

## Nguyên lý tương đối Galileo (Galileo's Principle of Relativity)

Vu Tuan Hiep

Abstract

Chúng ta sử dụng những định luật Newton như là những định luật phổ quát cho mọi hiện tượng cơ học, nhưng lại khẳng định trong nguyên lý tương đối rằng những định luật chuyển động là không bất biến qua phép biến đổi Galileo, nghĩa là chúng không mang tính phổ quát trong mọi hệ quy chiếu. Điều này là dễ dàng nhìn ra từ thực nghiệm, nhưng có lẽ đây là một ví dụ về sự hạn chế của phương pháp xây dựng một khẳng định trong vật lý từ cơ sở là thực nghiệm.

We use Newton's laws as universal laws for all mechanical phenomena, but assert in the principle of relativity that the laws of motion are invariant through the Galileo transformation, that is, they not universal in all frames of reference. This is easy to see from experiment, but perhaps this is an example of the limitation of the method of building an assertion in physics from the ground up.

### **“Không có không gian, chỉ có vật chất Không có thời gian, chỉ có vận động của vật chất”**

***Nhị nguyên luận về thế giới khách quan. Tất cả mọi thứ đều cấu thành từ 2 yếu tố cơ bản: Vật chất và vận động.***

***“Các định luật vật lý là như nhau với mọi quan sát viên trong mọi hệ quy chiếu quán tính.” (Phát biểu của Nguyên lý tương đối Galileo)***

Thật dễ dàng để đi đến nhận xét rằng phát biểu trên là một sai lầm. Phát biểu rằng định luật chỉ có tính phổ biến trong phạm vi hệ quy chiếu quán tính thì chắc chắn đã sai lầm ở đâu đó. Ít nhất thì đây là một phát biểu không chứa đựng sự nhất quán. Định nghĩa của định luật vốn dĩ đã bao hàm trong nó tính phổ biến. Hệ quy chiếu quán tính mà định luật vật lý có hiệu lực là hệ quy chiếu nào? Tất nhiên, một định luật vật lý cụ thể sẽ không bao giờ có tính phổ biến tuyệt đối, luôn cần một bối cảnh cụ thể để có thể áp dụng một định luật, cũng có nghĩa một định luật là luôn có một phạm vi hiệu lực nhất định. Nhưng kinh nghiệm gợi ý rằng sẽ luôn tồn tại định luật tổng quát trong bất kỳ tình huống cụ thể. Hơn nữa, lịch sử cũng đã chỉ ra các định luật Newton là phổ quát cho mọi hiện tượng cơ học cổ điển trong mọi tình huống bao gồm các vật và hệ vật chuyển động phi quán tính. Nghĩa là, những định luật cơ học tổng quát chi phối hiện tượng hiển nhiên là sẽ có hiệu lực trong bất kỳ hệ quy chiếu nào. Bên dưới đây sẽ là sự phân tích để chứng minh cho vấn đề này với mục tiêu là tìm một sự nhất quán hơn cho Nguyên lý tương đối Galileo bằng khẳng định rằng mọi định luật cơ học là bất biến với mọi quan sát viên và trong mọi hệ quy chiếu. Và mục tiêu xa hơn nữa là đặt cơ sở cho nhận thức luận trong vật lý nhằm tránh những phát biểu thiếu tính giáo điều trong vật lý như khẳng định của Nguyên lý tương đối.

Tuy nhiên để có thể chấp nhận kết quả trên, chúng ta sẽ cần một sự phân biệt rạch ròi giữa phạm vi hiệu lực của một định luật và sự hạn chế trong nhận thức của quan sát viên trong tính phổ biến của định luật khi khảo sát một hiện tượng. Chú ý rằng một hiện tượng có thể mang tính phổ quát khách quan, nhưng tại nơi nhận thức của các quan sát viên trong các hệ quy chiếu khác nhau thì có thể là khác nhau. Một sự phân tích xa hơn sẽ là sự phân tích chi tiết của tâm thức và là phạm trù của nhận thức luận.

