

3.

Benda



Benda.

Alam ini diperhatikan mengandung benda atau jirim. Benda diperihalkan bahasa, dan simbolnya diolah minda. Benda dikaitkan dengan sesuatu yang pejal, nyata dan selamat 'di luar sana'. Minda sesuatu konsep namun bukan sesuatu benda: benda difikirkan wujud dalam suatu 'ruang' dan berubah terhadap 'waktu', sementara minda tidak menduduki ruang walaupun boleh berubah terhadap waktu.

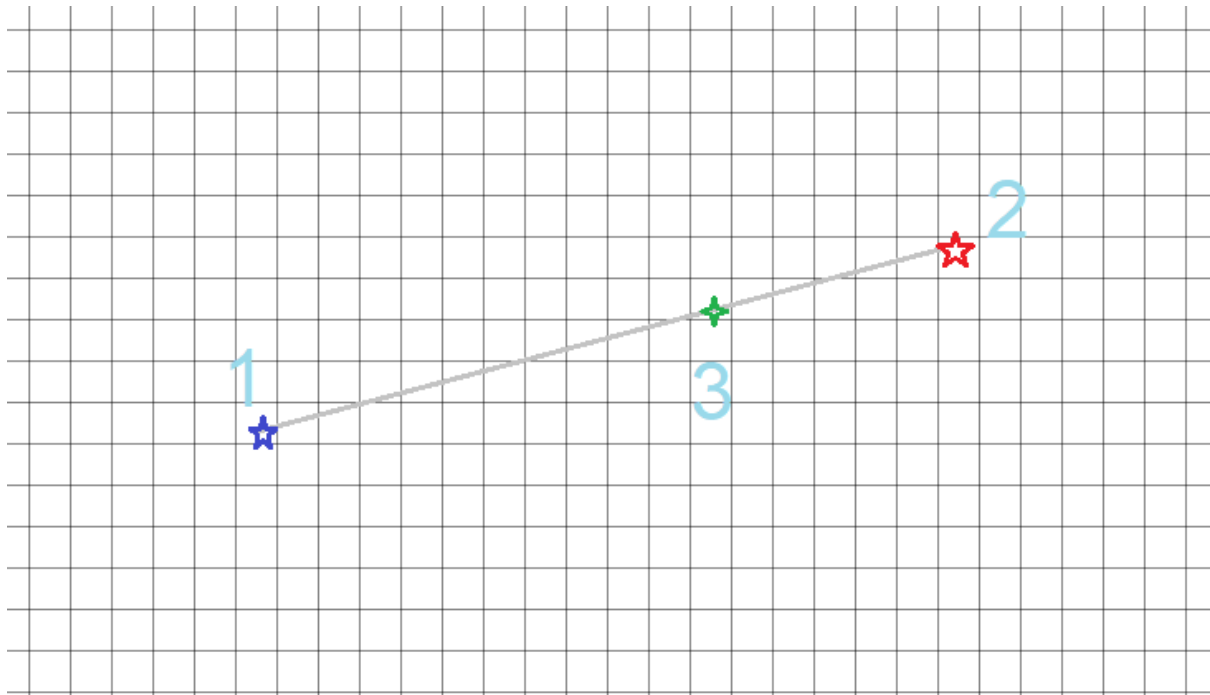
Benda dicerap detik demi detik. Dari kecil bayi-bayi, setelah beberapa masa tertentu, mempelajari keberterusan benda – sesuatu yang dicerap itu biasanya terus dicerap. Kecuali sesuatu berlaku ke atasnya. Mungkin inilah menjadi asas keabadian benda, atau prinsip keabadian jirim.

Benda didapati bergerak. Gerakan ialah relatif kepada benda yang lain. Memudahkan difahami pergerakan jika dilihat terhadap suatu latar belakang yang tetap. Ini membawa kepada konsep 'ruang'. Kemudian, pergerakan menyebabkan kedudukan-kedudukan berlainan dalam ruang ini, yang dibezakan oleh ukuran 'masa'.

Ruang dan jirim

Ruang adalah sesuatu yang kita ambil mudah. Kita deriai objek-objek yang berjauhan dari kita, dan konsep jarak tertimbul. Jarak menjadi metrik kepada dimensi ruang. Kita boleh atur benda-benda berlainan jarak dari kita, di atas satu garisan, pada "kedudukan" yang sepadan dengan jarak masing-masing. Jarak punyai sifat bertambahan, iaitu jarak antara objek A dan

C sama dengan jarak A dan B tambah jarak di antara B dan C, kalau A, B dan C di atas satu garisan, dan B berada di antara A dan C.

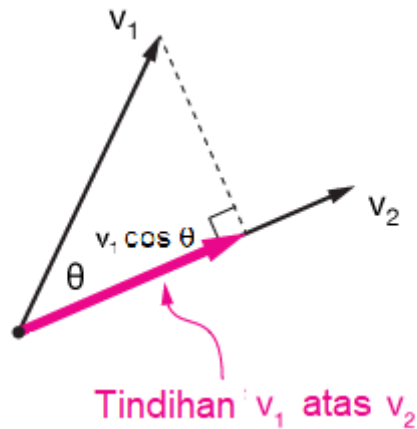


Kerangka latar belakang dipanggil ruang dapat memerihalkan hubungan kedudukan di antara benda-benda. Ini kerana jarak antara dua benda atas garisan adalah hasil tambah jarak benda pertama dengan yang ketiga yang juga atas garisan itu, dan jarak yang ketiga dengan yang kedua.

Pada awalnya, konsep ruang adalah berasaskan kedudukan objek-objek, seperti dibincangkan oleh Plato, Sokrates dan Aristotel dari Yunani kuno, dan Alhazen atau alHaitham dari Basrah. Ahli fizik Isaac Newton memformalkan ruang sebagai sesuatu yang mutlak dan wujud sendiri samada ada objek di dalamnya atau tidak, sementara Gottfried Liebnez membayangkan ruang sebagai koleksi hubungan-hubungan (seperti jarak) di antara objek-objek. Laplace Ahli falsafah Immanuel Kant merasakan pemikiran manusia mempunyai kesisteman semulajadi untuk menstrukturkan objek-objek ke dalam kerangka ruang.

Kita cerapi ada tiga arah bebas dalam sensasi ruang ini, jadi kita katakan ruang ini punyai tiga dimensi. Ataupun, dalam ruang 3 dimensi, 3 nombor diperlukan untuk memerihalkan kedudukan sesuatu itu dalam ruang tersebut. Arah dan kedudukan berkaitan rapat. Kedudukan sesuatu itu berbanding kedudukan pemerhati memberikan arah yang perlu diambil dalam pergerakan menghampirinya.

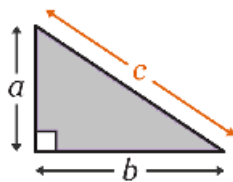
Tiga dimensi bermakna tiga arah bebas: ukuran dalam satu dimensi tidak 'mengacau' ukuran dalam dimensi lain. Ini membawa kepada konsep arah yang serenjang. Arah-arrah serenjang bebas, tidak memberi kesan di antara satu sama lain. Kesan daripada apa-apa dalam arah tak sama dengan sesuatu arah bergantung kepada tindihan arah-arrah ini, yang diberikan oleh fungsi trigonometri kosinus sudut di antara arah-arrah ini.



