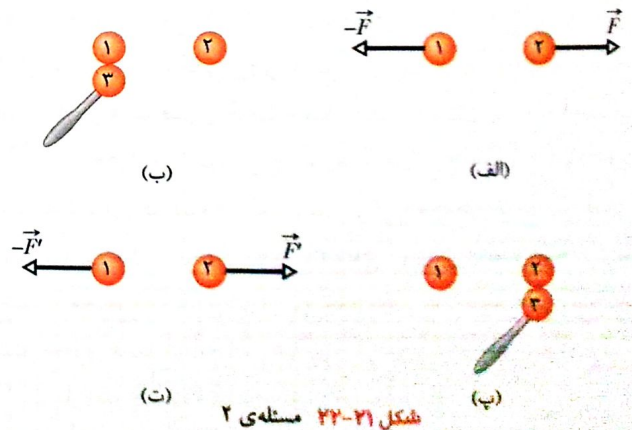


۱-۲۱ قانون کولن

۱۰. **ILW** از بار اولیه Q که روی کره کوچکی واقع است، جزء q به کره دیگری در نزدیکی آن منتقل می‌شود. هر دو کره را می‌توان به صورت ذره در نظر گرفت. به‌ازای چه مقدار q/Q نیروی الکتروستاتیکی میان این دو کره بیشینه است؟

۲۰. کره‌های رسانای منزوی مشابه ۱ و ۲ که دارای بارهای یکسانی هستند، در فاصله‌ای از هم قرار دارند که نسبت به قطر آنها بزرگ است (شکل ۲۱-۲۲ الف). نیروی الکتروستاتیکی‌ای که از سوی کره ۱ بر کره ۲ وارد می‌شود برابر با $\vec{F}$ است. حال فرض کنید که کره ۳ مشابه ۳، که دارای دسته‌ی عایقی است و در ابتدا خنثی است، نخست با کره ۱ (شکل ۲۱-۲۲ ب) و سپس با کره ۲ (شکل ۲۱-۲۲ پ) تماس پیدا کند، و سرانجام برداشته شود (شکل ۲۱-۲۲ ت). اکنون بزرگی نیروی الکتروستاتیکی‌ای که بر کره ۲ اثر می‌کند برابر با F' است. نسبت F'/F چقدر است؟



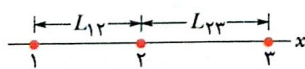
۳۰. فاصله‌ی میان دو بار نقطه‌ای $q_1 = 26 \mu\text{C}$ و $q_2 = -47 \mu\text{C}$ باید چقدر باشد تا بزرگی نیروی الکتروستاتیکی بین آنها 5.70 N شود؟

۴۰. در ضربه‌ی برگشت یک آذرخش، جریان $2.5 \times 10^4 \text{ A}$ در عرض $20 \mu\text{s}$ به‌وجود می‌آید. در این فرایند چقدر بار منتقل می‌شود؟

۵۰. ذره‌ای با بار $+3.00 \times 10^{-6} \text{ C}$ در فاصله‌ی 12 cm از ذره‌ی دیگری با بار $-1.50 \times 10^{-6} \text{ C}$ قرار دارد. بزرگی نیروی الکتروستاتیکی بین این دو ذره را محاسبه کنید.

۶۰. **ILW** دو ذره با بارهای یکسان در فاصله‌ی $3.2 \times 10^{-3} \text{ m}$ از هم نگه داشته شده‌اند و سپس از حالت سکون رها می‌شوند. مشاهده می‌شود شتاب اولیه‌ی ذره‌ی اول 7 m/s^2 و شتاب اولیه‌ی ذره‌ی دوم 9 m/s^2 است. اگر جرم ذره‌ی اول $6.3 \times 10^{-7} \text{ kg}$ باشد، (الف) جرم ذره‌ی دوم و (ب) بزرگی بار هر ذره چقدر است؟

۷۰۰. در شکل ۲۱-۲۳، سه ذره‌ی باردار روی محور x قرار دارند. ذره‌های ۱ و ۲ در جای خود ثابت شده‌اند. ذره‌ی ۳ می‌تواند آزادانه حرکت کند، ولی نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر آن از سوی دو ذره‌ی دیگر در جایی برابر صفر می‌شود. اگر $L_{12} = L_{23}$ باشد، نسبت q_1/q_2 چقدر است؟



شکل ۲۱-۲۳ مسئله‌های ۷ و ۴۰

۸۰۰ در شکل ۲۱-۲۴، سه کره‌ی رسانای مشابه در ابتدا دارای بارهای زیر هستند: کره‌ی A با بار $4Q$ ؛ کره‌ی B با بار $-6Q$ ؛ و کره‌ی C بدون بار. کره‌های A و B در جای خود ثابت شده‌اند و فاصله‌ی مرکز به مرکز آنها بسیار بزرگتر از اندازه‌ی کره‌هاست. می‌خواهیم دو آزمایش انجام دهیم. در آزمایش ۱، کره‌ی C به کره‌ی A تماس داده می‌شود و سپس (به‌طور جداگانه) به کره‌ی B تماس داده شده، و آنگاه برداشته می‌شود. در آزمایش ۲، با همان شرایط اولیه، مراحل کار وارونه می‌شوند: کره‌ی C به کره‌ی B تماس داده می‌شود و سپس (به‌طور جداگانه) به کره‌ی A تماس داده شده، و آنگاه برداشته می‌شود. نسبت نیروی الکتروستاتیکی میان A و B در پایان آزمایش ۲ به مقدار آن در پایان آزمایش ۱ چقدر است؟



شکل ۲۱-۲۴ مسئله‌های ۸ و ۶۵

۱۲۰۰ دو ذره روی محور x ثابت شده‌اند. ذره‌ی ۱ با بار $4.0 \mu C$ در $x = -2.0 \text{ cm}$ قرار گرفته است؛ ذره‌ی ۲ با بار Q در $x = 3.0 \text{ cm}$ قرار گرفته است؛ ذره‌ی ۳ با باری به بزرگی $2.0 \mu C$ از حالت سکون روی محور y در $y = 2.0 \text{ cm}$ رها می‌شود. اگر شتاب اولیه‌ی ذره‌ی ۳ در جهت مثبت (الف) محور x و (ب) محور y باشد، مقدار Q چقدر است؟

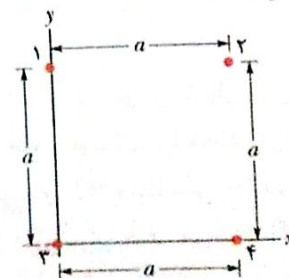


شکل ۲۱-۲۶ مسئله‌های ۱۳، ۱۹، ۳۰، ۵۸، و ۶۷

۱۴۰۰ سه ذره روی محور x ثابت شده‌اند. ذره‌ی ۱ با بار q_1 در $x = -a$ ، و ذره‌ی ۲ با بار q_2 در $x = +a$. برای آنکه نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره‌ی ۳ با بار $+Q$ برابر با صفر باشد، وقتی که ذره‌ی ۳ در (الف) $x = +0.500a$ و (ب) $x = +1.50a$ قرار دارد، نسبت q_1/q_2 باید چقدر باشد؟

