

NGUYỄN CẢNH HỒ

MỘT SỐ VẤN ĐỀ TRIẾT HỌC CỦA VẬT LÝ HỌC



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC XÃ HỘI
HÀ NỘI - 2000

GiangVien.Net

*Một số vấn đề triết học
của vật lý học*

NGUYỄN CẢNH HỒ

**MỘT SỐ VẤN ĐỀ TRIẾT HỌC
CỦA VẬT LÝ HỌC**

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC XÃ HỘI
HÀ NỘI - 2000**

GiangVien.Net

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	9
Chương I - Vật lý học và triết học	11
I. <i>Vật lý học qua các thời đại</i>	11
1. Vật lý học thời cổ đại	11
2. Vật lý học thời cận đại	13
3. Vật lý học thời hiện đại	13
II. <i>Các mối quan hệ qua lại giữa triết học và vật lý học</i>	16
III. <i>Sơ lược quá trình phát triển của vật lý học từ thời cận đại đến nay - Các bức tranh vật lý về thế giới</i>	25
IV. <i>Cuộc đấu tranh triết học trong vật lý học qua các thời đại</i>	35
1. Một số vấn đề chung	35
2. Về phép biện chứng và phép siêu hình	38
3. Phép biện chứng và phép siêu hình trong cuộc đấu tranh giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm trong vật lý học	58
4. Cuộc khủng hoảng của vật lý học cuối thế kỷ XIX - đầu thế kỷ XX.	61
Chương II - Về một số khái niệm cơ bản của vật lý học	68
I. <i>Khối lượng và năng lượng</i>	68
1. Khối lượng trong vật lý học cổ điển	68
2. Năng lượng trong vật lý học cổ điển	73
3. Khối lượng và năng lượng trong vật lý học hiện đại	76
II. <i>Hạt và trường</i>	86
1. Hạt và trường trong vật lý học cổ điển	86
2. Hạt và trường trong vật lý học hiện đại	91

III. Không gian và thời gian	98
1. Trong toán học	98
2. Trong vật lý học	110
3. Trong triết học	113
Chương III - Thuyết tương đối (TTĐ)	119
I. Thuyết tương đối hẹp (TTĐH)	119
1. Quá trình hình thành	119
2. Các giả thuyết cơ sở của TTĐH	128
3. Các hệ quả của TTĐH	131
II. Thuyết tương đối rộng	135
III. Các vấn đề triết học của TTĐ	139
1. Một số vấn đề chung	139
2. Sự vận dụng các quan điểm duy vật biện chứng trong việc giải thích TTĐ	148
3. Các yếu tố có vai trò cơ bản trong TTĐ	151
4. Tính tương đối và tính tuyệt đối trong TTĐ	163
5. Hình học và vật lý học	178
Chương IV - Cơ học lượng tử (CHLT)	187
I. Một số vấn đề chung về CHLT	187
1. Cơ lượng tử là gì?	187
2. Tóm tắt quá trình xây dựng CHLT	190
3. Đặc điểm của thế giới vi mô	198
II. Về các quan niệm cơ bản và các cơ sở vật lý của CHLT	202
1. Về các quan niệm cơ bản của CHLT	202
2. Cơ sở vật lý của CHLT	213
3. Vi hạt là gì?	219
4. Sự "thông ước" giữa sóng và hạt trong vi thể: công thức của D.Broglie	223

III. Biên độ xác suất và giao thoa biên độ	227
IV. Các vấn đề triết học của CHLT	235
1. Vai trò của suy lý tương đồng và sự trực giác	235
2. Các tiên đề trong vật lý học lượng tử	243
3. "Hộp đen", đầu vào, đầu ra và các vấn đề triết học liên quan	249
4. Mấy vấn đề nhận thức luận trong CHLT	254
Chương V - Lý thuyết trường lượng tử (LTTLT)	263
I. Các thành tựu và hạn chế của CHLT	263
II. Lý thuyết trường lượng tử ra đời	264
III. Nội dung của LTTLT	266
1. Điện động lực học lượng tử	266
2. Sắc động lực học lượng tử	268
3. Lý thuyết thống nhất các loại tương tác	270
IV. Các định luật bảo toàn và tính đối xứng của các định luật vật lý	274
V. Vật lý học hiện đại và triết học duy vật biện chứng	279
Chương VI - Vấn đề mâu thuẫn trong vật lý học hiện đại	284
I. Đặt vấn đề	285
II. Hệ thức bất định (HTBĐ)	289
III. Cách giải thích HTBĐ của phái thực chứng	290
IV. Cách giải thích HTBĐ của N.Bo	293
Chương VII - Nguyên lý tương ứng	297
I. Nguyên lý tương ứng là gì?	297
II. Quá trình N.Bo xây dựng nguyên lý tương ứng	300

III. Nguyên lý tương ứng trong những hệ thống vật chất cùng một "chất"	304
IV. Nguyên lý tương ứng và vấn đề chân lý	305
Chương VIII - Vấn đề nhân quả trong vật lý học hiện đại	
I. Các nguyên lý nhân quả trong vật lý học	309
1. Nguyên lý nhân quả (I)	309
2. Nguyên lý nhân quả (II)	315
II. Điều kiện của nguyên nhân. Sự xâm nhập của ngẫu nhiên vào mối liên hệ nhân quả	317
1. Điều kiện của nguyên nhân	317
2. Sự xâm nhập của ngẫu nhiên vào mối liên hệ nhân quả	319
3. Quy luật số lớn - tính tất yếu với các kết quả của số lớn	320
III. Về tính chất thống kê của CHLT	321
IV. Các biến hoá trong các hạt cơ bản	328
1. Các trạng thái tồn tại và vận động của các vi hạt	328
2. Phân loại nguyên nhân và kết quả vi mô	329
3. Các sơ đồ biểu diễn các mối liên hệ nhân quả vi mô	331
V. Cơ chế của một số quá trình biến hoá nhân quả vi mô	332
1. Cơ chế chung	332
2. Các trường hợp biến hoá nhân quả vi mô (6 trường hợp)	333
Kết luận	340
Tài liệu tham khảo	346

LỜI NÓI ĐẦU

Vật lý học, từ khi được coi là một khoa học, đã trải qua một quá trình phát triển khoảng bốn trăm năm. Trong khoảng thời gian này, vật lý học đã trải qua thời kỳ cổ điển, khắc phục một cuộc khủng hoảng để tiến vào thời kỳ hiện đại cho đến nay. Nói chung, cơ sở triết học của vật lý học cổ điển là chủ nghĩa duy vật siêu hình, của vật lý học hiện đại là chủ nghĩa duy vật biện chứng. Tuy vậy, cuộc đấu tranh triết học trong vật lý học do gắn liền với cuộc đấu tranh triết học trong xã hội giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm, trong sự đan xen với cuộc đấu tranh giữa phép siêu hình và phép biện chứng, là rất phức tạp. Từ khi bước sang thời kỳ hiện đại, vật lý học ngày càng đi sâu vào thế giới vi mô và phát hiện ra nhiều thuộc tính mới lạ của vật chất. Các trường phái duy tâm đã dựa trên các thành tựu của vật lý học hiện đại để tiến hành cuộc đấu tranh triết học với những luận thuyết mới.

Trong cuốn sách nhỏ này, chúng tôi cố gắng phân tích vạch rõ những nét chính của cuộc đấu tranh triết học phức tạp trong vật lý học từ đầu đến nay. Tiếp đó, dựa trên các quan điểm duy vật biện chứng, phân tích

một số vấn đề triết học của vật lý học hiện đại, được đặt ra qua các thuyết tương đối, cơ học lượng tử và lý thuyết trường lượng tử.

Với khả năng có hạn, việc nghiên cứu và trình bày các vấn đề nói trên chắc chắn còn nhiều thiếu sót, tác giả rất mong được các bạn đóng góp ý kiến.

Tác giả xin chân thành cảm ơn GS.TS. Nguyễn Trọng Chuẩn, Viện trưởng Viện Triết học đã tạo điều kiện cho việc biên soạn cuốn sách này; cảm ơn GS.TS. k.h. Đào Vọng Đức. GS.TS. k.h. Nguyễn Cảnh Toàn, GS.TS. k.h. Nguyễn Duy Quý đã đọc bản thảo cuốn sách và đóng góp nhiều ý kiến bổ ích.

Tác giả

CHƯƠNG I

VẬT LÝ HỌC VÀ TRIẾT HỌC

I. VẬT LÝ HỌC QUA CÁC THỜI ĐẠI

Đối tượng, nhiệm vụ và tính chất của vật lý học đã trải qua nhiều biến đổi trong lịch sử.

1. Vật lý học thời cổ đại

Con người sống trong tự nhiên và xã hội, do đó từ xa xưa, tìm hiểu tự nhiên và tìm hiểu con người và xã hội là hai hướng nhận thức cơ bản của con người.

Nhà triết học vĩ đại thời cổ Hy Lạp, Arixtốt là người đã có nhiều công trình nghiên cứu trên nhiều mặt cả về tự nhiên và xã hội. Riêng về tự nhiên, ông đã có nhiều tác phẩm quan trọng, trong đó có vật lý học hay "triết học thứ hai", được ông xếp vào một trong số những môn lý thuyết cơ bản, cùng với toán học và "triết học thứ nhất" (tức là triết học); theo Arixtốt, vật lý học nghiên cứu các sự vật tồn tại độc lập và nằm trong sự vận động, và được bắt đầu từ vấn đề về các khởi nguyên (học thuyết về bốn nguyên nhân); sau đó là các vấn đề như vận động, tính vô tận, tính

liên tục, vị trí, khoảng không, thời gian, tính vĩnh cửu của vận động... Đáng chú ý là những vấn đề được ông nghiên cứu hồi đó, đến nay vẫn là những đối tượng nghiên cứu của vật lý học hiện đại. Tuy vậy, do xuất phát từ trực quan, nên trong nhiều trường hợp, sự suy luận của ông không tránh khỏi sai lầm. Chẳng hạn, quan niệm trực quan sau đây mà người ta cho là do Arixtốt đưa ra, nói về chuyển động, đã được mọi người tin là đúng trong mấy chục thế kỷ:

"Một vật đang chuyển động sẽ dừng lại khi lực đẩy nó không thể tác dụng để đẩy nó đi nữa"¹.

Đây chỉ là sự mô tả hiện tượng, không vạch ra được bản chất, không vạch ra được tính quy luật có tính phổ biến, có thể áp dụng để giải thích các hiện tượng khác nhau trong sự vận động của các sự vật.

Do đặc điểm nói trên, nên vật lý học hồi đó - một bộ phận của nền triết học tự nhiên - đã không được coi là một khoa học và trong một thời gian rất dài không phát triển được. Chỉ từ khi Galilê đưa phương pháp thực nghiệm và áp dụng lý luận khoa học nhằm loại trừ những sai lầm do trực quan đưa lại, vật lý học mới thực sự trở thành một khoa học.

1. A.Anhstanh - L.Infen. Trích dẫn trong cuốn *Sự tiến triển của vật lý*. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.11.

2. Vật lý học thời cận đại

Cách đây gần 400 năm, dựa trên quan niệm của Arixtốt, vật lý học nghiên cứu sự vận động của các sự vật trong thế giới bao quanh con người và tạo ra một ngành khoa học được gọi là cơ học. Cơ học đã có một vai trò rất quan trọng trong suốt hơn 200 năm (cuối thế kỷ XVI đến cuối thế kỷ XVIII), là cơ sở của các ngành kỹ thuật cơ khí - nền tảng của sự nghiệp công nghiệp hoá tư bản chủ nghĩa, yếu tố quyết định sự hình thành, củng cố và phát triển chế độ tư bản chủ nghĩa. Đối với sự phát triển của các ngành khoa học khác, ngành chế tạo cơ khí đã tạo ra nhiều thiết bị, dụng cụ thí nghiệm tinh xảo, nhờ đó công tác nghiên cứu được đẩy mạnh, đem lại nhiều phát minh quan trọng. Riêng trong việc nghiên cứu các hiện tượng nhiệt, âm, quang, điện từ - các hiện tượng này được coi là đối tượng nghiên cứu của vật lý học - trong thế kỷ XIX đã đạt được nhiều thành tựu rất quan trọng, chuẩn bị điều kiện để vật lý học tiến sâu vào cấu trúc của nguyên tử từ cuối thế kỷ XIX (Sự vận động của các nguyên tử trong sự tạo thành các phân tử và các vật thể vẫn là đối tượng của hoá học, một ngành khoa học độc lập từ thế kỷ XVIII).

3. Vật lý học thời hiện đại (từ những năm cuối của thế kỷ XIX đến nay)

Vật lý học được coi là một ngành khoa học cơ bản, có nhiệm vụ nghiên cứu các cấu trúc vật chất phổ biến, tồn

tại trong thế giới tự nhiên và các hình thức tồn tại của chúng là không gian và thời gian. Với quan niệm này, vật lý học gồm có các ngành cơ học (cổ điển và lượng tử), nhiệt học, âm học, quang học, điện từ học, vật lý học nguyên tử và các hạt cơ bản. Ngành nhiệt học với quan niệm nhiệt là sự vận động của phân tử luôn luôn gắn liền với vật lý học phân tử. Ở đây có vấn đề mối quan hệ giữa vật lý học và hoá học cần được làm rõ.