Một điều cần chú ý thêm, đã từ rất lâu, truyền thống vật lý xem sự tách biệt khỏi lý luận triết học tự nhiên là nguyên tắc đem lại sự xác tín và khách quan cho vật lý. Tuy nhiên, chúng ta dễ dàng nhận thấy đối tượng của Nguyên lý tương đối Galileo là quan sát viên, hiện tượng,

định luật, hệ quy chiếu và phạm vi của định luật. Đây hầu hết là những đối tượng trực tiếp của nhận thức luận. Chúng ta chắc chắn phải cần một góc nhìn sâu sắc của nhận thức luận khi xem xét lại Nguyên lý tương đối Galileo. Đó chính là nguyên nhân tôi dành rất nhiều nỗ lực để tìm kiếm những sự xác tín trong triết học và nhận thức luận khoa học ở phần đầu tiên. Nhờ vào đó mà những sai lầm đã tồn tại dai dẳng trong vật lý sẽ được phơi bày và sẽ được xử lý trên một nền tảng vững chắc hơn.

## 1. Cơ sở

### 1.1. Định nghĩa

- **Định nghĩa về đối tượng cơ bản cơ học cổ điển:** Đối tượng cơ bản của cơ học cổ điển (từ đây gọi là cơ học) là vật và sự chuyển động của vật.
  - + Đại lượng đặc trưng cho vật trong cơ học là **khối lượng** ( $m$ )
  - + **Sự chuyển động** ( $v = \frac{ds}{dt}$ ) là **sự thay đổi vị trí** ( $s$ ) của vật theo **thời gian** ( $t$ ).
  - + Đặc trưng cho trạng thái chuyển động trong cơ học cổ điển là **động lượng tức thời** ( $P = mv$ ) bao gồm khối lượng và giá trị tức thời của vận tốc
  - + Sự thay đổi trạng thái chuyển động theo thời gian đặc trưng bởi khái niệm **lực tác dụng** ( $F = \frac{dP}{dt}$ )
  
- **Định nghĩa về hiện tượng cơ học:** Hiện tượng cơ học là một tập hợp những trạng thái chuyển động liên tục của đối tượng cơ học được quan sát.
  
- **Định nghĩa về quan sát viên:** Quan sát viên là đối tượng có khả năng xác định trạng thái chuyển động của đối tượng được quan sát, không giới hạn con người hay máy đo.
  - + **Định nghĩa về những quan sát viên bình đẳng:** Những quan sát viên cùng quan sát một hiện tượng cơ học với cùng sự nhất trí về trạng thái chuyển động của hiện tượng cơ học đó thì ta gọi là những quan sát viên bình đẳng với nhau.
  - + **Định nghĩa về những quan sát viên không bình đẳng:** Những quan sát viên cùng quan sát một hiện tượng cơ học nhưng không cùng sự nhất trí về trạng thái chuyển động của hiện tượng cơ học đó thì ta gọi là những quan sát viên không bình đẳng với nhau.
  
- **Định nghĩa về định luật cơ học:** Định luật là những quy luật mang tính phổ biến, tất yếu trong sự chuyển động của đối tượng cơ học.

- **Định nghĩa về hệ quy chiếu:** Hệ quy chiếu là một hệ mà trong đó có các quan sát viên và các hiện tượng cùng chung một vận tốc cơ sở với một quan sát viên bất kỳ.
  - + **Định nghĩa sự bình đẳng về mặt động lượng trong một hệ quy chiếu:** Tôi gọi sự tương đồng về vận tốc cơ sở khi so sánh với hệ khác là sự bình đẳng về mặt động lượng của các thành phần trong cùng hệ quy chiếu. Nghĩa là các vật trong cùng hệ quy chiếu khi so sánh với hệ khác cùng có chung vận tốc cơ sở nhưng do chúng khác nhau về khối lượng nên chúng không chung giá trị động lượng mà giá trị động lượng của chúng là bình đẳng.
  - + **Định nghĩa về hệ quy chiếu quán tính:** Hệ quy chiếu quán tính là hệ chứa các quan sát viên và các hiện tượng chuyển động quán tính với một quan sát viên được xem là đứng yên.
  - + **Định nghĩa về hệ quy chiếu phi quán tính:** Hệ quy chiếu phi quán tính là hệ chứa các quan sát viên và các hiện tượng chuyển động phi quán tính với một quan sát viên được xem là đứng yên.

