

اغلب ساختارهای تشکیل دهنده مواد نرم و زیستی از جمله پلیمرها، کلوییدها، نانوذرات و غشاها در محیط‌های قطبی (غالباً آب) قرار دارند و سطوح آنها دارای بار الکتریکی است. این ساختارها با شاره‌ای از بارهای آزاد که به طور عام به شاره کولنی موسوم هستند احاطه می‌شوند. وجود شاره‌های کولنی و برهمکنش‌ها و اُفت و خیزهای آماری ناشی از آنها نقش مهمی در تعیین خواص فیزیکی این سیستم‌ها دارند. از لحاظ نظری، توصیف آماری شاره‌های کولنی بیش از یک قرن مورد توجه پژوهشگران بوده اما همواره با چالش‌های ریاضی فراوانی روبرو بوده است. پیشرفت‌های اخیر در استفاده از روش‌های نظریه میدان آماری، و همزمان با آن توسعه تکنیک‌های شبیه‌سازی عددی، راهگشای درک روشنی از بسیاری از خواص غیرعادی سیستم‌های باردار در حوزه فیزیک مواد نرم و زیستی بوده است. در این سخنرانی با ارائه مقدمه‌ای در باب اهمیت فراگیر شاره‌های کولنی در این حوزه، به مرور پیشرفت‌های نظری اخیر در این زمینه می‌پردازیم و نشان می‌دهیم که شاره‌های کولنی با نظریه‌ای اساساً غیرخطی توصیف می‌شوند. علاوه بر آن، نشان می‌دهیم که برخی از معروف‌ترین پدیده‌هایی که در سیستم‌های نرم و زیستی مشاهده می‌شود (همانند چگالش دی. ان. ای در نانوکپسول‌ها و ویروس‌ها، تشکیل کلاف‌های پلیمری باردار و نیروهای جاذبه شدید بین سطوح باردارِ همنام)، در واقع متناظر با حالتی هستند که در آن شاره کولنی موجود در سیستم از لحاظ آماری در شرایط "همبستگی بسیار قوی" قرار دارد. از این رو، درک نظری این گونه پدیده‌ها تنها به تازگی و با استفاده از روش‌هایی که قادر به توصیف اُفت و خیزهای آماری و همبستگی‌های قوی کولنی هستند میسر بوده است.