Ở thế kỷ XIX người ta mới biết đến hai dạng vi mô của vật chất là phân tử - đối tượng của vật lý học - và nguyên tử, được coi là đối tượng của hoá học. Từ cuối thế kỷ XIX trở đi, dần dần người ta phát hiện ra những hạt nhỏ hơn cấu thành nguyên tử (electron, proton, nơtron) và nhiều hạt khác. Việc nghiên cứu các hạt này là nhiệm vụ của ngành vật lý học dưới nguyên tử. Như vậy vật lý học "bao vây" hoá học ở hai phía: vật lý học phân tử và vật lý học dưới nguyên tử. Sự phân biệt, xét về đối tượng nghiên cứu là: sự vận động của các hạt dưới nguyên tử trong việc tạo thành nguyên tử là đối tượng của vật lý học dưới nguyên tử; sự vận động của nguyên tử trong việc tạo thành phân tử là đối tượng của hoá học; sự vận động của phân tử trong việc tạo thành các vật thể là đối tượng của vật lý học phân tử. Sự phân chia đối tượng như vậy cũng không thể lấp kín được toàn bộ các dạng vận động chuyển tiếp nên bắt buộc vẫn có những ngành khoa học chuyển tiếp (liên ngành) như lý - hoá (vật lý học dưới nguyên tử và hoá học) và hoá

- lý (hoá học và vật lý học phân tử). Tình hình hoá học bị "bao vây" ở hai phía đã làm nảy ra ý nghĩ là hoá học sẽ hoà nhập vào vật lý học. Nhưng không phải như vậy, vì sự vận động hoá học, ngoài cấu trúc vật chất vô cơ còn bao trùm cả cấu trúc vật chất hữu cơ, mà sự phát triển sẽ đưa đến sự sống, đến các thực vật và động vật, với đỉnh cao nhất là con người có ý thức. Có thể nói, trong dòng vận động của các cấu trúc vật chất trong tự nhiên, sự vận động hoá học là chỗ rẽ để sự vận động của vật chất chuyển sang một phạm vi khác của tự nhiên, từ đó xuất hiện con người và bước sang lĩnh vực của các khoa học xã hội và nhân văn.

Sự phân tích nói trên cho thấy rõ, tuy vật lý học là một ngành khoa học tự nhiên, nhưng ngày nay, do trong đối tượng nghiên cứu của nó bao gồm thế giới vi mô, là thế giới tạo thành mọi đối tượng trên thế giới, trên quả đất cũng như trong vũ trụ, vô sinh cũng như hữu sinh - kể cả con người - nên tính phổ biến của nó rất cao. Vì lẽ đó, trong nhiều nhà khoa học và triết học phương Tây đã có những quan niệm không đúng về mối quan hệ giữa triết học và khoa học nói chung, vật lý học nói riêng. Chẳng hạn, có người cho rằng, trong việc thảo luận những lý thuyết cơ bản và tổng quát nhất của vật lý học, tính không rõ ràng của ranh giới giữa khoa học tự nhiên và triết học trở nên dễ nhận thấy nhất. Hoặc: trong phạm vi nghiên cứu về bản chất của thế giới chúng ta, sự phân biệt giữa hai môn vật lý học và triết học trở nên rất không rõ ràng. Điều này

có thể xảy ra khi sự nghiên cứu lý thuyết trong vật lý học đụng phải những cái gì đã được coi là giới hạn của lĩnh vực nghiên cứu của nó - như vụ nổ lớn (big bang) được coi là nguồn gốc sinh ra vũ trụ. Một khía cạnh khác trong việc nhận thức mối quan hệ giữa triết học và các khoa học là hạn chế nhiệm vụ của triết học như phái thực chứng đã làm. Do việc nghiên cứu vật lý học trong thế giới vi mô trở nên quá kỹ thuật và quá toán học đối với các nhà triết học nói riêng và nói chung đối với nhiều người, trừ một số chuyên gia chuyên rất sâu, nên họ cho rằng: nhiệm vụ duy nhất còn lại của triết học là phân tích ngôn ngữ.

Những quan niệm sai lầm nói trên hoàn toàn trái với chủ nghĩa duy vật biện chứng: dù vật lý học có đối tượng nghiên cứu như thế nào, kể cả đối tượng ở giới hạn như vụ nổ lớn "tạo ra" thế giới, thì cũng không thể đồng nhất vật lý học với triết học về đối tượng, nhiệm vụ và phương pháp nghiên cứu.

II. CÁC MỐI QUAN HỆ QUAY LẠI GIỮA TRIẾT HỌC VÀ VẬT LÝ HỌC

Ngay từ thời cổ đại, khi triết học đang còn bao gồm cả các khoa học - nền triết học tự nhiên - thì trong sự phát triển nhận thức của con người đã có sự tác động qua lại giữa các tư tưởng triết học và việc nhận thức các đối tượng cụ thể, tức là giữa cái chung và cái riêng. Ph.Ăngghen dẫn lời của Arixtốt nói rằng những triết gia đầu tiên đã khẳng

định như sau: "Cái mà từ đó mọi vật được tạo thành, mà từ đó mọi vật xuất hiện ra như từ một cái đầu tiên, và lại trở về đó với tư cách là cái cuối cùng... thì luôn luôn vẫn nguyên như thế với tính cách là bản thể và chỉ thay đổi trong những quy định của nó, cái đó là nguyên tố và là căn nguyên của mọi vật... Chính vì thế mà họ cho rằng không có cái nào sinh ra và mất đi, vì rằng giới tự nhiên ấy được bảo toàn mãi mãi"¹. Và Ph.Ăngghen nhận xét: "Như thế chúng ta thấy chủ nghĩa duy vật tự nhiên và tự phát đã hiện ra hoàn toàn rõ nét, chủ nghĩa duy vật này trong giai đoạn phát triển đầu tiên của nó, coi một cách hoàn toàn tự nhiên, tính thống nhất trong sự muôn vẻ vô tận của những hiện tượng tự nhiên là một điều dĩ nhiên và tìm sự thống nhất ấy ở một vật hữu hình nào đó, một vật đặc biệt nào đó, như Talét, ở nước vậy"². Và chúng ta đã biết ở các nhà triết học cổ đại khác, vật hữu hình ấy lại là không khí (Anaximên), là lửa (Hêracolít), là cả bốn yếu tố đất, nước, lửa, không khí (Arixtốt). Đối với một số nhà triết học khác, thì đó không phải là vật hữu hình, như Pitago là "con số", Anaximandơ là "cái vô hạn", Lơxip và Đêmôcrít là "nguyên tử". Trong các triết gia đó, chưa có ai giải thích nguồn gốc của vận động, và chỉ có Pitago là người đầu tiên nêu ra ý tưởng về tính quy luật của vũ trụ, và Hêracolít là

1. Ph.Ăngghen. Biện chứng của tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.278.

2. Ph.Ăngghen. Biện chứng của tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.278, 279.

người đầu tiên nêu lên ý tưởng về tính quy luật của sự vận động là phép biện chứng; và Arixtốt đã vận dụng phép biện chứng - mặc dù ở những lúc khác, ông lại phản đối phép biện chứng - để nêu lên đặc tính của vật chất ban đầu là hai cặp tính đối lập nhau: nóng - lạnh, khô - ẩm, và cho rằng tất cả những sự biến đổi trong thế giới là do kết quả của sự đấu tranh của các đặc tính đối kháng ban đầu đó. Nhưng do trình độ hiểu biết về tự nhiên hồi đó còn ít ỏi và rời rạc, mang tính trực quan là chính, chưa cho phép tiến hành những khái quát khoa học dưới sự chỉ đạo của tư tưởng triết học, để rút ra những yếu tố vật lý có tính chất là nguyên lý lý luận, liên kết thành hệ thống - tức là tạo ra một bức tranh khoa học thống nhất về thế giới - cho phép giải thích được đúng đắn sự đa dạng của các hiện tượng trong tự nhiên và tiên đoán những diễn biến trong tương lai. Chính vì thế mà trong một thời gian dài, mặc dù triết học đã có những tư tưởng thiên tài, nhưng chưa đem lại kết quả cụ thể cho khoa học, như Ph. Ăngghen đã nhận xét: "Khoa học tự nhiên hiện đại, - mà cũng chỉ có khoa học tự nhiên hiện đại mới đạt đến một trình độ phát triển khoa học, có hệ thống và toàn diện, ngược lại với những trực giác thiên tài của những người thời cổ trong triết học về tự nhiên và với những phát hiện của người Ả-rập, cực kỳ quan trọng, nhưng có tính rời rạc và phần nhiều đã biến mất, không mang lại kết quả gì"¹.

1. Ph.Ăngghen. Biện chứng của tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.11.

Những điều vừa trình bày ở trên chỉ ra mối quan hệ đầu tiên giữa triết học và các khoa học tự nhiên: cả triết học và khoa học đều phải nhận thức cái phổ biến, cái bản chất, nhưng sự khác nhau là: một bên nhiệm vụ nhận thức là cái chung ở mức trừu tượng và khái quát cao nhất, đưa đến những quan điểm, có ý nghĩa tiên đề, còn một bên là nhận thức cái riêng - cái riêng này cũng trừu tượng và khái quát nhưng ở mức thấp hơn, và có biểu hiện ở những đối tượng vật chất có mức trừu tượng nhiều hay ít, tùy theo trình độ phát triển của khoa học từng thời kỳ lịch sử. Cái riêng này, về sau - từ thời cận đại - khi khoa học đã phát triển đến trình độ cao và tách khỏi triết học, được gọi là bức tranh khoa học tự nhiên về thế giới. Mỗi ngành khoa học cố gắng vạch ra bức tranh riêng cho ngành mình, coi đó là sự liên kết những quan điểm, những nguyên lý phản ánh những yếu tố phổ biến, bản chất tồn tại trong tất cả các hiện tượng muôn màu, muôn vẻ, thuộc đối tượng nghiên cứu của mình. Chính vì thế mà bức tranh khoa học của mỗi ngành có tác dụng to lớn trong việc chỉ đạo quá trình nhận thức những hiện tượng mới. Việc tìm ra được đúng bức tranh khoa học là một việc thường không dễ dàng, vì thực chất đó là việc tìm cho được sự thống nhất trong tính muôn vẻ của các hiện tượng của tự nhiên, và mỗi lần làm được việc đó, là nhận thức khoa học lại có một bước tiến mới.

Điều đáng chú ý là việc khái quát để vạch ra được bức tranh chung của khoa học là sự khái quát được tiến hành

từ các hiện tượng thực tế hoặc các lý thuyết đã được kiểm nghiệm trong thực tế, nên kết quả thường là quán triết tinh thần duy vật, mặc dù nhà khoa học làm việc đó không ý thức được và bản thân có khi cũng không phải là nhà duy vật. Chẳng hạn, Hemhôn, một nhà vật lý lớn người Đức, là người đã khái quát rút ra quan điểm cơ học, phản ánh bức tranh cơ học của vật lý học cổ điển, là một quan điểm phù hợp với chủ nghĩa duy vật siêu hình, nhưng bản thân ông là một nhà duy vật tự phát và không triệt để. Ông coi chủ nghĩa duy vật không phải là một thế giới quan khoa học duy nhất, mà chỉ là một "giả thuyết" thuận tiện cho các nhà khoa học tự nhiên hơn là chủ nghĩa duy tâm. Chính vì tính không triệt để đó, nên về mặt nhận thức luận ông ngả về phía chủ nghĩa Cantơ, đưa ra thuyết tượng hình, coi cảm giác chỉ là ký hiệu, không phải là hình ảnh của sự vật. V.I.Lênin đã phê phán chủ nghĩa bất khả tri của ông, coi đó là thứ "chủ nghĩa duy vật xấu hổ" với những biểu hiện của chủ nghĩa Cantơ.

Mọi ngành khoa học đều phải có hệ thống các khái niệm, trên cơ sở đó xây dựng các lý thuyết của mình, và sau khi được kiểm nghiệm, sẽ được dùng để giải thích các hiện tượng được quan sát, hoặc tiên đoán những kết quả sẽ xuất hiện trong những hiện tượng mới. Trong các công việc này - xây dựng khái niệm và các lý thuyết - các nhà khoa học dù có ý thức hay không, luôn luôn phải giải quyết hai vấn đề, thuộc về *đối tượng nhận thức* và về *sự nhận*

thức đối tượng ấy. Triết học tác động lên khoa học chính là qua hai vấn đề đó, thông qua các quan điểm của mình, xoay quanh vấn đề cơ bản của triết học (quan hệ giữa vật chất và ý thức) với hai mặt của nó, và quan điểm về trạng thái tồn tại của thế giới (siêu hình hay biện chứng).

Các nhà khoa học không có lập trường triết học rõ ràng, dứt khoát, thường hay dao động xung quanh các quan điểm nói trên, ngay đối với các nhà bác học lớn như A.Anhstanh. N.Bo... Tuy vậy, nhìn chung cả lịch sử phát triển của vật lý học từ thời cận đại đến nay, có thể phác ra một sự phân loại như sau:

- Do tinh thần duy vật cơ bản của khoa học, đa số các nhà khoa học có lập trường duy vật, có thể có ý thức hay tự phát, mức độ triệt để nhiều hay ít, nhưng trong giai đoạn cổ điển (từ cuối thế kỷ XIX trở về trước), do đặc điểm của đối tượng nghiên cứu là thế giới vĩ mô, phương pháp nhận thức của họ cơ bản là siêu hình.