## 1.2. Tiên đề

- **Tiên đề 1 về trật tự của hiện tượng Tự nhiên:** Mọi hiện tượng cơ học đều chịu sự chi phối của một tập định luật cơ sở và không có ngoại lệ.
- **Tiên đề 2 về tính khách quan của tri thức:** Mọi hiện tượng cơ học luôn diễn ra như nó vốn phải thế, phụ thuộc vào sự chi phối của tập định luật cơ sở và không phụ thuộc vào nhận thức quan sát viên.

***Nhận xét:** Cần chú ý, quan sát viên có thể sẽ cần phải phá vỡ tính khách quan để có thể nhận thức được hiện tượng, hoặc bản thân quan sát viên có thể là một phần của hiện tượng. Nhưng điều cốt yếu trong quá trình tìm kiếm tri thức về một hiện tượng thì luôn phải xem xét quan sát viên trên góc độ là đối tượng tri giác, hiện tượng là đối tượng được tri giác. Để tri giác đúng về bản chất của hiện tượng thì điều kiện là hiện tượng phải độc lập ý thức của quan sát viên. Đây là nguyên tắc về nhận thức trong khoa học tự nhiên, mọi hiện tượng cần phải độc lập ý thức dù rằng ý thức là đối tượng tiếp nhận hiện tượng.*

- **Tiên đề 3 về nguyên lý bảo toàn động lượng:** Trạng thái chuyển động của một vật hoặc hệ vật hoặc hiện tượng là bất biến nếu không xảy sự tương tác với vật, hệ vật, hiện tượng khác.

## 1.3. Định lý

- **Định lý 1 về sự tồn tại của quan sát viên tiêu biểu:** Trong mọi hiện tượng cơ học, luôn tồn tại một quan sát viên có khả năng tri giác hiện tượng một cách khách quan nhất có thể, ta gọi quan sát viên đó là quan sát viên tiêu biểu.

**Chứng minh:** Ta biết rằng sự khách quan tuyệt đối của nhận thức với hiện tượng là bất khả. Nhưng bằng cách dẹp bỏ dần những hạn chế, nhận thức về hiện tượng sẽ dần trở nên tiệm cận khách quan với bản chất của hiện tượng. Sự tồn tại của một nhận thức với khả năng tiệm cận khách quan là một khẳng định mang tính nguyên tắc.

- **Định lý 2 về sự phổ quát của định luật:** Các định luật vật lý chi phối hiện tượng cơ học là luôn tồn tại và bất biến với mọi quan sát viên tiêu biểu.

**Chứng minh:**

- Ta đã thừa nhận mọi hiện tượng cơ học đều chịu sự chi phối của một tập định luật cơ sở và không có ngoại lệ. (Tiên đề 1)
- Ta đã thừa nhận mọi hiện tượng vật lý trong cơ học cổ điển vẫn sẽ diễn ra như nó vốn phải thế, phụ thuộc vào sự chi phối của tập định luật cơ sở và không phụ thuộc vào nhận thức quan sát viên. (Tiên đề 2)
- Ta đã chứng minh rằng luôn tồn tại quan sát viên tiêu biểu trong các hiện tượng cơ học. (Định lý 1)

⇒ Sự tồn tại những tập định luật cơ sở chi phối mọi hiện tượng cơ học và sự bất biến của những định luật đó với quan sát viên tiêu biểu là một khẳng định mang tính nguyên tắc.

#### 1.4. Định luật

- **Định luật 1:** Quan sát viên tiêu biểu của một hiện tượng cơ học là luôn tồn tại và chỉ có thể tồn tại trong cùng hệ quy chiếu với hiện tượng.

Phép biến đổi Galileo là công cụ để khắc phục sự hạn chế về mặt nhận thức của quan sát viên trong các hệ quy chiếu với hiện tượng, và được thể hiện bằng biểu thức liên hệ động lượng giữa một quan sát viên với quan sát viên tiêu biểu:

$$P' = P + P_{base}$$

$P'$ : Trạng thái chuyển động tức thời của hiện tượng với quan sát viên.

$P$ : Trạng thái chuyển động tức thời của hiện tượng với quan sát viên tiêu biểu.

$P_{base}$ : Trạng thái chuyển động tức thời của hệ quy chiếu nơi hiện tượng diễn ra với quan sát viên.

- **Định luật 2:** Những định luật vật lý chi phối mọi hiện tượng cơ học là có hiệu lực với mọi quan sát viên tiêu biểu trong mọi hệ quy chiếu.

