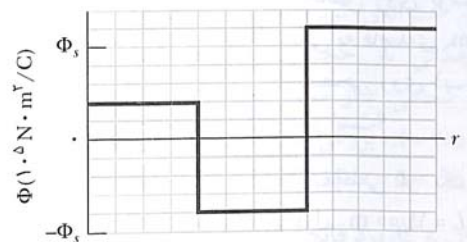
شکل ۱۹-۳۵ مسئله ۲۰

**۱۳۰۰-SSM** میدان الکتریکی در ناحیه‌ی معینی از جو زمین به طور قائم رو به پایین است. بزرگی میدان الکتریکی در ارتفاع  $300 \text{ m}$  برابر با  $60/0 \text{ N/C}$  و در ارتفاع  $200 \text{ m}$  برابر با  $100 \text{ N/C}$  است. مقدار بار خالص محصور شده در مکعبی به ضلع  $100 \text{ m}$  که وجوه افقی آن در ارتفاعهای  $200$  و  $300$  متر قرار دارند، چقدر است؟

**۱۴۰۰** شار و پوسته‌های نارسانا. یک ذره‌ی باردار در مرکز دو پوسته‌ی کره‌ی هم‌مرکز که بسیار نازک و از جنس ماده‌ای نارسانا هستند، معلق شده است. شکل ۱۹-۳۳ الف سطح مقطع آنها را نشان می‌دهد. شکل ۱۹-۳۳ ب شار خالص  $\Phi$  عبوری از یک کره‌ی گاوسی به مرکز ذره‌ی باردار را برحسب تابعی از شعاع  $r$  کره به دست می‌دهد. مقیاس محور عمودی با  $\phi_s = 5/0 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$  مشخص شده است. (الف) بار ذره‌ی مرکزی چقدر است؟ بارخالص (ب) پوسته‌ی  $A$  و (پ) پوسته‌ی  $B$  چقدر است؟



(الف)

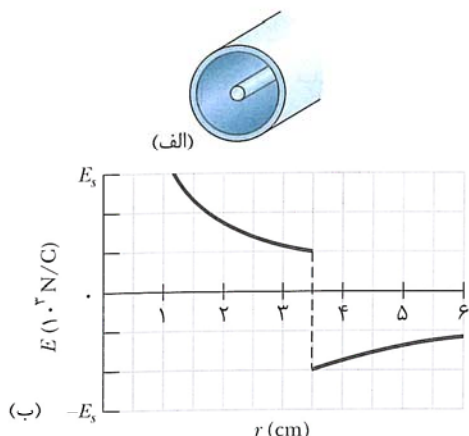


(ب)

شکل ۱۹-۳۳ مسئله ۱۴

**۱۵۰۰** ذره‌ای به بار  $+q$  در یکی از گوشه‌های یک مکعب گاوسی قرار گرفته است. برحسب مضربی از  $q/\epsilon_0$ ، مطلوب است شار عبوری از (الف) هر وجه مکعب که آن گوشه را می‌سازد و (ب) هر یک از وجوه دیگر مکعب.

**۱۶۰۰-GO** سطح گاوسی جعبه مانند شکل ۱۹-۳۴ بار خالص  $24/0 \epsilon_0 C$  را در بر دارد و در میدان الکتریکی یک الکترون که با  $\vec{E} = [(10/0 + 2/00x)\hat{i} - 3/00\hat{j} + bz\hat{k}] \text{ N/C}$  داده می‌شود قرار دارد،  $x$  و  $z$  برحسب متر و  $b$  یک ثابت است. وجه پایینی در صفحه‌ی  $xz$  و وجه بالایی در صفحه‌ی افقی است و از  $y_1 = 1/00 \text{ m}$  می‌گذرد. به ازای  $x_1 = 1/00 \text{ m}$ ،  $x_2 = 4/00 \text{ m}$ ،  $z_1 = 1/00 \text{ m}$  و  $z_2 = 3/00 \text{ m}$ ، چقدر است؟



شکل ۱۹-۳۷ مسئله ۲۶

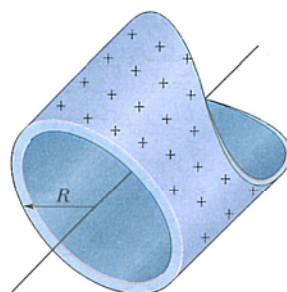
**۲۱۰۰-** یک رسانای منزوی با شکلی دلیخواه دارای بار خالص  $C \times 10^{-6} + 10$  است. داخل رسانا، کاواکی است که در داخل آن بار نقطه‌ای  $C \times 10^{-6} + 30 = q$  قرار دارد. بار (الف) روی دیواره‌ی کاواک و (ب) روی سطح خارجی رسانا چقدر است؟

### بخش ۱۹-۷ کاربرد قانون گاوس: تقارن استوانه‌ای

**۲۲۰-** الکترونی از حالت سکون، در فاصله‌ی عمودی  $9.0 \text{ cm}$  از یک خط بار روی یک میله‌ی نارسانای بسیار بلند، رها می‌شود. این بار به طور یکنواخت با بزرگی  $6.0 \mu\text{C}$  بر متر توزیع شده است. بزرگی شتاب اولیه‌ی الکترون چقدر است؟

**۲۳۰-** (الف) غلتک دستگاه فتوکپی دارای طول  $42 \text{ cm}$  و قطر  $12 \text{ cm}$  است. میدان الکتریکی در بالای سطح غلتک  $N/C \times 10^5 \times 2/3$  است. بار کل روی غلتک چقدر است؟ (ب) تولید کننده‌ای می‌خواهد یک نمونه‌ی رومیزی از این دستگاه تولید کند. لازمه‌ی این کار این است که طول غلتک به  $28 \text{ cm}$  و قطر آن به  $8.0 \text{ cm}$  کاهش یابد. میدان الکتریکی روی سطح این غلتک نباید تغییر کند. بار روی این غلتک جدید باید چقدر باشد؟

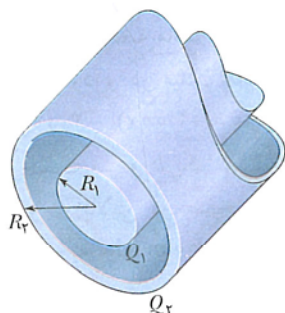
**۲۴۰-** شکل ۱۹-۳۶ مقطعی از یک لوله‌ی فلزی نازک و بلند به شعاع  $R = 3.00 \text{ cm}$  را نشان می‌دهد که دارای بار در یکای طول  $C/m \times 10^{-8} \times 2.00 = \lambda$  است. بزرگی  $E$  میدان الکتریکی در فاصله‌ی شعاعی (الف)  $r = R/2.00$  و (ب)  $r = 2.00R$  چقدر است؟ (پ) تغییرات  $E$  را برحسب  $r$  در گستره‌ی  $r = 0$  تا  $2.00R$  رسم کنید.