Chính phương pháp nhận thức siêu hình đã giúp họ khái quát xây dựng các bức tranh khoa học về thế giới, cũng có tính siêu hình; các bức tranh này, một mặt, là cơ sở để tiếp tục phát triển khoa học, nhưng mặt khác, do được coi là cuối cùng, bất biến, lại gây khó khăn cho sự phát triển của khoa học, khi phát hiện những hiện tượng mới không thể đưa vào khuôn khổ của bức tranh đã được xây dựng. Tình hình này đặc biệt nghiêm trọng khi đối tượng nhận thức chuyển từ vĩ mô sang vi mô.

- Ở các nhà khoa học có lập trường không triệt để, dễ dàng có sự chuyển biến về thế giới quan từ duy vật sang duy tâm, khi có những hiện tượng mới mà với phương pháp nhận thức siêu hình, họ không thể nào giải thích được. Thuyết bất khả tri cũng xuất hiện từ đó.

- Trong các nhà khoa học có lập trường duy tâm một cách có ý thức, trong đó có những nhà khoa học nổi tiếng và có những phát minh quan trọng, vấn đề nguồn gốc của lập trường đó rất phức tạp, có khi là ở mặt chính trị - xã hội, ở mặt truyền thống và giáo dục, và ở nhiều người là do không hiểu phép biện chứng. Đó là tình hình diễn ra khi vật lý học từ cổ điển sang hiện đại, với đối tượng nghiên cứu là thế giới vi mô, hoàn toàn không trực quan được, các vi thể lại có những tính chất rất khác thường so với các đối tượng vĩ mô và chỉ có thể nhận biết một cách gián tiếp qua các dụng cụ quan sát, đo lường vĩ mô. Nếu trong vật lý học cổ điển, do các đối tượng nghiên cứu nói chung là trực quan được, và đều ở trong cùng một tầng cấu trúc vĩ mô, nên đã có tác dụng nuôi dưỡng, củng cố lập trường duy vật ở các nhà khoa học, thì những đặc điểm vừa nói trên của thế giới vi mô lại tạo điều kiện khách quan cho sự xuất hiện lập trường duy tâm ở các nhà nghiên cứu. Lập trường này lại được củng cố khi quan điểm siêu hình, vốn là cơ sở nhận thức của vật lý học cổ điển và đã ăn sâu trong ý thức của nhiều nhà khoa học, bị phá sản trước nhiều hiện tượng vật lý mới mà họ không thể giải thích được vì không hiểu

phép biện chứng. Với đặc điểm của thế giới vi mô, các nhà khoa học phải dựa vào các kết quả quan sát, đo lường vĩ mô để xây dựng các lý thuyết được hình thức hoá rất cao và sử dụng công cụ toán học rất trừu tượng, và việc này lại có tác dụng củng cố lập trường duy tâm. Nhưng có một điều mà họ ít chú ý là chính các lý thuyết toán học áp dụng trong vật lý học hiện đại đã ẩn dấu trong đó phép biện chứng, và chính nhờ đó mà các lý thuyết, sau khi được thực nghiệm xác nhận, đã có thể phản ánh đúng đắn sự diễn biến của các đối tượng vi mô tồn tại khách quan. Không phải là ngẫu nhiên mà chủ nghĩa thực chứng mới lại được truyền bá rộng rãi trong một số lớn các nhà khoa học tự nhiên ở phương Tây, gắn với quá trình phát triển của vật lý học vi mô. Các biến dạng khác nhau của chủ nghĩa "duy tâm vật lý" như chủ nghĩa duy năng, chủ nghĩa diễn toán, chủ nghĩa quy ước, chủ nghĩa chủ quan chọn lọc... lần lượt xuất hiện, đều là sản phẩm của chủ nghĩa thực chứng mới, là kết quả của sự thâm nhập của chủ nghĩa thực chứng mới trong vật lý học hiện đại. Trong một hội nghị quốc tế của Hội quốc tế triết học khoa học (năm 1955) người ta đã nói rằng vật lý học hiện đại có những khái niệm xa rời linh cảm nhiều đến nỗi có thể mở ra những chân trời mới cho sự nghiên cứu triết học và cái triết học "mới" đó - tức là triết học thực chứng với nguyên tắc khả quan sát làm cơ sở - dựa vào kết luận của cơ học lượng tử.

Cũng không có gì đáng ngạc nhiên là trong các sách báo nghiên cứu các vấn đề triết học của khoa học tự nhiên, ít khi người ta nói đến vai trò của triết học duy vật biện chứng, trong khi ở các nước phương Tây, các ngành khoa học tự nhiên luôn luôn phát triển với nhiều thành tựu rực rỡ. Trước tình hình đó, đã có không ít người duy vật biện chứng băn khoăn về một kết luận của V.I.Lênin nói rằng, vật lý học hiện đại đang đề ra chủ nghĩa duy vật biện chứng và điều kiện tất yếu để vật lý học thoát ra khỏi cuộc khủng hoảng - khi chuyển từ vật lý học cổ điển sang vật lý học hiện đại - là chủ nghĩa duy vật biện chứng phải thay thế chủ nghĩa duy vật siêu hình.

Từ những điều đã phân tích ở trên, chúng ta có thể khẳng định, dù các phái thực chứng có đề ra nguyên tắc này, nguyên lý nọ, nhưng kết luận của V.I.Lênin vẫn hoàn toàn đúng. Ngoài cái sai cơ bản là lập trường duy tâm, phái thực chứng mới đã không biết rằng phép biện chứng của tự nhiên đã nằm ngay trong công cụ toán học mà họ sử dụng để nghiên cứu thế giới vi mô, nên họ đã tưởng lầm vật lý học hiện đại đã có một cơ sở triết học khác, không phải duy vật biện chứng, mà là thực chứng.

Tóm lại, trong quá trình phát triển của mình, vật lý học đã trải qua hai thời kỳ, với hai cơ sở triết học: thời kỳ cổ điển là chủ nghĩa duy vật siêu hình và thời kỳ hiện đại là chủ nghĩa duy vật biện chứng.

III. SƠ LƯỢC QUÁ TRÌNH PHÁT TRIỂN CỦA VẬT LÝ HỌC TỪ THỜI CẬN ĐẠI ĐẾN NAY - CÁC BỨC TRANH VẬT LÝ VỀ THẾ GIỚI

Vật lý học với tư cách là một khoa học thật sự, chỉ mới ra đời được khoảng bốn trăm năm, kể từ khi Galilê đưa phương pháp thực nghiệm vào việc nghiên cứu cơ học. Từ đó đến nay, vật lý học đã phát triển với tốc độ ngày càng cao, phạm vi các đối tượng nghiên cứu ngày càng rộng.

Lịch sử phát triển của vật lý học được chia thành hai thời kỳ: thời kỳ cổ điển, tính từ lúc bắt đầu đến cuối thế kỷ XIX, và thời kỳ hiện đại, từ cuối thế kỷ XIX đến nay.

Riêng thời kỳ cổ điển của vật lý học lại được phân ra hai giai đoạn: giai đoạn cơ học, kéo dài khoảng 200 năm, từ cuối thế kỷ XVI đến cuối thế kỷ XVIII, và giai đoạn sau cơ học, kéo dài khoảng 100 năm, từ cuối thế kỷ XVIII đến cuối thế kỷ XIX.

Thời kỳ vật lý học cổ điển:

Trong giai đoạn cơ học - đúng như tên gọi, cơ học là ngành đầu tiên được nghiên cứu và phát triển nhất, dựa trên các nguyên lý của nhà bác học Niutơn. Cơ học không chỉ nghiên cứu sự chuyển động của các vật thể trên trái đất, mà còn nghiên cứu sự chuyển động của các hành tinh trong hệ mặt trời, là những vật thể vĩ mô ở rất xa, và đã đưa ra được những dự đoán khá chính xác về sự chuyển

động của các thiên thể này (ngành cơ học này được gọi là cơ học thiên thể).

Trong suốt hai trăm năm phát triển của ngành cơ học, người ta đã dựa vào hai khái niệm cơ bản là *lực* và *chất*, trong việc nghiên cứu tìm hiểu tự nhiên. Đó là những yếu tố phổ biến tồn tại khắp nơi. Lực là nguyên nhân gây ra mọi vận động; chất là cái tạo ra mọi sự vật, bởi đó cũng có nghĩa là vật chất. A.Anhstanh nói: "Người ta không thể nào tưởng tượng cái này mà không có cái kia, bởi vì vật chất chứng tỏ sự tồn tại của nó như là một nguồn của lực, do tác dụng của nó lên chất khác"¹.

Với các ý nghĩa nói trên, lực và chất là bức tranh vật lý đầu tiên, thường được gọi là *bức tranh cơ học*.

Trong giai đoạn cơ học, ngoài lực cơ học, người ta đã biết đến các lực điện và lực từ. Lực điện do các hạt tích điện gây ra, có thể hút hoặc đẩy. Lực từ do các cực nam châm gây ra, cũng có thể hút hay đẩy. Các hiện tượng này cũng nằm trong bức tranh cơ học, bên cạnh các lực cơ học xảy ra trong tự nhiên, trong đó phổ biến là lực hấp dẫn, là lực hút giữa các khối lượng, rõ nhất là lực hút của trái đất lên các vật.

Bước sang giai đoạn sau cơ học, nhờ các thành tựu của cơ học và ngành chế tạo cơ khí, các ngành khác của vật lý

1. A.Anhstanh. *L.Infen*. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.58.

học như nhiệt học, âm học, quang học, điện từ học... nói chung là những ngành sau cơ học, lần lượt phát triển. Điều đáng chú ý là các đối tượng nghiên cứu của các ngành sau cơ học có những biểu hiện bên ngoài rất khác với đối tượng nghiên cứu của ngành cơ học - là sự chuyển động của các vật thể. Chẳng hạn ngành vật lý phân tử, do sự kết hợp của cơ học Niuton với thuyết động học phân tử và các thuyết phân bố thống kê của Macxoen - Bôndơman, đã nghiên cứu sự vận động của các phân tử là những hạt rất nhỏ với số lượng cực lớn. Nhưng các hiện tượng này cũng vẫn nằm trong bức tranh cơ học.

Tiếp đến là các hiện tượng điện từ và ánh sáng, mà các biểu hiện tỏ ra rất khác so với các hiện tượng cơ học và vật lý phân tử. Hơn nữa, những thí nghiệm của Ốcxtét (1820) và của Rôlăng (khoảng 1860) đã phát hiện ra rằng có những lực gọi là lực điện từ, không chỉ phụ thuộc vào khoảng cách mà còn phụ thuộc cả vào vận tốc của điện tích, lực này không đẩy, không hút, nhưng tác dụng vuông góc với đường nối kim nam châm và điện tích. Đến lúc này, người ta thấy bức tranh cơ học với hai khái niệm cơ bản là lực và chất không thể bao trùm được các hiện tượng vật lý nói trên, và cần được thay thế bằng một bức tranh vật lý khác: *bức tranh điện từ*, trong đó vật chất bao gồm những hạt và các bức xạ. Bức xạ là các sóng điện từ, chứa năng lượng, truyền đi liên tục và choán khắp không gian. Sóng và hạt là những thực thể hoàn toàn tách biệt nhưng có thể

chuyển hoá lẫn nhau thông qua vận động cơ học: hạt tích điện chuyển động cơ học có thể tạo ra sóng điện từ và ngược lại, sóng điện từ có thể gây ra chuyển động cơ học cho các hạt mang điện. Các hạt có khối lượng tương tác với nhau qua lực hấp dẫn, còn các hạt mang điện tương tác qua lực điện từ. Sóng điện từ bao gồm cả sóng điện và sóng từ gắn bó và chuyển hoá lẫn nhau.

Bức tranh điện từ đã có trình độ khái quát cao hơn bức tranh cơ học, thống nhất được các hiện tượng điện từ và quang học, giải thích được nhiều hiện tượng vật lý mới được phát hiện. Tuy vậy, sự phát triển của vật lý học, đặc biệt của điện động lực học, đòi hỏi phải có một bức tranh vật lý khái quát hơn nữa đó là *bức tranh nguyên tử và ête*.

Giả thuyết về nguyên tử, coi đó là hòn gạch cấu tạo nên toàn bộ thế giới vật chất đã có từ thời cổ đại, đã được sự phát triển của vật lý học và hoá học các thế kỷ XVIII và XIX xác nhận. Tuy vậy, người ta cũng chưa biết được trạng thái tồn tại của từng nguyên tử và phân tử. Mãi đến nửa sau của thế kỷ XIX, các nhà khoa học mới lần đầu tiên ước lượng được kích thước của nguyên tử và phân tử, là vào bậc vài angstrom ($1\text{\AA} = 10^{-8}\text{cm}$) và số phân tử trong một phân tử gam ký hiệu là mol ($N \sim 6.10^{23}/\text{mol}$). Sự tồn tại của nguyên tử đã được biết từ lâu, nhưng lúc bấy giờ mới được đưa vào bức tranh vật lý là vì người ta nghĩ rằng các biểu hiện muôn màu muôn vẻ của các hiện tượng trong tự nhiên phải có nguồn gốc ở bên trong các hạt nhỏ nhất đó.

