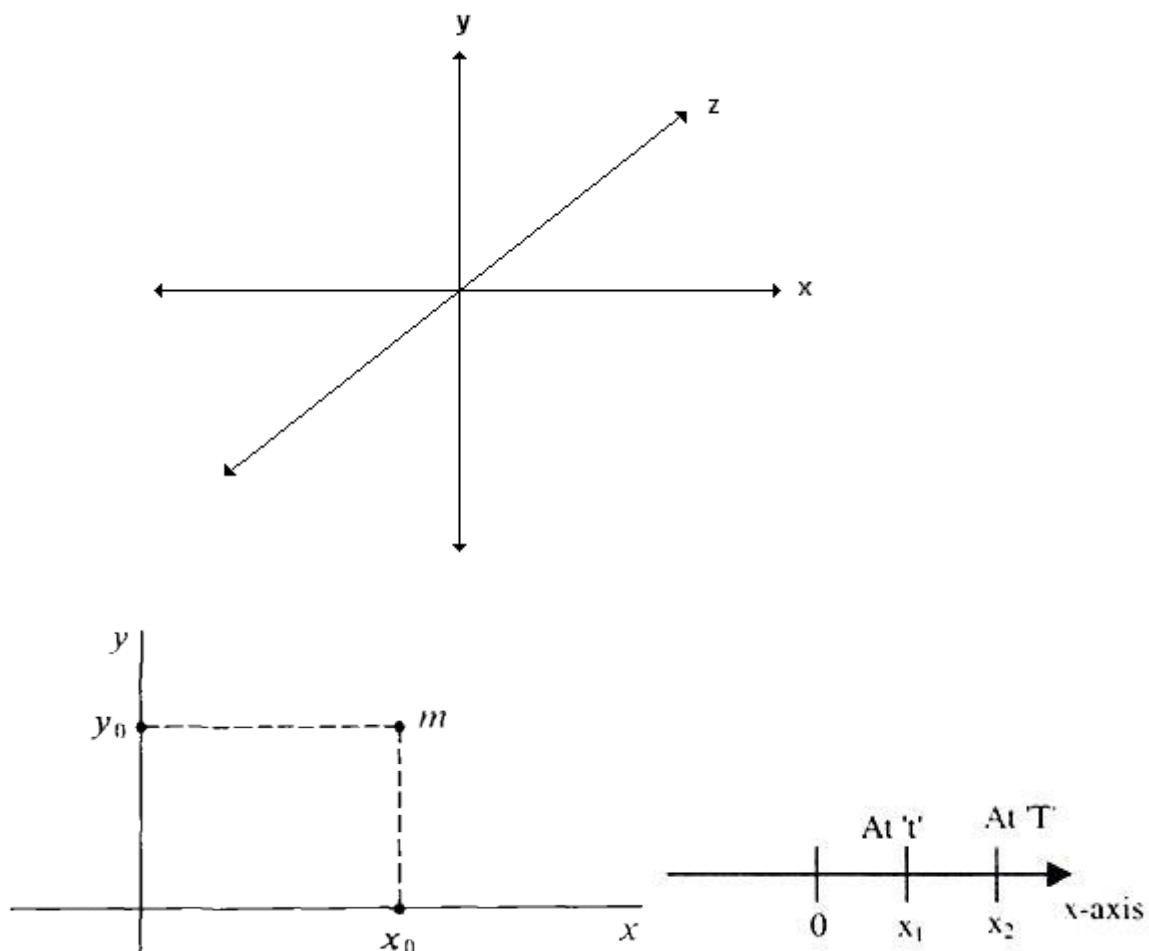


## 1.1 Jirim, ruang dan masa

Pengalaman kita di alam nyata, menerusi penderiaan terus dan menerusi alat, meyakinkan kita bahawa alam itu mengandungi jirim. Jirim bolehlah difahamkan sebagai sesuatu yang mempunyai jasad yang bersaiz dan ciri tertentu, yang bersalingtindak dengan jirim yang lain.

Jirim pula membawa kepada konsep ruang, kerana jirim dianggap berkedudukan tertentu, dan kedudukan adalah ukuran dalam ruang. Untuk menentukan kedudukan sesuatu itu secara bitara, dalam alam yang kita huni ini, kita dapati memerlukan tiga ukuran, atau nilai parameter, secara bebas, jadi kita kata ruang ini mempunyai tiga dimensi. Kita boleh bayangkan ruang yang mempunyai hanya dua dimensi, seperti di atas permukaan suatu satah yang datar, atau yang punyai hanya satu dimensi, seperti di atas suatu tangsi yang tegang.