## 2. Chứng minh các định luật

**2.1. Định luật 1:** “Quan sát viên tiêu biểu của một hiện tượng cơ học là luôn tồn tại và chỉ có thể tồn tại trong cùng hệ quy chiếu với hiện tượng. Phép biến đổi Galileo là công cụ để khắc phục sự hạn chế về mặt nhận thức của các quan sát viên”

**2.1.1. Quan sát viên tiêu biểu của một hiện tượng cơ học là luôn tồn tại và tồn tại trong cùng hệ quy chiếu với hiện tượng.**

### a, Khảo sát nhận thức của quan sát viên

Ta đã biết quan sát viên tiêu biểu là quan sát viên có khả năng tri giác hiện tượng cơ học một cách khách quan nhất có thể và từ định lý 1 ta biết là luôn tồn tại một quan sát viên như vậy.

Không làm mất tính tổng quát cho vấn đề đang xét, ta hoàn toàn có thể bỏ qua việc xem xét tư kiến của các quan sát viên. Nghĩa là các quan sát viên mà ta đang xét là cùng một khả năng trong quan năng nhận thức.

Ta đã biết rằng quá trình nhận thức là quá trình tương tác của quan sát viên với hiện tượng. Trong đó có 2 loại tương tác:

- **Tương tác khách quan:** Là sự vận động khách quan của hiện tượng.

Không làm mất tính tổng quát cho vấn đề đang xem xét, ta bỏ qua sự tương tác khách quan giữa quan sát viên và hiện tượng.

- **Tương tác đề tri giác:** Sự tương tác giữa hiện tượng với nhận thức của quan sát viên, là sự tác động của hiện tượng đến cảm năng của quan sát viên.

Ở đây, ta sẽ khảo sát hạn chế nhận thức của quan sát viên với hiện tượng cơ học trên quan điểm của cơ học. Đối tượng mà ta xét là sự nhận thức của quan sát viên với hiện tượng trong các hệ quy chiếu khác nhau.

Ta thấy có những hạn chế giữa cảm năng của quan sát viên với hiện tượng như sau:

- **Quan sát viên không nhận thức tức thời hiện tượng:** Đó là độ trễ về mặt thời gian truyền thông tin bắt nguồn từ nguyên nhân là do ánh sáng, âm thanh có vận tốc nhất định và luôn tồn tại khoảng cách của quan sát viên và hiện tượng (***Vấn đề sự trễ về mặt truyền thông tin này sẽ được khảo sát trong sự không đồng bộ. Tuy nhiên trong cơ học cổ điển, ta giả thuyết ánh sáng có vận tốc vô cùng và sự truyền thông tin là tức thời***)
- **Hạn chế về không gian trong cùng hệ quy chiếu:** Ta thấy sự hạn chế là khoảng cách của quan sát viên với hiện tượng.
- **Hạn chế về động lượng giữa các hệ quy chiếu khác nhau:** Quan sát viên và hiện tượng có sự bất bình đẳng về mặt động lượng.

**b, Khảo sát ảnh hưởng của các sự bất bình đẳng giữa quan sát viên và hiện tượng tới nhận thức của quan sát viên**

**\* Trường hợp 1:** Ta xét trường hợp quan sát viên và hiện tượng được coi là đứng yên. Sự bất bình đẳng là khoảng cách trong không gian:

$$r' = r + r_0$$

$$\Leftrightarrow \frac{dr}{dt} = \frac{dr'}{dt} \Leftrightarrow P'(t) = P(t)$$

**Kết luận 1:** Trạng thái chuyển động trong nhận thức của quan sát viên đứng yên là bất biến so với bản chất hiện tượng  $\Rightarrow$  Nhận thức của quan sát viên đứng yên có thể coi là tiệm cận khách quan với bản chất hiện tượng

**\* Trường hợp 2:** Ta xét trường hợp quan sát viên chuyển động còn hiện tượng được coi là đứng yên.

Trường hợp quan sát viên chuyển động với hiện tượng, giữa quan sát viên và hiện tượng có sự bất bình đẳng về mặt động lượng. Ta biết rằng hiện tượng là tập hợp của vô số khoảnh khắc. Xét trong từng khoảnh khắc, quan sát viên là đứng yên so với hiện tượng. Như vậy việc chuyển động của quan sát viên không làm thay đổi bản chất của hiện tượng.