۱۵۰۰ بارها و مختصات دو ذره‌ی باردار که در صفحه‌ی xy ثابت نگه داشته شده‌اند عبارت‌اند از $q_1 = +3.0 \mu C$ ، $x_1 = 3.5 \text{ cm}$ ، $y_1 = 0.50 \text{ cm}$ ، $q_2 = -4.0 \mu C$ ، $x_2 = -2.0 \text{ cm}$ ، $y_2 = 1.5 \text{ cm}$. (الف) بزرگی و (ب) جهت نیروی الکتروستاتیکی وارد بر ذره‌ی ۲ از سوی ذره‌ی ۱ چیست؟ در چه مختصه‌ی (ب) x و (ت) y ذره‌ی سوم با بار $q_3 = +4.0 \mu C$ باید قرار گیرد تا نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره‌ی ۲ از سوی ذره‌های ۱ و ۳ برابر با صفر شود؟

۱۶۰۰ در شکل ۲۱-۲۷، ذره‌ی ۱ (با بار q_1) و ذره‌ی ۲ (با بار q_2) که در مکانی روی محور x ثابت شده‌اند به فاصله‌ی 8.00 cm از هم قرار گرفته‌اند. قرار است ذره‌ی ۳ (با بار $q_3 = +8.00 \times 10^{-19} \text{ C}$) روی خطی که از دو ذره‌ی ۱ و ۲ قرار گیرد، به گونه‌ای که نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره‌ی ۳ برابر با F_{net} شود. شکل ۲۱-۲۷ ب مؤلفه‌ی x این نیرو را بر حسب مختصه‌ی x ای نشان می‌دهد که ذره‌ی ۳ در آن واقع شده است. محور x با $x = 8.0 \text{ cm}$ مقیاس‌بندی شده است. (الف) علامت بار q_1 و (ب) نسبت q_2/q_1 چیست؟



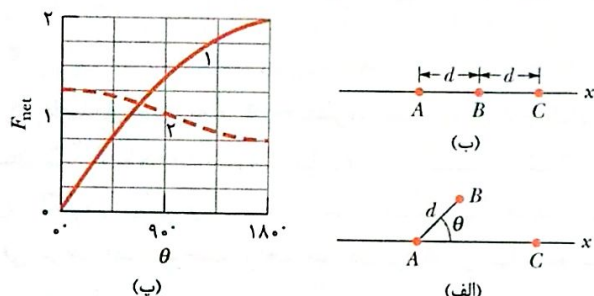
شکل ۲۱-۲۵ مسئله‌های ۱۰، ۱۱، و ۷۰

۹۰۰ دو کره‌ی رسانای مشابه که در جای خود ثابت شده‌اند، وقتی در فاصله‌ی مرکز به مرکز 5.0 cm قرار دارند، با نیروی الکتروستاتیکی 0.81 N همدیگر را جذب می‌کنند. سپس کره‌ها با سیم رسانای نازکی به هم متصل می‌شوند. وقتی سیم برداشته شود، کره‌ها یکدیگر را با نیروی الکتروستاتیکی 0.36 N دفع می‌کنند. از بار اولیه‌ی روی کره‌ها که مقدار خالص مثبتی دارد، چه مقدار (الف) بار منفی روی یکی از آنها و (ب) بار مثبت روی دیگری قرار دارد؟

۱۰۰۰ در شکل ۲۱-۲۵، چهار ذره تشکیل مربعی را داده‌اند. بارها عبارت‌اند از $q_1 = q_2 = Q$ و $q_3 = q_4 = q$. (الف) اگر نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره‌های ۱ و ۴ برابر صفر باشد، نسبت Q/q چقدر است؟ (ب) آیا هیچ مقداری از q وجود دارد که به‌ازای آن نیروی الکتروستاتیکی وارد بر هر چهار ذره برابر صفر شود؟ توضیح دهید.

۱۱۰۰ در شکل ۲۱-۲۵ بار ذرات عبارت‌اند از $q_1 = -q_2 = 1.00 \text{ nC}$ و $q_3 = -q_4 = 2.00 \text{ nC}$ ، و فاصله‌ی آنها

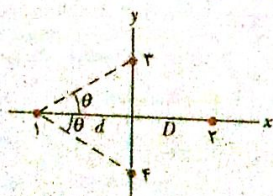
..... ۲۰ GO شکل ۲۱-۳۰ الف چیدمانی از سه ذره ی باردار را نشان می‌دهد که به فاصله ی d قرار گرفته‌اند. ذره‌های A و C روی محور x ثابت شده‌اند، ولی ذره ی B می‌تواند روی دایره‌ای به مرکز ذره ی A حرکت کند. در حین این حرکت، خط شعاعی میان B و A با جهت مثبت محور x زاویه ی θ می‌سازد (شکل ۲۱-۳۰ ب). منحنی‌های شکل ۲۱-۳۰ پ، برای دو وضعیت، بزرگی نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره ی A از سوی دو ذره ی دیگر را نشان می‌دهد. این نیروی خالص بر حسب تابعی از زاویه ی θ و بر حسب مضربی از مقدار پایه ی F_0 نشان داده شده است. مثلاً از روی منحنی ۱ درمی‌یابیم که در $\theta = 180^\circ$ ، $F_{\text{net}} = 2F_0$ است. (الف) برای وضعیت مربوط به منحنی ۱، نسبت بار ذره ی C به بار ذره ی B (با در نظر گرفتن علامت) چقدر است؟ (ب) برای وضعیت مربوط به منحنی ۲، این نسبت چقدر است؟



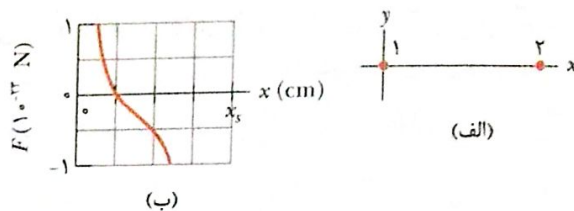
شکل ۲۱-۳۰ مسئله ۲۰

..... ۲۱ GO یک پوسته ی نارسانای کروی، با شعاع داخلی 4 cm و شعاع خارجی 6 cm دارای باری است که به‌طور غیریکنواخت در فضای بین سطوح داخلی و خارجی آن توزیع شده است. چگالی حجمی بار ρ ، بار در واحد حجم، با یکای کولن بر مترمکعب است. برای این پوسته $\rho = b/r$ است که در آن r فاصله بر حسب متر از مرکز پوسته و $b = 3\text{ } \mu\text{C}/\text{m}^2$ است. بار خالص داخل پوسته چقدر است؟

..... ۲۲ GO شکل ۲۱-۳۱ چیدمانی از چهار ذره ی باردار را، با زاویه ی $\theta = 30^\circ$ و فاصله ی $d = 2\text{ cm}$ نشان می‌دهد. بار ذره ی ۲ برابر $q_2 = +8 \times 10^{-19}\text{ C}$ ، و بار ذره‌های ۳ و ۴ برابر با $q_3 = q_4 = -1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$ است. (الف) فاصله ی D میان مبدأ و ذره ی ۲ چقدر باشد تا نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره ی ۱ از سوی ذره‌های دیگر برابر صفر شود؟ (ب) اگر ذره‌های ۳ و ۴ به محور x نزدیک‌تر آورده شوند ولی تقارن آنها نسبت به این محور تغییر نکند، آیا مقدار مورد نیاز D باید بزرگتر از مقدار آن در قسمت (الف) باشد یا کوچکتر یا مساوی با آن باشد؟