Còn giả thuyết về ête, cũng xuất hiện rất sớm (ngay ở thế kỷ thứ ba TCN, một trường phái triết học ở Ấn Độ đã nói đến) và được nhiều nhà triết học và khoa học ở từng thời kỳ nhắc đến với những quan niệm khác nhau, nhưng đến đầu thế kỷ XIX mới được củng cố vững chắc trong vật lý học, cùng với sự thắng lợi của thuyết sóng về ánh sáng (của Yung và Forétnen, năm 1822 và 1827). Sau khi Mácxoen chứng minh rằng sóng ánh sáng chỉ là một trường hợp riêng của sóng điện từ, người ta thấy ête mang ánh sáng đồng nhất với ête truyền sóng điện từ.

Và bức tranh vật lý nguyên tử - ête đến những năm cuối thế kỷ XIX được coi là đúng đắn và được mô tả như sau: Toàn bộ không gian vô tận bao quanh chúng ta là một môi trường đàn hồi theo kiểu cơ học, gọi là ête, trong đó có các nguyên tử, cùng những hệ điện tích phức tạp. Sự dao động các điện tích đó gây ra những biến động của ête, được truyền đi dưới dạng những sóng đàn hồi, và quy định tương tác điện từ giữa các nguyên tử.

Bức tranh vật lý nguyên tử - ête là bức tranh cuối cùng của vật lý học cổ điển. Nó đã sớm bộc lộ những mâu thuẫn trước các hiện tượng vật lý làm cho vật lý học chuyển từ thời kỳ cổ điển sang hiện đại, như sự phát hiện ra tia X, hiện tượng phóng xạ, sự phân cực của ánh sáng (chứng tỏ sóng điện từ phải là sóng ngang), v.v. Người ta buộc phải từ bỏ bức tranh này và xây dựng một bức tranh vật lý khác: bức tranh *tương đối - lượng tử*.

Trước khi nói về bức tranh vật lý của vật lý học hiện đại, chúng ta tổng kết các bức tranh vật lý của vật lý học cổ điển. Việc này thực ra đã được Hemhôn một nhà vật lý lớn người Đức, tiến hành vào khoảng giữa thế kỷ XIX: "Do đó, cuối cùng chúng ta khám phá được rằng nhiệm vụ của khoa học vật lý là đưa các hiện tượng tự nhiên về những lực hút và đẩy không thay đổi, có cường độ hoàn toàn phụ thuộc vào khoảng cách. Việc giải quyết vấn đề này là điều kiện để hiểu tự nhiên một cách đầy đủ"¹. Đây chính là *quan điểm cơ học*, mà A.Anhstanh sau khi đã vạch ra một vài thiếu sót của nó, đã nói rằng: "Dù sao thì quan điểm gọi là quan điểm cơ học do Hemhôn phát biểu một cách rõ ràng nhất, đã đóng vai trò quan trọng trong thời đại của nó"².

Thực ra, quan điểm cơ học, nếu nhìn qua, người ta thấy nó chỉ phù hợp với bức tranh lực - chất, nhưng vì sao lại được coi là quan điểm chỉ đạo của cả vật lý học cổ điển? Để giải thích điều đó, cần thấy rằng trong bức tranh lực - chất đã ẩn dấu cơ sở của nguyên lý cơ học Niuton, mà cơ học Niuton là một yếu tố không thể thiếu được trong bất kỳ bức tranh vật lý nào của vật lý học cổ điển. Nếu trong các hiện tượng cơ học, người ta chỉ dựa trên cơ học Niuton là đủ, thì trong các hiện tượng của vật lý phân tử, người ta phải kết hợp nó với thuyết động học phân tử và các thuyết

1, 2. A.Anhstanh - *L.Infen*. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.60.

thống kê; trong các hiện tượng điện từ người ta phải kết hợp nó với định luật Lorenxơ; còn trong các hiện tượng nguyên tử - ête, để giải thích các sự vận động của nguyên tử và sự truyền của sóng điện từ trong ête, người ta cũng cần đến các khái niệm và quy luật cơ học Niuton, kết hợp với một số giả thuyết khác, tuy rằng ở đây việc làm này ngày càng có tính gượng ép.

Ngoài ra, việc áp dụng cơ học Niuton trong việc tìm hiểu các hiện tượng vật lý giai đoạn sau cơ học, còn bao hàm việc công nhận các quan niệm của Niuton về không gian và thời gian, những quan niệm mang tính siêu hình rõ rệt.

Chính vì những lý do nói trên nên người ta đã coi quan điểm cơ học là quan điểm chỉ đạo toàn bộ vật lý học cổ điển. Mặt khác, nội hàm cũng như phương pháp xây dựng các khái niệm cơ học (lực, chất, khối lượng, vận động, không gian, thời gian...) và việc coi quy luật cơ học là quy luật vận động cơ bản của vật chất, mọi hình thức vận động khác đều có thể quy về nó, đã chỉ rõ cơ sở triết học của quan điểm cơ học là chủ nghĩa duy vật siêu hình.

Tuy vậy, một sự phân tích cụ thể hơn cho thấy rằng quan điểm cơ học không phải đột nhiên mất tác dụng khi vật lý học chuyển sang đối tượng vi mô, mà đã có một "thời kỳ quá độ". Như đã giới thiệu ở trên, khi bước sang giai đoạn sau cơ học, nhiều hiện tượng vật lý được phát hiện đã

chúng tỏ quan điểm cơ học đã không hoàn toàn phù hợp, mà phải được bổ sung thêm bằng các lý thuyết này nọ, và cơ sở triết học của nó là chủ nghĩa duy vật siêu hình cũng đã bị lung lay. Những thành tựu vật lý mới đã chứng tỏ rằng tự nhiên diễn biến một cách biện chứng chứ không phải siêu hình. Tất nhiên điều đó không có nghĩa là trong các hiện tượng vật lý cổ điển, tự nhiên diễn biến một cách siêu hình, mà do đặc điểm về cấu trúc và vận động, ở đó tính biện chứng có thể bị che khuất, hoặc bị trừu tượng hoá một cách tự phát, và điều đó tạo thuận lợi cho việc nghiên cứu khoa học. Những biểu hiện của tính biện chứng trong các hiện tượng tự nhiên do chính các khoa học tự nhiên thời kỳ cổ điển nghiên cứu bộc lộ ngày càng nhiều, trong đó có ba thành tựu lớn đã trở thành các tiền đề về khoa học tự nhiên của sự ra đời triết học duy vật biện chứng của Mác và Ăngghen: thuyết tiến hoá của Đác Uyn, định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, thuyết tế bào.

Thời kỳ vật lý học hiện đại

Với sự ra đời của vật lý học hiện đại, quan điểm cơ học hoàn toàn bị sụp đổ cùng với các bức tranh vật lý cổ điển, và một bức tranh vật lý mới đã ra đời: *bức tranh tương đối - lượng tử*, lấy theo tên gọi hai lý thuyết quan trọng nhất đầu thế kỷ XX là thuyết tương đối và thuyết lượng tử. Các thuyết này đã đem lại những quan niệm hoàn toàn mới về

các đại lượng vật lý và các quy luật chi phối các hiện tượng vi mô, gắn với các sự vận động với vận tốc cực lớn vào cơ vận tốc của ánh sáng... Có thể kể ra một số quan niệm mới như: khối lượng không phải là bất biến mà thay đổi theo vận tốc, khối lượng và năng lượng không phải là hoàn toàn tách biệt, khối lượng biểu thị năng lượng và năng lượng có khối lượng, không gian và thời gian không phải là tuyệt đối và tách rời nhau, sóng và hạt gắn liền nhau v.v. Các định luật Niuton không áp dụng được trong các hiện tượng vi mô... Bức tranh tương đối - lượng tử bao gồm trong đó các hiện tượng của vật lý học cổ điển coi như là trường hợp giới hạn khi vận tốc ánh sáng coi như là vô hạn, và hằng số lượng tử h bằng không. Dựa trên các thuyết tương đối (hẹp và rộng) và thuyết lượng tử, vật lý học đã có những bước phát triển mới, đi sâu cả về hai phía vi mô và vĩ mô - vũ trụ. Người ta đã vạch ra được các yếu tố cơ bản tạo nên vũ trụ, từ những hạt nhỏ nhất và các lực liên kết chúng lại, tóm tắt ở trong "mô hình chuẩn" gồm có:

- 12 hạt cơ bản, với nghĩa là với trình độ khoa học ngày nay người ta chưa tìm thấy cấu trúc bên trong của các hạt này, là 6 hạt họ lepton và 6 hạt quác.

- 4 trường tương tác là trường hấp dẫn, trường điện từ, trường tương tác yếu và trường tương tác mạnh.

Từ các yếu tố của "mô hình chuẩn" thuộc bức tranh tương đối - lượng tử, người ta rút ra một bức tranh khái

quát thu gọn 12 loại hạt và 4 trường vào hai khái niệm cơ bản là *hạt* và *trường*, coi đó là nội dung của một bức tranh vật lý hiện đại, giai đoạn cuối thế kỷ XX. Hệ thống tri thức toàn vẹn về các thuộc tính và quy luật cơ bản của hai yếu tố này là cơ sở để tìm hiểu toàn bộ thế giới vật lý.

Cách đây hơn 70 năm, ngay từ khi vật lý học hiện đại mới ở giai đoạn đầu, Anhstanh đã hình dung ra bức tranh này và muốn tìm cách đưa về bức tranh *một thực thể duy nhất là trường* có cấu trúc và ông hy vọng đạt được mục đích cuối cùng là "giải thích tất cả các sự kiện trong tự nhiên bằng các định luật cấu trúc đúng ở mọi nơi"¹. Sự khác nhau giữa hạt và trường chỉ là ở chỗ: hạt là nơi tập trung một năng lượng cực lớn, còn trường thì ít hơn rất nhiều. Cho đến cuối đời, ông cũng chưa thực hiện được việc quy về một thực thể trường, và cho đến nay vật lý học cũng chưa đạt được mục đích này.

Đối lập với quan điểm cơ học của vật lý học cổ điển, các nhà khoa học duy vật biện chứng nói đến *quan điểm biện chứng* của các bức tranh vật lý hiện đại, và cơ sở triết học của vật lý học hiện đại là chủ nghĩa duy vật biện chứng.

1. Anhstanh. *L.Infen*. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.239.

IV. CUỘC ĐẤU TRANH TRIẾT HỌC TRONG VẬT LÝ HỌC QUA CÁC THỜI ĐẠI

1. Một số vấn đề chung

Cuộc đấu tranh triết học trong lịch sử từ xưa đến nay luôn luôn diễn ra, một bên là giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm, còn một bên là giữa phép siêu hình và phép biện chứng. Giữa hai trận địa đấu tranh này luôn luôn có mối tác động qua lại phức tạp, vì từng thế giới quan duy vật hoặc duy tâm đều có thể quan niệm trạng thái tồn tại của thế giới là siêu hình hay biện chứng. Tuy vậy, để tiện việc trình bày, người ta thường giới thiệu riêng hai trận địa này, và nói đến các mối quan hệ giữa chúng khi cần thiết.

Trong vật lý học, cuộc đấu tranh giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm cũng đã diễn ra có khi rất quyết liệt, nhất là vào hai thời kỳ: thời kỳ Phục hưng (thế kỷ XV, XVI) và thời kỳ cuối thế kỷ XIX - đầu thế kỷ XX. Sau đêm dài tăm tối của thời Trung cổ, châu Âu bước vào thời kỳ Phục hưng, đem lại cho các hoạt động văn hoá nói chung, trong đó có các khoa học tự nhiên một luồng sinh khí mới, trong cuộc đấu tranh quyết liệt của các quan điểm duy vật chống lại các tư tưởng duy tâm - tôn giáo luôn luôn muốn duy trì sự thống trị đã lỗi thời của các giai cấp cầm quyền. Lịch sử đã ghi nhận tinh thần dũng cảm và công lao của các nhà khoa học có tư tưởng duy vật của thời đó như

Borunô, Copécnic, Galilê... Sau thời kỳ Phục hưng, châu Âu bước vào thời kỳ hình thành và phát triển mạnh mẽ chủ nghĩa tư bản, trên cơ sở các thành tựu của các ngành khoa học tự nhiên, trong đó cơ học đã có vai trò quan trọng, vì đã tạo nền tảng cho ngành cơ khí, ngành then chốt trong sự nghiệp công nghiệp hoá tư bản chủ nghĩa. Trong suốt thời kỳ này, từ cuối thế kỷ XVI, chủ nghĩa duy vật đã dần dần đứng vững trong nhiều lĩnh vực, trong đó có vật lý học. Các ngành khoa học tự nhiên, do đối tượng nghiên cứu ban đầu là các hiện tượng của thế giới vĩ mô, và nhiệm vụ là nghiên cứu phát hiện các quy luật tự nhiên, nên luôn luôn phải xuất phát từ tự nhiên và trở lại tìm sự kiểm chứng cũng ở trong tự nhiên. Đó là cơ sở khách quan của tinh thần duy vật cơ bản của khoa học tự nhiên, cơ sở đã nuôi dưỡng và củng cố quan điểm duy vật trong nhiều nhà khoa học, mặc dù có khi họ không có ý thức về điều đó, hoặc do những điều kiện chính trị - xã hội, họ đang bị những quan điểm duy tâm - tôn giáo chi phối.