Dalam alam di mana jirim bergerak, kita perlukan satu lagi dimensi ukuran yang kita namakan masa. Di suatu detik masa, sesuatu jasad itu berada di kedudukan ruang yang tertentu. Kedudukan yang berlainan pada detik-detik masa berlainan dalam suatu jujukan memberikan pergerakan. Masa menjadi tenunan latar yang membolehkan perubahan.

Pada awalnya, ahli falsafah Yunani menerangkan perubahan dalam alam dengan adanya penciptaan dan pemusnahan jirim, tetapi Anaksogoras (500-428 BM) menganjurkan bahawa perubahan alam adalah akibat perubahan dalam aturan jirim-jirim keunsuran, yang sedia ada. Dalam alam tabii, jirim terabadi.

## 1.2 Zarah

Empedokles (484-424 BM) mendakwa bahawa jirim terdiri dari empat unsur iaitu tanah, udara, air dan api. Ini mungkin daripada keberbezaan ciri-ciri fizikan makro bahan-bahan ini, yang difikirkan dapat diadun bagi menghasilkan segala bahan yang ada dalam alam. Ada kaitan mungkin dengan fasa pepejal, fasa cecair, fasa gas dan fasa plasma bagi bahan-bahan.

Demokritus (460-370 BM) pula menganalisis jirim secara mikro, dengan mengandaikan unsur terkecil bagi sesuatu bahan itu, yang mempunyai ciri bahan itu, atau yang memberikan ciri yang tertentu itu kepada bahan itu, yang dinamakan atom. Jadi kepelbagaian bahan yang ada mencerminkan kepelbagaian atom yang ada.

Pola dalam pelbagai jenis atom, atau unsur kimia, yang ditemui, difahamkan oleh Mendeleev (1834-1907 M) menerusi Jadual Berkalanya. Didapati ada hubungan di antara berat atom dan sifat kimianya, yang berlaku secara berkala terhadap berat tersebut. Unsur-unsur terbahagi kedalam kumpulan-kumpulan kimia dengan sifat-sifat serupa menurut kedudukan berat mereka dalam kala demikian. Jadual Berkala ini dapat merumuskan sifat-sifat beraturan atom dengan cara yang lebih mudah.

Kemudian, Rutherford melanggarkan zarah alfa ke atas kepingan emas, bagi menunjukkan bahawa kebanyakan isipadu dalam atom hanyalah terdiri dari ruang kosong (yang dilalui zarah alfa dengan pesongan yang minimum), dan bahawa ia mempunyai nucleus kecil yang mengandungi kebanyakan beratnya (yang dapat memantulkan zarah alfa duga tadi pada sudut yang tajam). Nukleus mempunyai cas positif, yang dikaitkan dengan nombor atom.

Sebenarnya kemajmukan atom telahpun dimajukan oleh Laming di antara 1838 dan 1851 daripada idea yang cas-cas elektrik juga terdiskret. Cas-cas diskret ini membina atom bersama jirim teras yang lain. Nombor atom, yang mencirikan cas elektrik nucleus atom, bersifat integer dan oleh itu diskret.

Sebelumnya, kesan elektrik (statik) yang telah diketahui semenjak zaman Yunani, telah diperihalkan dengan bahasa cas, yang mengalir seakan cecair. Helmholtzlah yang telah menghujahkan 'atom elektrik' yang mencerminkan kediskretan cas dalam tahun 1881. Pada 1898, Thompson telah menunjukkan keunsuran elektron dengan mengukur nisbah cas-ke-jirim zarah tersebut yang bernilai tunggal apabila memesong sinar zarah-zarah berkenaan menggunakan medan magnet.

Pasca-Rutherford, atom digambarkan sebagai terdiri daripada nukleus yang kecil dan berat yang mengandungi bilangan cas positif elektrik tertentu, yang dikelilingi oleh elektron-elektron dalam bilangan yang sama.

Zarah-zarah seperti nukleus dan elektron, dan juga atom, mahupun jasad-jasad yang lebih besar, yang terdiri daripada zarah-zarah ini, bergerak dengan cara tertentu. Ia dikatakan menurut hukum tertentu.

