

XÉT LẠI KHÁI NIỆM CÔNG CỦA LỰC TRƯỜNG THỂ

Vũ Huy Toàn

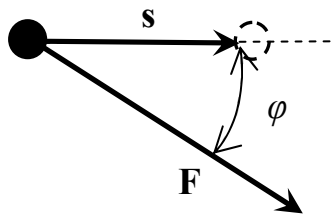
Công ty cổ phần CONINCO-MI

4 Tôn Thất Tùng, Hà Nội. Email: vuhuytoan@conincomi.vn

Trong vật lý từ xưa tới nay, người ta gắn sự chuyển dịch (cơ học) s của một vật dưới tác động của một lực \mathbf{F} , như được mô tả ở Hình 1, với cái gọi là “công cơ học” A bằng tích vô hướng của lực đó với sự chuyển dịch [1]:

$$A = \mathbf{F} \cdot \mathbf{s} = Fs \cos \varphi \quad (1)$$

ở đây φ – là góc lệch giữa hướng của lực tác động với hướng chuyển dịch của vật.



Hình 1

Trong trường hợp $\varphi = 0$, ta có:

$$A = Fs \quad (2)$$

Các công thức (1) và (2) này được áp dụng cho mọi dạng lực tác động bao gồm cả lực trường thế nói chung và lực trọng trường nói riêng, khi các trường này được giả thiết gần đúng là đều. Tuy nhiên, không thấy tài liệu nào đề cập đến trường hợp không đều của trường lực thế như trường hấp dẫn của Trái Đất hay trường điện của hạt nhân nguyên tử? Vấn đề là ở chỗ, tương tác hấp dẫn của một vật khối lượng m với một khối lượng M ở khoảng cách R có dạng:

$$F_N = -\frac{\gamma mM}{R^2}, \quad (3)$$

hay tương tác điện giữa hai điện tích q_1 và q_2 có dạng:

$$F_C = \frac{k_c q_1 q_2}{R^2}, \quad (4)$$

XÉT LẠI KHÁI NIỆM CÔNG CỦA LỰC TRƯỜNG THỂ

thì việc chuyển dịch của các vật thể dưới tác động của các lực đó không chỉ dẫn đến việc thay đổi động năng ΔK mà còn cả thay đổi thế năng ΔU của chúng nữa. Ta sẽ bắt đầu từ định luật II Newton:

$$F_N = ma = m \frac{dV}{dt} \quad (5)$$

với lưu ý rằng ở đây $a = g < 0$ – là gia tốc rơi tự do. Có thể biến đổi (5) thành dạng:

$$F_N = m \frac{dV}{dt} \frac{dr}{dr} = m \frac{dV}{dr} \frac{dr}{dt} = mV \frac{dV}{dr}. \quad (6)$$

Từ đây ta có:

$$Fdr = mVdV. \quad (7)$$

Lấy tích phân cả hai vế của (7) từ giá trị V_0 tới V_1 tương ứng với sự biến thiên của quãng đường từ r_0 tới r_1 :

$$\int_{r_0}^{r_1} F_N dr = m \int_{V_0}^{V_1} V dV. \quad (8)$$

Vế phải của (8) là sự gia tăng động năng của vật:

$$m \int_{V_0}^{V_1} V dV = \frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \Delta K. \quad (9)$$

Khi $V_0 = 0$ và $V_1 = V$ thì ta có:

$$\Delta K = \frac{mV^2}{2} > 0. \quad (10)$$

Còn vế trái của (8) theo vật lý hiện hành vẫn được xem là công A của trọng lực F_N để di chuyển vật từ $r_0 = R + h$ xuống tới $r_1 = R$ – là bán kính Trái Đất tương ứng. Thay giá trị của F_N từ (3) vào có tính đến dấu âm “-” của cả F_N và dr trong quá trình rơi, ta có thể viết:

$$\int_{r_0}^{r_1} F_N dr = \int_{R+h}^R \frac{\gamma m M}{r^2} dr = \gamma m M \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+h} \right) \quad (11)$$

Đây chính là biểu thức thay đổi thế năng ΔU của vật theo độ cao h đã được biết:

$$\Delta U = -\frac{mgh}{1+h/R} > 0 \quad (12)$$

với $g = -\frac{\gamma M}{R^2}$ – là gia tốc trọng trường tại bề mặt Trái Đất. Nếu $h \ll R$ thì (12) có dạng quen thuộc:

$$\Delta U \approx \Delta U' = -mgh \quad (13)$$

Như vậy, rõ ràng (11) chỉ là sự thay đổi thế năng ΔU chứ chưa tính đến sự thay đổi động năng của vật theo (10) nên chưa thể nói đó là công A của trọng lực F_N như đối với các lực tác động khác $F = \text{const}$ để khi thay vào vế trái của (11) ta được (2) với h được thay bằng s . Các biểu thức từ (7) đến (12) chỉ nói cho ta biết rằng sự biến thiên động năng ΔK luôn bằng sự biến thiên thế năng ΔU của vật dưới tác động của trọng lực F_N nói riêng và của lực trường thể nói chung mà thôi:

$$\Delta K \equiv \Delta U \quad (14)$$

Do đó, vì cả ΔU và ΔK đều > 0 nên tổng thay đổi cơ năng ΔW của vật thể trong quá trình rơi tự do từ độ cao h xuống tới bề mặt Trái Đất sẽ phải bằng:

$$\Delta W = \Delta U + \Delta K = 2\frac{mV^2}{2} = -mgh \frac{2}{1+\frac{h}{R}} = k_h mgh. \quad (15)$$

Ở đây, ký hiệu:

$$k_h = -\frac{2}{1+\frac{h}{R}} < 0, \quad (16)$$

và gọi là hệ số bất đồng nhất phụ thuộc vào độ cao h . Tức là công cơ học của trọng lực F_N sẽ phải bằng:

$$A = \Delta W = k_h mgh. \quad (17)$$

Từ đây cho thấy công A của lực trọng trường F_N hay F_C không thể tính theo công thức (2) như đối với các lực tác động trực tiếp khác được mà phải có thêm hệ số k_h nữa. Tại lân cận bề mặt Trái Đất, khi $h \ll R$, ta vẫn có $k_h = -2$ nên:

$$A = -2mgh. \quad (18)$$

Việc lấy gần đúng biến thiên thế năng theo (13) đã gặp phải sai số mà không được tính đến:

$$\delta_U = \frac{\Delta U - \Delta U'}{\Delta U} 100\% = -\frac{h}{R} 100\%.$$

Tức là với $h \sim R$ thì sai lệch có thể lên tới 100%, cụ thể là sự gia tăng thế năng chỉ còn bằng $\frac{1}{2}$ giá trị tính theo (8) vẫn được sử dụng trong thực tiễn với vật lý hiện hành.

Không những thế, sự gia tăng cơ năng, cũng tức là “ngoại năng” theo (13), là do có sự giảm nội năng của vật thể theo định luật bảo toàn năng lượng toàn phần như đã được chỉ ra ở [2] chứ tuyệt nhiên không có sự chuyển hóa nào từ thế năng thành động năng của vật rơi cả.

Tài liệu tham khảo

1. Lương Duyên Bình. *Vật lý đại cương, tập 1 – Cơ-nhiệt*. Nhà xuất bản giáo dục, 2006.
2. Vũ Huy Toàn. *Xét lại định luật bảo toàn cơ năng của thực thể vật lý trong trường lực thế*. <https://vuhuytoan.files.wordpress.com/2008/12/xet-lai-dinh-luat-bao-toan-co-nang5.pdf> . Hà Nội, 2008.