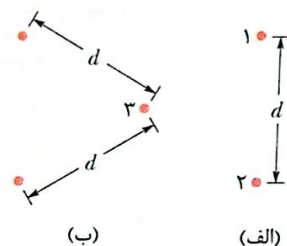


شکل ۲۱-۳۱ مسئله ۲۲



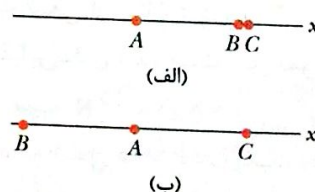
شکل ۲۱-۲۷ مسئله ۱۶

..... ۱۷ در شکل ۲۱-۲۸ الف، ذره‌های ۱ و ۲ که هر دو دارای بار $2\text{ } \mu\text{C}$ هستند در فاصله ی $d = 1.5\text{ m}$ از یکدیگر ثابت نگه داشته شده‌اند. (الف) بزرگی نیروی الکتروستاتیکی وارد بر ذره ی ۱ از سوی ذره ی ۲ چقدر است؟ در شکل ۲۱-۲۷ ب، ذره ی ۳ با بار $2\text{ } \mu\text{C}$ به گونه‌ای قرار گرفته است که مثلث متساوی‌الاضلاع ایجاد شود. (ب) بزرگی نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره ی ۱ از سوی ذره‌های ۲ و ۳ چقدر است؟



شکل ۲۱-۲۸ مسئله ۱۷

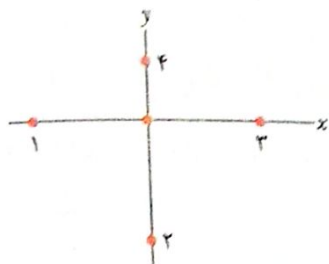
..... ۱۸ در شکل ۲۱-۲۹ الف، سه ذره ی باردار مثبت روی محور x ثابت شده‌اند. ذره‌های B و C چنان به یکدیگر نزدیک‌اند که می‌توانیم فاصله ی آنها را از ذره ی A یکسان در نظر بگیریم. نیروی خالص وارد بر ذره ی A از سوی ذره‌های B و C برابر با $2.14 \times 10^{-23}\text{ N}$ و در جهت منفی محور x است. در شکل ۲۱-۲۹ ب، ذره ی B به سمت مقابل A منتقل شده است ولی هنوز در همان فاصله از آن قرار دارد. اکنون نیروی خالص وارد بر A برابر با $2.877 \times 10^{-24}\text{ N}$ و در جهت منفی محور x است. نسبت q_C/q_B چقدر است؟



شکل ۲۱-۲۹ مسئله ۱۸

..... ۱۹ WWW در شکل ۲۱-۲۶، ذره ی ۱ با بار $+q$ و ذره ی ۲ با بار $+4q$ در فاصله ی $L = 9\text{ cm}$ از هم روی محور x ثابت نگه داشته شده‌اند. اگر ذره ی ۳ با بار q_3 به گونه‌ای قرار داده شود که این سه ذره به هنگام رها شدن در جای خود ثابت بمانند، مختصه ی (الف) x و (ب) y ذره ی ۳ و (پ) نسبت q_3/q باید چقدر باشد؟

خالص $\vec{F}_{net}$ وارد بر ذره‌ی ۵ به اندازه‌ی 30° پادساعتگرد بچرخد؟
(ب) وقتی ذره‌ی ۱ در مکان جدید خود ثابت شود، ذره‌ی ۳ را باید تا چه مقدار x حرکت داد تا $\vec{F}_{net}$ به جهت اولیه‌ی خود برگردد؟

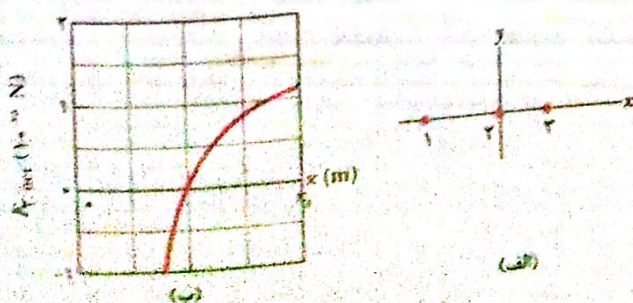


شکل ۲۱-۲۳ مسئله ۲۹

۲۰۰۰ در شکل ۲۶-۲۱ ذره‌های ۱ و ۲ در جای خود روی محور x به فاصله‌ی $L = 8.0 \text{ cm}$ از هم، ثابت شده‌اند. بار آنها $q_1 = +e$ و $q_2 = -27e$ است. ذره‌ی ۳ با بار $q_3 = +4e$ باید روی خط میان ذره‌های ۱ و ۲ قرار گیرد تا نیروی الکتروستاتیکی خالص $\vec{F}_{net}$ بر آن وارد شود. (الف) ذره‌ی ۳ باید در چه مختصات قرار گیرد تا بزرگی این نیرو کمینه شود؟ (ب) بزرگی این نیروی کمینه چقدر است؟

۳۱۰۰ **ILW** جو زمین دائماً توسط پروتون‌های پرتوی کیهانی که مبداء آنها جایی در فضاست بمباران می‌شود. اگر همه‌ی این پروتون‌ها از جو عبور کرده باشند، آنها با آهنگ متوسط 1500 پروتون در هر ثانیه به هر مترمربع از سطح زمین برخورد می‌کنند. جریان الکتریکی‌ای که از کل سطح زمین عبور می‌کند چقدر است؟

۳۲۰۰ در شکل ۳۴-۲۱ الف دو ذره‌ی باردار ۱ و ۲ را نشان می‌دهد که در جای خود روی محور x ثابت شده‌اند. ذره‌ی ۱ دارای باری به بزرگی $|q_1| = 8.0 \text{ e}$ است. ذره‌ی ۳ با بار $q_3 = +7.0 \text{ e}$ در ابتدا روی محور x در نزدیکی ذره‌ی ۲ قرار دارد. سپس ذره‌ی ۳ را به تدریج در سوی مثبت محور x حرکت می‌دهیم. در نتیجه، بزرگی نیروی الکتروستاتیکی خالص $\vec{F}_{net}$ وارد بر ذره‌ی ۲ از سوی ذره‌های ۱ و ۳ تغییر می‌کند. شکل ۳۴-۲۱ ب مؤلفه‌ی x این نیروی خالص را بر حسب تابعی از مکان x ذره‌ی ۳ نشان می‌دهد. محور x با $x_s = 0.80 \text{ m}$ مقیاس‌بندی شده است. این نمودار وقتی $x \rightarrow \infty$ میل کند دارای مجانب $F_{net} = 1.5 \times 10^{-25} \text{ N}$ است. بار q_2 بر حسب مضربی از e که شامل علامت هم باشد، چیست؟



شکل ۳۴-۲۱ مسئله ۳۲

۲۳۰۰۰ در شکل ۳۲-۲۱، ذره‌های ۱ و ۳ با بار $q_1 = q_3 = +3.20 \times 10^{-19} \text{ C}$ روی محور y به فاصله‌ی $d = 17 \text{ cm}$ از مبدأ واقع شده‌اند. ذره‌ی ۲ با بار $q_2 = +6.40 \times 10^{-19} \text{ C}$ به تدریج روی محور x از $x = 0$ به $x = +5 \text{ m}$ آورده می‌شود. به ازای چه مقداری از x بزرگی نیروی الکتروستاتیکی وارد بر ذره‌ی سوم از سوی دو ذره‌ی دیگر (الف) کمینه و (ب) بیشینه می‌شود؟ این مقادیر (پ) کمینه و (ت) بیشینه چقدر است؟



شکل ۳۲-۲۱ مسئله ۲۳

۲-۲۱ بار کوانتیده است

۲۴۰ فاصله‌ی مرکز به مرکز دو قطره‌ی آب کروی کوچک با بار یکسان $-1.60 \times 10^{-16} \text{ C}$ برابر با 1.00 cm است. (الف) بزرگی نیروی الکتروستاتیکی وارد بر آنها چقدر است؟ (ب) چند الکترون اضافی در هر قطره موجب بر هم خوردن توازن بار آنها شده است؟