**Kết luận 2:** Về cơ bản, sự chuyển động của quan sát viên không làm sai lệch bản chất của hiện tượng như khi được quan sát bởi quan sát viên đứng yên. Về sự hạn chế của quan sát viên trong tình huống này thì ta không cần xem xét, bởi nếu có thì đó là vấn đề trong nhận thức của quan sát viên, không phải do bản chất hiện tượng.

**\* Trường hợp 3:** Ta xét trường hợp hiện tượng là chuyển động quán tính so với quan sát viên với sự biến đổi của trạng thái hiện tượng được liên hệ bởi biểu thức:  $P_{t2} =$

$$P_{t1} + \Delta P$$

- Động lượng của hạt  $P'$  thời điểm  $t1$  theo góc nhìn của quan sát viên:

$$P'_{t1} = P_{t1} + P_{base_{t1}}$$

- Động lượng của hạt  $P'$  thời điểm  $t2$  theo góc nhìn của quan sát viên:

$$P'_{t2} = P_{t2} + P_{base_{t2}}$$

Quan sát viên chuyển động quán tính với hiện tượng:

$$\Leftrightarrow P_{base_{t2}} = P_{base_{t1}}$$

$$\Rightarrow P'_{t2} - P'_{t1} = P_{t2} - P_{t1} \Rightarrow \Delta P' = \Delta P$$

**Kết luận 3:** Sự biến đổi trạng thái chuyển động nội tại của hiện tượng là bất biến trong nhận thức của quan sát viên trong hệ quy chiếu chuyển động quán tính với hiện tượng.

**\* Trường hợp 4:** Ta xét trường hợp một quan sát viên đứng yên đang quan sát một hiện tượng chuyển động có gia tốc bởi một ngoại lực với sự biến đổi của trạng thái hiện tượng được liên hệ bởi biểu thức:  $P_{t_2} = P_{t_1} + \Delta P$

- Động lượng của hạt  $P'$  thời điểm  $t_1$  theo góc nhìn của quan sát viên:

$$P'_{t_1} = P_{t_1} + P_{base_{t_1}}$$

- Động lượng của hạt  $P'$  thời điểm  $t_2$  theo góc nhìn của quan sát viên:

$$P'_{t_2} = P_{t_2} + P_{base_{t_2}}$$

Quan sát viên đứng yên:

$$P'_{t_2} - P'_{t_1} = P_{t_2} - P_{t_1} + (P_{base_{t_2}} - P_{base_{t_1}}) \Rightarrow \Delta P' \neq \Delta P$$

**Kết luận 4:** Sự biến đổi trạng thái chuyển động nội tại của hiện tượng là không bất biến trong nhận thức của quan sát viên đứng yên với một hiện tượng chuyển động phi quán tính.

**\* Trường hợp 5:** Ta xét trường hợp một quan sát viên cùng hệ quy chiếu đang quan sát một hiện tượng chuyển động có gia tốc bởi một ngoại lực với sự biến đổi của trạng thái hiện tượng được liên hệ bởi biểu thức:

- Động lượng của hạt  $P'$  theo góc nhìn của quan sát viên:

$$P' + P_{observer} = P + P_{base}$$

Quan sát viên cùng trạng thái chuyển động cơ sở với hiện tượng:

$$\Leftrightarrow P_{observer} = P_{base}$$

$$\Rightarrow P' = P \Leftrightarrow P'(t) = P(t)$$

**Kết luận 5:** Trạng thái chuyển động nội tại của hiện tượng luôn là bất biến trong nhận thức của quan sát viên cùng hệ quy chiếu với hiện tượng không phụ thuộc hệ quy chiếu đó đang chuyển động hay đứng yên

$\Rightarrow$  Quan sát viên nhận thức đúng sự biến đổi trạng thái của một hiện tượng cơ học chỉ có thể tồn tại ở cùng hệ quy chiếu hoặc trong các hệ quy chiếu chuyển động quán tính với hệ quy chiếu nơi hiện tượng diễn ra.

$\Rightarrow$  Từ kết luận 1 và 5, ta thấy rằng quan sát viên cùng hệ quy chiếu là tiệm cận khách quan với hiện tượng cho dù hiện tượng đang trong hệ quy chiếu quán tính hay phi quán tính.

