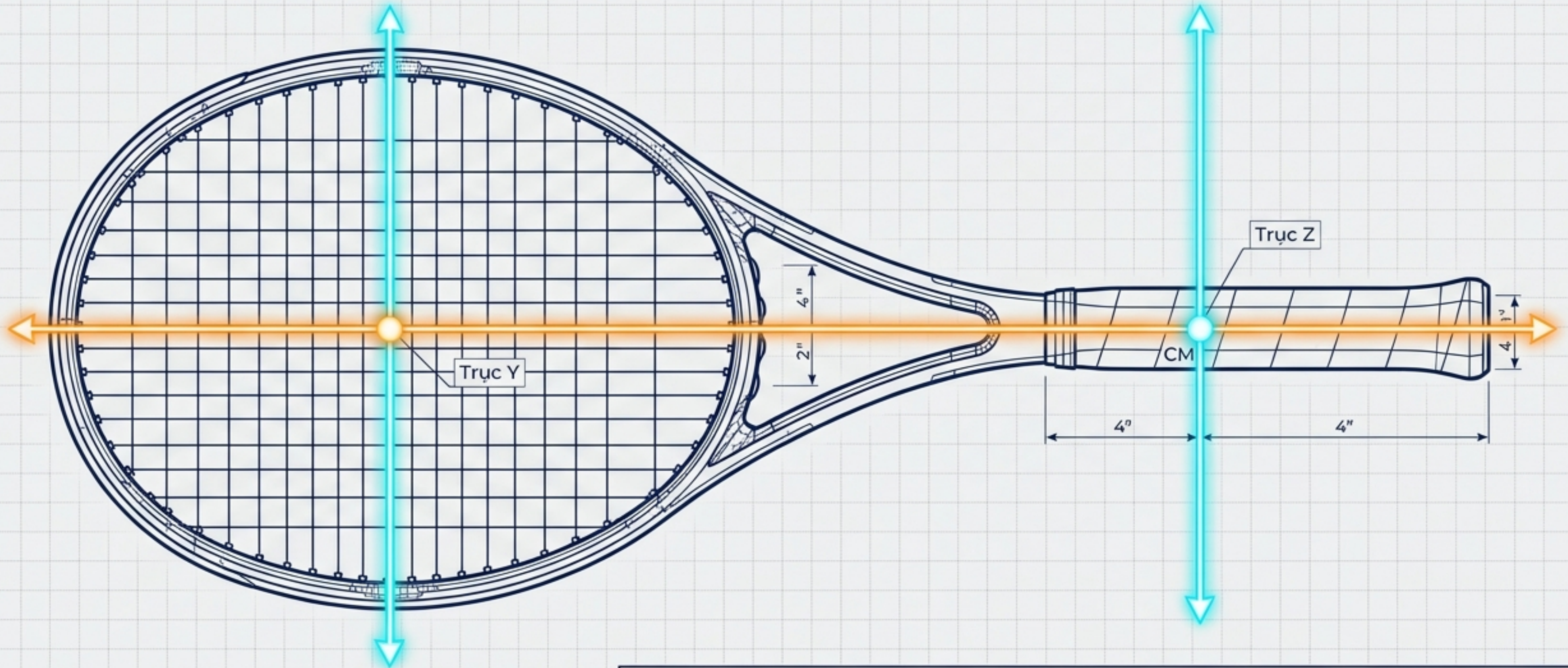


BẢN THIẾT KẾ VẬT LÝ: ĐO LƯỜNG CÁC CHỈ SỐ QUÁN TÍNH

Hướng dẫn tự đo Swingweight, Twistweight và Recoilweight tại nhà

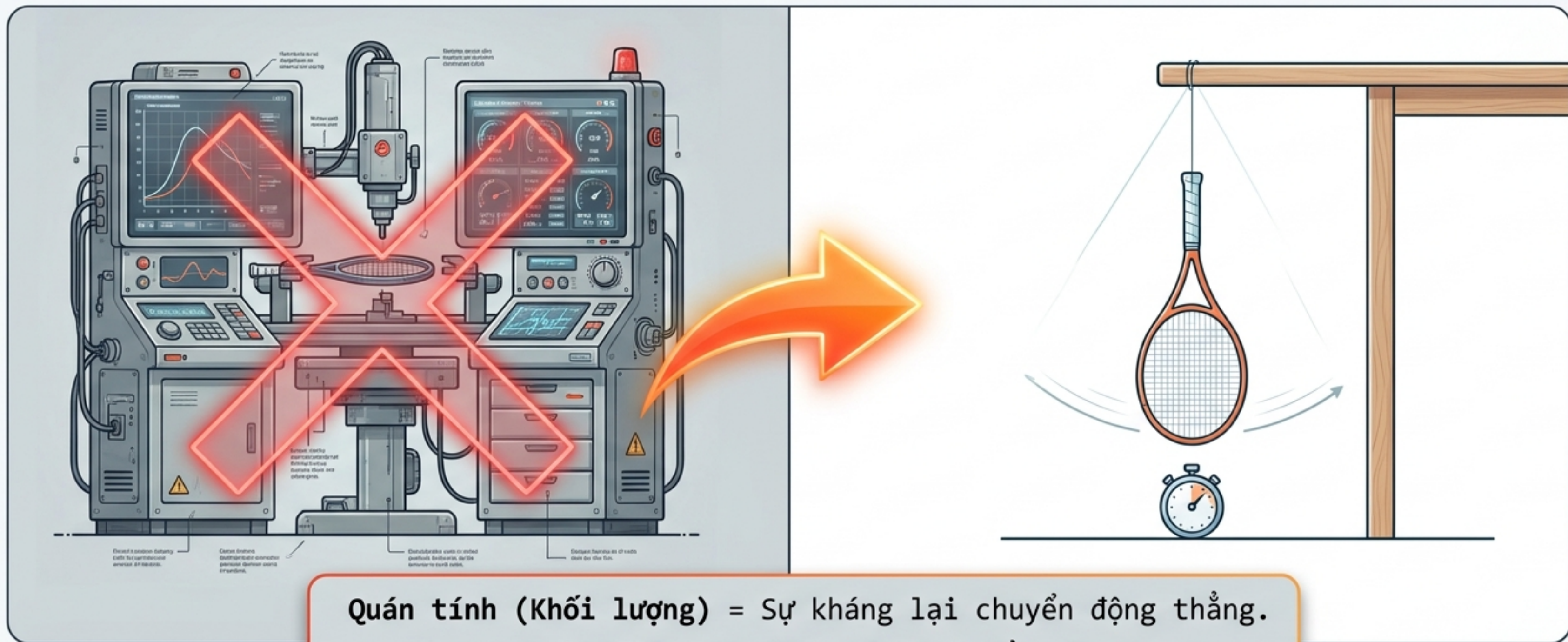


Rod Cross & Crawford Lindsey (Trích Chương 5: The Physics and Technology of Tennis)