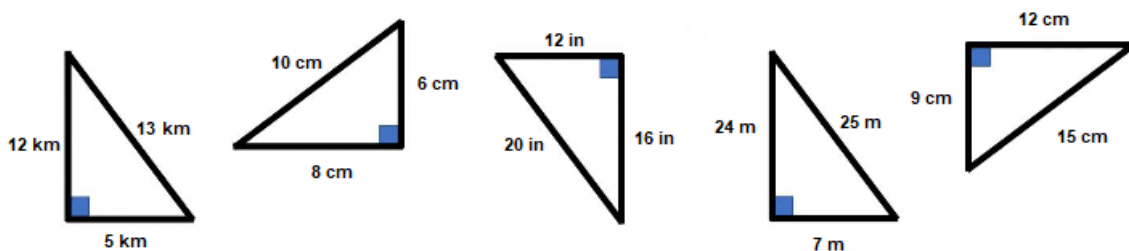
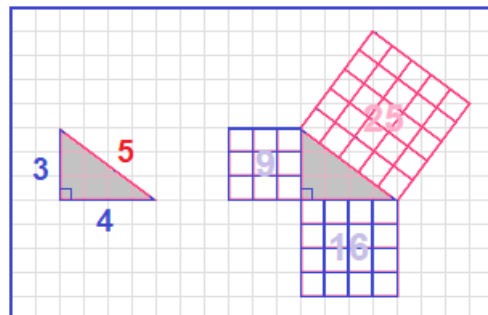
Tindihan.

Ada sudut istimewa di mana tindihan menjadi sifar. Inilah arah seranjang tadi. Sudut istimewa. Sudut tegak. 90 darjah.

Ada teorem berkenaan sudut tegak. Teorem Pythagoras menyatakan jumlah kuasa dua dua sisi suatu segitiga dengan sudut tegak sama dengan kuasa dua garis sendengnya. Ini benar untuk permukaan atau ruang dua dimensi yang datar atau rata. Hubungan ini nanti kita boleh gunakan untuk mencirikan kelengkungan ruang.



$$a^2 + b^2 = c^2$$



Teorem Pythagoras.

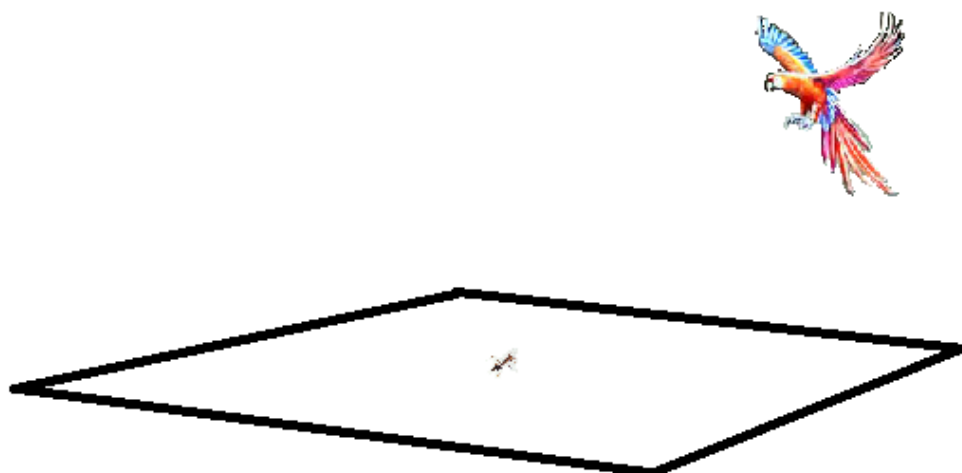
Ruang bukan sahaja dapat memberikan maklumat kedudukan benda, tetapi juga tentang saiz dan bentuknya. Ini daripada panjang objek itu dalam ruang. Secara biasanya, setiap benda punyai kedudukan, saiz dan bentuk.

Ada kebebasan dalam mendefinisikan kedudukan mutlak, yang bergantung kepada suatu kedudukan rujukan. Jarak di antara dua titik kedudukan tak berubah jika rujukan ini diubah. Dikatakan jarak “takvarian” terhadap perubahan titik rujukan, ataupun terhadap operasi ‘translasi’. Dikatakan ada ‘simetri’ translasi.

Begitu juga ada kebebasan dalam mendefinisikan arah mutlak, yang bergantung kepada suatu arah rujukan. Jarak sebenar di antara dua titik kedudukan tak berubah jika arah rujukan diubah. Ini adalah asas simetri keisotropian.

Jadi ruang direkabina untuk memerihalkan kedudukan dan panjang benda. Biasanya benda bertempat, iaitu ia objek dalam ruang. Yang dalam ruang itu biasanya disebut benda atau objek. Namun wujudkah benda atau objek yang tidak bertempat? Atau yang tidak bertempat ini bernama lain? Misalnya, *konsep* itu sesuatu perkara abstrak dan tidak bertempat. Mungkin kita boleh kata ia bukan benda atau objek, atau lebih menjunam lagi, ia bukan benda fizikan. Itu menjadi satu definisi untuk kefizikan.

Jika sesuatu itu tidak bertempat, atau ia tidak punyai kedudukan dalam ruang (katakan ruang fizikan) maka soalan di mana ia berada menjadi tidak bermakna. Jika orang berkata sesuatu itu berada dalam dimensi lain sehingga ia tidak dapat dicerapi, ini pula mengandaikan suatu atau beberapa dimensi yang menurutnya ia diasingkan daripada apa yang boleh dicerapi, dan entah bagaimana kedudukan dalam dimensi ini menentukan kebolehcerahan sesuatu itu. Jadi “dimensi lain” itu tidak tepat. Contoh, seekor semut yang bergerak di atas satu batu datar yang besar seolah-olah bergerak dalam dua dimensi – hanya ada dua arah yang bebas (secara kasar, hadapan-belakang dan kanan-kiri). Namun, sebenarnya ia dalam tiga dimensi (dengan atas-bawah). Pada sang semut, secara berkesannya, ia hanya boleh bergerak dalam dua dimensi. Seekor burung dengan dimensi tambahan, boleh menyambarnya dari atas. Sebenarnya semut pun dalam tiga dimensi, cuma dalam satu daripada dimensi itu ia terhad dan terlekat pada permukaan dua dimensi tertentu.



Alam dua dimensi tertanam dalam alam tiga dimensi.

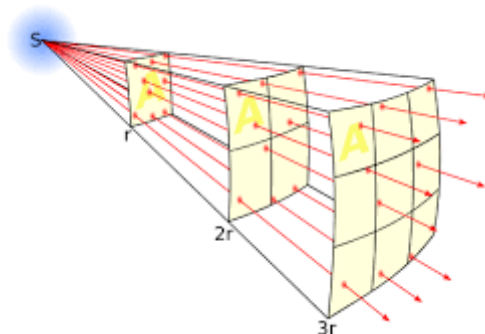
Dua benda juga tidak dapat bersalingtindak apabila dua benda itu berada dalam ruang-ruang berbeza. Di mana letaknya yang satu ruang itu relatif kepada yang satu lagi itu merupakan soalan yang tak bermakna.

Kisah menarik tentang analogi ruang adalah seperti berikut. Seekor ikan remaja, dinasihati ikan tua, supaya jangan telan cacing yang terhidang di hadapannya. Kata situ, kalau kamu telannya, kamu akan ditarik dan diletakkan dalam bakul, disiang dan digoreng dalam minyak panas, dan dimakan oleh makhluk setiapnya dengan 32 gigi. Maka siremaja ini mencari dalam kolamnya bakul, pisau siangan, minyak, api dan makhluk bergigi namun tidak ditemuinya. Itu kerana ia hanya mencari dalam alamnya. Dalam ruangnya. Jika ia menelan cacing tergantung, menentangi nasihat situ, makai a akan ditarik kea lam atau ruang lain, dan ia akan saksi apa yang situ katakan.

Sekadar analogi.