۲۵۰ **ILW** چند الکترون باید از یک سکه برداشته شود تا بار $+1.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ در آن باقی بماند؟

۲۶۰ اگر فاصله‌ی میان یک یون مجزای سدیم باردار (Na^+) با بار $+e$ و یک یون مجزای کلر باردار (Cl^-) با بار $-e$ در یک بلور نمک طعام برابر با $2.82 \times 10^{-10} \text{ m}$ باشد، بزرگی نیروی الکتروستاتیکی میان آنها چقدر است؟

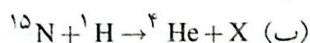
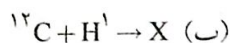
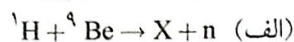
۲۷۰ بزرگی نیروی الکتروستاتیکی میان دو یون مشابه که به فاصله‌ی $5.0 \times 10^{-10} \text{ m}$ از هم قرار گرفته‌اند برابر با $3.7 \times 10^{-9} \text{ N}$ است. (الف) بار هر یون چقدر است؟ (ب) چند الکترون از هر یون "از دست رفته" است (که موجب عدم توازن بار آن شده است)؟

۲۸۰ **✎** عبور جریان 3.00 A از قفسه‌ی سینه شما می‌تواند موجب لرزش بطنی قلب شما، بر هم خوردن ضرب‌آهنگ طبیعی ضربان قلب و اختلال در گردش خون (و بنابراین اکسیژن) به مغز شما شود. اگر این جریان به مدت 2.00 min برقرار بماند، چند الکترون رسانش از قفسه‌ی سینه شما عبور خواهد کرد؟

۲۹۰۰ در شکل ۳۳-۲۱، ذره‌های ۲ و ۴ با بار $-e$ در جای خود روی محور y ، در $y_2 = -1.0 \text{ cm}$ و $y_4 = 5.0 \text{ cm}$ ثابت شده‌اند. ذره‌های ۱ و ۳ با بار $-e$ می‌توانند روی محور x حرکت کنند. ذره‌ی ۵ با بار $+e$ در مبدأ ثابت شده است. در ابتدا ذره‌ی ۱ در $x_1 = -1.0 \text{ cm}$ و ذره‌ی ۳ در $x_3 = 1.0 \text{ cm}$ قرار دارند. (الف) ذره‌ی ۱ را باید تا چه مقدار x حرکت داد تا جهت نیروی الکتریکی

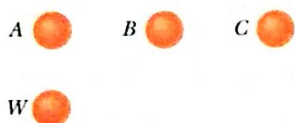
(الف) با تبدیل یک پروتون به یک نوترون، آیا یک الکترون یا یک پوزیترون ایجاد می‌شود؟ (ب) با تبدیل یک نوترون به یک پروتون، آیا یک الکترون یا یک پوزیترون ایجاد می‌شود؟

۳۷ • X را با استفاده از پیوست ج در واکنش‌های زیر تعیین کنید:



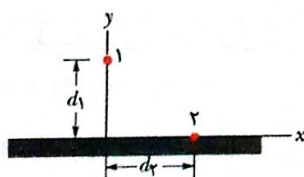
مسئله‌های تکمیلی

۳۸ • شکل ۲۱-۳۷ چهار کروی رسانای مشابه را نشان می‌دهد که در واقع به فاصله‌ی دوری از هم قرار دارند. کروی W (با بار اولیه‌ی صفر) به کروی A تماس داده می‌شود و سپس از آن جدا می‌گردد. آنگاه، کروی W به کروی B (با بار اولیه‌ی $-32e$) تماس داده می‌شود و سپس از آن جدا می‌گردد. سرانجام، کروی W به کروی C (با بار اولیه‌ی $+48e$) تماس داده می‌شود، و سپس از آن جدا می‌گردد. بار نهایی روی کروی W برابر با $+18e$ است. بار اولیه‌ی کروی A چقدر بوده است؟



شکل ۲۱-۳۷ مسئله ۳۸

۳۹ • در شکل ۲۱-۳۸، ذره‌ی ۱ با بار $+4e$ به فاصله‌ی $d_1 = 2.0 \text{ mm}$ بالای سطح افقی و ذره‌ی ۲ با بار $+6e$ به فاصله‌ی افقی $d_2 = 6.0 \text{ mm}$ از ذره‌ی ۱ قرار گرفته است. مؤلفه‌ی x نیروی الکتروستاتیکی وارد بر ذره‌ی ۲ از سوی ذره‌ی ۱ چقدر است؟



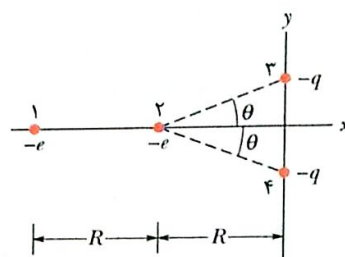
شکل ۲۱-۳۸ مسئله ۳۹

۴۰ • در شکل ۲۱-۲۳، ذره‌های ۱ و ۲ در جای خود ثابت شده‌اند، ولی ذره‌ی ۳ می‌تواند حرکت کند. اگر نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره‌ی ۳ از سوی ذره‌های ۱ و ۲ برابر صفر و $L_{12} = 2.0 \text{ m}$ باشد، نسبت q_1/q_2 چقدر است؟

۴۱ • (الف) چه بارهای مثبت یکسانی باید روی کره زمین و کره ماه قرار داده شوند تا جاذبه‌ی گرانشی بین آنها را خنثی کند؟ (ب) چرا در حل این مسئله نیازی به دانستن فاصله‌ی ماه از زمین ندارید؟ (پ) چند کیلوگرم یون هیدروژن (یعنی، پروتون) لازم است تا بار مثبت محاسبه شده در قسمت (الف) تهیه شود؟

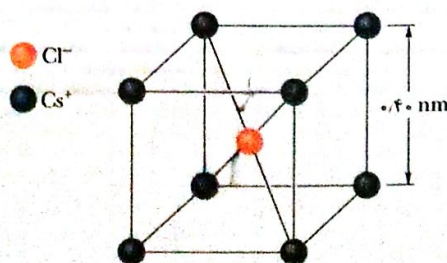
۳۳ • تعداد کولن‌های بار مثبت در 25.0 cm^3 آب (خنثی) چقدر است؟ (راهنمایی: اتم هیدروژن دارای یک پروتون و اتم اکسیژن دارای هشت پروتون است.)

۳۴ ••• شکل ۲۱-۳۵ الکترون‌های ۱ و ۲ را روی محور x و یون‌های باردار ۳ و ۴ با بار یکسان $-q$ را در زاویه‌های یکسان θ نشان می‌دهد. الکترون ۲ می‌تواند حرکت کند؛ سه ذره‌ی دیگر در مکان‌های خود به فاصله‌ی افقی R از الکترون ۲ ثابت شده‌اند و می‌خواهیم بر اثر حضور آنها الکترون ۲ در جای خود ثابت بماند. به ازای مقادیر از لحاظ فیزیکی ممکن $q \leq 5e$ ، (الف) کوچکترین، (ب) دومین کوچکترین، و (پ) سومین کوچکترین مقدار θ چقدر باشد تا الکترون ۲ در جای خود ثابت بماند؟