Từ khoảng giữa thế kỷ XIX trở đi, do đặc điểm của đối tượng nghiên cứu của khoa học tự nhiên, nhất là của vật lý học và sinh học, cộng thêm những điều kiện mới về chính trị - xã hội, trong vật lý học đã có một cuộc đấu tranh quyết liệt mới giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm sẽ được trình bày cụ thể ở các tiểu mục tiếp theo.

Trong cuộc đấu tranh triết học trong vật lý học ở hai thời kỳ nói trên, tuy cách xa nhau mấy thế kỷ, và tương

ứng với những trình độ phát triển khác nhau của vật lý học, nhưng người ta vẫn thấy có một đặc điểm chung: mỗi phía duy vật cũng như duy tâm đều dựa vào chính khoa học tự nhiên, trong đó vật lý học có một vai trò quan trọng, để tìm cách chiến thắng đối phương của mình. Chủ nghĩa duy vật dựa vào tinh thần duy vật cơ bản của khoa học tự nhiên, còn chủ nghĩa duy tâm lại dựa vào kẽ hở do phép siêu hình gắn với chủ nghĩa duy vật tạo ra trong các kết luận của khoa học tự nhiên, để phản công lại. Chẳng hạn, trong thời kỳ đầu, do không hiểu được nguyên lý tự vận động của vật chất theo quan điểm biện chứng, các nhà khoa học, kể cả nhà khoa học lớn Niuton, cũng đã không thể nào giải thích được là "lực" nào đã làm cho quả đất chuyển động lúc ban đầu, đã phải quy vào nguồn gốc là cái "hích ban đầu" của Thượng đế, từ đó mở cửa cho chủ nghĩa duy tâm, tôn giáo lén vào. Còn ở thời kỳ sau, do các nhà vật lý không hiểu phép biện chứng, đã không thể nào giải thích được tính ngẫu nhiên trong diễn biến của từng điện tử, đã để cho tư tưởng duy tâm vô định luận xen vào với sự "tự do ý chí" của điện tử. Lịch sử còn ghi lại nhiều thí dụ tương tự trong cuộc đấu tranh triết học trong khoa học tự nhiên ở cả hai thời kỳ.

Nhưng lối thoát để giành chiến thắng của chủ nghĩa duy vật ở hai thời kỳ lại khác nhau: ở thời kỳ đầu, chủ nghĩa duy vật càng phải củng cố quan điểm siêu hình của mình, còn ở thời kỳ sau, chủ nghĩa duy vật siêu hình phải

được thay thế bằng chủ nghĩa duy vật biện chứng. Sự khác nhau đó là do sự khác nhau về chất giữa đối tượng nghiên cứu (vĩ mô và vi mô) của hai thời kỳ.

2. Về phép biện chứng và phép siêu hình

Để hiểu được tính chất phức tạp của cuộc đấu tranh triết học trong vật lý học đã được phác ra mấy nét chung ở trên, cần trở lại những vấn đề nguồn gốc của chủ nghĩa duy vật, chủ nghĩa duy tâm, của phép biện chứng, phép siêu hình. Nếu vấn đề nguồn gốc của chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm là tương đối đơn giản, đã được giới thiệu trong các sách giáo khoa triết học, thì nguồn gốc của phép biện chứng và phép siêu hình cũng mối quan hệ với các thế giới quan duy vật và duy tâm lại tương đối phức tạp hơn, sau đây sẽ được phân tích thêm. Về nguồn gốc và nội dung của phép biện chứng và phép siêu hình, những ý kiến của Ph.Ăngghen trong cuốn *Chống Duyrinh*¹ là những chỉ dẫn quý báu, giúp chúng ta mở rộng việc nghiên cứu và rút ra nhiều kết luận bổ ích.

Trước hết, về phép siêu hình, cần nhắc lại một số khái niệm có liên quan. Siêu hình học trong các công trình của Aritxtốt, bao gồm các tác phẩm về triết học, được xếp sau các tác phẩm có tính chất chung về vật lý học, nên thuật ngữ siêu hình, với nghĩa đầu tiên của tiếng Hy Lạp là "Sau

1. Xem chương 1, tr.25-45. *Chống Duyrinh*. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971.

vật lý". Trong triết học phương Tây hiện đại, thuật ngữ "siêu hình học" thường được sử dụng đồng nghĩa với triết học. Vào thế kỷ XIX, trong lịch sử triết học và khoa học, người ta nói đến phương pháp siêu hình là một phương pháp nhận thức khoa học, được đưa vào khoa học từ nửa cuối thế kỷ XV và là yếu tố quan trọng thúc đẩy sự phát triển nhanh chóng của khoa học. Đó là phương pháp nhận thức áp dụng trong khoa học với nội dung là tập hợp, phân loại các tài liệu, sau đó mới so sánh, phân tích chia ra từng loại, từng hạng và tìm mối quan hệ giữa các đối tượng tĩnh tại. Về phương pháp này, Ph.Ăngghen nhận xét: "Nhưng phương pháp nghiên cứu ấy đồng thời cũng truyền lại cho chúng ta thói quen là xem xét các sự vật và các quá trình tự nhiên trong trạng thái cô lập của chúng, ở bên ngoài mối liên hệ to lớn chung, và do đó không xem xét chúng trong vận động mà là trong trạng thái tĩnh, không xem xét chúng về căn bản là biến hoá mà lại vĩnh viễn cố định; không xem xét chúng trong trạng thái sống mà lại xem xét chúng trong trạng thái chết. Và khi các nhận xét này được Bêcơn và Lốccơ đem từ khoa học tự nhiên sang triết học thì nó đã tạo ra một sự hạn chế đặc biệt của những thế kỷ vừa qua, tạo ra phương pháp tư duy siêu hình"¹. Như vậy, từ một phương pháp nhận thức khoa học, khi chuyển sang triết học, đã trở thành một phương pháp tư duy có ý nghĩa phổ biến trong các hoạt động khoa học thời bấy giờ, và cả

1. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.84.

trong mọi hoạt động khác của con người. Từ đó, phương pháp tư duy siêu hình cũng có nghĩa là một quan điểm triết học trong việc xem xét trạng thái tồn tại của thế giới - quan điểm siêu hình, phép siêu hình đối lập với quan điểm biện chứng, phép biện chứng.

Quan điểm biện chứng và quan điểm siêu hình là *hai cách xem xét trạng thái tồn tại của thế giới, đối lập nhau, nhưng đồng thời cũng là hai cách tiếp cận nhận thức thế giới khác nhau*: cách tiếp cận toàn bộ và cách tiếp cận trừu tượng hoá. Lâu nay, mặt thứ hai này trong các quan điểm biện chứng và siêu hình ít được phân tích và vận dụng để xem xét mối quan hệ giữa hai loại quan điểm, nên thường chỉ thấy mặt đối lập mà không thấy mặt thống nhất, không thấy tính tương đối trong mỗi quan điểm, xét ở mặt thứ hai.

Để nghiên cứu mặt thứ hai trong các quan điểm biện chứng và siêu hình, cần xuất phát từ đối tượng nhận thức của con người mà Ph.Ăngghen đã tóm tắt những đặc điểm cơ bản trong một câu ngắn: "Khi chúng ta nghiên cứu giới tự nhiên, lịch sử loài người hay sự hoạt động tinh thần của bản thân chúng ta, thì trước hết trước mắt chúng ta hiện ra một bức tranh chằng chịt vô tận những mối liên hệ và những tác động qua lại lẫn nhau, trong đó không có cái gì là không vận động, biến hoá, xuất hiện và biến đi"¹. Và

1. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.32, 33.

muốn nhận thức được những cái chi tiết trong bức tranh đó Ph.Ăngghen cũng đã chỉ ra rằng "chúng ta buộc phải tách nó ra khỏi mối liên hệ tự nhiên hay lịch sử của nó và phải nghiên cứu nó từng cái một theo thuộc tính của nó, theo nguyên nhân và kết quả riêng của nó, v.v..."¹. Đây chính là một cách tiếp cận nhận thức, cách *tiếp cận trừu tượng hoá* mà từ thời cổ đại các nhà triết học đã đề cập tới.

Nhu cầu nhận thức thế giới trước một bức tranh chung như Ph.Ăngghen đã nêu ở trên, đã lôi kéo nhiều nhà triết học lớn cổ Hy Lạp tham gia nghiên cứu giải quyết. Vì thực chất của việc nhận thức là thiết lập được những mối quan hệ xác định giữa các sự vật (hoặc các mặt, các bộ phận, các thuộc tính ở trong một sự vật - sau đây chỉ nói gọn là sự vật), nếu sự vật luôn luôn vận động thì không thể thiết lập được bất kỳ mối quan hệ xác định nào giữa các sự vật và vì vậy sẽ không có tri thức. Cờratin, một nhà triết học thời đó, do quan niệm sự vận động là tuyệt đối, không bao giờ có trạng thái đứng yên, dù là tương đối, nên cho rằng không thể có tri thức về các sự vật trong hiện thực, mà "chỉ có thể lấy ngón tay chỉ vào chúng mà thôi". Xôcơrát và Platông cũng tán thành ý kiến nói rằng ở đâu các sự vật vận động thì không thể có tri thức, nhưng khác với Cờratin, các ông cho rằng trong thực tế vẫn có những cái đứng im, nên ở đó có thể có tri thức, còn ở những sự vật

1. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.32, 33.

thay đổi, không đồng nhất thì không thể nhận thức được. Các ông không thể kết hợp một cách biện chứng tính đồng nhất và tính biến hoá. Đến Arixtốt, ông cũng không giải quyết được mâu thuẫn này - mặc dù ông đang đi gần đến phép biện chứng - và chống lại tư tưởng biện chứng về tính thống nhất của tồn tại và không tồn tại. Ông đã nói: "Không thể cùng một lúc vừa tồn tại vừa không tồn tại"¹ hoặc "không thể cùng một cái gì đó vừa có lại vừa không có (trong cùng một thời gian)"². Do quan niệm này nên mặc dù ông đã phê phán học thuyết duy tâm chủ nghĩa của Platông về các ý niệm, chính ông lại chịu ảnh hưởng của Platông khi cho rằng thế giới cảm tính là luôn luôn vận động, tiêu diệt và xuất hiện, nhưng thế giới cảm tính chỉ là bộ phận của cái toàn bộ mà sau cái toàn bộ này lại tồn tại một cái bản chất bất động nào đó (được thể hiện ở các khái niệm). Chính quan điểm triết học này là cơ sở để ông đề ra nguyên tắc đồng nhất trừu tượng là cơ sở và linh hồn của lôgic hình thức. "Nguyên tắc đồng nhất trừu tượng" là ngôn ngữ của phép biện chứng, còn theo ngôn ngữ của Arixtốt thì đó là "nguyên tắc tư duy trừu tượng về tồn tại thực tại" (khác với tồn tại tiềm năng là một khái niệm khác cũng do ông đề ra, có quan hệ đến những tư tưởng biện chứng mà ông đang tiến tới). Theo nguyên tắc này, mọi sự vật trong thực tại luôn luôn bền vững, không có

1, 2. Arixtốt. T.1 (tác phẩm 4 tập). Nxb Tư tưởng Matxcova, 1978, tr. 126, 128 (tiếng Nga)..

phát triển và biến hoá, luôn luôn là bản thân nó. Đó là quan điểm siêu hình trong việc xem xét trạng thái của thế giới, nó có nguồn gốc ở chủ nghĩa duy tâm. Theo quan điểm này thì trong mọi sự vật đều hoàn toàn không có mâu thuẫn.

Xét về mặt khác, quan điểm siêu hình này là một cách tiếp cận nhận thức, *cách tiếp cận trừu tượng hoá*. Với quan điểm siêu hình, người ta trừu tượng các mâu thuẫn vốn tồn tại khách quan trong các sự vật, việc này tạo thuận lợi cho việc nghiên cứu sự vật và đem lại những kết quả chân thực, với nghĩa là nó đáp ứng nhu cầu, đem lại lợi ích cho con người, trong những điều kiện nhất định. Ph.Ăngghen đã nhận xét: "Cũng như tất cả những phạm trù siêu hình, tính đồng nhất trừu tượng chỉ thích hợp cho sinh hoạt *thông thường* là lĩnh vực mà ở đây người ta chỉ liên quan đến những quy mô không lớn và những khoảng thời gian ngắn; những phạm vi, trong đó người ta có thể dùng đến tính đồng nhất trừu tượng, đều khác nhau hầu như ở mỗi trường hợp và được quy định bởi tính chất đối tượng:..."¹. Nhận xét này của Ph.Ăngghen chính là nói đến mặt tiếp cận nhận thức của quan điểm siêu hình, và về mặt này thì nó có tính tương đối, tùy thuộc vào tính chất của đối tượng.