Begitulah dikatakan apabila manusia pertama ke angkasa lepas, Yuri Gagarin dari Rusia membuat aktiviti diluar kapal angkasanya ('space walk': bersiar angkasa), beliau berkata bahawa beliau tak nampak pun Tuhan di sana. Ini selari dengan pendirian Russia sebagai negara komunis. Negara Islam senyap. Cuma seorang ulamak dari Indonesia yang memberi sambutan, Gagarin melakukan siar angkasa dengan talihayat menghubungi ke kapal induk, jika beliau melakukannya tanpa talihayat, dia akan berjumpa Tuhan! Lagi, ruang berlainan. Atau melampauai ruang.

Satu persoalan tentang dimensi ruang ialah kenapa kita huni ruang 3 dimensi. Bukan 2 dan bukan 4. Dalam dimensi 3, keamatan daya terhadap jarak menuruti hukum songsangan kuasadua. Ini kerana daya dari satu sumber titik perlu melingkungi keratan rentas permukaan sferaan yang luasnya berkadaran dengan kuasadua jarak. Kalau dimensi 4, kita ada hukum songsangan kuasatiga, kalau dimensi 2, kita ada hukum songsangan, dan sebegitulah.

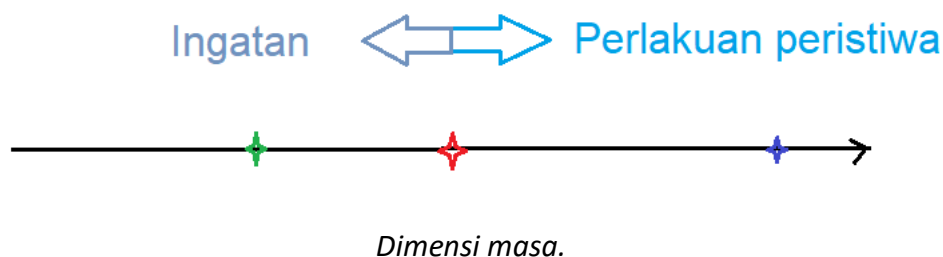


Hukum songsangan kuasa dua dalam dimensi 3.

Ruang dilihat suatu kanvas yang sentiasa terbentang. Di atasnya disangkut objek yang bersalingtindak di antara mereka.

Masa

Masa juga seakan 'kedudukan'. Ia boleh dilihat sebagai dimensi keempat. 'Anak panah masa', yang berkait perubahan masa dalam satu arah, iaitu ke hadapan, bermakna peristiwa-peristiwa berlaku pada kedudukan masa yang arah ke hadapan (yang makin bertambah nilainya, katakan) sahaja, ataupun sekurang-kurangnya ingatan kita, atau apa-apa 'ingatan', itu hanya boleh rujuk pada peristiwa di arah sebelah masa mengurang, katakan, sahaja.



Munasabah dianggap sesuatu asbab atau penyebab itu perlu berlaku sebelum akibatnya berlaku. Ini daripada penerimaan anak panah masa. Arah maklumat ke hadapan, atau ke arah masa lebih 'besar'; maklumat bertambah terhadap masa. Ini mengekang ketersebaban fizikan sebagai teratur masa. Namun secara lebih am, kitab oleh ada hujahan yang mana akibatnya terlebih dahulu dalam masa daripada asbabnya. Misalnya, orang Islam mengatakan bahawa Allah SWT mencipta alam kerana Nabi Muhammad SAW, yang bakal menghuninya, akan diciptakannya. Begitu juga prinsip antropik, yang menghujahkan kewujudan semesta yang memungkinkan kemunculan manusia untuk merenung penciptaannya. Teori-teori alam semesta dibatasi oleh keharusan untuk memungkinkan keberadaan manusia tersebut.

Kalau dimensi masa dilihat seperti dimensi ruang, maka seluruh masa terbentang 'pada setiap masa'.

Jika masa terbentang, bagaimana dengan pilihan diri ("*free will*")? Semua di 'masa hadapan' sudah terbentang, bolehkah ia masih diubah, menerusi pilihan diri atau lain? Perubahan ialah pembaharuan, sesuatu yang baharu, yang mengimplikasikan masa. Jadi, ada masa lain di luar masa? Kalau perubahan sebegini tidak dibenarkan, maka pilihan diri telah dibuat dan terbentang dalam ruang-masa; kita hanya perlu melalui trajektorinya sahaja. (Trajektori ini termasuk proses pilihan itu sendiri). Pengetahuan tentang masa hadapan terbentang, tetapi mengetahui ini tidak pula menyekat pilihan diri, bahkan pilihan dirilah yang menghasilkannya.

Masa juga, seperti ruang, tidak mutlak dan bergantung kepada satu detik rujukan. Namun ia masih juga mempunyai sifat bertambahan, yang membolehkan ia difahami sebagai dimensi seperti dimensi ruang. Ada simetri translasi masa.

Objek-objek di atas paksi, seperti yang di atas paksi ruang, dikawal keselantaran. Sesuatu objek itu punyai lokasi berhampiran dalam ruang bagi bahagian-bahagian yang bercantum membentuknya. Jika sesuatu objek itu abadi, yakni ia tidak tiba-tiba muncul atau hilang, makai a akan punyai kedudukan selanjat dalam paksi masa, unjuran pada nilai-nilai

berterusan atas paksi masa. Begitu juga, keabadian objek melihat kedudukannya di atas jejak selanjar dari mula hingga akhir. Namun secara dasarnya, titik-titik dalam arena dipaksi ruang-masa merupakan titik-titik peristiwa yang tak semestinya berpaut.

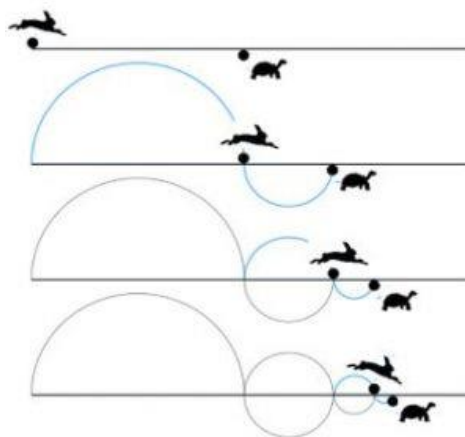
Kita perasan semacam hanya ada satu dimensi masa. Sekali lagi, kenapa satu dan hanya satu?

Dalam mendekati masa, ada yang menganggap gerakan sebagai yang asas, dan masa hanya yang tertimbul daripadanya.

Gerakan

Daya berkesan memberikan memberikan gerakan. Yang dicerap atau dilihat manusia ialah pergerakan. Objek bergerak jatuh ke bumi, dan bila dikenakan tindakan. Ada jasad-jasad dilangit yang kelihatan bergerak, termasuk planet. Pada zaman Yunani, pergerakan jasad samawi dikaitkan dengan geometri dan harmonik. Kecenderungan menganggap manusia sebagai pusat alam, diandaikan objek di langit mengorbit bumi dengan jejak-jejak berbentuk bulatan, iaitu geometri yang paling mudah dan unggul. Seakan gerakan samawi tersedia ada, wujud secara geometri, tidak disebabkan oleh sesuatu yang lain. Bahkan, masyarakat Yunani juga mengaitkan geometri langit ini dengan harmonik muzik, menunjukkan kecenderungan mereka kepada melihat pola-pola sebegini sebagai menjadi asas kepada struktur alam.

Dari satu sudut, boleh dikatakan bahawa masyarakat Yunani baik dalam menggunakan geometri untuk memerihalkan objek-objek statik atau yang pegun. Namun mereka seolah kurang sedikit dalam menghadapi pergerakan. Paradoks Zeno ialah suatu paradoks yang menggambarkan perkara ini. Zeno agaknya berkata, untuk bergerak dari satu kedudukan ke satu kedudukan lain, sesuatu objek itu perlu bergerak jarak di antara dua kedudukan itu. Namun, untuk berbuat demikian, ia perlu bergerak separuh jarak itu dahulu. Begitulah untuk bergerak jarak kedua ini, ia perlu juga bergerak separuhnya dahulu. Dan seterusnya. Sehingga infiniti.