Biên dịch: Sky Tennis

Phòng Thí Nghiệm Tại Nhà Của Bạn

Chào bạn, tôi là Rod Cross. Khối lượng tĩnh của vợt có thể đo bằng chiếc cân điện tử. Nhưng để biết cảm giác thực sự khi vung vợt, bạn cần đo **Mô-men Quán Tính (Moment of Inertia)**. Tin tốt là: **Bạn không cần cỗ máy hàng ngàn đô la. Với nguyên lý Con Lắc Vật Lý, bạn có thể tự đo lường độ chính xác tuyệt đối ngay tại nhà.**



Quán tính (Khối lượng) = Sự kháng lại chuyển động thẳng.
Mô-men Quán Tính = Sự kháng lại chuyển động xoay.

3 Trục Xoay – 3 Chỉ Số Quán Tính

Trục Tay Cầm:
Xác định Swingweight
(Trọng lượng vung).

Trục Dọc:
Xác định Twistweight
(Sức cản xoắn).

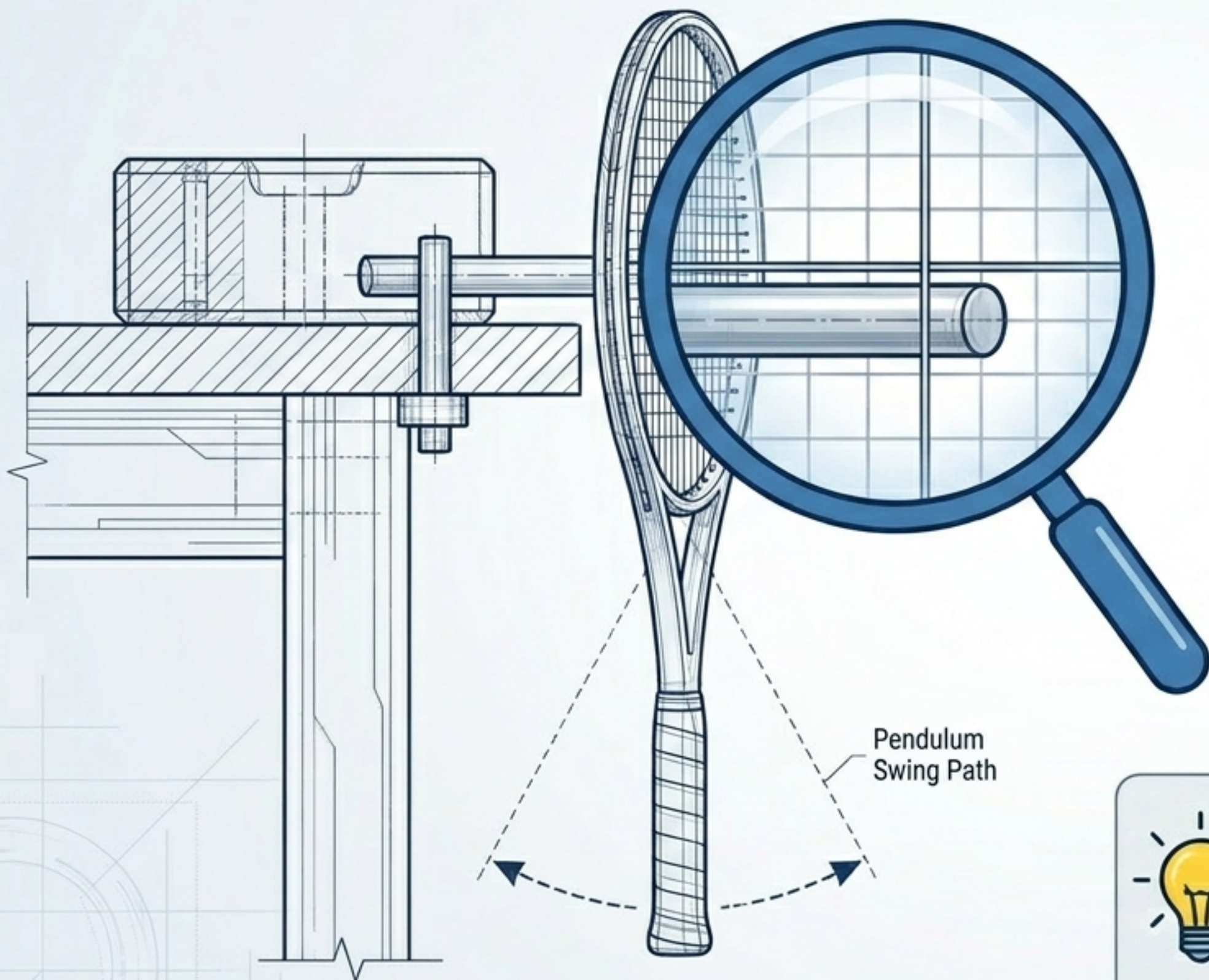
Trục Trọng Tâm:
Xác định Recoilweight
(Sức chống giật lùi).

Mọi khái niệm "nặng đầu", "êm ái", hay "dễ xoay trở" đều bắt nguồn từ 3 trục này.

Ma Trận Đặc Tính Quán Tính

Chỉ Số	Trục Xoay (Axis)	Ý Nghĩa Thực Chiến	Đơn Vị Đo
Swingweight 	Trục cách chớp cán vợt 10.16 cm (4 inches)	Cảm giác nặng/nhẹ khi vung. Quyết định độ cơ động và tốc độ đầu vợt.	kg · cm ²
Twistweight 	Trục dọc (Long axis) chia đôi mặt vợt	Độ ổn định khi đánh lệch tâm (góc 3h/9h). Chống lật mặt vợt.	kg · cm ²
Recoilweight 	Trục ngang qua Điểm cân bằng (CM)	Sự chống lại lực giật lùi khi va chạm. Quyết định độ êm và truyền sức.	kg · cm ²

1. SWINGWEIGHT: Thiết Lập Con Lắc



1. Dùng 2 thanh kim loại tròn (~1/4 inch), đặt cách nhau ~6 inches nhô ra khỏi mép bàn. Giữ chặt đầu kia.

2. Treo vợt thẳng đứng bằng cách tựa một dây ngang (cross string) lên 2 thanh ngàm.

3. Đẩy nhẹ tay cầm để vợt dao động tự do như một con lắc.