شکل ۱۹-۳۶ مسئله ۲۴

**۲۵۰-** **SSM** یک خط بار نامتناهی، میدانی به بزرگی  $N/C \times 10^4 \times 4/5$  را در فاصله‌ی  $2.0 \text{ m}$  ایجاد می‌کند. چگالی بار خطی را محاسبه کنید.

**۲۶۰۰-** شکل ۱۹-۳۷ الف، استوانه‌ی توپر باردار و باریکی را نشان می‌دهد که با یک پوسته‌ی استوانه‌ای باردار بزرگتر، هم محور است. هر دو نارسانا و نازک‌اند و دارای چگالی بار سطحی یکنواخت روی سطح‌های خارجی خود هستند. شکل ۱۹-۳۷ ب مؤلفه‌ی شعاعی  $E$  میدان الکتریکی را برحسب فاصله‌ی شعاعی  $r$  از محور مشترک نشان می‌دهد. مقیاس محور قائم با  $N/C \times 10^2 \times 3.0 = E_s$  مشخص شده است چگالی بار خطی پوسته چقدر است؟



شکل ۱۹-۳۸ مسئله ۲۹

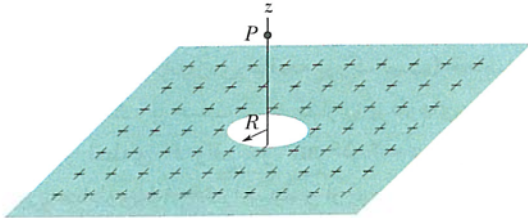
**۲۷۰۰-** سیم مستقیم و بلندی دارای باری منفی با چگالی بار خطی  $nC/m \times 3/6$  است. این سیم، توسط یک پوسته‌ی استوانه‌ای نارسانای نازک و هم‌محور به شعاع  $1.5 \text{ cm}$ ، در بر گرفته شده است. پوسته دارای بار مثبت با چگالی بار سطحی  $\sigma$  روی سطح خارجی خود است که باعث می‌شود میدان الکتریکی خارجی خالص برابر با صفر باشد.  $\sigma$  را محاسبه کنید.

**۲۸۰۰-** **GO** باری با چگالی خطی یکنواخت  $nC/m \times 2.0$  روی میله‌ی نارسانا، نازک و بلندی توزیع شده است. میله با پوسته‌ی استوانه‌ای رسانای بلندی (به شعاع داخلی  $5.0 \text{ cm}$  و شعاع خارجی  $10 \text{ cm}$ ) هم‌محور است. بار خالص روی پوسته برابر صفر است. (الف) بزرگی میدان الکتریکی به فاصله‌ی  $15 \text{ cm}$  از محور پوسته چقدر است؟ چگالی بار سطحی روی (ب) سطح داخلی و (پ) سطح خارجی پوسته چقدر است؟

**۲۹۰۰-** **SSM WWW** شکل ۱۹-۳۸ مقطعی از یک میله‌ی رسانا با شعاع  $R_1 = 1.30 \text{ mm}$  و طول  $L = 11.00 \text{ m}$  را در داخل یک پوسته‌ی هم‌محور استوانه‌ای رسانا و نازک به شعاع  $R_2 = 10.0 R_1$  و (همان) طول  $L$  نشان می‌دهد. بار خالص روی میله  $C \times 10^{-2} \times 3.40 = Q_1$ ، و روی پوسته  $Q_2 = -2.00 Q_1$  است. (الف) بزرگی  $E$  و (ب) جهت (به طور شعاعی رو به درون یا رو به بیرون) میدان الکتریکی در فاصله‌ی شعاعی  $r = 2.00 R_2$  چیست؟ (پ)  $E$  و (ت) جهت میدان در  $r = 5.00 R_1$  چیست؟ بار روی (ث) سطح داخلی و (ج) سطح خارجی پوسته چقدر است؟

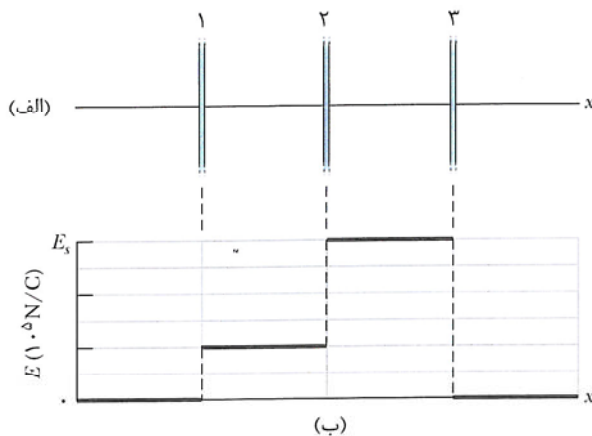


**۳۴۰-** در شکل ۱۹-۴۱، یک حفره‌ی دایره‌ای کوچک به شعاع  $R = 1/80 \text{ cm}$  در وسط یک سطح نارسانای تخت و نامتناهی که دارای چگالی بار یکنواخت  $\sigma = 4/50 \text{ pC/m}^2$  است، کنده شده است. محور  $z$  که مبدا آن بر مرکز حفره قرار دارد، عمود



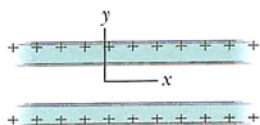
شکل ۱۹-۴۱ مسئله ۳۴

**۳۵۰-** شکل ۱۹-۴۲ الف، سه برگه‌ی پلاستیکی بزرگ و موازی را نشان می‌دهد که به طور یکنواخت باردار شده‌اند. شکل ۱۹-۴۲ ب، مؤلفه‌ی میدان الکتریکی خالص در امتداد محور  $x$  از برگه‌ها را نشان می‌دهد. مقیاس محور قائم با  $6/0 \times 10^5 \text{ N/C}$  مشخص شده است نسبت چگالی بار روی برگه‌ی ۳ به مقدار آن روی برگه‌ی ۲ چقدر است؟



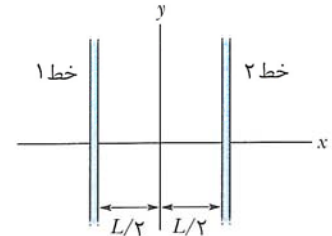
شکل ۱۹-۴۲ مسئله ۳۵

**۳۶۰-** شکل ۱۹-۴۳ مقطع دو برگه‌ی نارسانا، موازی و بزرگ را با توزیع یکسان بار مثبت با چگالی بار سطحی  $\sigma = 1/77 \times 10^{-12} \text{ C/m}^2$  نشان می‌دهد. برحسب نماد گذاری بردارهای  $\vec{E}$  در نقطه‌های (الف) بالای برگه‌ها، (ب) میان آنها، و (پ) پایین آنها، چگونه است؟