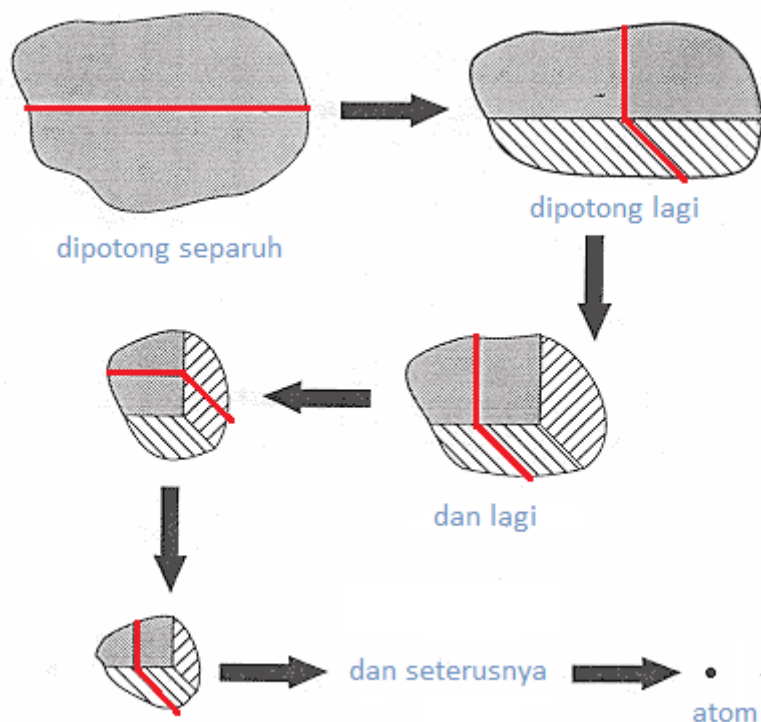


Paradoks Zeno. Setiap kali arnab mahu sampai kepada kura-kura, ia perlu bergerak jaraknya, tetapi dalam masa itu kura-kura telah bergerak lagi. Jadi arnab tak boleh pintas kura-kura!

Penyelesaian paradoks Zeno memerlukan kaedah kalkulus, yang direka bersama oleh Isaac Newton untuk membolehkan terbitan hukum gerakannya, yang mengkanunkan pergerakan dan bagaimana pergerakan terhasil dalam benda-benda.

Atom

Ahli falsafah Yunani, Demokritus, yang hidup 400 tahun sebelum bermulanya kalender Masehi, telah membuat pendekatan reduktionisme dalam memahami jirim, dengan mengatakan bahawa jirim boleh dibahagi-bahagi sehingga unsur yang terkecil, yang masih mempunyai ciri jirim asal, dan ini dikatakan atom. Lebih-kurang 50 tahun sebelum itu, Empedokles, mendakwa jirim tercipta dari empat unsur – tanah, air, udara dan api. Ini juga reduktionisme, kerana cuba menerangkan perkara yang lebih rumit daripada salingtindak perkara-perkara lebih mudah, walaupun ia pandangan agak makro berbanding pendekatan mikro Demokritus.



Konsep atom Demokritus

Ahli kalam Islam selepas itu melanjutkan pandangan Empedokles ini, yang cocok dengan kenyataan dalam al-Qur'an yang manusia itu dibuat daripada tanah, kehidupan itu dibuat daripada air, ruh itu ditiupkan (seperti udara), dan syaitan itu dibuat daripada api. Hingga dikatakan empat kali sebutan 'Allahu akbar' (Allah maha besar) dalam panggilan azan itu adalah bagi menafikan kuasa tanah, air, udara dan api ini.

Dalam al-Qur'an tiada disebut atom secara tersurat, tetapi ada tentang 'dzarrah' yang ditafsirkan sebagai debu oleh sahabat Nabi, Abdullah ibni Abbas, dan juga sebagai semut kecil oleh penafsir agung, Imam Ibnu Katsir. Namun, secara konsep, bolehlah difahamkan bahawa 'dzarrah' (atau zarah dalam Bahasa Melayu) menandakan suatu partikel terkecil dari benda yang ada, seperti pendapat Al-Hafiz Ibnu Hajar al Asqalani. Ini selari dengan dua ayat akhir surah Izalzulati, yang menyatakan bahawa sesungguhnya sesiapa yang beramal [walau] satu zarah kebaikan akan melihat [balasan]nya, dan sesiapa yang beramal [walau] satu zarah kejahatan akan melihat [balasan]nya.

Walaupun bagaimanapun, konsep atom atau zarah itu tidak semudah yang mungkin difikirkan. Misalnya, harus dibezakan ciri dalaman sesuatu jirim dengan ciri makronya. Suatu lesung batu, jika dikerat-keratkan, tidak memberikan lesung-lesung kecil, tetapi pecahan-pecahan batu yang lebih kecil. Akhirnya, atom batu ditemui. Di tahap itu, pemecahan seterusnya samada tidak dibolehkan, ataupun menghasilkan jirim-jirim lain.

Seorang Inggeris, John Dalton pada separuh awal abad ke-19, dikaitkan dengan fahaman modern atom, daripada kajian kimianya. Dalton lahir daripada keluarga miskin dan mula mencari duit semenjak umur 10 tahun. Beliau menjalankan sebuah sekolah bersama abangnya, namun tidak memasuki university mungkin kerana beliau bersama kelompok yang menentang Gereja Anglikan, yang tidak menyetujui kepaduan pehak gereja dan raja. Beliau banyak belajar sains secara tak formal daripada seorang filusuf buta bernama John Gough. Sebelum mengkaji kimia, Dalton ada menghasilkan kajian tentang meteorologi, nahu, pegunungan, dan kebutaan warna.

Kajian kimia Dalton bermula dengan kajian gas. Telatah gas sudah cukup memberi petunjuk kepada keatoman, kerana ia boleh difahamkan sebagai hasil perlanggaran zarah-zarah dalam gas. Misalnya, kajian tekanan wap 6 cecair berbeza menunjukkan perubahan yang sama terhadap suhu, menunjukkan mekanisme perlanggaran zarah yang serupa, namun pada masa itu ketidakfahaman tentang apa itu haba mengaburi pemahaman Dalton. Walaupun bagaimanapun, kajian gasnyalah yang memberi idea kewujudan atom kepadanya. Serapan pelbagai gas oleh air pada kadar berlainan membawa kepada idea yang zarah gas berlainan mempunyai berat berlainan, yang membawa kepada konsep berat relatif atom, dan seterusnya berat atom. Jenis atom berlainan mempunyai berat berlainan. Kalau sesuatu unsur itu atom, sebatian kimia seharusnya terdiri daripada nisbah nombor bulat atom-atom, dan berat kimianya merupakan jumlah nombor bulat ini masing-masing mendarabi berat atom berkenaan. Dalam bukunya *New System of Chemical Philosophy* ("Sistem Baharu Falsafah Kimia"), Dalton menyenaraikan 20 unsur dan 17 molekul (gabungan atom) mudah.

Kajian seperti ini pada abad ke-17 masehi telah memecahkan kepercayaan lama bahawa objek dalam alam ini terbina daripada unsur-unsur udara atau angin, air, tanah dan api. Udara telah ditunjukkan sebagai mengandungi komponen-komponen seperti oksigen dan karbon dioksida. Komponen ini merupakan apa yang disebut atom dan molekul.