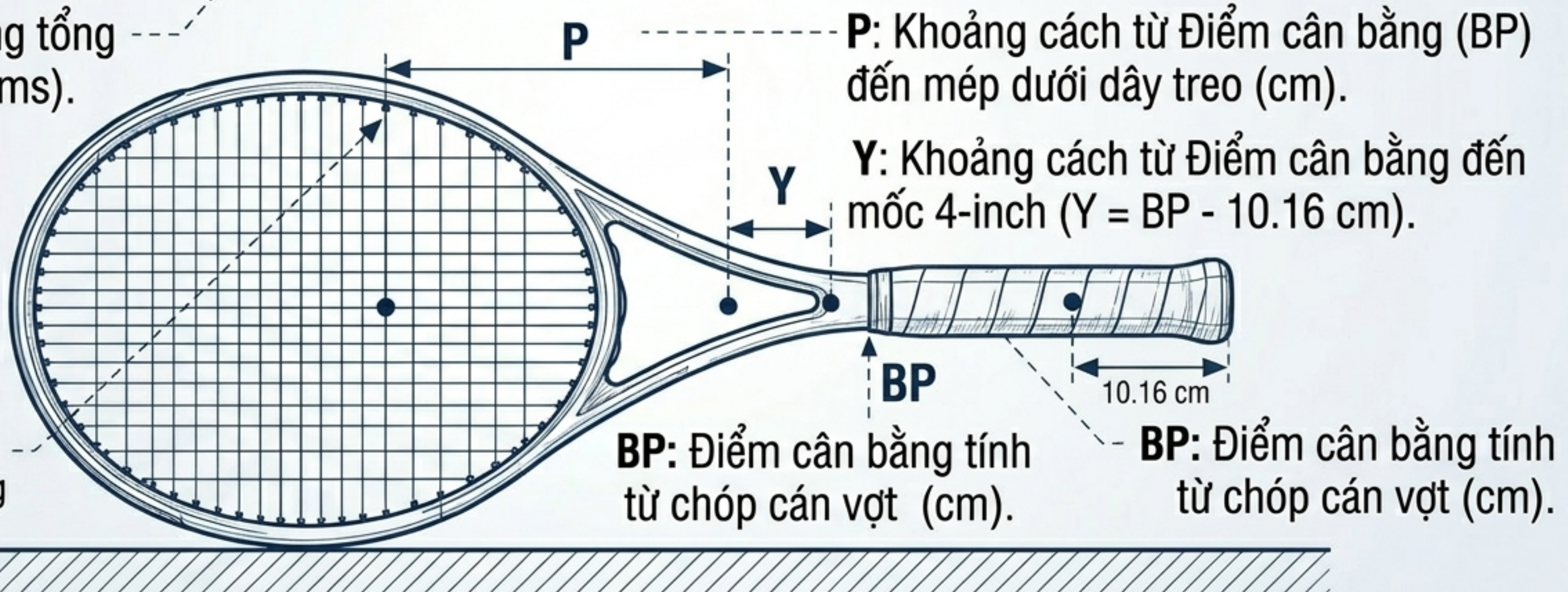
MẸO: Luôn giữ biên độ góc vung $< 15^\circ$ so với phương thẳng đứng. Treo ở dây ngang càng gần giữa mặt vọt, kết quả càng chính xác.

Giải Mã Công Thức Swingweight

$$SW = M \left[\frac{P \cdot T^2}{40.28} - \frac{P^2}{1000} + \frac{Y^2}{1000} \right]$$

M: Khối lượng tổng của vợt (Grams).

T: Thời gian 1 chu kỳ dao động (Giây).
(Mẹo: Bấm giờ 10 lần dao động rồi chia 10).



Nhật Ký Phòng Thí Nghiệm: Tính Toán Thực Tế

Hồ sơ Vợt Mẫu:

$$M = 291\text{g}$$

$$BP = 35.7\text{ cm}$$

1. Tìm Y:

$$Y = 35.7 - 10.16 = 25.54\text{ cm}$$

2. Thực nghiệm treo vợt:

$$\text{Đo được } P = 16.1\text{ cm.}$$

$$\text{Thời gian 10 dao động} = 12.85\text{s} \rightarrow$$

$$T = 1.285\text{s.}$$

3. Áp dụng công thức:

$$\text{Đo được } P = 16.1\text{ cm.}$$

$$\text{Thời gian 10 dao động} = 12.85\text{s} \rightarrow T = 1.285\text{s.}$$

$$SW = 291 \times \left[\frac{16.1 \times 1.285^2}{40.28 - 1000} + \frac{25.54^2}{1000} \right]$$

$$\text{Kết quả: } SW \approx 308.4\text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$



Phương pháp thủ công này cho sai số cực thấp, chỉ $\pm 0.3\%$ so với lý thuyết tuyệt đối!