### 2.1.2. Phép biến đổi Galileo là công cụ để khắc phục sự bất bình đẳng giữa quan sát viên và quan sát viên tiêu biểu

**Sự bất bình đẳng của vị trí:**

$$r' = r + r_0$$

$$\Leftrightarrow \frac{dr}{dt} = \frac{dr'}{dt} \Leftrightarrow P'(t) = P(t)$$

**Sự bất bình đẳng về mặt vận tốc:**

$$r' = r + r(t) \Leftrightarrow r' = r + v_0 t$$

$$\Leftrightarrow \frac{dr'}{dt} = \frac{dr}{dt} + v_0 \Leftrightarrow P(t) = P'(t) + P_0$$

**Sự bất bình đẳng về mặt gia tốc:**

$$r' = r + r(t) \Leftrightarrow r' = r + \frac{1}{2} a_0 t^2$$

$$\Leftrightarrow \frac{dr'}{dt} = \frac{dr}{dt} + a_0 t \Leftrightarrow P(t) = P'(t) + a_0 t$$

**Tổng quát:**

$$r' = r + r(t) \Leftrightarrow r' = r + v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2 + \frac{1}{6} j_0 t^3 + \dots$$

$$\Leftrightarrow \frac{dr'}{dt} = \frac{dr}{dt} + P_{base}(t) \Leftrightarrow P(t) = P'(t) + P_{base}(t)$$

**2.2. Định luật 2:** “*Những định luật vật lý chi phối mọi hiện tượng cơ học là có hiệu lực với mọi quan sát viên tiêu biểu trong mọi hệ quy chiếu.*”

Trong định lý 2 ta đã chứng minh: “**Các định luật vật lý chi phối hiện tượng cơ học là luôn tồn tại và bất biến với mọi quan sát viên tiêu biểu**”. Nhưng đó là một chứng minh mang tính nguyên tắc. Ở đây, ta chưa thể khẳng định các định luật vật lý trong định lý 2 chính là các định luật cơ học hiện tại và quan sát viên tiêu biểu trong định luật 2 là đủ tiêu chuẩn như các quan sát viên tiêu biểu trong định lý 2. Sự tồn tại của định lý 2 là cần thiết như một nền tảng cơ sở cho định luật 2. Tuy nhiên, một phát biểu cho những định luật của cơ học sẽ phải cần thêm sự xem xét kỹ lưỡng trên quan điểm cơ học.

**Luận điểm 1: Tính tương đối của chuyển động phi quán tính giữa 2 chất điểm**



- Tác dụng của lực trong cơ học cổ điển gây ra hiệu ứng chuyển động ( $F = ma$ ). Sẽ có hai hiệu ứng: Một là chuyển động, hai là làm biến dạng.
- Một chất điểm chỉ có thể phát hiện sự tác dụng của lực thông qua chuyển động.

⇒ Xét riêng 2 chất điểm độc lập thì không thể phát hiện chất điểm nào đang thực sự đứng yên và chất điểm nào đang chuyển động do bị chịu lực tác dụng.

**Kết luận 1: Sự chuyển động có gia tốc cũng chỉ mang tính chất tương đối. Một chất điểm có thể được coi là đứng yên, chuyển động quán tính, chuyển động phi quán tính,... tùy thuộc vào đối tượng tham chiếu.**

### Luận điểm 2: Tính tương đối của động lượng

Một hệ quy chiếu có thể chuyển động quán tính với quan sát viên này, nhưng có thể là chuyển động phi quán tính với quan sát viên khác. Do vậy, giá trị động lượng của một hiện tượng phụ thuộc vào quan sát viên được lựa chọn. Khi nói đến sự bảo toàn của giá trị động lượng, thì điều đó chỉ có ý nghĩa khi nói đến động lượng nội tại của hiện tượng là bảo toàn. Ta đã chứng minh là chỉ có quan sát viên tiêu biểu mới nhận thức đúng về trạng thái chuyển động của hiện tượng. Do vậy, động lượng nội tại chính là đang xét trạng thái chuyển động của hiện tượng với quan sát viên tiêu biểu.