Teori atom modern juga dikaitkan dengan ahli sains Russia, Dmitri Mendeleev, yang dalam tahun 1860an memperkenalkan Jadual Berkala, yang mengaitkan sifat-sifat kimia bahan dari sesuatu unsur kimia, atau jenis atom itu, dengan beratnya. Mendeleev dilahirkan di Siberia tetapi telah kemudiannya dibawa oleh ibunya untuk belajar di St Petersburg. Walaupun ada beberapa orang lain yang mengatitkan unsur-unsur kimia dalam bentuk jadual yang berkait dengan keberkalaan sifat-sifat mereka pada masa tersebut, namun Mendeleev dapat menggunakan Jadualnya untuk meramalkan unsur-unsur baharu, yang kemudiannya ditemui. Jadi beliaulah yang dikaitkan dengan Jadual Berkala sifat-sifat atom, tetapi walaubagaimanapun, gagal memenangi Hadial Nobel untuknya walau dicadangkan pada tahun 1905 dan 1907, dikatakan kerana politik dalaman Akademi Sains Sweden, badan yang memilih pemenang.



Bahan diatur menurut unsur kimia dalam Jadual Berkala di California Polytechnic State University, Amerika Syarikat.

Jadual Berkala Mendeleev ini berguna, kerana dapat difahami ratusan unsur kimia yang ditemui, dengan cara yang lebih mudah. Dengan meningkatnya berat atom, sifat kimianya berubah, tetapi selepas beberapa bilangan, ia kembali menyerupai sifat atom di awal kala dan seterusnya; jadi keserupaan sifat-sifat kimia ini berulang secara berkala. Ini kemudiannya telah difahami berpandukan teori struktur atom itu sendiri, yang membabitkan fenomena yang berkala, yang secara khususnya, merujuk kepada pengisian elektron dalam petala-petala orbital. Inilah asas kepada Jadual Berkala. Misalnya gas-gas adi Helium, Neon, Argon, Krypton, dan seterusnya berada di lajur yang sama setelah atom-atom diatur di atas Jadual Berkala menurut nombor atom, yang berkait dengan berat atom, tetapi bukanlah sama dengannya secara tepat. Lajur ini sepadan dengan atom-atom dengan pengisian penuh elektron di petala

paling luar, yang dikaitkan dengan atom-atom yang malas bertindak balas, ciri kimia yang dilihat dalam atom-atom gas adi.

Nombor atomlah yang sebenarnya mencirikan atom. Sekarang kita tahu bahawa atom mempunyai nukleus yang dikelilingi elektron, dan nombor atom itu mewakili cas elektrik nukleus tersebut. Rupanya cas elektrik juga terdiskret, dan nukleus sesuatu atom itu mempunyai bilangan tertentu cas diskret ini, yang dinamakan nombor atom. Sifat kimia bahan dari sejenis atom itu bergantung kepada bilangan cas dalam nukleus atom, dan seterusnya ke atas pengisian elektron, yang bilangannya mengimbangi cas nukleus itu, secara berkala.

Dua perkara harus diperhatikan di sini. Pertama, atom itu sendiri terbina daripada jujuk yang lebih kecil iaitu unsur-unsur yang membawa cas bernilai tertentu, yang bilangannya boleh berbeza dalam atom berbeza. Atom hanya zarah terkecil yang masih membawa sifat jirim berkenaan. Itu pun bergantung juga kepada bagaimana atom itu pula diaturkan. Misalnya dari atom karbon yang sama, kita boleh perolehi grafit dalam pensel kalau karbon itu diatur berheksagon dalam satah-satah selari, atau berlian kalau aturan karbon dalam bentuk tetragon. Jadi sifat pukal sesuatu objek itu bergantung kepada atom keunsurannya, dan cara organisasi atom tersebut.

Atom merupakan satu lapisan keunsuran. Itu pun, seperti diberikan dalam jadual berkala, ada seratus lebih jenis atom itu sendiri. Bolehkah kepelbagaian atom atau unsur kimia ini diterangkan oleh sesuatu yang lebih keunsuran? Adakah atom itu sendiri komposit, yakni terbina oleh benda-benda lain? Cara organisasi benda-benda subatom kemudiannya memberikan jenis-jenis atom yang berlainan sifat.

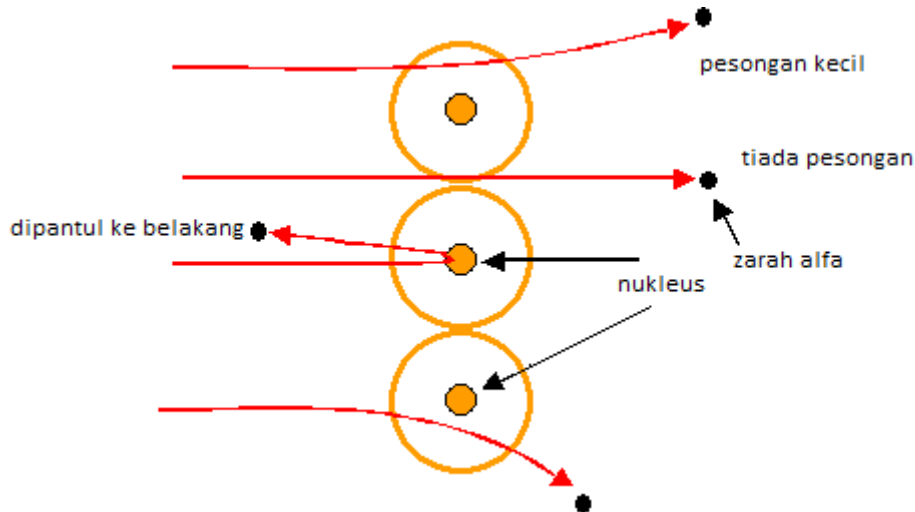
Kemudian, adakah benda-benda subatom ini terbina daripada sesuatu yang lebih keunsuran? Dan seterusnya? Adakah penghujungnya?

Kajian yang menggerudi ke dalam dan ke dalam ini, untuk menerangkan sistem makro, dilabel reduktionisme. Harapannya ialah sistem besar dapat difahami apadbila sistem-sistem kecil yang menjadi komponennya, yang biasanya dianggap akan lebih mudah, dapat difahami.

Nukleus

'Pembelahan' atom dipelopori seorang saintis yang berasal dari New Zealand yang telah membuat kajiannya di Britain dan di Kanada, iaitu Baron Ernest Rutherford. Dari eksperimen Rutherford (yang dianugerah Hadiah Nobel bidang kimia 1908, sebelum eksperimen ini) di tingkat bawah tanah di Manchester pada tahun 1910, yang menghentam zarah alfa (yang bercas positif) ke atas kerajang emas, di mana kebanyakan zarah tuju dihantar terus tanpa perubahan trajektorinya dan ada sedikit pantulan ke belakang, atom dirumuskan sebagai terdiri dari nukleus kecil tapi padat di tengah ruang kosong. Saiz nukleus adalah lebih-kurang 1 per seratus ribu kali ganda lebih kecil daripada saiz atom. Nukleus memonopoli berat atom, dan punyai cas positif dengan bilangan cas itu diberi nilai nombor atomnya. Di keliling nukleus

terletaknya elektron-elektron yang setiapnya mempunyai satu cas negatif, mengimbangi jumlah cas dalam atom. Elektron sangat ringan berbanding nukleus. Ia tidak mempengaruhi pesongan zarah alfa tuju secara bererti.



Eksperimen Rutherford menunjukkan atom terbina daripada nukleus kecil yang padat. Nukleus dikelilingi elektron.

Elektron ditemui oleh Sir Joseph John Thompson pada tahun 1897 (Hadiah Nobel fizik 1906, tetapi untuk kajian konduksi elektrik dalam gas) semasa mengkaji sinar katod. Beliau profesor di Cambridge, dan Rutherford merupakan seorang pelajarnya. Penemuan elektron merupakan penemuan zarah subatom yang pertama. Dan elektron ini membawa cas elektrik yang diskret.