2. TWISTWEIGHT: Kẻ Thù Của Sự Lệch Tâm

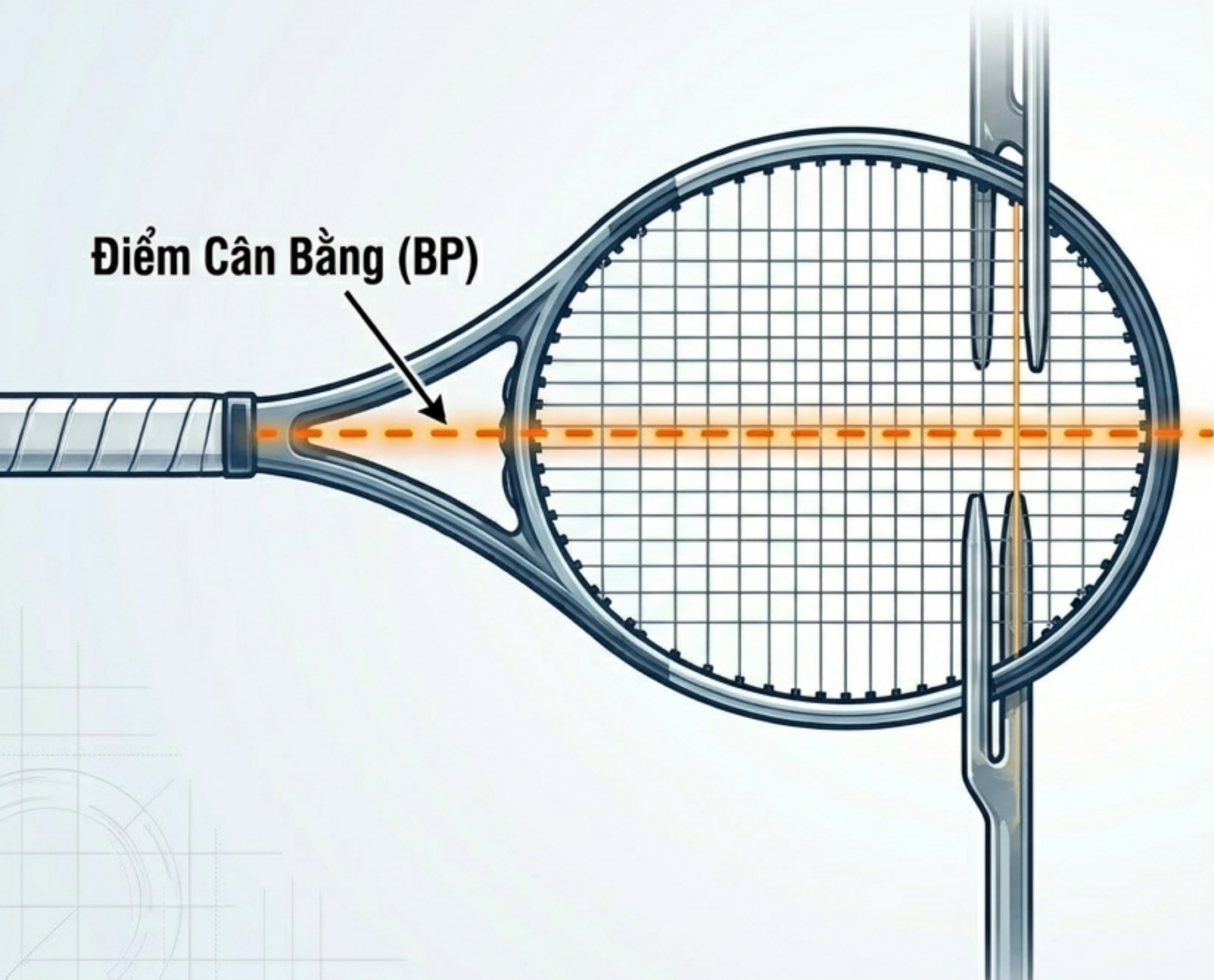


- Khi bạn đánh **bóng trượt tâm** (ở sát mép 3h hoặc 9h), vợt có xu hướng vặn xoắn lật trong tay. Bóng sẽ bay sai quỹ đạo và triệt tiêu lực đánh.
- **Twistweight** (Mô-men phân cực) đo lường khả năng chống lại lực vặn xoắn này.
- TW càng cao -> Mặt vợt càng ổn định -> Vùng điểm ngọt (Sweetspot) theo chiều ngang càng rộng.



Mức TW trung bình của vợt tennis trên thị trường chỉ dao động từ 13 - 24 kg · cm².

Thiết Lập Nằm Ngang (Horizontal Setup)



Các Bước Thực Hiện

1. **Xoay vợt 90°** so với setup trước, đặt mặt vợt nằm ngang song song với mặt bàn.
2. **Đặt 2 thanh ngàm** tì lên cùng một dây dọc (main string) cách xa trục trung tâm.
3. **Nhấn nhẹ mép khung vợt** để tạo dao động vặn xoắn tuần hoàn.

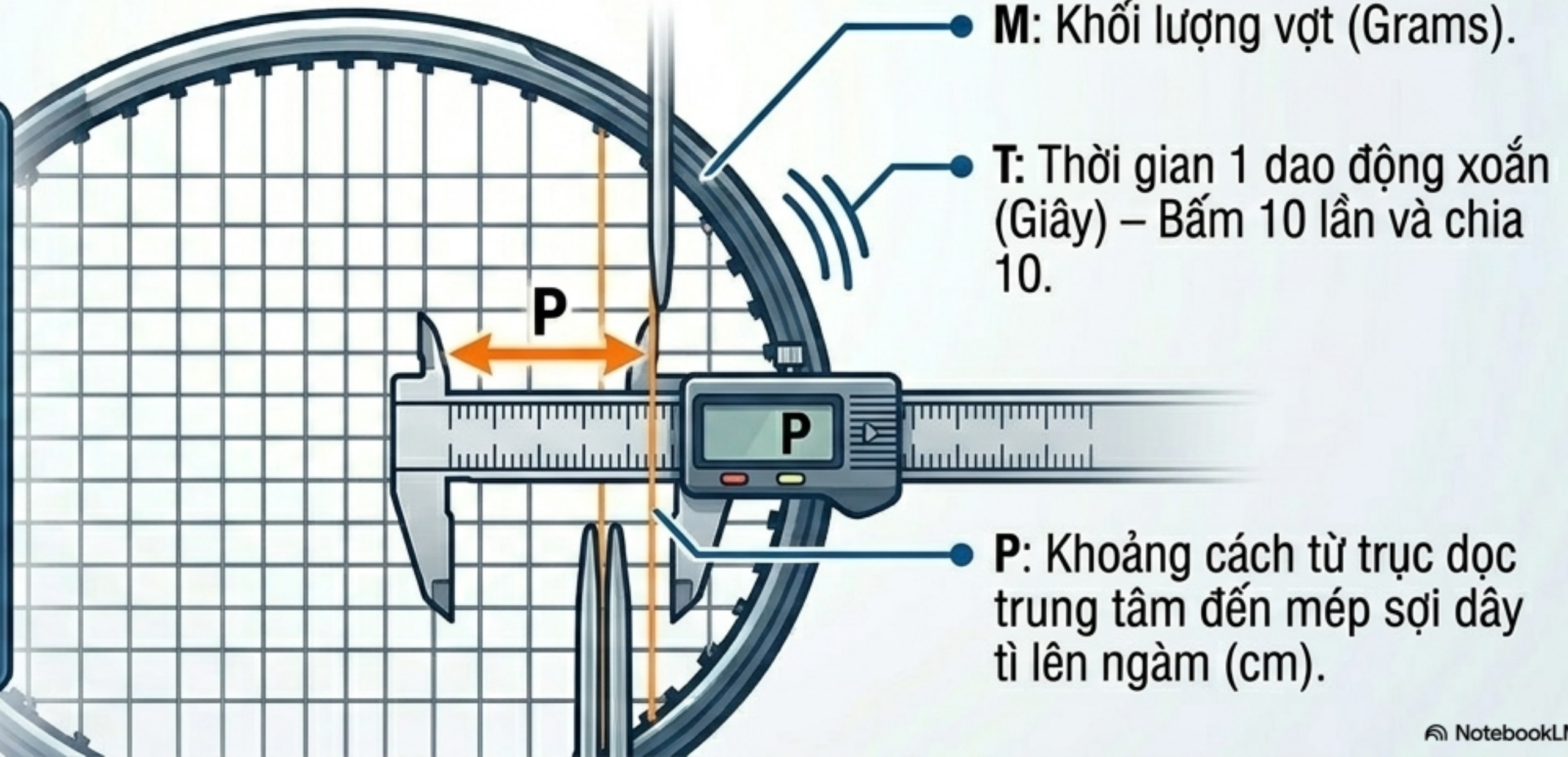
BẮT BUỘC: Điểm cân bằng (BP) phải nằm chính giữa hai thanh ngàm. Nếu không, vợt sẽ lật. (Dùng thước ngắn ép sát mặt cước để tinh chỉnh).