**\* Luận điểm 3: Các định luật Newton luôn có hiệu lực trong mọi hiện tượng cơ học, trong mọi hệ quy chiếu với các quan sát viên tiêu biểu.**

Dựa theo tiên đề 3, tổng giá trị động lượng trong một hệ vật kín là bất biến:

$$\sum P_{0_{t1}} + P_{1_{t1}} + \dots + P_{n_{t1}} = \sum P_{0_{tm}} + P_{1_{tm}} + \dots + P_{n_{tm}}$$

$$\Rightarrow \sum \Delta P_0 + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_n = 0$$

$$\Leftrightarrow \sum F_0 + F_1 + F_2 + \dots + F_n = 0$$

**Kết luận 2: Do sự tương tác trong một hiện tượng kín là luôn bằng 0. Như vậy, trong hệ quy chiếu quán tính hay phi quán tính, hiện tượng diễn ra như nó vốn phải thế, và được biểu diễn bằng các định luật Newton.**

### Luận điểm 4: Định luật II Newton là không bất biến trong phép biến đổi Galileo

Ở trên ta đã xem xét hiện tượng theo bản chất nội tại - góc nhìn của quan sát viên tiêu biểu. Ở đây, ta sẽ khảo sát hiện tượng dưới góc nhìn của quan sát viên đứng yên đang quan sát một hiện tượng trong một hệ quy chiếu phi quán tính:

$$r' = r + r(t) \Leftrightarrow r' = r + v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2 + \frac{1}{6} j_0 t^3 + \dots$$

$$\Rightarrow a' = a + a_0 + j_0 t + \dots$$

$$\Leftrightarrow F' = F + F_0 + m(j_0 t) + \dots$$

**Nhận xét:** Công thức trên phản ánh đúng thực tế

- Thành phần  $F$  là lực tương tác theo góc nhìn của quan sát viên tiêu biểu và là lực tương tác thực sự của hiện tượng.
- Thành phần  $F_0 + m(j_0 t) + \dots$  là một lực ảo và chỉ có thể được quan sát từ quan sát viên đứng yên đang theo dõi hiện tượng trong hệ quy chiếu phi quán tính. Nếu xét hiện tượng trong riêng hệ quy chiếu nơi hiện tượng đang diễn ra, thành phần lực ảo không tác động tới hiện tượng.
- Công thức  $F' = F + F_0 + m(j_0 t) + \dots$  thể hiện rằng định luật II Newton là không bất biến qua phép biến đổi Galileo. Tuy nhiên, công thức trên hoàn toàn suy ra từ định luật II Newton.

$\Rightarrow$  Sự không bất biến của định luật II Newton qua phép biến đổi Galileo chỉ thể hiện rằng nhận thức về một hiện tượng có thể là khác nhau trong nhận thức của các quan sát viên nơi các hệ quy chiếu khác nhau. Nhưng bản chất hiện tượng ở trong mọi hệ quy chiếu luôn diễn ra như nó vốn phải thế và luôn bất biến với định luật II Newton theo công thức:  $F = ma$ .

Do vậy, những định luật vật lý chi phối hiện tượng cơ học luôn là như nhau với mọi quan sát viên trong mọi hệ quy chiếu.

### 3. Hệ quả từ các định luật

**3.1. Một hiện tượng vật lý diễn ra trong các hệ quy chiếu là như nhau với các quan sát viên trong cùng hệ quy chiếu với hiện tượng.**

*Vì hiện tượng luôn diễn ra như nó phải thế, không chịu tác dụng bởi ngoại lực nên hiển nhiên các quan sát viên trong cùng hệ quy chiếu sẽ chung nhận thức về một hiện tượng.*

**3.2. Các quan sát viên không thể xác định trạng thái chuyển động tương đối của hệ quy chiếu của mình bằng các thí nghiệm với hiện tượng cùng hệ quy chiếu.**

*Bởi vì động lượng trong một hệ kín luôn là bảo toàn với quan sát viên tiêu biểu. Do vậy, quan sát viên tiêu biểu và hiện tượng nếu không tương tác với bên ngoài hệ quy chiếu của mình thì sẽ không thể có đối tượng để có thể tham chiếu động lượng cơ sở của mình. Và do vậy là không thể phát hiện chuyển động tương đối của mình với một quan sát viên hoặc hiện tượng bên ngoài hệ quy chiếu.*

### 4. Một vài hiện tượng thực tế

**4.1. Hiện tượng viên bi rơi trong toa tàu đang chuyển động có gia tốc**

Nhưng thực tế viên bi trong toa tàu đang gia tốc có quỹ đạo rơi khác khi đứng yên. Nghĩa là hiện tượng viên bi rơi đã khác khi ở hệ quy chiếu mặt đất và toa tàu? Điều gì đã xảy ra? Không có gì sai ở đây! Vấn đề chính là do quan niệm hệ quy chiếu của chúng ta. Chúng ta định nghĩa hệ quy chiếu là những hệ vật có cùng vận tốc nhưng chúng ta lại suy nghĩ hệ quy chiếu là một cái hộp và những vật trong đó.