Jadi bukan sahaja jirim yang keunsurannya didiskretkan dalam bentuk atom-atom, tapi cas elektrik juga terdiskret. Ada nilai cas yang terkecil, yang merupakan cas di atas elektron. Robert Andrews Millikan (Nobel fizik 1923) telah cuba mencari cas yang lebih kecil kalau ada, di dalam titisan-titisan minyak dengan mengukur cas di dalamnya menggunakan daya elektrostatik ke atasnya. Nukleus pula dicirikan oleh apa yang disebut nombor atom, and ini merupakan bilangan cas di atasnya yang sama tetapi bertentangan dengan bilangan elektron dalam atom berkenaan, supaya cas keseluruhan adalah sifar. Biasanya cas nukleus dikatakan cas positif, sementara cas elektron pula cas negatif.

Jenis atom ditentukan oleh beratnya ("nombor jisim"), dan terutama cas nukleusnya ("nombor atom"). Cas nukleus menentukan bilangan elektron di kelilingnya (supaya keseluruhannya neutral), dan aturan elektron-elektron ini. Aturan elektron menentukan sifat kimia sesuatu atom.

Kesan elektrik ini sesuatu yang awal ditemui manusia, dan dikaitkan daya elektrik (elektrostatik) di antara objek-objek bercas (bercas elektrik). Daya adalah sesuatu yang mempengaruhi pergerakan sesuatu jirim. Ia punyai kekuatan dan arah. Sesuatu yang

halimunan tetapi kesannya dilihat dan boleh diramalkan secara konsisten. Daya boleh bertindak dari jarak jauh. Kawasan pengaruh daya ini disebut 'medan'.

Daya

Fizikus terkenal Sir Isaac Newton telah merumuskan kesan daya ke atas jirim. Kalau tiada daya mempengaruhi, jirim berada dalam keadaan 'biasa'nya. Iaitu ia kekal pegun atau tidak bergerak, atau bergerak dengan cara malar, iaitu dengan halaju tetap. Ini ialah hukum Newton pertama memerihalkan dinamik. Hukum dinamik Newton kedua memerihalkan bagaimanakah kesan daya ke atas jirim apabila ia dikenakan. Daya menyebabkan jirim dipecut, iaitu halajunya berubah. Kalau halaju ialah kadar berubah kedudukan per masa, begitulah pecutan ialah kadar berubah halaju per masa. Pecutan ini adalah dalam arah daya berkenaan. Hukum Newton kedua menyatakan bahawa pecutan dialami adalah berkadaran dengan kuatnya daya yang dikenakan. Kadar itu diparameterkan dengan apa yang dipanggil 'jisim' bagi jirim atau jasad (koleksi jirim) tersebut. Ditulis daya, $F = ma$, sama dengan jisim darab pecutan. Jisim ialah pekali perkadaran di antara daya dan kesannya, pecutan. Hukum ketiga Newton pula ialah bagi setiap daya tindakan, jika tidak menghasilkan pecutan, maka ada daya tindakbalas yang sama kuat tetapi bertentangan. Ini menyatakan bahawa jika daya itu tidak menghasilkan kesan pecutan tadi, ia bermakna ia diimbangi oleh daya lain yang bertentangan yang menyebabkan daya bersih jadi sifar.

$$F = m \times a$$

Hukum dinamik Newton kedua. Pemerihalan matematik kepada fenomena alam tabii. Pecutan, a , yang diukur. Hukum hubungan di antara "daya" F dan a . Boleh dilihat sebagai pendefinisian jisim, m . Boleh juga dilihat sebagai pendefinisian F .

Dengan hukum-hukum dinamik Newton ini, secara prinsipnya kita boleh ramal keadaan alam semester seterusnya. Diberi keadaan awal semua zarah (kedudukan, halaju, pecutan, daya dirasai), kamiran masa (mengira kesan jumlah terhadap masa) memberikan keadaan setelah masa tertentu. Ini membawa gambaran bahawa alam semesta bersifat berketentuan – semua keadaan masa hadapan telah ditentukan. Bagi seorang penganut teisme, ini mungkin tidak begitu disenangi, kerana seolah-olah Tuhan tidak punyai kuasa untuk menentukan keadaan masa hadapan alam. Sebenarnya, Newton mempunyai kefahaman teisme bagi gambaran ini. (Pada zaman Newton, pengaruh agama, termasuk dalam akademia, masih kuat.) Dia setuju tentang keteramalan dan ketertentuan alam, tetapi padanya, yang boleh mempunyai ilmu tentang semua keadaan awal itu hanyalah Tuhan.

Begitulah pemikiran Pierre-Simon Laplace, seorang matematikis Perancis, juga pada waktu itu. Ia membawa kepada paradigma sains itu sebagai mengejar pemisahan unggul, dengan

pertimbangan alam dari segi perwakilannya, yang terdiri daripada butir-butirnya yang ditentukan tepat. Kebetulannya, perwakilan ini berbentuk matematik. Suatu 'minda' yang mengetahui semua daya yang bertindak atas semua jirim, dan kedudukan semua jirim pada sesuatu waktu, akan punyai segala pengetahuan sains yang sempurna tentang alam. Namun ada yang membantah bahawa ini semua hanya data dan hukum pengubahannya, tanpa 'makna' yang bermakna. Sintaks sahaja, tanpa semantik.

Pandangan Laplace ini juga menyokong reduksionisme – apa-apa pengalaman boleh dipecah-pecahkan kepada tindakbalas atoman yang berganding. Sesuatu sistem boleh difahami dengan melihat subsistemnya secara berasingan. Reduksionisme, tentunya, merupakan kaedah analisis, namun ia tidak disenangi apabila diangkat menjadi idealogi. Ramai yang menentang, misalnya, kemungkinan pergerakan atom dan molekul asas dapat membina, akhirnya, keterangan tentang fenomena kompleks seperti telatah manusia dan masyarakat.

Apapun pendapat anda tentang ide Laplace, mungkin timbul juga persoalan bagaimanakah alam ini sangat mudah diperihalkan matematik. Adakah realiti memang terstruktur matematik? Atau persepsi kita sebagai pemerhati terkekang oleh perwakilan realiti dalam struktur matematik, apapun bentuk realiti?

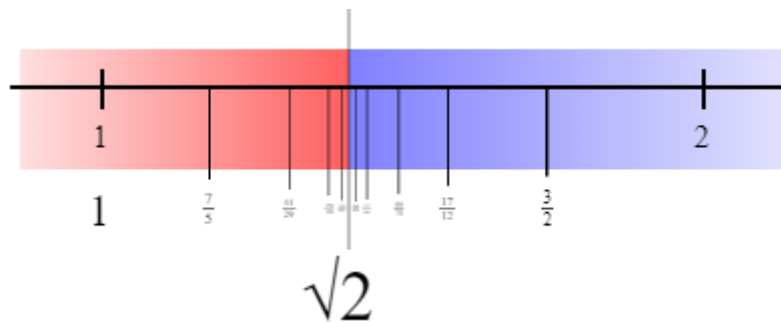
Perhatikan dalam perihalan dinamik alam oleh Newton, kamiran telah digunakan. Kamiran, dan operasi terbalikinya pembedaan, adalah komponen apa yang dipanggil kalkulus. Ia suatu pengkaedahan matematik untuk melihat alam. Misalnya, sesuatu perubahan (contoh: kelajuan atau halaju) diperolehi daripada pembedaan kuantiti yang berubah (kedudukan atau jarak) terhadap parameter perubahan (masa). Perubahan yang kecil, menghampiri sifar dipertimbangkan. Kedua-dua parameter perubahan dan kuantiti berubah hampir sifar, dan kita ada kadar yang diberikan oleh sifar dibahagi sifar. Kalkulus memberi jalan menangani nilai-nilai kecil ini tanpa sesuatu meletup menjadi infiniti, atau terus menguncup menjadi sifar; kaedah pembedaan memberikan nilai yang munasabah kepada kadar perubahan. Begitulah kaedah kamiran membolehkan bilangan banyak (hampir infiniti) unsur-unsur bernilai kecil (hampir sifar) dijumlahkan untuk memberi suatu nilai yang bermakna.