Giải Mã Công Thức Twistweight

$$TW = M \left[\frac{P \cdot T^2}{40.28} - \frac{P^2}{1000} \right]$$

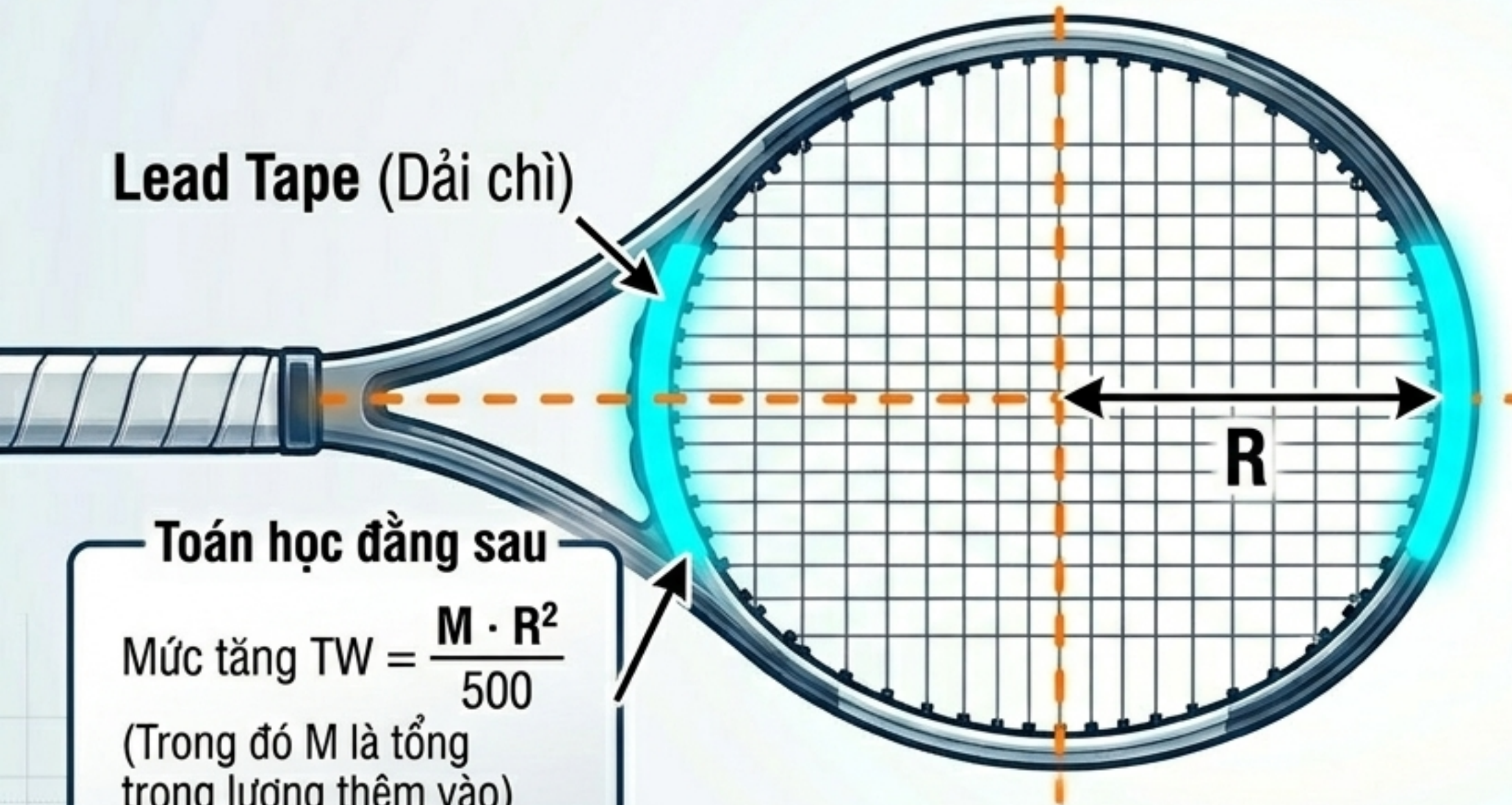
Ghi chú:

Rất khó để đo TW bằng máy tự động thông thường. Phương pháp dao động này là cách tuyệt vời nhất để bạn tự kiểm chứng độ ổn định mặt vợt.



Ứng Dụng: Tối Ưu Hóa Twistweight Bằng Chì

Bạn có thể chủ động tăng Twistweight bằng cách dán dải chì (lead tape) ở vị trí 3h và 9h.
Tại sao lại là vị trí này? Vì chúng nằm cách xa trục xoay dọc nhất!