1. Ph.Ăngghen. Biện chứng của tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr. 329-330.

Lôgic hình thức được xây dựng trên nguyên tắc đồng nhất trừu tượng đã có giá trị to lớn về mặt nhận thức đến tận ngày nay, nhưng do cách tiếp cận nhận thức trừu tượng, giá trị của nó bị hạn chế trong những phạm vi và điều kiện nhất định, các sách báo triết học đã phân tích rõ.

Về quan điểm biện chứng trong việc xem xét trạng thái của thế giới, lịch sử triết học cũng đã biết đến nhiều người thời cổ Hy Lạp, trong đó người đầu tiên diễn đạt được rõ ràng nội dung là Hêracolít mà Ph.Ăngghen đã nêu tóm tắt như sau: "mọi vật đều tồn tại nhưng đồng thời lại không tồn tại, vì mọi vật đều *trôi đi*, mọi vật đều không ngừng thay đổi, mọi vật đều luôn luôn ở trong quá trình xuất hiện và biến đi"¹. Và tiếp ngay đó, ông đã nói lên nhận xét về giá trị và hạn chế của quan điểm nói trên trong việc nhận thức thế giới: "Nhưng dù đã nắm đúng tính chất chung của toàn bộ bức tranh các hiện tượng đến thế nào đi nữa, quan niệm ấy vẫn không đủ để giải thích những chi tiết kết thành toàn bộ bức tranh ấy; và chừng nào chúng ta chưa giải thích nổi các chi tiết thì chúng ta cũng chưa thể có một quan niệm rõ rệt về bức tranh chung được"². Và để giải thích được các chi tiết trong bức tranh chung luôn luôn vận động, biến hoá đó, Arixtốt đã đề ra nguyên tắc đồng nhất trừu tượng, cơ sở của cách tiếp cận trừu tượng trong việc nhận thức các đối tượng cụ thể trong

1, 2. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr. 33.

hiện thực. Tình hình đó nói rằng, để nhận thức được đúng đắn thế giới vốn diễn biến một cách khách quan và biện chứng, cần có sự kết hợp của cả *hai cách tiếp cận nhận thức toàn bộ - biện chứng và trừu tượng - siêu hình*. Chỉ có như vậy mới có thể kết hợp được ưu điểm của cả hai cách tiếp cận mà Ph.Ăngghen cũng đã nói: "Nếu về chi tiết, chủ nghĩa siêu hình là đúng hơn so với những người Hy Lạp, thì về toàn thể những người Hy Lạp lại đúng hơn so với chủ nghĩa siêu hình"¹. Trong thực tế của cuộc sống thường ngày, do kinh nghiệm và thường không tự giác, mọi người bình thường đều đã kết hợp sử dụng cả hai cách tiếp cận nhận thức toàn bộ - biện chứng và trừu tượng - siêu hình. Trong khoa học, tình hình cũng như vậy, nhưng do đặc điểm của tư duy lý luận, đã có những vấn đề phức tạp hơn.

Tư duy lý luận trong các khoa học bao giờ cũng phải dựa trên các khái niệm được định nghĩa một cách chặt chẽ. Các khái niệm này phản ánh những đối tượng khách quan, nằm trong các mối quan hệ chằng chịt với các đối tượng khác, và tất cả luôn luôn ở trong trạng thái vận động. Rõ ràng là sự phản ánh này chỉ có thể được thực hiện trên cơ sở của cách tiếp cận trừu tượng - siêu hình. Cách tiếp cận này cho phép trừu tượng hoá những yếu tố, những mối liên hệ hoặc các tác động qua lại không có ảnh hưởng lớn đến trạng thái tồn tại của đối tượng được phản ánh trong khái

1. Ph.Ăngghen. Biện chứng của tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr. 55.

niệm. Chẳng hạn, một hòn bi thép được bắn vào một hòn bi thép khác đang đứng yên, làm cho hòn này chuyển động. Trong thực tế, sự va chạm giữa hai hòn bi bao giờ cũng gây ra sự biến dạng và sự biến dạng này, tuy đàn hồi, cũng toả nhiệt, có nghĩa là năng lượng cơ học từ hòn bi thứ nhất truyền sang hòn bi thứ hai không được bảo toàn, tức là có hao hụt, do có một phần biến thành nhiệt năng. Tuy vậy, những sự biến dạng và toả nhiệt nói trên trong thực tế là rất nhỏ, nhỏ đến mức mà người ta có thể bỏ qua, coi như không có - trừu tượng hoá - mà việc nghiên cứu cũng không bị ảnh hưởng, các kết luận của nó vẫn được coi là đúng, vì khi áp dụng vào các tính toán kỹ thuật vẫn đem lại kết quả đúng như dự đoán (tất nhiên trong phạm vi sai số cho phép).

Như vậy cách tiếp cận này đưa đến những khái niệm chỉ phản ánh gần đúng những đối tượng khách quan, dựa trên một cái khuôn chung được quy định bởi các nguyên tắc của phép siêu hình mà Ph.Ăngghen đã tóm tắt rất rõ ràng như sau: "Đối với nhà siêu hình học thì những sự vật và phản ánh của chúng vào trong tư tưởng, tức là những khái niệm, đều là những đối tượng nghiên cứu riêng biệt, phải xem xét từng cái một, tách rời nhau, là những đối tượng cố định, cứng đờ, mãi mãi là như thế. Tư duy của nhà siêu hình chỉ dựa trên những phản đề tuyệt đối không thể dung nhau được: họ nói có là có, không là không, cái gì vượt ra ngoài phạm vi đó là chẳng có giá trị gì hết. Đối với

họ thì một sự vật hoặc tồn tại, hoặc không tồn tại, một vật không thể vừa là chính nó lại vừa là cái khác. Cái khẳng định và cái phủ định tuyệt đối bài trừ nhau; nguyên nhân và hiệu quả cũng đối lập với nhau một cách cứng nhắc như vậy. Phương pháp tư duy ấy mới xem thì có vẻ là hoàn toàn hiển nhiên, vì nó vốn có đối với cái gọi là lẽ phải thông thường"¹. Rõ ràng là cái khuôn siêu hình này, tức là quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới, không phản ánh đúng trạng thái tồn tại của thế giới *xét toàn bộ*, nhưng ở trong một phạm vi nào đó thì nó phản ánh gần đúng, nên các khái niệm được xây dựng trên cơ sở các quan điểm siêu hình vẫn được sử dụng làm bậc thang của quá trình nhận thức các đối tượng khách quan, nằm trong phạm vi ấy. Đó là phạm vi của thế giới trung bình, trong đó con người cũng như các loài sinh vật khác đã sống từ khi xuất hiện đến nay. (Thế giới trung bình là thế giới nằm giữa thế giới vĩ mô - vũ trụ và thế giới vi mô - nguyên tử. Khi không cần có sự phân biệt chi tiết, người ta chỉ nói đến thế giới vĩ mô, trong đó có cả thế giới trung bình, và thế giới vĩ mô - vũ trụ). Và vì thế mà Ph.Ăngghen đã nói là phương pháp tư duy siêu hình "mới xem thì có vẻ là hoàn toàn hiển nhiên, vì nó vốn có đối với cái gọi là lẽ phải thông thường".

Trong thế giới trung bình, sự vận động phổ biến mà hàng ngày con người tự kiểm nghiệm và quan sát thấy ở

1. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.34-35.

xung quanh là sự vận động cơ học, cho nên không phải ngẫu nhiên mà trong vật lý học, ngành được xây dựng và phát triển đầu tiên là cơ học. Con người thông qua cấu trúc giải phẫu - sinh lý của mình, phản ánh hàng triệu lần các đối tượng và các mối liên hệ trong vận động cơ học, tiến hành khái quát và rút ra những khái niệm cơ bản, nhưng chỉ đúng trong khuôn khổ của các quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới. Chẳng hạn trong cơ học cổ điển, không thể có sự tự vận động, mà mọi vận động đều phải do lực gây nên, công thức cơ bản do Niutơn tìm ra đã nói rõ điều đó: $F = ma$ (lực F là nguyên nhân gây ra gia tốc chuyển động a ở vật có khối lượng m). Không gian và thời gian là tuyệt đối và tách rời nhau, đồng thời không có quan hệ gì đến các vật chuyển động. Vật chất - mà người ta đồng nhất với khối lượng - và vận động, với số đo được biểu hiện ở năng lượng, là những yếu tố riêng biệt; khối lượng của một vật thì luôn luôn bất biến, dù ở trạng thái đặc, lỏng hay khí, dù đứng yên hay vận động... Các quan niệm và khái niệm nói trên, một khi đã được hình thành, sẽ trở thành *cái nền móng*, trên đó toà lâu đài vật lý học được xây dựng. Cái nền móng này quán triệt các nguyên tắc siêu hình, và không dễ gì để thay đổi nó.

Phạm vi các hiện tượng của thế giới trung bình mà con người có thể trực quan được là rất hẹp, các mối liên hệ giữa sự vật thu nhận được qua trực quan cũng không nhiều, nhưng để có được các khái niệm, con người đã phải

áp dụng cách tiếp cận trừu tượng - siêu hình và cách tiếp cận này phù hợp với quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới. Trong thí dụ nói ở đoạn trên, khi trừu tượng hoá sự biến dạng và sự toả nhiệt trong sự va chạm của hai hòn bi, sự nghiên cứu sẽ đơn giản hơn rất nhiều, mặt khác với sự trừu tượng hoá đó thì hiện tượng xảy ra lại phù hợp với quan niệm siêu hình là vật chất và vận động tách rời nhau.

Khoa học càng phát triển, phạm vi các hiện tượng được nghiên cứu càng mở rộng, nhiều mối liên hệ trước đây dựa trên trực quan đơn thuần không nhận thức được, nay con người đã biết nhiều hơn. Tình hình này đòi hỏi cách tiếp cận trừu tượng - siêu hình phải *mềm dần*, mở rộng nhiều hơn sang phía toàn bộ - biện chứng. Ở đây xuất hiện mâu thuẫn giữa nguyên tắc siêu hình cứng nhắc - thể hiện trong các khái niệm - với tính tương đối trong cách tiếp cận nhận thức trừu tượng siêu hình. Về tính tương đối này, Ph.Ăngghen cũng đã đề cập tới khi ông nói rằng: "Phương pháp tư duy siêu hình dù là chính đáng và cần thiết đến đâu đi nữa trong nhiều lĩnh vực (những lĩnh vực này rộng hay hẹp là tùy ở tính chất của đối tượng nghiên cứu quyết định), thì sớm hay muộn thế nào nó cũng vấp phải một hàng rào mà vượt ra ngoài hàng rào đó thì nó sẽ trở thành phiến diện, chật hẹp, trừu tượng và sa vào những mâu thuẫn không thể nào giải quyết được¹."

1. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.35.

Đối với các hiện tượng trong khoa học tự nhiên, ông còn chỉ ra giới hạn đó, nói chung là "đối với khoa học tự nhiên đã ở vào thời kỳ tổng hợp, thì tính đồng nhất trừu tượng hoàn toàn không đủ nữa, ngay cả trong bất cứ lĩnh vực riêng biệt nào; và mặc dù là nói chung và trong toàn bộ, bây giờ tính đồng nhất đã bị thủ tiêu về *mặt thực tiễn* nhưng về *mặt lý luận* nó hãy còn thống trị các khối óc;..."¹. Với cách tiếp cận nhận thức trừu tượng - siêu hình mở rộng dần sang phía toàn bộ - biện chứng, các nhà khoa học có thể đạt được những kết quả nhất định (nhờ "tính đồng nhất trừu tượng đã bị thủ tiêu về mặt thực tiễn"), nhưng vì có sự mâu thuẫn với các nguyên tắc siêu hình cứng nhắc trong việc xem xét trạng thái thế giới, được phản ánh trong *các khái niệm* của lý luận (tức là "về mặt lý luận nó hãy còn thống trị các khối óc"), nên đã xảy ra tình hình mà Ph.Ăngghen đã nhận xét: "Vì vậy cho nên mâu thuẫn giữa những kết quả đã thu được và phương pháp tư duy cổ truyền đã giải thích tại sao hiện nay có tình trạng vô cùng hỗn độn trong lý thuyết của các khoa học tự nhiên, sự biến đổi đó làm cho cả thầy lẫn trò, cả người viết sách và người đọc sách đều đâm ra thất vọng"².

Tóm lại, khi nói về phép siêu hình và phép biện chứng, với tính cách là những quan điểm triết học, chúng ta cần

1. Ph.Ăngghen. Biện chứng của tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.330.

2. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.37.

phân biệt hai mặt: mặt nói về cách xem xét trạng thái tồn tại của thế giới, vẫn tất là *quan điểm về trạng thái*, và mặt nói về cách tiếp cận nhận thức, vẫn tất là *quan điểm về tiếp cận nhận thức*. Ở mặt thứ nhất, hai phép siêu hình và biện chứng là hoàn toàn đối lập, còn ở mặt thứ hai, hai phép này nói lên hai cực bao gồm trong đó các mức độ trừu tượng hoá trong quá trình phản ánh đối tượng nhận thức.

Với cách hiểu nói trên, chúng ta có thể giải thích được các đặc điểm trong lịch sử phát triển của cuộc đấu tranh triết học trong các khoa học tự nhiên nói chung và trong vật lý học nói riêng.