## 2. Hukum-hukum dinamik Newton

Newton, yang hidup dalam kurun ke17 dan ke18, telah mengajukan hukum-hukum bagi pergerakan objek, yang berbentuk matematik. Hukum mekanik Newton ini ada tiga:

1. Tanpa pengaruh daya, sesuatu objek itu samada tidak bergerak (pegun) atau bergerak dengan momentum yang malar.
2. Apabila dikenakan daya bernilai  $F$ , sesuatu objek berjirim  $m$  mengalami pecutan  $a$  dalam arah  $F$ , atau secara pendek  $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ .
3. Sesuatu tindakan mengakibatkan tindakbalas yang sama dan bertentangan.

Hukum pertama menyatakan bahawa pada keadaan asalnya, sesuatu itu tidak bergerak, ataupun bergerak pada halaju malar. Ia akan mengubah keadaannya ini hanya apabila ada merasai pengaruh daya, dan, daripada hukum kedua, daya ini mengakibatkan pecutan, iaitu perubahan halaju terhadap masa,  $\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt$ , sementara halaju itu sendiri perubahan kedudukan lokasi terhadap masa,  $\mathbf{v} = d\mathbf{s}/dt$ . Hukum Newton kedua menyatakan bahawa pecutan ini berkadaran terus dengan daya yang dikenakan, dan kadar ini ialah apa yang sebut nilai jisim. Hukum ketiga berkenaan tindakbalas yang mengimbangi sesuatu tindakan. Tindakan ialah nilai daya darab masa yang dikenakan,  $\mathbf{F}t$ , dan ia bertemu tindakbalas, yang juga tindakan, dari arah bertentangan.

Hukum pertama Newton sepadan dengan prinsip keabadian momentum. Tanpa kenaan daya, momentum sesuatu jasad itu,  $\mathbf{p}$ , yang sama dengan  $m\mathbf{v}$ , tidak berubah, ataupun  $d\mathbf{p}/dt = 0$ . Hukum kedua boleh dilihat sebagai penyeluruhan kepada hukum pertama ini, iaitu  $\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt = m d\mathbf{v}/dt$ . Begitu juga dengan hukum ketiga. Tindakan pada masa yang kecil ialah  $\mathbf{F}dt = d\mathbf{p}$ . Jadi hukum ketiga ialah satu lagi pernyataan keabadian momentum, dengan perubahan momentum diimbangi.

### 1.3 Daya dan tenaga

Perubahan dalam momentum sesuatu objek dikatakan terakibat oleh sesuatu dipanggil daya. Daya-daya awal dikenali ialah daya graviti, daya elektrik dan daya magnet. Daya graviti ialah daya tarikan di antara dua jasad berjirim, sementara daya elektrik dirasai di antara dua objek yang mempunyai sesuatu yang dipanggil cas elektrik – tarikan di antara cas berlainan, iaitu cas positif dan cas negatif, dan tolakan di antara cas sama, iaitu positif-positif atau negatif-negatif.

Daya graviti dapat dilihat di bumi, misalnya apabila sebiji epal jatuh dari dahannya. Newton, sebagai tambahan kepada hukum dinamikanya, juga telah menyumbang hukum gravitinya kepada dunia. Hukum graviti Newton agak bererti kerana ia contoh penyatuan, sesuatu tema yang bakal berulang dalam sejarah sains yang bersifat reduktionisme itu. Newton menyatukan graviti di atas bumi dengan graviti di langit, iaitu graviti di antara jasad-jasad astronomi. Menurut Newton, daya graviti hanya bergantung kepada jirim peserta-pesertanya,

$$F = Gm_1m_2/r^2.$$

Daya ini terarah, iaitu menurut kedudukan relatif peserta-peserta ini,

$$\mathbf{F} \propto \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1.$$

Secara aqliah, itu pun sahaja arah yang bitara yang boleh dikaitkan kepada daya itu.