Case Study: Tính Toán

Giả sử:

- Dán tổng cộng **M** = 10 gram chì.
- Khoảng cách từ trục dọc đến vị trí dán **R** = 14 cm.

Tính toán mức tăng:

$$\begin{aligned}\text{Mức tăng TW} &= 10 \cdot (14)^2 / 500 \\ &= 10 \cdot 196 / 500 \\ &= 1960 / 500\end{aligned}$$

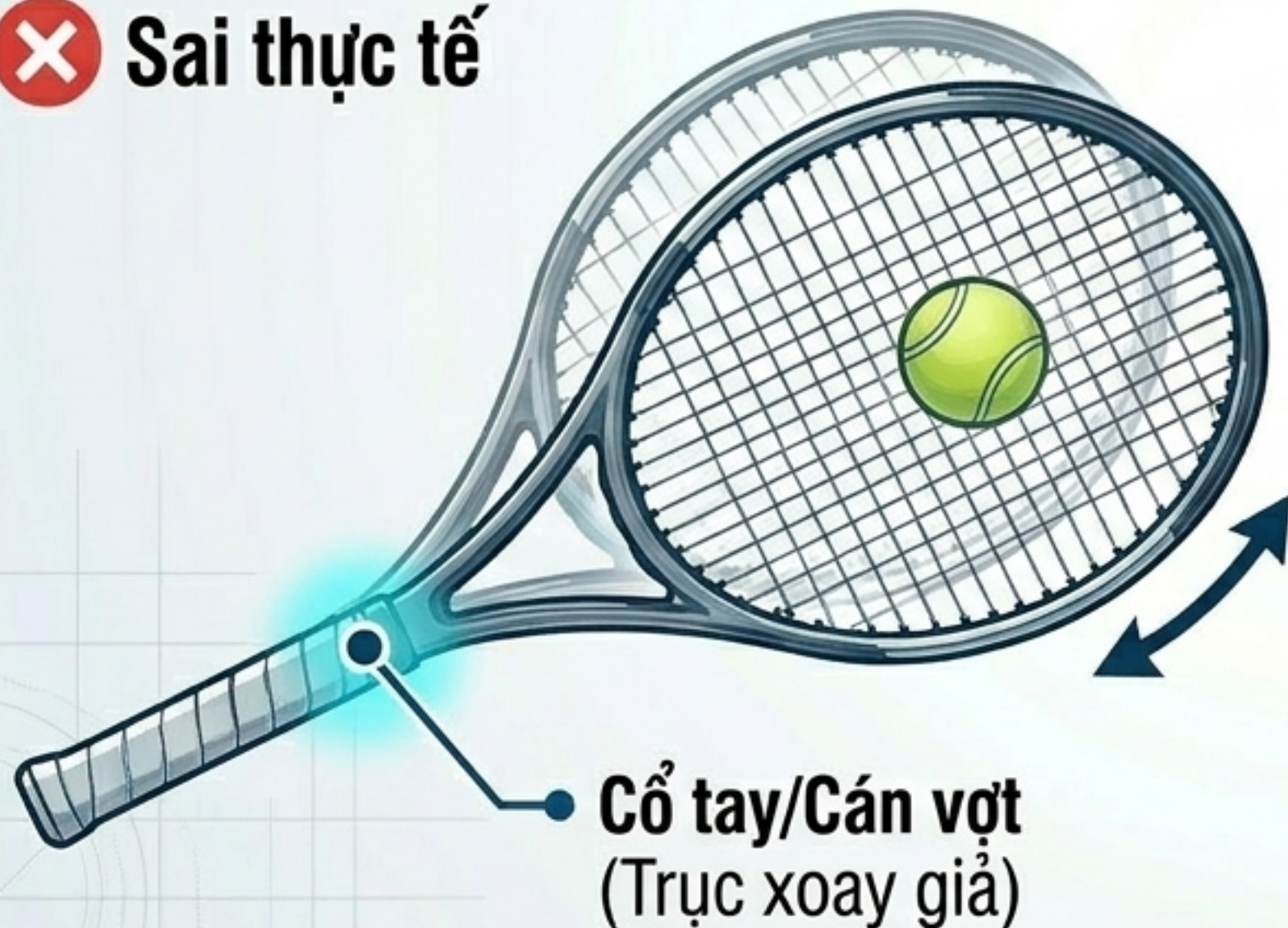
$$\text{Mức tăng TW} = 3.9 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2.$$

-> **Mức tăng này tương đương +30% Twistweight** cho một cây vợt thông thường.
Một thay đổi nhỏ tạo ra sự ổn định khổng lồ!