شکل ۱۹-۴۳ مسئله ۳۶

**۳۰۰۰-** در شکل ۱۹-۳۹، مقطع کوتاهی از دو خط بار بسیار بلند موازی که در مکان‌های خود، به فاصله‌ی  $L = 8/0 \text{ cm}$  از یکدیگر ثابت شده‌اند، نشان داده شده است. چگالی‌های بار خطی یکنواخت عبارت‌اند از  $+6/0 \text{ μC/m}$  برای خط ۱ و  $-2/0 \text{ μC/m}$  برای خط ۲. میدان الکتریکی خالص ناشی از دو خط بار در کجای محور  $x$  نشان داده شده برابر با صفر است؟



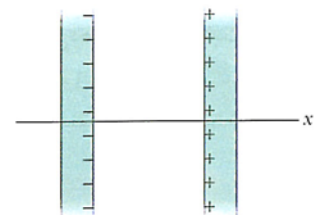
شکل ۱۹-۳۹ مسئله ۳۰

**۳۱۰۰-** ILW دو پوسته‌ی استوانه‌ای هم محور، نازک، باردار و بلند دارای شعاع‌های  $3/0$  و  $6/0$  سانتی‌متر هستند. بار بر یکای طول روی پوسته‌ی داخلی  $5/0 \times 10^{-6} \text{ C/m}$  و روی پوسته‌ی خارجی  $-7/0 \times 10^{-6} \text{ C/m}$  است. (الف) بزرگی  $E$  و (ب) جهت (به طور شعاعی رو به درون یا رو به بیرون) میدان الکتریکی در فاصله‌ی شعاعی  $r = 4/0 \text{ cm}$  چیست؟ (پ)  $E$  و (ت) جهت در فاصله‌ی  $r = 8/0 \text{ cm}$  چیست؟

**۳۲۰۰۰-** استوانه‌ی توپر، نارسانا و بلندی به شعاع  $4/0 \text{ cm}$  دارای چگالی بار حجمی نایکنواخت  $\rho$  است.  $\rho$  تابعی از فاصله‌ی شعاعی  $r$  از محور استوانه است:  $\rho = Ar^2$ . به ازای  $A = 2/5 \text{ μC/m}^3$ ، بزرگی میدان الکتریکی در (الف)  $r = 3/0 \text{ cm}$  و (ب)  $r = 5/0 \text{ cm}$  چقدر است؟

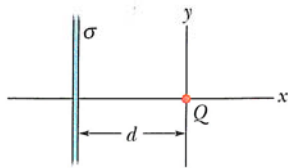
### بخش ۱۹-۸ کاربرد قانون گاوس: تقارن صفحه‌ای

**۳۳۰-** در شکل ۱۹-۴۰، دو صفحه‌ی فلزی نازک و بلند، موازی و نزدیک یکدیگرند. در وجه‌های داخلی آنها، صفحه‌ها دارای چگالی بار سطحی اضافی به بزرگی  $7/00 \times 10^{-12} \text{ C/m}^2$  و علامت مخالف‌اند. برحسب نماد گذاری بردارهای  $\vec{E}$ ، میدان الکتریکی در نقطه‌های (الف) سمت چپ صفحه‌ها، (ب) سمت راست صفحه‌ها، و (پ) میان آنها چگونه است؟



شکل ۱۹-۴۰ مسئله ۳۳

(ب) اگر  $d = 0.800 \text{ m}$  باشد، در چه مختصه‌ای روی محور  $x$ ،  $E_{\text{net}} = 0$  است؟

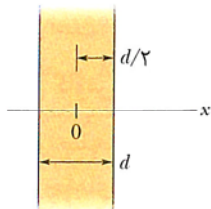


شکل ۱۹-۴۶ مسئله ۴۰

**۴۱۰۰ - GO** الکترونی به طور مستقیم به سوی مرکز یک صفحه‌ی فلزی بزرگ که دارای چگالی بار سطحی  $-2.0 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$  است، پرتاب می‌شود. اگر انرژی جنبشی اولیه‌ی الکترون  $1.60 \times 10^{-17} \text{ J}$  باشد و الکترون درست در لحظه‌ی رسیدن به صفحه (بر اثر دافعه‌ی الکتروستاتیکی صفحه) متوقف شود، نقطه‌ی پرتاب در چه فاصله‌ای از صفحه باید قرار داشته باشد؟

**۴۲۰۰ -** دو صفحه‌ی فلزی بزرگ به مساحت  $1.0 \text{ m}^2$  موازی یکدیگرند. فاصله‌ی آنها از یکدیگر  $5.0 \text{ cm}$ ، و روی سطح‌های داخلی خود بارهای مساوی و مخالف دارند. اگر بزرگی میدان الکتریکی در میان صفحه‌ها  $55 \text{ N/C}$  باشد، بزرگی بار روی هر یک از صفحه‌ها چقدر است؟ از اثر لبه‌ها چشم‌پوشی کنید.

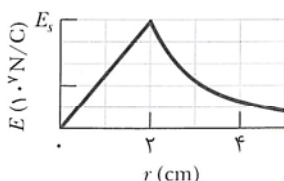
**۴۳۰۰ -** شکل ۱۹-۴۷ مقطع یک قطعه‌ی نارسانای خیلی بزرگ را نشان می‌دهد که دارای ضخامت  $d = 9.40 \text{ mm}$  و چگالی بار حجمی یکنواخت  $\rho = 5.80 \text{ fC/m}^3$  است. مبدأ محور  $x$  روی مرکز قطعه قرار دارد. بزرگی میدان الکتریکی قطعه در مختصه‌ی  $x$  (الف)  $0$ ، (ب)  $2.00 \text{ mm}$ ، (پ)  $4.70 \text{ mm}$ ، و (ت)  $26.0 \text{ mm}$  چقدر است؟



شکل ۱۹-۴۷ مسئله ۴۳

### بخش ۱۹-۹ کاربرد قانون گاوس: تقارن کروی

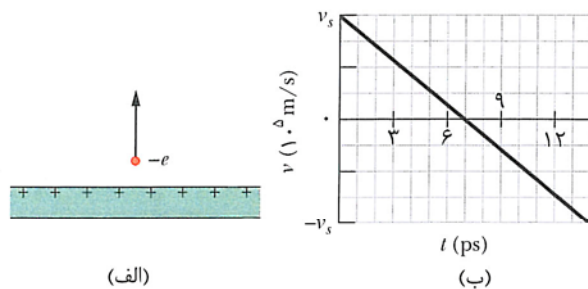
**۴۴۰ -** شکل ۱۹-۴۸ بزرگی میدان الکتریکی در داخل و خارج کره‌ای را به دست می‌دهد که بار مثبت به طور یکنواخت در سرتا سر حجم آن توزیع شده است. مقیاس محور قائم با  $E_s = 5.0 \times 10^4 \text{ N/C}$  مشخص شده است. بار روی کره چقدر است؟