Daya sahaja mungkin tidak membuat apa-apa kerja. Kerja dibuat apabila daya dikenakan untuk suatu jarak dalam arah daya tersebut,

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s}$$

dan tenaga diperlukan, dengan tenaga itu sama dengan kerja dibuat,

$$E = W.$$

Tenaga terabadi, ia hanya berubah bentuk. Kerja dibuat menggerakkan suatu zarah sesuatu jarak melawan suatu daya misalnya, membekalkannya tenaga keupayaan,  $V$ , yang berpotensi menggerakkan zarah tadi ke kedudukan asalnya dengan kemampuan mengenakan daya tersebut. Daya ini mungkin dikenakan ke atas zarah lain, jika tidak, zarah asal tadi kekal bergerak dan dikatakan mempunyai tenaga kinetik. Jadi tenaga kinetik itu,

$$T = \int F ds = \int m d^2s/dt^2 ds = \int m v dv = \frac{1}{2} mv^2.$$

Tenaga jumlah bagi suatu sistem, atau Hamiltonannya,

$$H = T + V$$

sementara suatu kuantiti yang dinamakan Lagrangean, ialah perbezaan di antaranya,

$$L = T - V.$$

Dalam termodinamik, tenaga jumlah suatu sistem adalah jumlah  $U$  yang mewakili tenaga dalaman ditambah  $pV$  yang berkait dengan tenaga keupayannya, berkait dengan kerja dibuat untuk mengecikkan isipadu  $V$  di sini dengan tekanan  $p$ . Ini dikaitkan kepada entropi  $S$  menerusi suhu  $T$ ,

$$dU = TdS - pdV$$

Lagrangean pula, berkait dengan fungsian tindakan. Fungsian ini bergantung kepada jejak yang diambil,

$$S[s(t)] = \int L dt.$$

Prinsip tindakan terkurang Hamilton menghendaki bahawa sesuatu trajektori penyelesaian itu meminimumkan tindakan, di beri titik awal dan titik akhir. Ini menghasilkan persamaan Euler-Lagrange,

$$\frac{\partial L}{\partial x} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial p} = 0,$$

yang seterusnya memberikan persamaan dinamik Newton.

Hukum Newton memerihalkan telatah zarah pada halaju-halaju tak berkerelatifan. Dalam rantau ini zarah berlanggar dan melantun secara tertentu, dan bergerak di atas trajektori tertentu. Perubahan dalam pergerakan dipengaruhi daya. Tenaga dan momentum diabadikan.

## 1.4 Gelombang

Satu jenis dinamik unsur ialah dinamik gelombang. Gelombang menunjukkan telatah seperti superposisi, belauan dan interferens. Telatah zarah, yang diperintah oleh hukum-hukum Newton, berbeza berbanding telatah gelombang. Namun pergerakan bersama zarah-zarah boleh menurut persamaan-persamaan gelombang.

Suatu zarah atau objek yang merasakan daya spring dalam satu dimensi  $x$  mematuhi persamaan berikut:

$$m\ddot{x} = -kx,$$

ataupun

$$m\ddot{x} + kx = 0,$$

yang mempunyai penyelesaian

$$x = Ae^{\pm i\sqrt{\frac{k}{m}}t}.$$

Ini ialah pergerakan ayunan, yang dipanggil pergerakan harmonik mudah. Jika kita ada suatu himpunan zarah-zarah yang mempunyai daya tarikan di antaranya seperti daya spring, ayunan-ayunannya bergabung membentuk gelombang. Bagi zarah-zarah di kedudukan satu dimensi  $x$ , dan sesaran  $\psi(x)$ ,

$$\psi(x, t) = Ae^{i(kx + \omega t)}.$$

Ia memuaskan persamaan gelombang,

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2},$$

dengan laju gelombang,

$$c = \omega/k.$$

Dalam ruang tiga dimensi, persamaan ini menjadi

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 \psi,$$

dengan penyelesaian,

$$\psi(\mathbf{r}, t) = Ae^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r} + \omega t)}.$$

Oleh kerana kelinearan persamaan gelombang, kombinasi linear penyelesaian-penyelesaian juga merupakan penyelesaian. Ini membawa kepada konsep superposisi gelombang. Bertentangan dengan telatah zarah yang melantun apabila berlanggar, gelombang boleh menembusi satu ke atas yang satu. Superposisi pula membawa kepada fenomena interferens. Gelombang yang bertindih memberi jumlah amplitud yang lebih besar dalam interferens menguat, dan jumlah yang lebih kecil sebaliknya.

Satu lagi fenomena gelombang ialah belauan. Gelombang boleh membengkok keliling sudut dan keliling objek. Ini ketara pada saiz objek dalam lingkungan yang sama dengan atau yang lebih kecil daripada jarakgelombang gelombang itu.