شکل ۲۱-۳۵ مسئله ۳۴

۳۵ ••• در بلورهای نمک سزیم کلراید، یون‌های سزیم Cs^+ هشت گوشه‌ی یک مکعب را تشکیل می‌دهند و یون Cl^- در مرکز مکعب قرار دارد (شکل ۲۱-۳۶). طول هر ضلع مکعب 0.40 nm است. یون‌های Cs^+ هر کدام فاقد یک الکترون اند (و بنابراین بار هر یک $+e$ است)، و یون Cl^- یک الکترون اضافی دارد (و بنابراین بار آن $-e$ است). (الف) بزرگی نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر یون Cl^- از سوی ۸ یون Cs^+ که در گوشه‌های مکعب قرار دارند چیست؟ اگر یکی از یون‌های Cs^+ حضور نداشته باشد، گفته می‌شود که بلور دارای نقص است؛ آنگاه بزرگی نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر یون Cl^- از سوی هفت یون Cs^+ باقی‌مانده چقدر می‌شود؟



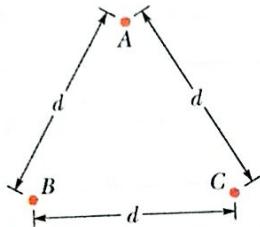
شکل ۲۱-۳۶ مسئله ۳۵

بخش ۲۱-۳ بار پایسته است

۳۶ • الکترون‌ها و پوزیترون‌ها توسط تبدیل‌های هسته‌ای پروتون‌ها و نوترون‌ها ایجاد می‌شوند که به واپاشی بتا معروف‌اند.

الکتروستاتیکی خالصی وارد نشود؟

۴۸ در شکل ۲۱-۴۱، سه کره‌ی رسانای مشابه تشکیل مثلث متساوی‌الاضلاعی به طول $d = 20.0 \text{ cm}$ را داده‌اند. شعاع کره‌ها کوچکتر از d است و بار کره‌ها عبارت‌اند از $q_A = -2.00 \text{ nC}$ ، $q_B = -4.00 \text{ nC}$ و $q_C = +8.00 \text{ nC}$. (الف) بزرگی نیروی الکتروستاتیکی میان کره‌های A و C چقدر است؟ حال مراحل زیر را در پی هم انجام می‌دهیم: A و B را با سیم نازکی به هم وصل می‌کنیم و سپس اتصال را برمی‌داریم؛ B را با سیمی به زمین وصل می‌کنیم و سپس اتصال را برمی‌داریم؛ B و C را با سیمی به هم وصل می‌کنیم و سپس اتصال را برمی‌داریم. اکنون بزرگی نیروی الکتروستاتیکی میان (ب) کره‌های A و C و (پ) کره‌های B و C چقدر است؟



شکل ۲۱-۴۱ مسئله ۴۸

۴۹ هر نوترون شامل یک کوارک "بالا" با بار $+2e/3$ و دو کوارک "پایین" هر یک با بار $-e/3$ است. اگر فرض کنیم فاصله‌ی بین کوارک‌های پایین در داخل نوترون برابر با $2.6 \times 10^{-15} \text{ m}$ باشد، بزرگی نیروی الکتروستاتیکی میان آنها چقدر است؟

۵۰ شکل ۲۱-۴۲ یک میله‌ی نارسانای بدون جرم بلند به طول L را نشان می‌دهد که در مرکزش لولا شده و با قطعه‌ای به وزن W در فاصله‌ی x از انتهای چپ میله به توازن رسیده است. در دو انتهای چپ و راست میله کره‌های رسانای کوچکی متصل شده‌اند که به ترتیب دارای بار q و $2q$ هستند. کره‌هایی با بار مثبت Q در فاصله‌ی h مستقیماً زیر این دو کره محکم شده‌اند. (الف) وقتی میله افقی و در توازن است، فاصله‌ی x چقدر است؟ (ب) باید چه مقداری داشته باشد تا وقتی میله افقی و در توازن است هیچ نیروی قائمی به محل لولا وارد نشود؟



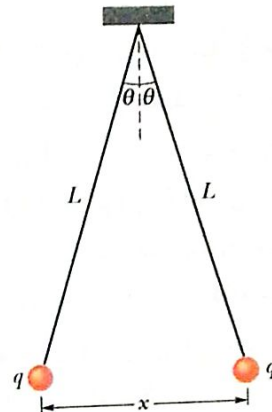
شکل ۲۱-۴۲ مسئله ۵۰

۵۱ میله‌ی نارسانای باردار، به طول 2.00 m و سطح مقطع 4.00 cm^2 ، طوری روی طرف مثبت یک محور x قرار دارد که یک

۴۲ در شکل ۲۱-۳۹، دو گوی رسانای کوچک با جرم یکسان m و بار یکسان q از نخ‌های نارسانایی به طول L آویخته شده‌اند. فرض کنید θ به حادی کوچک است که $\tan \theta$ را می‌توان با مقدار تقریبی آن، $\sin \theta$ ، جایگزین کرد. (الف) نشان دهید

$$x = \left(\frac{q^2 L}{2\pi\epsilon_0 mg} \right)^{1/3}$$

فاصله‌ی جدایی گوی‌ها را در وضعیت تعادل به دست می‌دهد. (ب) اگر $L = 12.0 \text{ cm}$ ، $m = 1.0 \text{ g}$ و $x = 5.0 \text{ cm}$ باشد، $|q|$ چقدر است؟



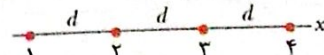
شکل ۲۱-۳۹ مسئله‌های ۴۲ و ۴۳

۴۳ (الف) توضیح دهید اگر یکی از گوی‌های مسئله ۴۲ تخلیه شود (بار خود را، مثلاً از طریق زمین از دست دهد) برای گوی‌ها چه رخ می‌دهد. (ب) فاصله‌ی تعادل جدید x را، با استفاده از مقادیر معین L و m و مقدار محاسبه شده‌ی $|q|$ ، به دست آورید.

۴۴ دو پروتون باید در چه فاصله‌ای از هم قرار گیرند تا بزرگی نیروی الکتروستاتیکی وارد بر هر کدام از سوی دیگری برابر با بزرگی نیروی گرانشی وارد بر یک پروتون در سطح کره زمین شود؟

۴۵ چند مگاکولن بار مثبت در 1.00 مول گاز هیدروژن مولکولی خنثی (H_2) وجود دارد؟

۴۶ در شکل ۲۱-۴۰، چهار ذره روی محور x ، با فاصله‌ی $d = 20.0 \text{ cm}$ ، ثابت شده‌اند. بارها عبارت‌اند از $q_1 = +2e$ ، $q_2 = -e$ ، $q_3 = +e$ و $q_4 = +4e$ ، با $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر (الف) ذره ۱ و (ب) ذره ۲ از سوی ذره‌های دیگر چگونه است؟



شکل ۲۱-۴۰ مسئله ۴۶

۴۷ بارهای نقطه‌ای $+6.0 \mu\text{C}$ و $-4.0 \mu\text{C}$ روی محور x ، به ترتیب در $x = 8.0 \text{ m}$ و $x = 16 \text{ m}$ ثابت شده‌اند. چه باری باید در $x = 24 \text{ m}$ قرار داده شود تا به هر بار واقع در مبدأ هیچ نیروی

با جرقه‌ای آزار می‌دهید. با توجه به اینکه موهای گربه عایق است، توضیح دهید که این جرقه چگونه ممکن است ظاهر شود؟