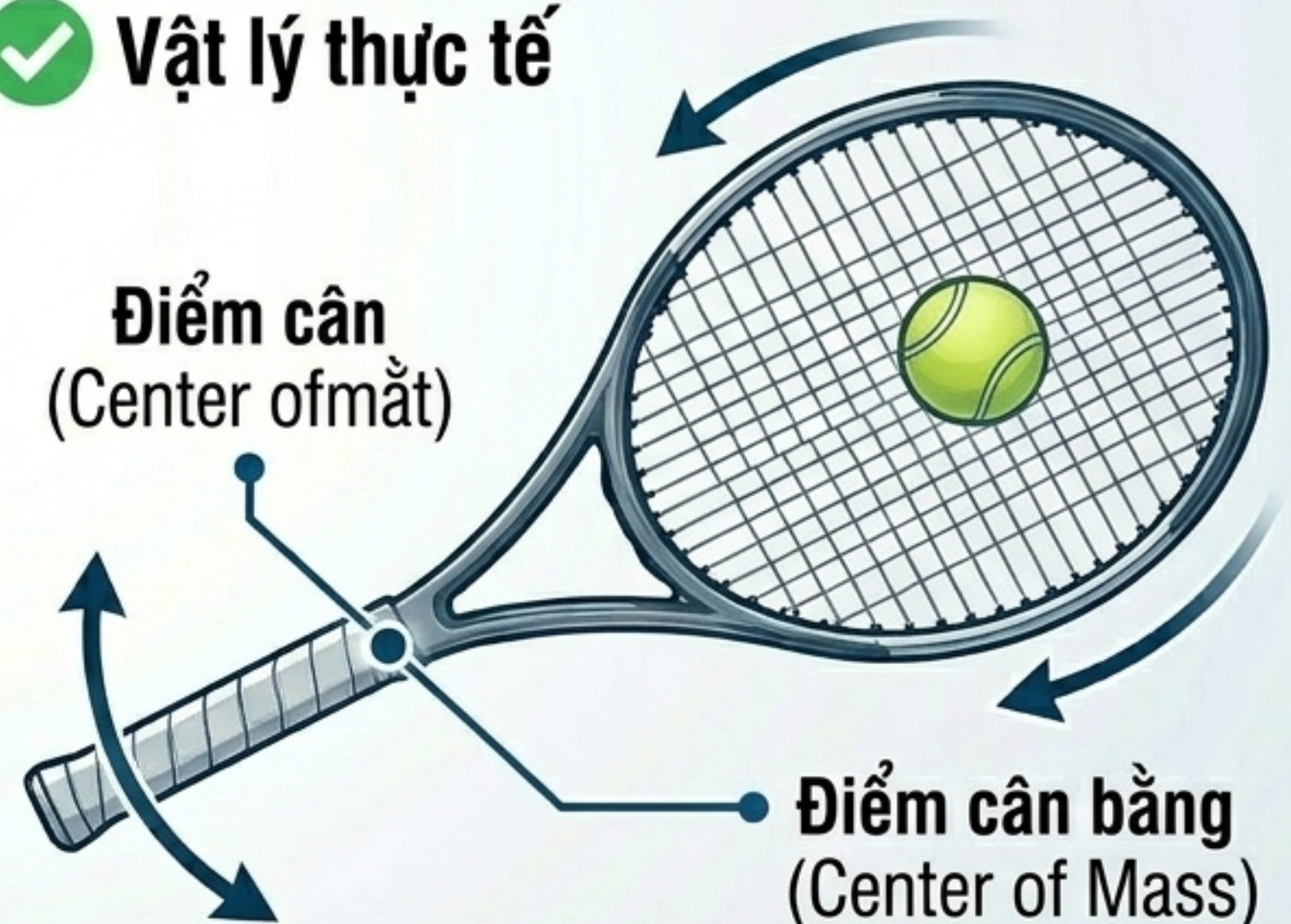
3. RECOILWEIGHT: Kháng Lại Độ Giật Lùi

Trong 5 mili-giây (ms) va chạm, lực tác động lớn đến mức tay bạn không thể giữ chặt cán vợt làm trục xoay. Cây vợt thực chất tự xoay quanh Điểm cân bằng (Center of Mass) của nó. Recoilweight chính là Mô-men quán tính đo tại trục Điểm cân bằng. Recoilweight càng cao, vợt càng ít bị giật lùi, lực trả lại bóng (ACOR) càng lớn và cổ tay bạn càng ít phải chịu chấn động (shock).

❌ Sai thực tế



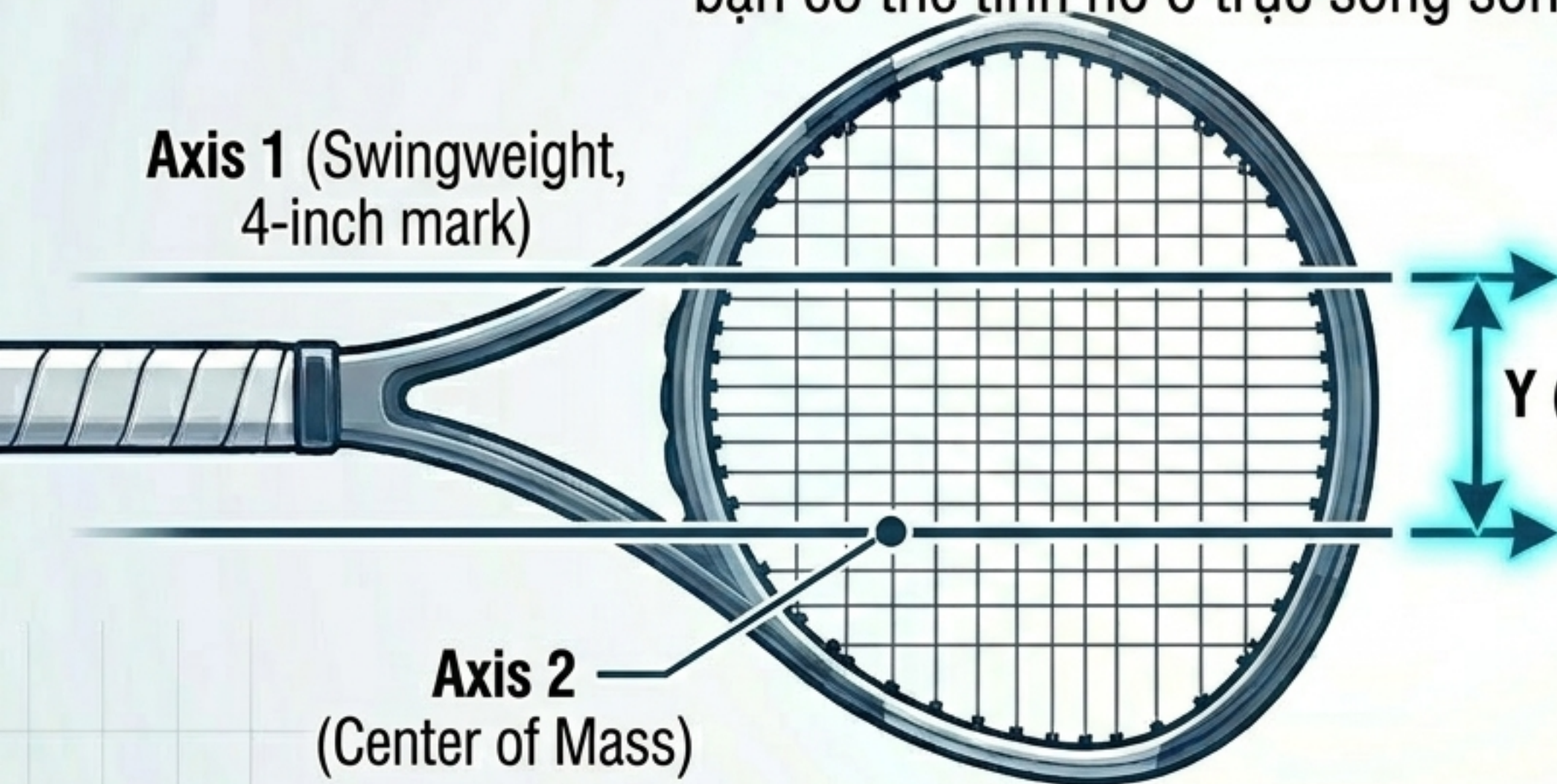
✅ Vật lý thực tế



Định Lý Trục Song Song (Parallel Axis Theorem)



Làm sao để tính Recoilweight mà không cần treo vợt **thêm lần nào nữa**?
Hãy dùng **vật lý thuyết**: Nếu bạn đã biết **mô-men** ở một trục (**Swingweight**),
bạn có thể tính nó ở trục song song (Recoilweight).