Sifar sebenarnya adalah penemuan yang agak lewat berbanding nombor-nombor lain. Nombor mewakili bilangan dan telah digunakan semenjak zaman Mesir kuno sebelum Yunan. Namun pada waktu itu hanya ada konsep nombor tabii, 1,2,3, dan seterusnya, dan 0 muncul kemudian. Sifar dijumpai oleh Shaharir Mohamad Zain, pengkaji etnomatematik Malaysia, telah digunakan dalam penulisan Melayu Champa sebelum penggunaannya di India lagi. Selepas nombor tabii, konsep pecahan iaitu suatu nombor tabii dibahagi suatu nombor tabii yang lain, misalnya setengah $\frac{1}{2}$ dan dua pertiga $\frac{2}{3}$ timbul. Semasa zaman Yunani, konsep nombor nisbah (yang boleh ditulis dalam bentuk pecahan) (rasional) dan tak nisbah (tak rasional) telah dikenalpasti.

Nombor tak rasional membawa masalah. Pendokong Pythagoras melihat alam yang harmoni, dan harmoni mengimplikasi hubungan-hubungan rasional di antara kuantiti. Kewujudan nombor tak rasional mengancam binaan konsep alam Pythagoras. Dengan pecahan, sudah

ada infiniti nombor di antara dua nombor bulat berjajukan, kerana ada infiniti gabungan pengatas dan pembawah pecahan. Nombor tak rasional, yang seolah-olah mengisi renggang di antara nombor-nombor rasional, membawa infiniti nombor lagi di setiap daripada infiniti renggang. Satu infiniti pun sudah meresahkan, ini pula infiniti infiniti.

Sekolah Pythagoras yang memuliakan harmoni, yang membabitkan nisbah dan pecahan, gusar dengan nombor tak rasional. Namun ironinya teorem Pythagoras juga yang menonjolkan nombor tak rasional. Segitiga tepat dengan sisi jarak 1 dan 1 memberikan garis sendeng jarak punca kuasadua 2, iaitu $\sqrt{2}$, suatu nombor tak rasional. Tiada nombor pecahan yang kuasaduanya boleh memberikan nilai 2.



Nombor tak rasional $\sqrt{2}$, dalam renggang di antara dua pecahan. Ada infiniti nombor tak rasional dalam renggang yang sama.

Begitu kekusaran sekolah Pythagoras ini sehingga timbul legenda bahawa “pengarang teori yang tak selaras telah ditelan dalam kapal karam. Oleh itu, syurga menghukum orang yang telah 'menyatakan yang tidak dapat diungkapkan, mewakili yang tidak dapat difahami, menyingkap yang sepatutnya kekal selamanya tersembunyi’”. Ada juga yang mengatakan penemu nombor tak rasional telah membunuh diri.

Dalam pemahaman fenomena alam sebagai akibat daya dan kesannya, dan perihalan ini secara matematik, nombor tak rasional tak dapat dielakkan.

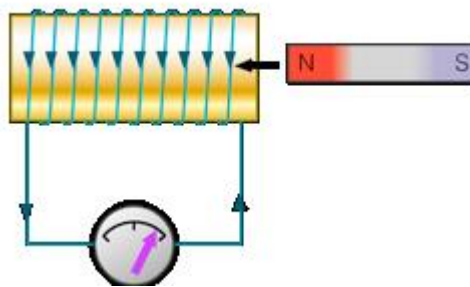
Jenis Daya

Yang awal diperhatikan manusia ialah daya graviti. Benda-benda dilihat ‘jatuh’ ke bumi. Graviti ialah daya di antara benda-benda ber’jisim’. Newton telah mendepankan hukum gravitinya, di mana daya di antara dua objek berkadaran dengan jisim yang dipunyai. Dalam kata lain, jisim memberikan ukuran berapa kuat sesuatu objek itu bertindakbalas kepada graviti. Antigraviti, atau tolakan graviti tidak pernah ditemui, jadi jisim sentiasa bercas positif. Ini bermakna graviti tak boleh dihadang oleh jisim bertentangan tanda. Newton juga menyatukan graviti bumi dengan graviti langit, iaitu jasad-jasad langit bergerak sebenarnya di bawah tarikan graviti.

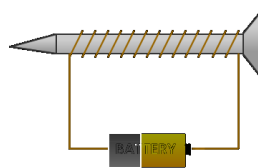


Pertunjukan wayang kulit oleh Hashim Yaacob memetik kisah Newton dan penemuannya.

Ikatan elektron ke dalam atom ialah akibat daya elektrik. Berkait dengan fenomena elektrik ini, didapati pula kesan magnet. Ada bahan yang punyai daya magnet, yang mempengaruhi bahan magnetan yang lain yang menghampirinya. Begitulah pula, pergerakan bahan magnet boleh menghasilkan aliran elektrik, sementara aliran elektrik boleh menghasilkan kesan magnet. Jadi daya elektrik dan daya magnet merupakan manifestasi satu daya tunggal, disebut daya elektromagnet.



Magnet menginduksi arus elektrik.



Arus elektrik membawa kesan magnet.

Elektron senang diinjak keluar dari atom, dan kemudian dikenakan daya elektrik atau magnet untuk mengawal pergerakannya. Dengan menggunakan daya elektrik dan daya magnet sebegini, Thompson telah berjaya mengukur nisbah cas-kepada-jisim elektron, pada tahun 1898. Nisbah ini mempunyai nilai yang minimum yang tunggal, yang mencerminkan nilai cas elektron yang merupakan cas unit, dan nilai jisim elektron yang diskret.



J. J. Thomson menemui elektron.

Radas yang digunakan Thomson sama seperti tiub katod yang terdapat dalam televisyen-televisyen jenis awal. Tiub ini memancarkan bim elektron ke atas suatu skrin yang pendafluor, dan keamatan bim itu menentukan kecerahan titik di skrin, sementara daya magnet dan elektrik mengawal arah bim dan oleh itu kedudukan di skrin. Kadar pesongan bim elektron bergantung kepada casnya dan jisimnya. Elektron mempunyai cas elektrik yang negatif.

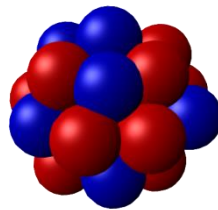


Televisyen jenis awal, yang menggunakan bim elektron dalam tiub katod yang mengimbas skrin pendafluor dengan pelbagai keamatan, untuk memberikan imej yang berubah-ubah.

Seperti disebut, elektron merupakan zarah subatom pertama ditemui. Pada mulanya, sebelum penemuan nukleus oleh pelajarnya, Rutherford, Thomson beranggapan bahawa elektron bertaburan dalam atom seperti kismis dalam ban. Setelah Rutherford menunjukkan bahawa jisim dan cas positif atom tertumpu di dalam nukleus, maka dianggap elektron mengelilingi nukleus, ditarik oleh daya elektrik dari nukleus.