۵۷ می‌دانیم بار منفی الکترون و بار مثبت پروتون با هم برابرند ولی فرض کنید مقدار آنها به اندازه‌ی 0.0001% با هم متفاوت باشد. دو سکه‌ی مسی که به فاصله‌ی 1 m از هم قرار گرفته‌اند، با چه نیرویی همدیگر را دفع می‌کنند؟ فرض کنید که هر سکه دارای 3×10^{22} اتم مس باشد. (راهنمایی: یک اتم مس خنثی دارای ۲۹ پروتون و ۲۹ الکترون است.) از اینجا چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۵۸ در شکل ۲۱-۲۶ ذره‌ی ۱ با بار $80\text{ }\mu\text{C}$ و ذره‌ی ۲ با بار $40\text{ }\mu\text{C}$ در فاصله‌ی $L = 15\text{ cm}$ روی محور x ثابت نگه داشته شده‌اند. برحسب نمادگذاری بردارهای یکه، نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره‌ی ۳، با بار $q_3 = 20\text{ }\mu\text{C}$ چگونه است، در صورتی که ذره‌ی ۳ در (الف) $x = 40\text{ cm}$ و (ب) $x = 80\text{ cm}$ واقع شده باشد؟ اگر نیروی الکتروستاتیکی خالص وارد بر ذره‌ی ۳ از سوی ذره‌های ۱ و ۲ برابر صفر باشد، مختصه‌ی (پ) x و (ت) y ذره‌ی ۳ باید چقدر باشد؟

