

2.1 Daya graviti

Sesuatu yang dilontarkan ke atas secara tabiinya jatuh ke bumi. Ini dikaitkan dengan adanya sejenis daya yang dipanggil 'graviti'. Setiap yang punyai jisim, ditarik oleh objek lain yang juga punyai jisim. Sebiji epal jatuh ke bumi.

Penyatuan pertama dibuat oleh Newton yang menyamakan graviti bumi dengan graviti langit. Pergerakan jasad-jasad astronomi mematuhi hukum graviti yang sama yang menentukan jatuhnya epal ke bumi. Ini diberikan oleh hukum Newton untuk graviti,

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

memberikan daya di antara dua jasad berjisim m_1 dan m_2 dijarakkan r . Ini daya berpusat kerana ia hanya bergantung kepada jarak jejarian dan bukan kepada sudut. Kerja dibuat dalam daya berpusat hanya bergantung kepada kedudukan awal dan kedudukan akhir, bukan kepada jejak di antaranya. Dengan itu bolehlah diperkenalkan parameter keupayaan, yang bergantung hanya kepada kedudukan dan bukan kepada jejak yang diambil. Daya seperti ini juga dikatakan daya abadi. Daya abadi boleh diperihalkan oleh medan vektor yang memberikan nilai daya terhadap kedudukan, yang disebut medan daya.

2.2 Daya keelektromagnetan

Daya keelektromagnetan bertindak di antara objek-objek bercas elektromagnetan. Ia juga bertindak secara berjarak, dan punyai kebergantungan dengan songsangan kuasa dua jarak:

$$F = -4\pi\epsilon_0 \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

Bentuk hukum songsangan kuasa dua ini serupa seperti untuk graviti, dan juga merupakan daya abadi. Cuma bagi keelektromagnetan, cas elektrik q boleh mengambil nilai positif atau negatif. Ini bermakna, ada hadangan atau penabiran cas ke atas daya asal.

Objek yang mempunyai cas magnet, merasai daya keelektromagnetan apabila ia bergerak. Begitu juga cas elektrik yang bergerak menjana cas magnet. Ini konsisten dengan kerelatifan khas. Sesuatu yang bergerak mengalami pengecilan jarak dalam arah pergerakan; cas yang bergerak memberikan kepadatan cas yang lebih kecil, dengan itu daya yang lebih kecil. Ini boleh diterangkan oleh penghasilan suatu daya 'magnet' oleh cas yang bergerak tadi. Daya keelektromagnetan keseluruhannya diberikan oleh ungkapan daya Lorentz,

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}),$$

di mana \mathbf{v} ialah halaju objek bercas q dalam medan elektrik \mathbf{E} dan medan magnet \mathbf{B} .

Langkah yang besar dalam teori keelektromagnetan ialah penghasilan persamaan-persamaan Maxwell oleh Maxwell dalam awal 1860an. Persamaan-persamaan Maxwell telah membuat penyatuan fenomena elektrik, fenomena magnet, dan cahaya. Kalau persamaan Lorentz terangkan daya dirasai dalam medan keelektromagnetan, persamaan-persamaan Maxwell terangkan telatah medan ini. Berikut persamaan Maxwell,

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \left(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)$$

di mana yang pertama ialah suatu bentuk persamaan Gauss, memerihalkan asalnya medan elektrik dari cas elektrik, yang keduanya persamaan sepadan untuk medan magnet, menunjukkan tiada sumber cas magnet ekakutub, yang ketiga ialah suatu bentuk persamaan Faraday untuk aruhan magnet, sementara yang keempat suatu bentuk persamaan litar Ampere dengan tambahan sebutan kedua oleh Maxwell. Dalam bentuk vector-4 kovarian, persamaan-persamaan ini ditulis

$$\partial_\nu F^{\mu\nu} = J^\mu$$

$$\epsilon_{\mu\nu\rho\sigma} \partial^\rho F^{\mu\nu} = 0$$

di mana $\epsilon_{\mu\nu\rho\sigma}$ adalah tensor antisimetri Levi-Civita dan $F^{\mu\nu}$ adalah medan tensor tenaga-momentum.

Satu penyelesaian kepada persamaan-persamaan Maxwell ialah yang berbentuk gelombang. Gelombang electromagnet ini merambat pada halaju cahaya, c ,

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

Jadi cahaya ialah gelombang elektromagnet.

Ikatan elektron kepada nukleus atom adalah menerusi daya elektromagnetan. Cas elektron yang bertentangan tanda dengan cas nukleus menyebabkan elektron tertarik kepada nukleus. Nukleus punyai cas, dan nilai jisim daripada kebanyakan nilai jisim atom.

2.3 Daya kuat

Pelbagai nukleus punyai pelbagai nilai cas. Jika diandaikan nukleus itu terdiri daripada zarah-zarah bercas unit (disebut proton), perlu juga dihipotesiskan komponen-komponen yang berjisim sama tetapi tidak bercas juga sebahagian daripada nukleus (disebut neutron). Oleh kerana proton yang bercas elektrik sama tanda harus menolak di antaranya, maka perlu diandaikan suatu jenis daya yang lain yang mengikat proton-proton ini, bersama neutron, ke dalam nukleus. Inilah daya nukleus kuat, atau secara pendeknya, daya kuat. Tarikan daya ini dirasai oleh proton dan neutron, yang mengikat komponen-komponen ini ke dalam nukleus, tetapi tidak oleh elektron. Proton dan neutron tidak dibezakan oleh daya ini, menimubulkan suatu simetri yang dikenali sebagai isospin.

Juga, julat daya kuat seharusnya dalam jarak saiz nukleus sahaja, jadi tiada terasa kesan oleh komponen-komponen dalam nukleus berlainan, kecuali dilanggarkan. Dalam julat ini, daya kuat harus lebih kuat daripada daya elektromagnet yang cuba menolak proton-proton dalam nukleus supaya berceraian.

Selain proton dan neutron, daya kuat juga dirasai oleh zarah-zarah lain seperti pion, kaon, dan Lambda, yang disebut 'hadron'. Hadron yang mempunyai nombor kuantum spin bernilai integer, seperti pion dan kaon dipanggil meson, dan yang mempunyai spin separuh integer dipanggil baryon. Baryon didapati terbina daripada tiga kuark, sejenis zarah keunsuran yang berpilin setengah dan bercas elektrik pecahan. Meson pula terbina daripada sebiju kuark dan sebiju antikuark. Daya kuat sebenarnya adalah di antara kuark (dan antikuark). Daya di antara nukleus ialah lebihan dari daya antara kuark dalam nukleus, seperti daya van der Waals dalam atom.

2. 4 Daya lemah

Fenomena keradioaktifan membabitkan reputan spontan. Neutron mereput menjadi proton, muon menjadi elektron, dan sebagainya. Untuk menerangkan fenomena ini, suatu daya baru dipostulatkan. Daya ini dikenali sebagai daya nukleus lemah atau daya lemah.

Daya lemah juga punyai julat yang kecil. Untuk menerangkan reputan, daya ini juga mempunyai kemampuan mengubah jenis zarah di bawah pengaruhnya. Misalnya dalam reputan neutron menjadi proton dan elektron (dan neutrino), kuark 'turun' bersaling tindak menghasilkan elektron dan neutrino, sementara dirinya sendiri berubah menjadi kuark 'naik'.