شکل ۱۹-۴۸ مسئله ۴۴

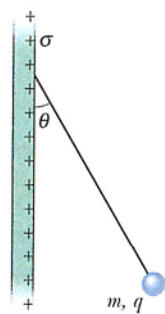
**۳۷۰ - WWW SSM** یک صفحه‌ی فلزی مربعی شکل به طول ضلع  $8.0 \text{ cm}$  و ضخامت ناچیز، دارای بار کل  $6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  است. (الف) با فرض آنکه بار به طور یکنواخت روی دو طرف این صفحه پخش شده باشد، بزرگی  $E$  میدان الکتریکی را درست خارج از مرکز صفحه (مثلاً در فاصله‌ی  $0.50 \text{ mm}$  از مرکز صفحه) محاسبه کنید. (ب) با فرض آنکه صفحه یک بار نقطه‌ای باشد،  $E$  را در فاصله‌ی  $3.0 \text{ m}$  (که نسبت به اندازه‌ی صفحه بزرگ است) محاسبه کنید. بر این سطح است. برحسب نماد گذاری بردارهای یکه، میدان الکتریکی در نقطه‌ی  $P$  واقع در  $z = 2.56 \text{ cm}$  چگونه است؟ (راهنمایی: معادله‌ی ۱۸-۲۶ را ببینید و از برهم‌نهی استفاده کنید.)

**۳۸۰۰ - GO** در شکل ۱۹-۴۴ الف، الکترونی به طور مستقیم از یک ورقه‌ی پلاستیکی باردار یکنواخت، با تندی  $2.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ ، رو به بیرون پرتاب شده است. این ورقه، نارسانا، تخت و بسیار بزرگ است. شکل ۱۹-۴۴ ب، مؤلفه‌ی قائم  $v$  سرعت الکترون را برحسب زمان  $t$  تا هنگام برگشت الکترون به نقطه‌ی پرتاب، به دست می‌دهد. چگالی بار سطحی ورقه چقدر است؟



شکل ۱۹-۴۴ مسئله ۳۸

**۳۹۰۰ - SSM** در شکل ۱۹-۴۵، یک گوی نارسانای کوچک به جرم  $m = 1.0 \text{ mg}$  و بار  $q = 2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$  (که به طور یکنواخت در حجم آن توزیع شده است) از یک نخ عایق آویزان است و با یک ورقه‌ی نارسانای قائم با بار یکنواخت (سطح مقطع آن نشان داده شده) زاویه‌ی  $\theta = 30^\circ$  می‌سازد. با در نظر گرفتن نیروی گرانشی وارد به گوی و با فرض اینکه ورقه به طور قائم و به سمت داخل و خارج صفحه تا فاصله‌های دور امتداد یابد، چگالی بار سطحی  $\sigma$  ورقه را محاسبه کنید.

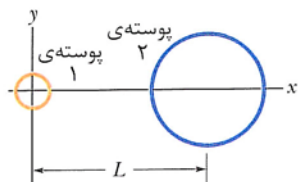


شکل ۱۹-۴۵ مسئله ۳۹

**۴۰۰۰ -** شکل ۱۹-۴۶ یک برگه‌ی نارسانای خیلی بزرگ را نشان می‌دهد که دارای چگالی بار سطحی یکنواخت  $\sigma = -2.00 \text{ } \mu\text{C/m}^2$  است؛ همچنین این شکل ذره‌ای با بار  $Q = 6.00 \text{ } \mu\text{C}$  را نشان می‌دهد که در فاصله‌ی  $d$  از برگه قرار دارد. هر دو در مکان‌های خود ثابت شده‌اند. اگر  $d = 0.200 \text{ m}$  باشد، در چه مختصه‌ی (الف) مثبت و (ب) منفی روی محور  $x$  (غیر از بینهایت)، میدان الکتریکی خالص  $E_{\text{net}}$  ناشی از برگه و ذره برابر با صفر است؟

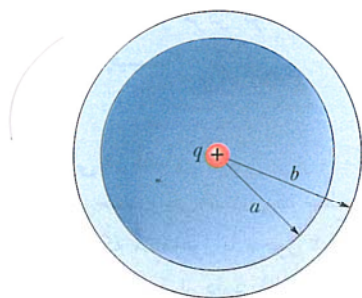


**۵۰۰۰-Go** شکل ۱۹-۵۱، دو پوسته‌ی کروی نارسانا را نشان می‌دهد که در مکان‌های خود روی محور  $x$  ثابت شده‌اند. پوسته‌ی ۱ دارای شعاع  $۵/۵۰\text{ cm}$  و چگالی بار سطحی یکنواخت  $۴/۵\text{ }\mu\text{C/m}^2$  روی سطح خارجی خود، و پوسته‌ی ۲ دارای شعاع  $۲/۵\text{ cm}$  و چگالی بار سطحی یکنواخت  $۲/۵\text{ }\mu\text{C/m}^2$  روی سطح خارجی خود است. مرکز پوسته‌ها به فاصله‌ی  $L=۶/۵\text{ cm}$  از هم قرار دارند. به جز در  $x=\infty$ ، میدان الکتریکی خالص در کجای محور  $x$  برابر صفر است؟



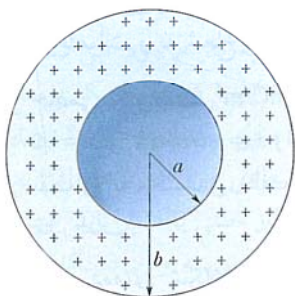
شکل ۱۹-۵۱ مسئله‌ی ۵۰

**۵۱۰۰-SSM WWW** در شکل ۱۹-۵۲، یک پوسته‌ی کروی نارسانا به شعاع داخلی  $a=۲/۵۰\text{ cm}$  و شعاع خارجی  $b=۲/۴۰\text{ cm}$  دارای چگالی بار حجمی مثبت  $\rho=A/r$  (درون ضخامت) است که در آن  $A$  ثابت و  $r$  فاصله از مرکز پوسته است. به علاوه، گوی کوچکی با بار  $q=۴۵/۵\text{ fC}$  در مرکز آن قرار گرفته است.  $A$  باید چقدر باشد تا میدان الکتریکی در پوسته ( $a \leq r \leq b$ ) یکنواخت باشد؟