۵۹ بار کل 75 kg الکترون بر حسب کولن چقدر است؟

۶۰ در شکل ۲۱-۴۳، شش ذره‌ی باردار، ذره‌ی ۷ را در برگرفته‌اند که در فاصله‌های شعاعی $d = 1\text{ cm}$ یا $2d$ از آن قرار دارند. بارها عبارت‌اند از $q_1 = +2e$ ، $q_2 = +4e$ ، $q_3 = +e$ ، $q_4 = +4e$ ، $q_5 = +2e$ ، $q_6 = +8e$ ، $q_7 = +6e$ ، $q_8 = +10e$ ، $q_9 = +12e$ ، $q_{10} = +14e$ ، $q_{11} = +16e$ ، $q_{12} = +18e$ ، $q_{13} = +20e$ ، $q_{14} = +22e$ ، $q_{15} = +24e$ ، $q_{16} = +26e$ ، $q_{17} = +28e$ ، $q_{18} = +30e$ ، $q_{19} = +32e$ ، $q_{20} = +34e$ ، $q_{21} = +36e$ ، $q_{22} = +38e$ ، $q_{23} = +40e$ ، $q_{24} = +42e$ ، $q_{25} = +44e$ ، $q_{26} = +46e$ ، $q_{27} = +48e$ ، $q_{28} = +50e$ ، $q_{29} = +52e$ ، $q_{30} = +54e$ ، $q_{31} = +56e$ ، $q_{32} = +58e$ ، $q_{33} = +60e$ ، $q_{34} = +62e$ ، $q_{35} = +64e$ ، $q_{36} = +66e$ ، $q_{37} = +68e$ ، $q_{38} = +70e$ ، $q_{39} = +72e$ ، $q_{40} = +74e$ ، $q_{41} = +76e$ ، $q_{42} = +78e$ ، $q_{43} = +80e$ ، $q_{44} = +82e$ ، $q_{45} = +84e$ ، $q_{46} = +86e$ ، $q_{47} = +88e$ ، $q_{48} = +90e$ ، $q_{49} = +92e$ ، $q_{50} = +94e$ ، $q_{51} = +96e$ ، $q_{52} = +98e$ ، $q_{53} = +100e$ ، $q_{54} = +102e$ ، $q_{55} = +104e$ ، $q_{56} = +106e$ ، $q_{57} = +108e$ ، $q_{58} = +110e$ ، $q_{59} = +112e$ ، $q_{60} = +114e$ ، $q_{61} = +116e$ ، $q_{62} = +118e$ ، $q_{63} = +120e$ ، $q_{64} = +122e$ ، $q_{65} = +124e$ ، $q_{66} = +126e$ ، $q_{67} = +128e$ ، $q_{68} = +130e$ ، $q_{69} = +132e$ ، $q_{70} = +134e$ ، $q_{71} = +136e$ ، $q_{72} = +138e$ ، $q_{73} = +140e$ ، $q_{74} = +142e$ ، $q_{75} = +144e$ ، $q_{76} = +146e$ ، $q_{77} = +148e$ ، $q_{78} = +150e$ ، $q_{79} = +152e$ ، $q_{80} = +154e$ ، $q_{81} = +156e$ ، $q_{82} = +158e$ ، $q_{83} = +160e$ ، $q_{84} = +162e$ ، $q_{85} = +164e$ ، $q_{86} = +166e$ ، $q_{87} = +168e$ ، $q_{88} = +170e$ ، $q_{89} = +172e$ ، $q_{90} = +174e$ ، $q_{91} = +176e$ ، $q_{92} = +178e$ ، $q_{93} = +180e$ ، $q_{94} = +182e$ ، $q_{95} = +184e$ ، $q_{96} = +186e$ ، $q_{97} = +188e$ ، $q_{98} = +190e$ ، $q_{99} = +192e$ ، $q_{100} = +194e$ ، $q_{101} = +196e$ ، $q_{102} = +198e$ ، $q_{103} = +200e$ ، $q_{104} = +202e$ ، $q_{105} = +204e$ ، $q_{106} = +206e$ ، $q_{107} = +208e$ ، $q_{108} = +210e$ ، $q_{109} = +212e$ ، $q_{110} = +214e$ ، $q_{111} = +216e$ ، $q_{112} = +218e$ ، $q_{113} = +220e$ ، $q_{114} = +222e$ ، $q_{115} = +224e$ ، $q_{116} = +226e$ ، $q_{117} = +228e$ ، $q_{118} = +230e$ ، $q_{119} = +232e$ ، $q_{120} = +234e$ ، $q_{121} = +236e$ ، $q_{122} = +238e$ ، $q_{123} = +240e$ ، $q_{124} = +242e$ ، $q_{125} = +244e$ ، $q_{126} = +246e$ ، $q_{127} = +248e$ ، $q_{128} = +250e$ ، $q_{129} = +252e$ ، $q_{130} = +254e$ ، $q_{131} = +256e$ ، $q_{132} = +258e$ ، $q_{133} = +260e$ ، $q_{134} = +262e$ ، $q_{135} = +264e$ ، $q_{136} = +266e$ ، $q_{137} = +268e$ ، $q_{138} = +270e$ ، $q_{139} = +272e$ ، $q_{140} = +274e$ ، $q_{141} = +276e$ ، $q_{142} = +278e$ ، $q_{143} = +280e$ ، $q_{144} = +282e$ ، $q_{145} = +284e$ ، $q_{146} = +286e$ ، $q_{147} = +288e$ ، $q_{148} = +290e$ ، $q_{149} = +292e$ ، $q_{150} = +294e$ ، $q_{151} = +296e$ ، $q_{152} = +298e$ ، $q_{153} = +300e$ ، $q_{154} = +302e$ ، $q_{155} = +304e$ ، $q_{156} = +306e$ ، $q_{157} = +308e$ ، $q_{158} = +310e$ ، $q_{159} = +312e$ ، $q_{160} = +314e$ ، $q_{161} = +316e$ ، $q_{162} = +318e$ ، $q_{163} = +320e$ ، $q_{164} = +322e$ ، $q_{165} = +324e$ ، $q_{166} = +326e$ ، $q_{167} = +328e$ ، $q_{168} = +330e$ ، $q_{169} = +332e$ ، $q_{170} = +334e$ ، $q_{171} = +336e$ ، $q_{172} = +338e$ ، $q_{173} = +340e$ ، $q_{174} = +342e$ ، $q_{175} = +344e$ ، $q_{176} = +346e$ ، $q_{177} = +348e$ ، $q_{178} = +350e$ ، $q_{179} = +352e$ ، $q_{180} = +354e$ ، $q_{181} = +356e$ ، $q_{182} = +358e$ ، $q_{183} = +360e$ ، $q_{184} = +362e$ ، $q_{185} = +364e$ ، $q_{186} = +366e$ ، $q_{187} = +368e$ ، $q_{188} = +370e$ ، $q_{189} = +372e$ ، $q_{190} = +374e$ ، $q_{191} = +376e$ ، $q_{192} = +378e$ ، $q_{193} = +380e$ ، $q_{194} = +382e$ ، $q_{195} = +384e$ ، $q_{196} = +386e$ ، $q_{197} = +388e$ ، $q_{198} = +390e$ ، $q_{199} = +392e$ ، $q_{200} = +394e$ ، $q_{201} = +396e$ ، $q_{202} = +398e$ ، $q_{203} = +400e$ ، $q_{204} = +402e$ ، $q_{205} = +404e$ ، $q_{206} = +406e$ ، $q_{207} = +408e$ ، $q_{208} = +410e$ ، $q_{209} = +412e$ ، $q_{210} = +414e$ ، $q_{211} = +416e$ ، $q_{212} = +418e$ ، $q_{213} = +420e$ ، $q_{214} = +422e$ ، $q_{215} = +424e$ ، $q_{216} = +426e$ ، $q_{217} = +428e$ ، $q_{218} = +430e$ ، $q_{219} = +432e$ ، $q_{220} = +434e$ ، $q_{221} = +436e$ ، $q_{222} = +438e$ ، $q_{223} = +440e$ ، $q_{224} = +442e$ ، $q_{225} = +444e$ ، $q_{226} = +446e$ ، $q_{227} = +448e$ ، $q_{228} = +450e$ ، $q_{229} = +452e$ ، $q_{230} = +454e$ ، $q_{231} = +456e$ ، $q_{232} = +458e$ ، $q_{233} = +460e$ ، $q_{234} = +462e$ ، $q_{235} = +464e$ ، $q_{236} = +466e$ ، $q_{237} = +468e$ ، $q_{238} = +470e$ ، $q_{239} = +472e$ ، $q_{240} = +474e$ ، $q_{241} = +476e$ ، $q_{242} = +478e$ ، $q_{243} = +480e$ ، $q_{244} = +482e$ ، $q_{245} = +484e$ ، $q_{246} = +486e$ ، $q_{247} = +488e$ ، $q_{248} = +490e$ ، $q_{249} = +492e$ ، $q_{250} = +494e$ ، $q_{251} = +496e$ ، $q_{252} = +498e$ ، $q_{253} = +500e$ ، $q_{254} = +502e$ ، $q_{255} = +504e$ ، $q_{256} = +506e$ ، $q_{257} = +508e$ ، $q_{258} = +510e$ ، $q_{259} = +512e$ ، $q_{260} = +514e$ ، $q_{261} = +516e$ ، $q_{262} = +518e$ ، $q_{263} = +520e$ ، $q_{264} = +522e$ ، $q_{265} = +524e$ ، $q_{266} = +526e$ ، $q_{267} = +528e$ ، $q_{268} = +530e$ ، $q_{269} = +532e$ ، $q_{270} = +534e$ ، $q_{271} = +536e$ ، $q_{272} = +538e$ ، $q_{273} = +540e$ ، $q_{274} = +542e$ ، $q_{275} = +544e$ ، $q_{276} = +546e$ ، $q_{277} = +548e$ ، $q_{278} = +550e$ ، $q_{279} = +552e$ ، $q_{280} = +554e$ ، $q_{281} = +556e$ ، $q_{282} = +558e$ ، $q_{283} = +560e$ ، $q_{284} = +562e$ ، $q_{285} = +564e$ ، $q_{286} = +566e$ ، $q_{287} = +568e$ ، $q_{288} = +570e$ ، $q_{289} = +572e$ ، $q_{290} = +574e$ ، $q_{291} = +576e$ ، $q_{292} = +578e$ ، $q_{293} = +580e$ ، $q_{294} = +582e$ ، $q_{295} = +584e$ ، $q_{296} = +586e$ ، $q_{297} = +588e$ ، $q_{298} = +590e$ ، $q_{299} = +592e$ ، $q_{300} = +594e$ ، $q_{301} = +596e$ ، $q_{302} = +598e$ ، $q_{303} = +600e$ ، $q_{304} = +602e$ ، $q_{305} = +604e$ ، $q_{306} = +606e$ ، $q_{307} = +608e$ ، $q_{308} = +610e$ ، $q_{309} = +612e$ ، $q_{310} = +614e$ ، $q_{311} = +616e$ ، $q_{312} = +618e$ ، $q_{313} = +620e$ ، $q_{314} = +622e$ ، $q_{315} = +624e$ ، $q_{316} = +626e$ ، $q_{317} = +628e$ ، $q_{318} = +630e$ ، $q_{319} = +632e$ ، $q_{320} = +634e$ ، $q_{321} = +636e$ ، $q_{322} = +638e$ ، $q_{323} = +640e$ ، $q_{324} = +642e$ ، $q_{325} = +644e$ ، $q_{326} = +646e$ ، $q_{327} = +648e$ ، $q_{328} = +650e$ ، $q_{329} = +652e$ ، $q_{330} = +654e$ ، $q_{331} = +656e$ ، $q_{332} = +658e$ ، $q_{333} = +660e$ ، $q_{334} = +662e$ ، $q_{335} = +664e$ ، $q_{336} = +666e$ ، $q_{337} = +668e$ ، $q_{338} = +670e$ ، $q_{339} = +672e$ ، $q_{340} = +674e$ ، $q_{341} = +676e$ ، $q_{342} = +678e$ ، $q_{343} = +680e$ ، $q_{344} = +682e$ ، $q_{345} = +684e$ ، $q_{346} = +686e$ ، $q_{347} = +688e$ ، $q_{348} = +690e$ ، $q_{349} = +692e$ ، $q_{350} = +694e$ ، $q_{351} = +696e$ ، $q_{352} = +698e$ ، $q_{353} = +700e$ ، $q_{354} = +702e$ ، $q_{355} = +704e$ ، $q_{356} = +706e$ ، $q_{357} = +708e$ ، $q_{358} = +710e$ ، $q_{359} = +712e$ ، $q_{360} = +714e$ ، $q_{361} = +716e$ ، $q_{362} = +718e$ ، $q_{363} = +720e$ ، $q_{364} = +722e$ ، $q_{365} = +724e$ ، $q_{366} = +726e$ ، $q_{367} = +728e$ ، $q_{368} = +730e$ ، $q_{369} = +732e$ ، $q_{370} = +734e$ ، $q_{371} = +736e$ ، $q_{372} = +738e$ ، $q_{373} = +740e$ ، $q_{374} = +742e$ ، $q_{375} = +744e$ ، $q_{376} = +746e$ ، $q_{377} = +748e$ ، $q_{378} = +750e$ ، $q_{379} = +752e$ ، $q_{380} = +754e$ ، $q_{381} = +756e$ ، $q_{382} = +758e$ ، $q_{383} = +760e$ ، $q_{384} = +762e$ ، $q_{385} = +764e$ ، $q_{386} = +766e$ ، $q_{387} = +768e$ ، $q_{388} = +770e$ ، $q_{389} = +772e$ ، $q_{390} = +774e$ ، $q_{391} = +776e$ ، $q_{392} = +778e$ ، $q_{393} = +780e$ ، $q_{394} = +782e$ ، $q_{395} = +784e$ ، $q_{396} = +786e$ ، $q_{397} = +788e$ ، $q_{398} = +790e$ ، $q_{399} = +792e$ ، $q_{400} = +794e$ ، $q_{401} = +796e$ ، $q_{402} = +798e$ ، $q_{403} = +800e$ ، $q_{404} = +802e$ ، $q_{405} = +804e$ ، $q_{406} = +806e$ ، $q_{407} = +808e$ ، $q_{408} = +810e$ ، $q_{409} = +812e$ ، $q_{410} = +814e$ ، $q_{411} = +816e$ ، $q_{412} = +818e$ ، $q_{413} = +820e$ ، $q_{414} = +822e$ ، $q_{415} = +824e$ ، $q_{416} = +826e$ ، $q_{417} = +828e$ ، $q_{418} = +830e$ ، $q_{419} = +832e$ ، $q_{420} = +834e$ ، $q_{421} = +836e$ ، $q_{422} = +838e$ ، $q_{423} = +840e$ ، $q_{424} = +842e$ ، $q_{425} = +844e$ ، $q_{426} = +846e$ ، $q_{427} = +848e$ ، $q_{428} = +850e$ ، $q_{429} = +852e$ ، $q_{430} = +854e$ ، $q_{431} = +856e$ ، $q_{432} = +858e$ ، $q_{433} = +860e$ ، $q_{434} = +862e$ ، $q_{435} = +864e$ ، $q_{436} = +866e$ ، $q_{437} = +868e$ ، $q_{438} = +870e$ ، $q_{439} = +872e$ ، $q_{440} = +874e$ ، $q_{441} = +876e$ ، $q_{442} = +878e$ ، $q_{443} = +880e$ ، $q_{444} = +882e$ ، $q_{445} = +884e$ ، $q_{446} = +886e$ ، $q_{447} = +888e$ ، $q_{448} = +890e$ ، $q_{449} = +892e$ ، $q_{450} = +894e$ ، $q_{451} = +896e$ ، $q_{452} = +898e$ ، $q_{453} = +900e$ ، $q_{454} = +902e$ ، $q_{455} = +904e$ ، $q_{456} = +906e$ ، $q_{457} = +908e$ ، $q_{458} = +910e$ ، $q_{459} = +912e$ ، $q_{460} = +914e$ ، $q_{461} = +916e$ ، $q_{462} = +918e$ ، $q_{463} = +920e$ ، $q_{464} = +922e$ ، $q_{465} = +924e$ ، $q_{466} = +926e$ ، $q_{467} = +928e$ ، $q_{468} = +930e$ ، $q_{469} = +932e$ ، $q_{470} = +934e$ ، $q_{471} = +936e$ ، $q_{472} = +938e$ ، $q_{473} = +940e$ ، $q_{474} = +942e$ ، $q_{475} = +944e$ ، $q_{476} = +946e$ ، $q_{477} = +948e$ ، $q_{478} = +950e$ ، $q_{479} = +952e$ ، $q_{480} = +954e$ ، $q_{481} = +956e$ ، $q_{482} = +958e$ ، $q_{483} = +960e$ ، $q_{484} = +962e$ ، $q_{485} = +964e$ ، $q_{486} = +966e$ ، $q_{487} = +968e$ ، $q_{488} = +970e$ ، $q_{489} = +972e$ ، $q_{490} = +974e$ ، $q_{491} = +976e$ ، $q_{492} = +978e$ ، $q_{493} = +980e$ ، $q_{494} = +982e$ ، $q_{495} = +984e$ ، $q_{496} = +986e$ ، $q_{497} = +988e$ ، $q_{498} = +990e$ ، $q_{499} = +992e$ ، $q_{500} = +994e$ ، $q_{501} = +996e$ ، $q_{502} = +998e$ ، $q_{503} = +1000e$ ، $q_{504} = +1002e$ ، $q_{505} = +1004e$ ، $q_{506} = +1006e$ ، $q_{507} = +1008e$ ، $q_{508} = +1010e$ ، $q_{509} = +1012e$ ، $q_{510} = +1014e$ ، $q_{511} = +1016e$ ، $q_{512} = +1018e$ ، $q_{513} = +1020e$ ، $q_{514} = +1022e$ ، $q_{515} = +1024e$ ، $q_{516} = +1026e$ ، $q_{517} = +1028e$ ، $q_{518} = +1030e$ ، $q_{519} = +1032e$ ، $q_{520} = +1034e$ ، $q_{521} = +1036e$ ، $q_{522} = +1038e$ ، $q_{523} = +1040e$ ، $q_{524} = +1042e$ ، $q_{525} = +1044e$ ، $q_{526} = +1046e$ ، $q_{527} = +1048e$ ، $q_{528} = +1050e$ ، $q_{529} = +1052e$ ، $q_{530} = +1054e$ ، $q_{531} = +1056e$ ، $q_{532} = +1058e$ ، $q_{533} = +1060e$ ، $q_{534} = +1062e$ ، $q_{535} = +1064e$ ، $q_{536} = +1066e$ ، $q_{537} = +1068e$ ، $q_{538} = +1070e$ ، $q_{539} = +1072e$ ، $q_{540} = +1074e$ ، $q_{541} = +1076e$ ، $q_{542} = +1078e$ ، $q_{543} = +1080e$ ، $q_{544} = +1082e$ ، $q_{545} = +1084e$ ، $q_{546} = +1086e$ ، $q_{547} = +1088e$ ، $q_{548} = +1090e$ ، $q_{549} = +1092e$ ، $q_{550} = +1094e$ ، $q_{551} = +1096e$ ، $q_{552} = +1098e$ ، $q_{553} = +1100e$ ، $q_{554} = +1102e$ ، $q_{555} = +1104e$ ، $q_{556} = +1106e$ ، $q_{557} = +1108e$ ، $q_{558} = +1110e$ ، $q_{559} = +1112e$ ، $q_{560} = +1114e$ ، $q_{561} = +1116e$ ، $q_{562} = +1118e$ ، $q_{563} = +1120e$ ، $q_{564} = +1122e$ ، $q_{565} = +1124e$ ، $q_{566} = +1126e$ ، $q_{567} = +1128e$ ، $q_{568} = +1130e$ ، $q_{569} = +1132e$ ، $q_{570} = +1134e$ ، $q_{571} = +1136e$ ، $q_{572} = +1138e$ ، $q_{573} = +1140e$ ، $q_{574} = +1142e$ ، $q_{575} = +1144e$ ، $q_{576} = +1146e$ ، $q_{577} = +1148e$ ، $q_{578} = +1150e$ ، $q_{579} = +1152e$ ، $q_{580} = +1154e$ ، $q_{581} = +1156e$ ، $q_{582} = +1158e$ ، $q_{583} = +1160e$ ، $q_{584} = +1162e$ ، $q_{585} = +1164e$ ، $q_{586} = +1166e$ ، $q_{587} = +1168e$ ، $q_{588} = +1170e$ ، $q_{589} = +1172e$ ، $q_{590} = +1174e$ ، $q_{591} = +1176e$ ، $q_{592} = +1178e$ ، $q_{593} = +1180e$ ، $q_{594} = +1182e$ ، $q_{595} = +1184e$ ، $q_{596} = +1186e$ ، $q_{597} = +1188e$ ، $q_{598} = +1190e$ ، $q_{599} = +1192e$ ، $q_{600} = +1194e$ ، $q_{601} = +1196e$ ، $q_{602} = +1198e$ ، $q_{603} = +1200e$ ، $q_{604} = +1202e$ ، $q_{605} = +1204e$ ، $q_{606} = +1206e$ ، $q_{607} = +1208e$ ، $q_{608} = +1210e$ ، $q_{609} = +1212e$ ، $q_{610} = +1214e$ ، $q_{611} = +1$