Trước hết, cần thấy rằng phép siêu hình, với tính cách là một cách tiếp cận nhận thức *một bộ phận của thế giới* theo cách trừu tượng hoá và khái quát hoá, rút ra những khái niệm cứng nhắc và chỉ phản ánh một mặt nào đó của thế giới, là biểu hiện của mặt thứ hai đã nói trên. Nhưng khi người ta *tuyệt đối hoá* các khái niệm được rút ra từ mặt thứ hai, coi đó là những yếu tố tinh thần quy định trạng thái tồn tại phổ biến của *toàn thế giới*, thì đó biểu hiện của mặt thứ nhất, là quan điểm về trạng thái thế giới. Ở mặt này, phép siêu hình gắn với chủ nghĩa duy tâm.

Tuy vậy, quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới, áp dụng cho một phạm vi hạn chế của thế giới trung bình bao quanh cuộc sống hàng ngày của con người, cũng có sự phù hợp nhất định, cho nên phép siêu hình ấy cũng gắn

được với thế giới quan duy vật và tạo ra chủ nghĩa duy vật siêu hình mà Ph.Ăngghen gọi là "chủ nghĩa duy vật cũ, cách mạng một cách ngây thơ"¹, hoặc là 'chủ nghĩa duy vật thuần túy siêu hình, hoàn toàn máy móc của thế kỷ XVIII"², khác với "chủ nghĩa duy vật hiện đại khái quát những thành tựu mới nhất của khoa học tự nhiên"³. Cũng có thể nói rằng, chủ nghĩa duy vật siêu hình chưa đạt tầm cỡ của một học thuyết triết học, với ý nghĩa là một học thuyết có giá trị phổ biến đối với toàn thế giới, vị trí đó phải là của chủ nghĩa duy vật biện chứng. Chính vì tính hạn chế đó của chủ nghĩa duy vật siêu hình, nên nó không giải thích được nhiều vấn đề đặt ra cho khoa học, như nguồn gốc sự vận động, nguồn gốc sự sống, nguồn gốc các giống loài, v.v. và chủ nghĩa duy tâm đã lợi dụng để đưa các yếu tố duy tâm - tôn giáo vào, nhằm phản bác lại chủ nghĩa duy vật.

Trong giai đoạn đầu của sự phát triển của vật lý học - giai đoạn cơ học - đặc điểm của đối tượng nghiên cứu, là các sự vật của thế giới trung bình, đã tạo ra sự thống nhất giữa hai mặt của phép siêu hình - quan điểm về trạng thái và quan điểm tiếp cận nhận thức - nhờ đó đã thúc đẩy sự phát triển của cơ học, đem lại nhiều thành tựu rực rỡ. Những thành tựu này trở lại củng cố chủ nghĩa duy vật siêu hình, không chỉ trong cuộc đấu tranh chống chủ nghĩa

1, 2, 3. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb. Sự thật, Hà Nội, 1971, tr. 40-41.

duy tâm, mà cả trong ý thức của nhiều thế hệ các nhà khoa học. Đó là biểu hiện của tính tích cực của chủ nghĩa duy vật siêu hình, trong giai đoạn đầu của sự phát triển của vật lý học.

Nhưng vật lý học càng phát triển, nhất là từ giai đoạn sau cơ học, với đối tượng nghiên cứu là các hình thức vận động của vật chất, bề ngoài rất khác nhau và rất khác với vận động cơ học (nhiệt, quang, điện từ), cách tiếp cận nhận thức trừu tượng - siêu hình, tách rời từng dạng vận động để nghiên cứu đã không phù hợp, đòi hỏi phải chuyển mạnh sang cách tiếp cận nhận thức toàn bộ - biện chứng ở những mức độ khác nhau, tùy theo đối tượng nghiên cứu. Tuy vậy, khó khăn lớn vẫn là mâu thuẫn giữa *một bên* là đối tượng nhận thức giai đoạn sau cơ học, đòi hỏi thay đổi cách tiếp cận nhận thức và *một bên* là quan điểm về trạng thái được cố định ở các khái niệm và được khái quát ở quan điểm cơ học. Để khắc phục mâu thuẫn này, các nhà khoa học đã phải đưa ra những lý thuyết bổ sung vào quan điểm cơ học (như các lý thuyết bổ sung vào cơ học Niuton để nghiên cứu vật lý phân tử, định luật Lorenxơ kết hợp với cơ học Niuton để nghiên cứu các hiện tượng điện từ...). Điều này giải thích vì sao quan điểm cơ học, với cơ sở triết học là chủ nghĩa duy vật siêu hình, lại là quan điểm chỉ đạo toàn bộ vật lý học thời kỳ cổ điển, mặc dù các hiện tượng do vật lý nghiên cứu ở giai đoạn sau cơ học đã bộc lộ những đặc điểm mà cách tiếp cận nhận thức trừu tượng -

siêu hình đã tỏ ra không phù hợp, đòi hỏi phải mở rộng sang phía toàn bộ - biện chứng. Có thể nói rằng tính bảo thủ của quan điểm cơ học nằm ở hệ thống *các khái niệm cơ bản* của vật lý học vốn được hình thành từ giai đoạn đầu của cơ học là những khái niệm phản ánh trung thành nhất quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới.

Tình hình nói trên cũng diễn ra trong các khoa học tự nhiên nói chung và đã giải thích sự xuất hiện các tư tưởng biện chứng trong một số nhà triết học và khoa học ngay trong giai đoạn cơ học và tiếp diễn cho đến giữa thế kỷ XIX, khi Mác, Ăngghen sáng lập ra chủ nghĩa duy vật biện chứng. Ngoài các tiền đề về kinh tế - xã hội, về lý luận, sự xuất hiện của triết học Mác còn dựa vào các tiền đề khoa học tự nhiên, trong đó có ba phát minh lớn là định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, thuyết tế bào và thuyết tiến hoá, đã chứng minh cho phép biện chứng về mặt tự nhiên. Nhưng các tư tưởng biện chứng về mặt tự nhiên cũng không thể làm thay đổi được nền móng của toà lâu đài vật lý học cổ điển, bao gồm hệ thống khái niệm quán triệt các nguyên tắc siêu hình, và in sâu trong đầu óc của các nhà khoa học. Ph.Ăngghen đã nhận xét: "... nền triết học cận đại, tuy cũng có những đại biểu xuất sắc của phép biện chứng (như Đêcắc và Spinôda) nhưng lại ngày càng sa lầy vào phương pháp tư duy gọi là siêu hình, nhất là vì chịu ảnh hưởng của triết học Anh, phương pháp tư duy này hầu như cũng hoàn toàn chi phối những người Pháp

thế kỷ XVIII, ít nhất là trong các tác phẩm chuyên bàn về triết học của họ"¹. Nhưng "cùng với và tiếp theo triết học Pháp thế kỷ XVIII, triết học mới ở Đức đã ra đời và thể hiện ở Hêghen với đỉnh cao nhất của nó. Công lao lớn nhất của Hêghen là đã trở lại phép biện chứng, coi đó là hình thức cao nhất của tư duy"². Nhưng phép biện chứng của Hêghen lại gắn với chủ nghĩa duy tâm, trái với tinh thần duy vật cơ bản của khoa học tự nhiên, nên sự phát huy tác dụng của nó cũng bị hạn chế. Phải đến các năm 1873-1882, sau khi triết học duy vật biện chứng đã ra đời một thời gian, Ph.Ăngghen viết "Biện chứng của tự nhiên", tổng kết về mặt triết học các thành tựu của khoa học tự nhiên đã đạt được cho đến lúc bấy giờ, đã vạch rõ các hạn chế của phép siêu hình cả trên hai mặt quan điểm về trạng thái và quan điểm về tiếp cận nhận thức, chỉ ra con đường tất yếu của sự phát triển của khoa học tự nhiên là phải dựa trên chủ nghĩa duy vật biện chứng. Ở đây người ta thấy có sự "lệch pha" giữa triết học và vật lý học: triết học duy vật biện chứng đã ra đời, dựa vào các tài liệu do khoa học tự nhiên cung cấp để chứng minh là "trong tự nhiên, xét đến cùng thì mọi sự vật đều diễn ra một cách biện chứng chứ không phải siêu hình"³, nhưng vật lý học vẫn chịu sự chi phối của chủ nghĩa duy vật siêu hình, mãi cho đến đầu thế

1, 2. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb. Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.32, 33.

3. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. Nxb. Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.37.

kỷ XX, khi vật lý học chuyển sang thời kỳ hiện đại. Và phải chăng có điều gì không ổn, khi V.I.Lênin nói rằng: "Vật lý học hiện đại đang nằm trên giường đẻ. Nó đang đẻ ra chủ nghĩa duy vật biện chứng"¹, trong khi triết học duy vật biện chứng đã ra đời từ giữa thế kỷ XIX.

Quả thật có sự "lệch pha" giữa triết học và vật lý học, nhưng không có gì là không ổn trong phát biểu của V.I.Lênin, nếu chúng ta chú ý phân biệt mặt quan điểm về trạng thái, thể hiện ở hệ thống các khái niệm của vật lý học, và mặt quan điểm về tiếp cận nhận thức, đồng thời hiểu rõ sự khác nhau cơ bản giữa đối tượng nghiên cứu của vật lý học cổ điển và vật lý học hiện đại.

Về nguồn gốc của sự "lệch pha", ở trên đã phân tích rõ, ở đây chỉ lưu ý thêm một điểm: các đối tượng nghiên cứu của vật lý học, giai đoạn sau cơ học tuy có những đặc điểm rất khác so với đối tượng nghiên cứu của cơ học, nhưng vẫn thuộc về thế giới vĩ mô, và hệ thống các khái niệm của nó, cộng với những lý thuyết bổ sung cần thiết, vẫn là cơ sở của các quá trình nhận thức các đối tượng ấy. Nhưng khi vật lý học chuyển sang thời kỳ hiện đại, với đối tượng nghiên cứu là thế giới vi mô, có cấu trúc và quy luật vận động *khác hẳn* so với thế giới vĩ mô, lúc này hệ thống các khái niệm của vật lý học cổ điển mới sụp đổ hoàn toàn,

1. V.I.Lênin toàn tập: t.18. Nxb Tiến bộ, Matxcơva 1980, tr 388, (tiếng Việt).

cùng với quan điểm cơ học và chủ nghĩa duy vật siêu hình. Từ đây, quan điểm biện chứng về trạng thái tồn tại của thế giới và quan điểm tiếp cận nhận thức toàn bộ - biện chứng là thống nhất, và chính trên ý nghĩa này mà V.I.Lênin nói rằng vật lý học hiện đại đề ra chủ nghĩa duy vật biện chứng. Tất nhiên, không nên hiểu sự sụp đổ của hệ thống các khái niệm của vật lý học cổ điển, có nghĩa là sự ra đời của một hệ thống các khái niệm mới, tách rời hoàn toàn hệ thống các khái niệm cũ. Ngoài những khái niệm mới, được xây dựng do đặc điểm riêng của thế giới vi mô, nhiều tên gọi các khái niệm trong hệ thống cũ vẫn được duy trì, với điều kiện là cần được hiểu nội hàm của chúng trên cơ sở của lôgic biện chứng. Mặt khác, cần nói ngay rằng, trong vật lý học hiện đại, nói chung quan điểm về trạng thái và quan điểm tiếp cận nhận thức toàn bộ - biện chứng là thống nhất, nhưng điều đó không có nghĩa là trong vật lý học hiện đại không còn chỗ cho quan điểm tiếp cận nhận thức trừu tượng - siêu hình. Chính quan điểm về trạng thái biện chứng đòi hỏi phải có sự kết hợp của hai quan điểm tiếp cận nhận thức siêu hình và biện chứng, bởi vì trong sự vận động tuyệt đối của thế giới bao giờ cũng có sự đứng im tương đối, và ở những nơi đó, quan điểm tiếp cận nhận thức trừu tượng - siêu hình vẫn có giá trị. Chẳng hạn trong thuyết tương đối hẹp, vẫn áp dụng quan niệm về không gian đồng chất và đẳng hướng, cơ học lượng tử phi tương đối tính vẫn sử dụng khái niệm không gian và

thời gian tuyệt đối, tách rời nhau... các quan niệm và khái niệm nói trên là của vật lý học cổ điển.

3. Phép biện chứng và phép siêu hình trong cuộc đấu tranh giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm trong vật lý học

Cuộc đấu tranh giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm trong vật lý học luôn luôn gắn liền với cuộc đấu tranh giai cấp trong xã hội. Ở đây chúng ta tạm không nói đến mối liên hệ đó, mà chỉ nói đến việc hai phái duy vật và duy tâm đã dựa vào các thành tựu của vật lý học để bảo vệ quan điểm của mình và phản bác quan điểm của đối phương như thế nào.

Cuộc đấu tranh giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm trong vật lý học đã diễn ra khá phức tạp do sự chi phối của quá trình nhận thức của đối tượng này đã được mở rộng dần dần từ lĩnh vực cơ học đến sau cơ học trong thế giới vĩ mô, sau đó từ thế giới vĩ mô sang vi mô, tức là sang một lớp cấu trúc vật chất khác hẳn về chất. Quá trình nhận thức này lại phụ thuộc cách xem xét trạng thái tồn tại của thế giới và cách tiếp cận nhận thức, là hai mặt khác nhau nhưng có quan hệ mật thiết với nhau trong các phép siêu hình và biện chứng.