شکل ۱۹-۵۲ مسئله‌ی ۵۱

**۵۲۰۰-Go** شکل ۱۹-۵۳ یک پوسته‌ی کروی با چگالی بار حجمی یکنواخت  $\rho=۱/۸۴\text{ nC/m}^3$ ، شعاع داخلی  $a=۱۰/۵\text{ cm}$ ، و شعاع خارجی  $b=۲/۵۰\text{ cm}$  را نشان می‌دهد. بزرگی میدان الکتریکی در فاصله‌های شعاعی (الف)  $r=۰$ ، (ب)  $r=a/۲/۵۰$ ، (پ)  $r=a$ ، (ت)  $r=۱/۵۰\text{ cm}$ ، و (ج)  $r=۳/۵۰\text{ cm}$  چقدر است؟



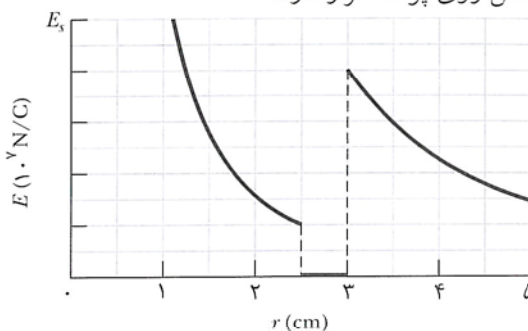
شکل ۱۹-۵۳ مسئله‌ی ۵۲

**۴۵۰-** دو پوسته‌ی کروی باردار هم‌مرکز دارای شعاع‌های  $۱۰/۵\text{ cm}$  و  $۱۵/۵\text{ cm}$  هستند. بار روی پوسته‌ی داخلی  $۴/۵۰۰ \times ۱۰^{-۸}\text{ C}$  و روی پوسته‌ی خارجی  $۲/۵۰۰ \times ۱۰^{-۸}\text{ C}$  است. میدان الکتریکی را (الف) در  $r=۱۲/۵\text{ cm}$  و (ب) در  $r=۲۰/۵\text{ cm}$  پیدا کنید.

**۴۶۰-** یک بار نقطه‌ای باعث می‌شود که شار الکتریکی  $-۷۵۰\text{ N.m}^2/\text{C}$  از یک سطح گاوسی کروی با شعاع  $۱۰/۵\text{ cm}$  و به مرکز آن بار، عبور کند. (الف) اگر شعاع سطح گاوسی دو برابر شود، چقدر شار از این سطح می‌گذرد؟ (ب) مقدار بار نقطه‌ای چقدر است؟

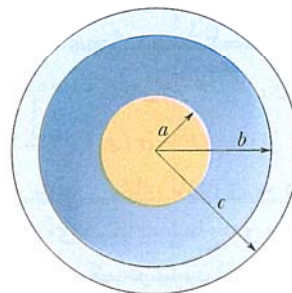
**۴۷۰-SSM** یک بار نامعلوم روی توپر رسانایی به شعاع  $۱۰\text{ cm}$  قرار دارد. اگر میدان الکتریکی در فاصله‌ی  $۱۵\text{ cm}$  از مرکز کره دارای بزرگی  $۳/۵ \times ۱۰^۳\text{ N/C}$  و جهت آن به طور شعاعی به طرف درون باشد، بار خالص روی کره چقدر است؟

**۴۸۰۰-** ذره‌ی بارداری در مرکز یک پوسته‌ی کروی قرار داده شده است. شکل ۱۹-۴۹ بزرگی  $E$  میدان الکتریکی را برحسب فاصله‌ی شعاعی  $r$  به دست می‌دهد. مقیاس محور قائم با  $E_s=۱۰/۵ \times ۱۰^۷\text{ N/C}$  مشخص شده است به طور تقریبی، چقدر بار خالص روی پوسته قرار دارد؟



شکل ۱۹-۴۹ مسئله‌ی ۴۸

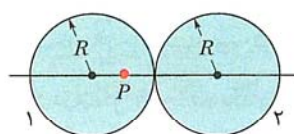
**۴۹۰۰-** در شکل ۱۹-۵۰، یک کره‌ی توپر به شعاع  $a=۲/۵۰\text{ cm}$  با یک پوسته‌ی رسانای کروی به شعاع داخلی  $b=۲/۵۰\text{ cm}$  و شعاع خارجی  $c=۲/۴۰\text{ cm}$  هم‌مرکز است. کره دارای بار خالص و یکنواخت  $q_1=+۵/۵۰\text{ fC}$  و پوسته دارای بار خالص  $q_2=-q_1$  است. بزرگی میدان الکتریکی در فاصله‌های شعاعی (الف)  $r=۰$ ، (ب)  $r=a/۲/۵۰$ ، (پ)  $r=a$ ، (ت)  $r=۱/۵۰\text{ cm}$ ، و (ج)  $r=۳/۵۰\text{ cm}$  چقدر است؟ (ح) سطح داخلی و (ج) سطح خارجی پوسته چقدر است؟



شکل ۱۹-۵۰ مسئله‌ی ۴۹

**۵۳۰۰۰- ILW** چگالی حجمی یک کره‌ی نارسانای توپر به شعاع  $R = 5/60 \text{ cm}$  دارای توزیع بار نایکناختی با چگالی بار حجمی  $\rho = (4/1 \text{ pC/m}^3)r/R$  است که در آن  $r$  فاصله‌ی شعاعی از مرکز کره است. (الف) بار کل کره چقدر است؟ بزرگی  $E$  میدان الکتریکی در (ب)  $r=0$ ، (پ)  $r=R/200$ ، و (ت)  $r=R$  چقدر است؟ (ث) نمودار  $E$  برحسب  $r$  را رسم کنید.

**۵۴۰۰۰- ۵۴-۱۹**، مقطعی از دو کره‌ی توپر را نشان می‌دهد که بار یکنواخت در سرتاسر حجم آنها توزیع شده است. شعاع هر کدام برابر با  $R$  است. نقطه‌ی  $P$  روی خط واصل مرکز کره‌ها و در فاصله‌ی شعاعی  $R/200$  از مرکز کره‌ی ۱ قرار دارد. اگر میدان الکتریکی خالص در نقطه‌ی  $P$  برابر با صفر باشد، نسبت  $q_2/q_1$  بار کل  $q_2$  در کره‌ی ۲ به بار کل  $q_1$  در کره‌ی ۱ چقدر است؟



شکل ۱۹-۵۴ مسئله‌ی ۵۴

**۵۵۰۰۰- ۵۵** یک توزیع بار متقارن کروی که به طور شعاعی نایکناخت است، میدانی الکتریکی به بزرگی  $E = Kr^4$  را که جهت آن به طور شعاعی از مرکز کره به طرف بیرون است، ایجاد می‌کند. در اینجا  $r$  فاصله‌ی شعاعی از مرکز کره و  $K$  ثابت است. چگالی حجمی  $\rho$  توزیع بار چیست؟