Định lý:

$$I = I_{cm} + M \cdot Y^2$$

Công thức quy đổi:

$$RW = SW - M \cdot Y^2$$



Lưu ý Đơn vị: Để công thức này chuẩn xác, bạn bắt buộc phải quy đổi Khối lượng **M** ra **Kilograms (kg)**, trong khi **Y** vẫn giữ nguyên Centimet (cm). (Ví dụ: Vợt 300g → $M = 0.3$).

Tổng Hợp: Quyền Năng Tùy Chỉnh Vợt (Customization)

Vị trí 3h & 9h (Hai bên):

Tác động: Tăng mạnh Twistweight, tăng nhẹ Swingweight.

Hiệu ứng: Mở rộng vùng điểm ngọt, chống lật cực tốt. **chống lật.**

Vị trí 12 Giờ (Đỉnh đầu):

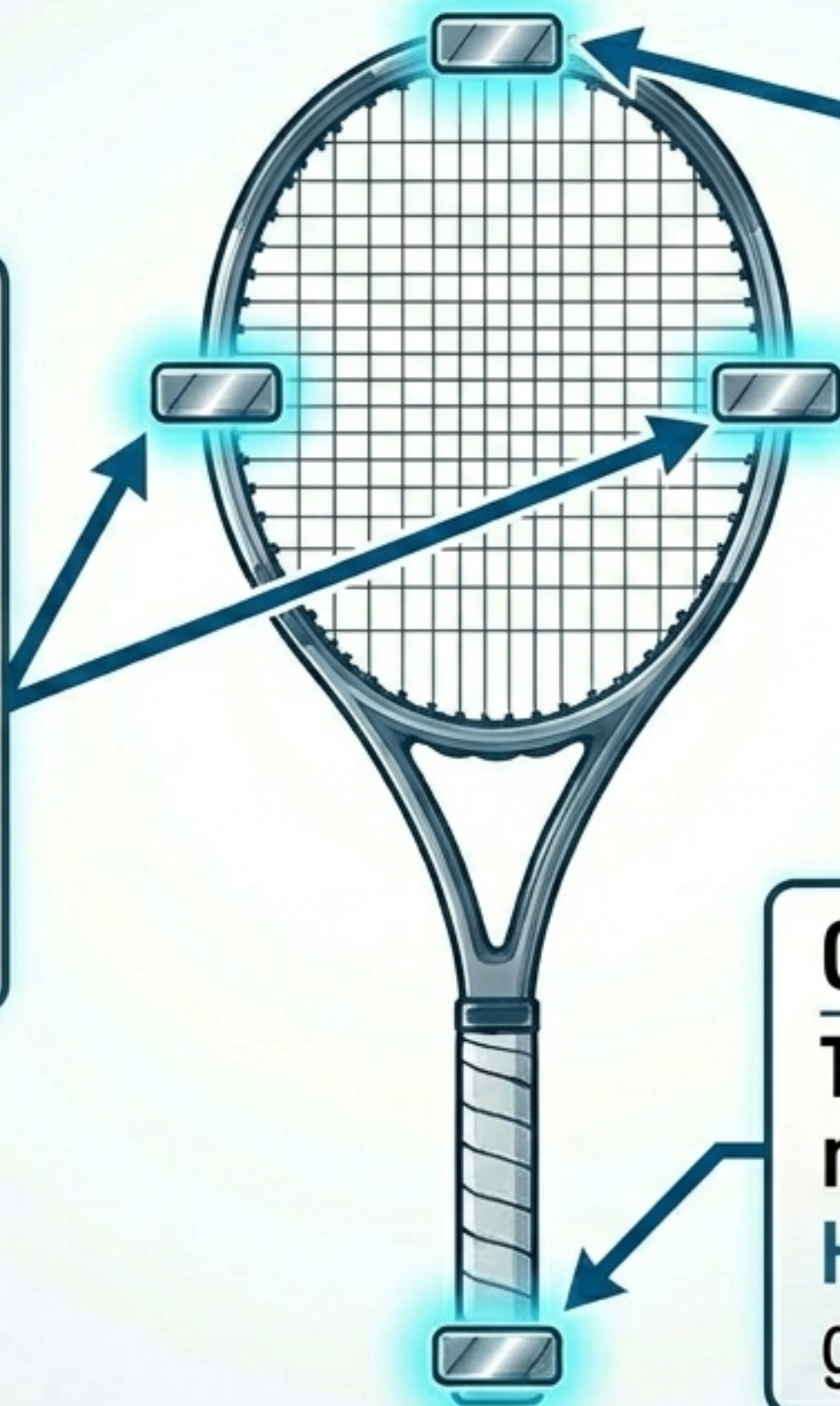
Tác động: Tăng cực mạnh Swingweight.

Hiệu ứng: Tối đa hóa Power, nhưng hy sinh độ cơ động.

Chóp Cán Vợt (Butt):

Tác động: Tăng Recoilweight, **hầu như KHÔNG** đổi Swingweight.

Hiệu ứng: Giảm sốc, làm êm vợt, giữ nguyên tốc độ vung.



Lời Khuyên Tối Hậu Từ Phòng Thí Nghiệm



Vật lý định hình Cảm giác:

“Nặng đầu”, “Chắc tay”, “Êm ái” không phải là ảo giác. Chúng là những con số có thể đo lường và thay đổi.

Khoa học trong tầm tay: Một chiếc bàn, 2 thanh kim loại, thước dây và đồng hồ bấm giờ là đủ để giải mã DNA cây vợt của bạn. Hãy tự đo, tinh chỉnh, và cảm nhận sự khác biệt trên sân!