Tadi dikatakan, nukleus sesuatu atom, yang mengandungi kebanyakan daripada jisim atom, juga mengandungi cas positif yang mengikat elektron yang bercas negatif ke dalam atom. Namun untuk satu atom dengan nombor atom tertentu (iaitu cas nukleus tertentu), kemungkinan ada yang mempunyai jisim berlainan. Ini digelar isotop. Tidak ada perkadaran jelas di antara cas nukleus dengan jisim nukleus. Adakah zarah unsur yang mempunyai cas

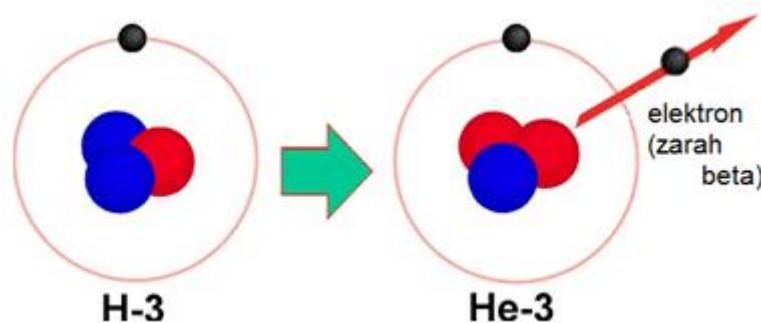
unit dalam nukleus, dan adakah zarah unsur dengan jisim nukleus unit? Ini boleh dipuaskan dengan konsep proton dan neutron dengan penetapan bahawa proton bercas satu unit positif elektrik, iaitu magnitud yang sama dengan cas elektrik elektron, dan neutron yang tak bercas, tapi dengan jisim yang lebih-kurang sama dengan jisim proton, iaitu lebih-kurang jisim atom atau nukleus dibahagi nombor atom, satu nilai yang lebih-kurang sama untuk semua jenis atom atau unsur kimia, yang menjadi jisim unit untuk nukleus. Proton dan neutron dikenali sebagai nukleon. Bilangan proton dalam nukleus dengan itu mencirikan nombor atom, yang sama dengan cas positif di nukleus, dan sama dengan bilangan elektron di sekeliling nukleus dalam keadaan atom itu neutral. Jisim atom dicirikan oleh bilangan proton tambah bilangan neutron. Isotop berlainan merupakan atom yang sama nombor atomnya tapi berlainan nombor jisimnya: bilangan proton sama, tetapi bilangan neutron berbeza. Oleh kerana cas nukleus sama, dan oleh itu aturan elektron sama, isotop-isotop mempunyai ciri kimia yang sama, namun tindakbalas nuklear yang berlainan.



Gambaran berskema suatu nukleus. Neutron (berjisim, tak bercas; menyumbang kepada berat atom) berlonggok bersama proton (berjisim, bercas positif; menyumbang kepada berat atom dan juga nombor atom).

Setakat ini, daya graviti dan daya elektromagnet diketahui. Daya graviti berlaku di antara jasad-jasad yang mempunyai jisim, sementara daya elektromagnet berlaku di antara jasad-jasad yang bercas elektrik. Kini kalau nukleus terkandung jujuk-jujuk bercas sama, bagaimanakah daya elektromagnet tidak menyebabkan ia terlerai? Satu cara untuk melepaskan diri dalam kes ini ialah dengan mendakwa bahawa ada sejenis daya yang lain yang mengikat jujuk-jujuk nukleus (nukleon) ini dan, pada julat saiz nukleus, daya ini harus lebih kuat daripada daya elektromagnet pada julat yang sama. Inilah daya nukleus.

Daya nukleus ini lebih dikenali daya nukleus kuat kerana satu lagi daya, yang dipanggil daya nukleus lemah, diperlukan untuk menerangkan fenomena keradioaktifan. Keradioaktifan ini berlaku kepada zarah-zarah yang dikaitkan dengan nukleus.



Sebagai neutron dalam nukleus tritium, bertukar menjadi proton (mengubah nukleus menjadi nukleus helium-3) dan melepaskan sebagai elektron dalam suatu proses reputan beta, sejenis reputan radioaktif. Tindakbalas ini adalah menerusi daya nukleus lemah.

Nombor atom tidak berkadar dengan berat atom, jadi seperti dibincangkan di atas, diperlukan dua jenis zarah unsur dalam nukleus – proton, dengan berat atom unit dan cas unit, dan neutron, dengan berat atom unit dan cas sifar. Daya nukleus kuat tidak kenal cas elektrik. Maknanya, dalam pandangan daya nukleus kuat, atau biasa diringkaskan daya kuat, neutron dan proton serupa, kedua-duanya menarik yang lainnya tanpa diskriminasi. Tetapi elektron seharusnya tidak merasai daya kuat ini, kalau tidak, ia juga akan ditangkap ke dalam nukleus, dan dengan itu atom-atom kelihatan serupa, iaitu sebagai nukleus dengan cas jumlah sifar. Seperti disebut, sifat-sifat kimia atom tertentu itu rupa-rupanya adalah tercerna daripada aturan elektron dalam orbit keliling nukleus dan tenaga-tenaga berkaitan justeru sesuatu nukleus yang bercas berlainan.

Zarah yang merasai daya kuat, iaitu proton dan neutron, disebut hadron, sementara zarah yang tidak merasai daya kuat, elektron, disebut lepton. Zarah yang merasai daya elektromagnet, dikatakan bercas elektrik, sementara zarah yang tidak, dikatakan tak bercas, atau neutral. Zarah yang merasai daya graviti, dikatakan berjisim, sementara zarah yang tidak merasai graviti Newtonan dikatakan tak berjisim.

Daya nukleus lemah, atau daya lemah secara ringkas, berkait dengan fenomena keradioaktifan, yang ditemui penyelidik Perancis Henri Becquerel pada tahun 1896. Kajiannya kemudian dipelopori pasangan terkenal Pierre dan Marie Curie pada akhir abad ke-19, dan mereka bertiga telah memenangi Hadiah Nobel untuk fizik pada 1903. Marie Curie, yang berasal dari Poland tetapi kemudian menetap di Perancis, telah juga dianugerahkan Hadiah Nobel, kali ini untuk kimia, sekali lagi pada tahun 1911. Anak Pierre dan Marie Curie, Irene Joliot-Curie, juga telah dianugerahkan Hadiah Nobel dalam kimia untuk 1935, bersama suaminya Frederic Joliot Curie, kerana penemuan keradioaktifan buatan. 5 hadiah Nobel dalam satu keluarga! Tunjang keluarga Nobel ini, Marie Curie, bagaimanapun telah membayar dengan nyawanya. Beliau meninggal akibat penyakit anemia aplasia pada tahun 1934, yang dikatakan akibat terdedah kepada sinaran radioaktif berlebihan. Apa tidaknya, beliau dikatakan selalu membawa radium, bahan radioaktif, dalam tabung uji dalam poket kot makmalnya. Itupun beliau meninggal pada usia 66 tahun.



Pierre dan Marie Curie

Jadi, empat daya unsur diketahui ialah graviti, keelektromagentan, daya (nukleus) kuat, dan daya lemah. Setiap ini bertindak ke atas jirim menurut sifat tertentu jirim tersebut – nilai jisimnya, cas elektriknya, dan sebagainya.

Wujudkah daya lain yang belum ditemui? Dalam sejarah, memang ada dakwaan kewujudan 'daya kelima' namun iatidak dapat berdiri menahan ujian eksperimen. Dan kenapa empat? Adakah ini suatu kebetulan, atau ada sebab-sebab lebih unsur yang menerangkan bilangan ini?

Maka inilah perihalan fenomena alam yang kita rangkakan. Anda benda atau jirim yang bersalingtindak, menerusi sesuatu dipanggil daya. Kadar salingtindak tersebut bergantung kepada ciri jirim yang terbabit. Ada empat jenis daya unsur yang berlainan cirinya, yang mempengaruhi daya dengan ciri-ciri yang berkenaan masing-masing.