#### مسئله‌های اضافی

**۵۶- ۵۶** میدان الکتریکی در فضای خاصی برابر با  $\vec{E} = (x+2)\hat{i} \text{ N/C}$  است، که در آن  $x$  برحسب متر است. یک سطح گاوسی استوانه‌ای به شعاع  $20 \text{ cm}$  را که هم‌محور با محور  $x$  است در نظر بگیرید. یک سر استوانه در  $x=0$  قرار دارد. (الف) بزرگی شار الکتریکی عبوری از سر دیگر استوانه در  $x=20 \text{ m}$ ، چقدر است؟ (ب) بار خالص محصور شده در داخل استوانه چقدر است؟

**۵۷- ۵۷** یک پوسته‌ی کروی فلزی و نازک دارای شعاع  $25/0 \text{ cm}$  و بار  $2/00 \times 10^{-7} \text{ C}$  است.  $E$  را برای نقطه‌ای (الف) در داخل پوسته، (ب) درست خارج پوسته، و (پ)  $3/00 \text{ m}$  از مرکز پوسته، به دست آورید.

**۵۸- ۵۸** چگالی بار سطحی یکنواخت  $8/0 \text{ nC/m}^2$  روی تمام صفحه‌ی  $xy$  توزیع شده است. شار الکتریکی عبوری از یک سطح گاوسی کروی به مرکز مبدأ دستگاه مختصات و به شعاع  $5/0 \text{ cm}$  چقدر است؟

**۵۹- ۵۹** باری با چگالی حجمی یکنواخت  $\rho = 1/2 \text{ nC/m}^3$ ، قطعه‌ای نامتناهی میان  $x = -5/0 \text{ cm}$  و  $x = +5/0 \text{ cm}$  را پر می‌کند. بزرگی میدان الکتریکی در نقطه‌ای با مختصه‌ی (الف)  $x = 4/0 \text{ cm}$  و (ب)  $x = 6/0 \text{ cm}$  چقدر است؟

**۶۰- ۶۰** معمای خرده‌های شکلات. انفجارهایی که به واسطه‌ی تخلیه‌ی بارهای الکتروستاتیکی (جرقه‌ها) رخ می‌دهند باعث خطرهایی جدی در دستگاه‌هایی می‌شوند که با دانه‌ها

و گردها کار می‌کنند. یک چنین انفجاری در گرد خرده‌های شکلات یک کارخانه‌ی بیسکویت‌سازی در  $1970/1349$  رخ داد. کارگران بسته‌های گردی را که تحویل می‌گرفتند به داخل یک سطل بارگیری خالی می‌کردند که از آنجا نیز گردها از طریق لوله‌های پلاستیکی متصل به زمین به یک سیلو جهت نگهداری و انبار دمیده می‌شدند. در قسمتی از این مسیر، دو شرط برای وقوع انفجار وجود داشت: (۱) وقتی بزرگی میدان الکتریکی برابر یا بزرگتر از  $3/0 \times 10^6 \text{ N/C}$  می‌شد، فروریزش الکتریکی و در نتیجه جرعه‌ی الکتریکی می‌توانست رخ دهد. (۲) انرژی جرعه برابر یا بزرگتر از  $150 \text{ mJ}$  می‌شد که می‌توانست گرد را تا حد انفجار آتش بزند. حال نخستین شرط وقوع انفجار در گردهای داخل لوله‌های پلاستیکی را بررسی می‌کنیم:

جریانی از گرد باردار منفی را در نظر بگیرید که به داخل یک لوله‌ی استوانه‌ای به شعاع  $R = 5/0 \text{ cm}$  دمیده می‌شود. فرض کنید که گرد و بار آن با چگالی بار حجمی  $\rho$  به طور یکنواخت در طول لوله پخش می‌شوند. (الف) با استفاده از قانون گاوس عبارتی برای بزرگی میدان الکتریکی  $\vec{E}$  در لوله برحسب تابعی از فاصله‌ی شعاعی  $r$  از مرکز لوله به دست آورید. (ب) آیا  $E$  با افزایش  $r$ ، بزرگتر می‌شود یا کوچکتر؟ (پ) آیا جهت  $\vec{E}$  به طور شعاعی به طرف درون است یا به طرف بیرون؟ (ت) به ازای  $\rho = 1/1 \times 10^{-2} \text{ C/m}^3$  (یک مقدار نوعی در کارخانه)، بیشینه‌ی  $E$  را بیابید و تعیین کنید که این میدان بیشینه در کجا رخ می‌دهد؟ (ث) آیا جرعه می‌توانست رخ دهد؟ و اگر ممکن بود، در کجا؟ (این داستان با مسئله‌ی ۶۸ در فصل ۲۰ ادامه می‌یابد.)

**۶۱- SSM** یک پوسته‌ی کروی فلزی نازک به شعاع  $a$  دارای بار  $q_a$  است. این کره با پوسته‌ی کروی فلزی نازک دیگری به شعاع  $b > a$  و بار  $q_b$  هم‌مرکز است. میدان الکتریکی را در نقطه‌هایی به فاصله‌ی  $r$  از مرکز مشترک به دست آورید که در آنها (الف)  $r < a$ ، (ب)  $a < r < b$ ، و (پ)  $r > b$  است. (ت) درباره‌ی معیاری که با استفاده از آن چگونگی توزیع بار روی سطح‌های داخلی و خارجی پوسته‌ها را تعیین می‌کنید، بحث کنید.

**۶۲- ۶۲** بار نقطه‌ای  $q = 1/0 \times 10^{-7} \text{ C}$  در مرکز یک کاواک کروی به شعاع  $3/0 \text{ cm}$  در یک قطعه‌ی فلزی قرار دارد. با استفاده از قانون گاوس، میدان الکتریکی را در (الف)  $1/5 \text{ cm}$  از مرکز کاواک و (ب) نقطه‌ای داخل فلز، به دست آورید.

**۶۳- ۶۳** پروتونی با تندی  $v = 3/00 \times 10^5 \text{ m/s}$  درست بیرون کره‌ی بارداری به شعاع  $r = 1/00 \text{ cm}$  می‌چرخد. بار روی کره چقدر است؟

**۶۴- ۶۴** معادله‌ی ۱۱-۱۹  $(E = \sigma/\epsilon_0)$  میدان الکتریکی را در نقطه‌های نزدیک به سطح رسانای بارداری به دست می‌دهد. این معادله را برای یک کره‌ی رسانا به شعاع  $r$  و بار  $q$  به کار ببرید، و نشان دهید که میدان الکتریکی در بیرون این کره همان میدان ناشی از یک بار نقطه‌ای است که در مرکز کره قرار گرفته باشد.