Trước khi xét lại hiện tượng viên bi rơi trong toa tàu, ta cần nhớ lại về định nghĩa cho hệ quy chiếu. Một cách dễ hiểu, hệ quy chiếu là hệ có cùng vận tốc cơ sở. Như vậy 1 quan sát viên ứng với một hệ quy chiếu đặc trưng bởi vận tốc, gia tốc,...  $(\mathbf{a}, \mathbf{v})$ . Bây giờ ta xét hiện tượng một người thả viên bi trong tàu. Hiện tượng là thả viên bi còn quan sát viên là người thả viên bi. Với trường hợp toa tàu đứng yên thì hiện tượng và quan sát viên có khoảng cách không đổi theo thời gian (quan sát viên và hiện tượng cùng được cộng một lượng vận tốc là 0 trong thí nghiệm). Với trường hợp toa tàu chuyển động với vận tốc không đổi thì khoảng cách giữa quan sát viên và hiện tượng cũng không đổi (cả 2 cùng được cộng lượng vận tốc là  $v$ ). Với trường hợp có gia tốc thì khoảng cách giữa quan sát viên (người thả viên bi) và hiện tượng (viên bi rơi) thay đổi. Vậy ta kết luận trong trường hợp toa tàu có gia tốc, QSV và hiện tượng đã không còn trong cùng hệ quy chiếu. Chính xác là vậy, tại thời điểm được thả, viên bi rơi trong toa tàu có gia tốc thực tế là trong hệ quy chiếu  $(\mathbf{0}, \mathbf{v})$  còn QSV là  $(\mathbf{a}, \mathbf{v})$  và không cùng một hệ quy chiếu. Nguyên nhân là do quan sát viên ngồi trên ghế thì khi tàu gia tốc thì chúng ta tựa vào ghế và cũng chuyển động có gia tốc, còn hiện tượng của ta thì không có "cái ghế" nào.

#### **4.2. Ví dụ thực tế cho hệ quả: “Một hiện tượng vật lý diễn ra trong các hệ quy chiếu là như nhau với các quan sát viên trong cùng hệ quy chiếu với hiện tượng”.**

Tất nhiên là cũng có bằng chứng thực nghiệm cho phát biểu nếu cùng hệ quy chiếu thì dù có gia tốc, các quan sát viên vẫn thấy hiện tượng như nhau. Xét ví dụ một hiện tượng trong một thang máy rơi tự do. Thang máy này chuyển động có gia tốc với Trái Đất là điều hiển nhiên. Thang máy chuyển động có gia tốc so với một thang máy không chịu tác dụng của bất kỳ lực nào (lơ lửng trong không gian) cũng là điều hiển nhiên. Cả thang máy, quan sát viên và hiện tượng trong đó cùng chịu lực  $\mathbf{G}$  và như vậy ta kết luận cùng hệ quy chiếu. Nhưng ta cũng biết môi trường trong đó là môi trường không trọng lực, các hiện tượng trong thang máy rơi ở Trái Đất là như nhau với một con tàu vũ trụ đang trôi bồng bềnh trong vũ trụ hay con tàu vũ trụ rơi xuống sao Hỏa, ... Yếu tố then chốt là các quan sát viên và hiện tượng cùng một hệ quy chiếu thì các hiện tượng vật lý là như nhau. Điều đó cũng giải thích tại sao Trái Đất chuyển động có gia tốc xung quanh Mặt Trời mà chúng ta không thể cảm thấy gia tốc đó, vì chúng ta và Trái Đất là cùng một hệ quy chiếu so với Mặt Trời.

Bản thân các định luật cơ học không sai, lỗi sai là ở nhận thức của quan sát viên chưa tri giác đúng bản chất hiện tượng. Sự không đồng bộ cũng vậy