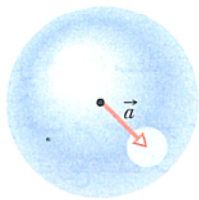


۷۰- باری با چگالی حجمی یکنواخت  $\rho = 3/2 \mu\text{C}/\text{m}^3$ ، کره‌ی توپر نارسانایی به شعاع  $5/0 \text{ cm}$  را پر کرده است. بزرگی میدان الکتریکی در (الف)  $3/5 \text{ cm}$  و (ب)  $8/0 \text{ cm}$  از مرکز کره چقدر است؟

۷۱- یک سطح گاوسی به شکل نیمکره‌ای به شعاع  $R = 5/68 \text{ cm}$  در میدان الکتریکی یکنواختی به بزرگی  $2/50 \text{ N/C}$  قرار دارد. این سطح، هیچ بار خالصی را در بر ندارد. در قاعده‌ی (تخت) این سطح، میدان عمود و به طرف این سطح است. شار عبوری از (الف) قاعده و (ب) بخش خمیده‌ی سطح چقدر است؟

۷۲- چه بار خالصی توسط مکعب گاوسی مسئله‌ی ۲ در بر گرفته شده است؟

۷۳- یک کره‌ی توپر نارسانا دارای چگالی بار حجمی یکنواخت  $\rho$  است. فرض کنید  $\vec{r}$  برداری از مرکز کره به سوی نقطه‌ی دلخواه  $P$  در داخل کره است. (الف) نشان دهید که میدان الکتریکی در نقطه‌ی  $P$  با  $\vec{E} = \rho \vec{r} / 3\epsilon_0$  داده می‌شود. (توجه کنید که این نتیجه مستقل از شعاع کره است.) (ب) یک کاواک کروی، آن گونه که در شکل ۱۹-۵۷ نشان داده شده، درون کره ایجاد شده است. با استفاده از مفاهیم برهم‌نهی نشان دهید که میدان الکتریکی در تمام نقطه‌های داخل کاواک، یکنواخت و برابر با  $\vec{E} = \rho \vec{a} / 3\epsilon_0$  است که در آن  $\vec{a}$  بردار مکان از مرکز کره به سوی مرکز کاواک است. (توجه کنید که این نتیجه به شعاع کره و شعاع کاواک بستگی ندارد.)



شکل ۱۹-۵۶ مسئله ۷۳

۷۴- چگالی بار یکنواخت  $500 \text{ nC}/\text{m}^3$  در سرتاسر یک حجم کروی به شعاع  $6/00 \text{ cm}$  توزیع شده است. یک سطح گاوسی مکعبی را در نظر بگیرید که مرکز آن بر مرکز کره واقع است. شار الکتریکی عبوری از این سطح مکعبی چقدر است، در صورتی که طول هر ضلع آن (الف)  $4/00 \text{ cm}$  و (ب)  $14/00 \text{ cm}$  باشد؟

۷۵- شکل ۱۹-۵۷ یک شمارنده‌ی گایگر<sup>۱</sup> را نشان می‌دهد که برای آشکارسازی تابش‌های یونیده (تابش‌هایی که باعث یونیده شدن اتم‌ها می‌شود) به کار می‌رود. این شمارنده، شامل یک سیم مرکزی باردار مثبت است که توسط یک پوسته‌ی استوانه‌ای رسانا و هم‌مرکز با بار منفی یکسان احاطه شده است. بنابراین، یک میدان الکتریکی شعاعی قوی در داخل این پوسته ایجاد می‌شود. پوسته دارای یک گاز خنثی با فشار پایین است. یک ذره‌ی تابشی که از طریق دیواره‌ی پوسته وارد دستگاه شود، چند اتم گاز را یونیده می‌کند. در نتیجه، الکترون‌های آزاد (e) به سوی سیم

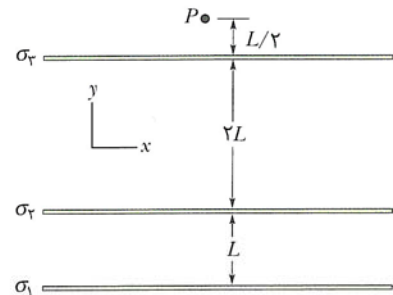
۶۵- بار  $Q$  به طور یکنواخت روی کره‌ای به شعاع  $R$  توزیع شده است. (الف) چه کسری از این بار داخل شعاع  $r = R/2/00$  قرار گرفته است؟ (ب) نسبت بزرگی میدان الکتریکی در  $r = R/2/00$  به مقدار آن روی سطح کره چقدر است؟

۶۶- فرض کنید گویی باردار دارای چگالی بار منفی است که به طور یکنواخت به جز در مجرای شعاعی باریکی که با عبور از مرکز آن، سطح یک طرف را به سطح طرف مقابل وصل می‌کند، توزیع شده است. همچنین فرض کنید که می‌توانیم یک پروتون را در هر جایی داخل مجرا یا خارج گوی قرار دهیم.  $F_R$  را بزرگی نیروی الکتروستاتیکی در نظر می‌گیریم که وقتی پروتون روی سطح گوی به شعاع  $R$  قرار گیرد، بر آن وارد می‌شود. برحسب مضربی از  $R$ ، در چه فاصله‌ای از سطح کره نقطه‌ای وجود دارد که اگر پروتون را (الف) از گوی دور کنیم و (ب) به داخل مجرا ببریم، بزرگی نیروی وارد بر آن برابر  $F_R/50$  شود؟

۶۷- میدان الکتریکی در نقطه‌ی  $P$  درست بیرون سطح خارجی یک رسانای کروی توخالی به شعاع داخلی  $10 \text{ cm}$  و شعاع خارجی  $20 \text{ cm}$  دارای بزرگی  $450 \text{ N/C}$  و جهت آن به طرف بیرون است. وقتی بار نقطه‌ای نامعلوم  $Q$  در مرکز کره قرار داده شود، میدان الکتریکی در نقطه‌ی  $P$  هنوز به طرف بیرون است، ولی بزرگی آن اکنون  $180 \text{ N/C}$  است. (الف) پیش از آنکه  $Q$  در مرکز کره قرار داده شود، چه بار خالصی توسط سطح خارجی کره محصور شده است؟ (ب) بار  $Q$  چقدر است؟ پس از آنکه  $Q$  قرار داده شود، بار روی سطح‌های (الف) داخلی و (ب) خارجی رسانا چقدر است؟

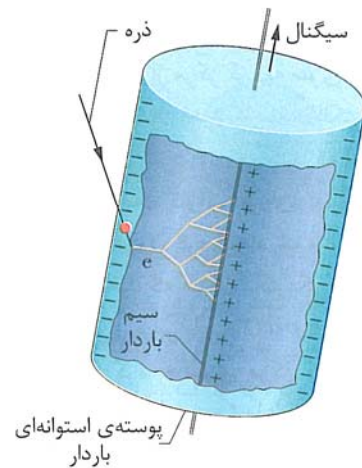
۶۸- بزرگی شار الکتریکی خالص عبوری از هر وجه یک تاس مضربی از  $10^3 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$  است که این مضرب دقیقاً برابر با تعداد نقطه‌های  $N$  روی هر وجه (۱ تا ۶) است. برای  $N$  های فرد، شار به طرف درون و برای  $N$  های زوج، شار به طرف بیرون است. بار خالص داخل تاس چقدر است؟

۶۹- شکل ۱۹-۵۵، مقطع سه برگه‌ی نارسانای بزرگ نامتناهی را نشان می‌دهد که روی آنها بار به طور یکنواخت پخش شده است. چگالی‌های بار سطحی عبارت‌اند از:  $\sigma_1 = +2/00 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ،  $\sigma_2 = +4/00 \mu\text{C}/\text{m}^2$  و  $\sigma_3 = -5/00 \mu\text{C}/\text{m}^2$ ، و فاصله‌ی  $L$  برابر است با  $L = 1/50 \text{ cm}$ . برحسب نمادگذاری بردارهای یک‌ه، میدان الکتریکی خالص در نقطه‌ی  $P$  چیست؟



شکل ۱۹-۵۵ مسئله ۶۹

مثبت کشیده می‌شوند. ولی، میدان الکتریکی به حدی قوی است که در بین برخورد اتم‌های گاز، الکترون‌های آزاد انرژی کافی برای یونیده کردن اتم‌های دیگر را نیز به دست می‌آورند و بدین ترتیب الکترون‌های آزاد بیشتری ایجاد می‌شوند و این فرایند تا هنگامی که الکترون‌ها به سیم برسند، ادامه می‌یابد. "بهمن" حاصل از الکترون‌ها توسط سیم جمع‌آوری می‌شود و سیگنالی به وجود می‌آید که برای ثبت کردن عبور ذره‌ی اصلی تابش به کار می‌رود. فرض کنید که شعاع سیم مرکزی  $25\mu\text{m}$ ، شعاع داخلی پوسته  $1/4\text{ cm}$  و طول پوسته  $16\text{ cm}$  باشد. اگر میدان الکتریکی روی دیواره‌ی درونی پوسته  $2/9 \times 10^4\text{ N/C}$  باشد، بار مثبت کل در سیم مرکزی چقدر است؟



شکل ۱۹-۵۷ مسئله ۷۵

**۷۶-** باری به طور یکنواخت در سرتاسر حجم استوانه‌ای توپر به شعاع  $R$  و طول نامتناهی توزیع شده است. (الف) نشان دهید در فاصله‌ی  $r < R$  از محور استوانه داریم

$$E = \frac{\rho r}{2\epsilon_0}$$

که در آن  $\rho$  چگالی بار حجمی است. (ب) عبارتی برای  $E$ ، وقتی  $r > R$  است، بنویسید.

**۷۷-SSM** بار  $4\mu\text{C}$  روی سطح خارجی یک پوسته‌ی رسانای کروی، و یک ذره‌ی باردار در داخل آن قرار دارد. اگر بار خالص روی پوسته  $10\mu\text{C}$  باشد، بار (الف) روی سطح داخلی پوسته و (ب) ذره، چقدر است؟

**۷۸-** بار  $600\text{ pC}$  به طور یکنواخت در سرتاسر حجم کره‌ای به شعاع  $r = 400\text{ cm}$  پخش شده است. بزرگی میدان الکتریکی در فاصله‌ی شعاعی (الف)  $600\text{ cm}$  و (ب)  $300\text{ cm}$  چقدر است؟

**۷۹-** آب در یک نهر آبیاری به پهنای  $w = 3.22\text{ m}$  و عمق  $d = 1.04\text{ m}$ ، با تندی  $0.207\text{ m/s}$  جاری می‌شود. شار جرمی آب عبوری از یک سطح فرضی برابر با حاصلضرب چگالی آب ( $1000\text{ kg/m}^3$ ) در شار حجمی عبوری آن از این سطح است.

شار جرمی عبوری از سطح‌های فرضی زیر را پیدا کنید: (الف) سطحی به مساحت  $wd$ ، کاملاً داخل آب و عمود بر جریان؛ (ب) سطحی به مساحت  $3wd/2$ ، که به اندازه‌ی  $wd$  در آب فرو رفته است و عمود بر جریان؛ (پ) سطحی به مساحت  $wd/2$  که کاملاً داخل آب است و عمود بر جریان؛ (ت) سطحی به مساحت  $wd$  که نیمی از آن داخل آب و نیمی دیگر در خارج آن است و عمود بر جریان؛ (ث) سطحی به مساحت  $wd$  که کاملاً داخل آب است و بردار عمود بر سطح آن با جهت جریان زاویه‌ی  $34/0^\circ$  می‌سازد.

**۸۰-** باری با چگالی سطحی یکنواخت  $800\text{ nC/m}^2$  روی تمام صفحه‌ی  $xy$  توزیع شده است؛ باری با چگالی سطحی یکنواخت  $300\text{ nC/m}^2$  روی صفحه‌ای موازی که با  $z = 200\text{ m}$  تعریف شده، توزیع شده است. بزرگی میدان الکتریکی را در نقطه‌ای با مختصات  $z$  (الف)  $100\text{ m}$  و (ب)  $300\text{ m}$ ، تعیین کنید.

**۸۱-** یک گوی کروی باردار دارای چگالی بار یکنواخت است. برحسب شعاع گوی  $R$ ، در چه فاصله‌های شعاعی (الف) در داخل و (ب) در خارج گوی، بیشینه‌ی میدان الکتریکی برابر با  $\frac{1}{4}$  بزرگی بیشینه‌ی میدان آن است؟

**۸۲-SSM** یک الکترون آزاد میان دو صفحه نارسنای موازی و بزرگ افقی که به فاصله‌ی  $2/3\text{ cm}$  از هم واقع‌اند، قرار دارد. یکی از صفحه‌ها دارای بار مثبت یکنواخت و دیگری دارای بار منفی یکنواخت است. نیروی وارد بر الکترون بر اثر میدان الکتریکی  $\vec{E}$  میان صفحه‌ها با نیروی گرانشی وارد بر الکترون موازنه کرده است. (الف) بزرگی چگالی بار سطحی روی صفحه‌ها و (ب) جهت (رو به بالا یا رو به پایین)  $\vec{E}$  چگونه است؟