Phép siêu hình, xét về nguồn gốc sâu xa, thì sự xuất hiện của nó là do thế giới quan duy tâm, nhưng với phạm vi các đối tượng nhận thức thuộc thế giới trung bình nó

cũng cho phép phản ánh gần đúng các đối tượng ấy, tồn tại khách quan. Vì vậy, nó phù hợp với thế giới quan duy vật và được gắn với chủ nghĩa duy vật thành chủ nghĩa duy vật siêu hình. Khi mở rộng phạm vi nhận thức ra toàn thế giới, phép siêu hình không còn phù hợp nữa, cần được thay thế bằng phép biện chứng, do đó mà có chủ nghĩa duy vật biện chứng.

Chủ nghĩa duy tâm, xét về nguồn gốc nhận thức là phù hợp với phép siêu hình, và người ta có chủ nghĩa duy tâm siêu hình. Nhưng mặt khác, trước hiện thực khách quan tồn tại xung quanh mọi người, vốn diễn biến một cách biện chứng, các nhà triết học duy tâm không thể bỏ qua, nhưng với cách nhìn đảo ngược, họ quy tính biện chứng cho sự diễn biến của ý thức, tinh thần và tự nhiên là sự phản ánh. Do đó mà có chủ nghĩa duy tâm biện chứng.

Chủ nghĩa duy vật hay duy tâm, như vậy đều có thể là siêu hình hay biện chứng, nên không có vấn đề dùng phép siêu hình hay biện chứng để chứng minh cho quan điểm duy vật hay duy tâm.

Các khoa học tự nhiên, trong đó có vật lý học, luôn luôn phải xuất phát từ tự nhiên để xây dựng các khái niệm và đề ra các giả thuyết, sau đó trở lại tự nhiên để kiểm nghiệm tính đúng đắn của chúng, và nói chung là xuất phát từ tự nhiên để giải thích tự nhiên. Đó là cơ sở vững chắc nhất để chủ nghĩa duy vật dựa vào đó bảo vệ

lập trường của mình trước sự tấn công của chủ nghĩa duy tâm trong suốt thời kỳ cổ điển của vật lý học. Trong thời kỳ này, chủ nghĩa duy tâm chỉ còn nhằm vào các khó khăn do tính hạn chế của phép siêu hình gây ra cho vật lý học trong việc giải thích nhiều kết luận của nó.

Sang thời kỳ hiện đại, với đối tượng nghiên cứu là thế giới vi mô, có nhiều đặc điểm khác hẳn thế giới vĩ mô nên hệ thống khái niệm của vật lý học cổ điển xây dựng trên nền móng siêu hình không còn phù hợp và phép siêu hình hoàn toàn bị phá sản. Việc này đã làm cho nhiều nhà khoa học và triết học trượt sang chủ nghĩa duy tâm và chủ nghĩa bất khả tri. Sự trượt này càng được củng cố bởi tính không trực quan hoàn toàn của các hiện tượng vi mô và việc bắt buộc phải dùng công cụ toán học rất trừu tượng để nghiên cứu các hiện tượng đó. Các trường phái duy tâm đã dựa trên các khó khăn này của vật lý học hiện đại để tấn công chủ nghĩa duy vật siêu hình. Ở đây tinh thần duy vật cơ bản của vật lý học, dù đối tượng nghiên cứu là các hiện tượng vi mô, vẫn là yếu tố không ai có thể bác bỏ được, nhưng rõ ràng phép siêu hình phải được thay thế bằng phép biện chứng, cũng tức là chủ nghĩa duy vật biện chứng phải là cơ sở triết học của vật lý học hiện đại.

Chúng ta sẽ nghiên cứu một cách chi tiết hơn tình hình vừa nói trên trong tiểu mục sau đây.

4. Cuộc khủng hoảng của vật lý học cuối thế kỷ XIX - đầu thế kỷ XX

Cuối thế kỷ XIX - đầu thế kỷ XX trong vật lý học đã xảy ra một cuộc khủng hoảng mà V.I.Lênin đã vạch rõ thực chất như sau: "Thực chất của cuộc khủng hoảng của vật lý học hiện đại là ở sự đảo lộn của những quy luật cũ và những nguyên lý cơ bản, ở sự gạt bỏ thực tại khách quan ở bên ngoài ý thức, tức là ở sự thay thế chủ nghĩa duy vật bằng chủ nghĩa duy tâm và chủ nghĩa bất khả tri"¹.

Ý kiến trên đây của V.I.Lênin đã vạch rõ thực chất của cuộc khủng hoảng ở trên hai mặt: mặt vật lý học và mặt triết học.

Về mặt vật lý học, những năm cuối cùng của thế kỷ XIX và những năm đầu của thế kỷ XX liên tiếp có những phát hiện quan trọng:

- Năm 1895, Rơnghen phát hiện ra tia X.
- Năm 1896, Bécơren phát hiện ra hiện tượng phóng xạ.
- Năm 1897, Tômxơn khám phá ra sự tồn tại của điện tử.
- Năm 1900, Plăng đưa ra khái niệm lượng tử, về sau được thực nghiệm xác nhận.
- Năm 1905, Anhstanh đưa ra khái niệm lượng tử ánh sáng (hay photon) và đề ra thuyết tương đối hẹp.

1. V.I.Lênin toàn tập, t.18, Nxb Tiến bộ, Matxcơva 1980, tr.318 (tiếng Việt).

Chỉ có trong khoảng 10 năm, với những thành tựu nói trên, vật lý học đã gây ra những sự đảo lộn sau đây trong nhận thức:

- Có những bức xạ có thể xuyên qua những vật cản mờ, là điều làm người ta nghĩ đến một cấu trúc sâu xa của vật chất.

- Các nguyên tử của các nguyên tố hoá học xưa nay được coi là bất biến, tồn tại vĩnh viễn, thì nay lại có thể biến hoá thành các nguyên tử của những nguyên tố khác;

- Nguyên tử không phải là viên gạch cuối cùng của lâu đài vật chất, dưới nguyên tử còn có những hạt bé hơn rất nhiều, là các điện tử.

- Khối lượng của một vật thể không phải là bất biến, mà có thể thay đổi tùy theo vận tốc chuyển động của nó.

- Khối lượng và năng lượng không phải là hai thực thể tách biệt nhau hoàn toàn, mà khối lượng là năng lượng và năng lượng có khối lượng.

- Không gian và thời gian không phải là tuyệt đối và tách rời nhau, mà không gian và thời gian là tương đối, phụ thuộc vào vận động; khác nhau nhưng lại thống nhất với nhau.

- Trong các lý thuyết mới, nhiều nguyên lý của vật lý học cổ điển không còn áp dụng được nữa.

- Trước đây, quan điểm cơ học kết hợp với một số thuyết vật lý còn có thể giải thích được một số hiện tượng

của giai đoạn sau cơ học, có tính chất rất khác với các hiện tượng cơ học, nhưng nay trước các hiện tượng vật lý nói trên, quan điểm cơ học hoàn toàn bất lực.

Về mặt triết học, ngoài việc vạch rõ thực chất của cuộc khủng hoảng như đã nói ở trên, V.I.Lênin còn chỉ ra điều kiện tất yếu để thoát ra khỏi cuộc khủng hoảng là "chủ nghĩa duy vật biện chứng phải thay thế chủ nghĩa duy vật siêu hình"¹.

Phân tích vạch rõ thực chất và đề ra hướng thoát cuộc khủng hoảng của vật lý học về mặt triết học, chỉ là một trong các kết quả của quá trình nghiên cứu rất công phu của V.I.Lênin trong cuộc đấu tranh quyết liệt của Người, chống lại các trào lưu triết học duy tâm và chủ nghĩa xét lại trong triết học, nhằm bảo vệ và phát triển triết học Mác. Do đó, để hiểu được các ý kiến của Người về cuộc khủng hoảng trong vật lý học, cần đi qua vấn đề nội dung cuộc đấu tranh đó.

Vào cuối thế kỷ XIX, khi chủ nghĩa tư bản đã bước sang giai đoạn đế quốc chủ nghĩa và giai cấp tư sản ở tất cả các nước đã chuyển từ dân chủ sang phản động về mọi mặt kinh tế, chính trị, tư tưởng, thì riêng về mặt triết học chúng đã đưa cuộc đấu tranh chống chủ nghĩa duy vật lên một đỉnh cao. Một trong các biểu hiện rõ nhất là sự lan

1. V.I.Lênin toàn tập, t.18, Nxb Tiến bộ, Matxcova 1980, tr.379 (tiếng Việt).

trần cái gọi là triết học kinh nghiệm - chủ nghĩa kinh nghiệm phê phán hay là chủ nghĩa Makhor, một thứ chủ nghĩa về thực chất là duy tâm chủ quan, một biến dạng của chủ nghĩa thực chứng, nhưng bề ngoài lại làm ra vẻ như một thứ triết học khắc phục được sự phiến diện của cả chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm.

Ở Nga, sau sự thất bại của cuộc cách mạng 1905, chế độ Nga hoàng ra sức đàn áp và đã gây ra sự suy sụp tinh thần, sự phân tán về tư tưởng, về mặt triết học thì xu hướng ngày càng ngả về triết học duy tâm và sự phục hồi tư tưởng thần bí tôn giáo tăng lên. Chính trong tình hình đó, phái theo Makhor ở Nga đã tiến hành xét lại triết học Mác, công kích chủ nghĩa duy vật biện chứng, nhằm khôi phục triết học duy tâm.

Trong tình hình quốc tế và ở nước Nga như vậy, cuộc đấu tranh triết học diễn ra phức tạp. Nó không diễn ra mặt đối mặt giữa hai phía, mà là sự đan xen vào nhau, đối phương lại có nhiều thủ đoạn xảo quyệt, có sự hỗ trợ của bọn xét lại, làm lu mờ trận tuyến, tung hỏa mù, làm cho người ta khó phân biệt đúng sai và qua đó khéo léo đưa ý thức hệ duy tâm vào. Ở Nga, cuộc đấu tranh triết học lại gắn với cuộc đấu tranh chính trị: những phần tử men-sê-vích và cả một số người trong phái bên-sê-vích không những xét lại những nguyên tắc triết học mà còn xét lại những nguyên tắc sách lược của đảng cộng sản. Cũng có nhiều người ủng hộ triết học Mác đã đứng lên đấu tranh

bảo vệ, nhưng đáng tiếc trong số đó có người vì lý do này khác, đã làm công việc đó một cách nửa vời, lệch lạc như G.V.Plêkhanốp chẳng hạn. Sự phê phán của ông đối với chủ nghĩa Makhơ mang tính hạn chế, ngoài ra lại phạm sai lầm khi trình bày triết học duy vật biện chứng. Ông không nói đến sự lợi dụng của chủ nghĩa Makhơ đối với khoa học tự nhiên để củng cố lập trường duy tâm của nó, việc làm này của phái Makhơ cũng là một trong các nguồn gốc gây ra cuộc khủng hoảng của khoa học. Ngoài ra, do động cơ men-sê-vích của mình, ông đã gây ra những tổn hại khác cho sự nghiệp bảo vệ lý luận mácxít, chống chủ nghĩa xét lại.

Trong một tình hình rối ren và phức tạp như vậy cả về triết học và chính trị, V.I.Lênin với thiên tài của mình, vận dụng các quan điểm duy vật biện chứng, đã tìm ra, phân tích và phê phán đến nơi đến chốn, mọi ý tưởng phi duy vật biện chứng của mọi trường phái duy tâm và xét lại, dù chúng ẩn nấp hay được che giấu tinh vi khéo léo như thế nào.

Trở lại cuộc khủng hoảng của vật lý học. Nguồn gốc trực tiếp của nó là "ở sự đảo lộn của những quy luật cũ và những nguyên lý cơ bản" của vật lý học, nhưng nguồn gốc sâu xa là ở hai phía chủ quan và khách quan đối với các nhà khoa học.

Về phía chủ quan, trên quan điểm của chủ nghĩa duy vật siêu hình đã ăn sâu trong trí óc, nhiều nhà khoa học

thừa nhận các tri thức khoa học là sự phản ánh của một thế giới khách quan, tồn tại độc lập với ý thức, và các tri thức ấy là bất biến, là tuyệt đối, là cuối cùng. Nhưng khi vật lý học hiện đại chứng minh rằng các tri thức ấy là tương đối, là có thể biến đổi, thì họ rất hoang mang. Người ta nghi ngờ sự tồn tại của thế giới khách quan, tồn tại độc lập với cảm giác và từ đó dễ dàng chuyển sang chủ nghĩa tương đối, và từ đó sang chủ nghĩa duy tâm. V.I.Lênin đã vạch rõ: "Thực ra, chỉ có phép biện chứng duy vật của Mác và Ph.Ăngghen mới đưa ra được cách đặt vấn đề duy nhất đúng đắn về mặt lý luận, tức là vấn đề về chủ nghĩa tương đối, và người nào không hiểu phép biện chứng duy vật thì nhất định phải chuyển từ chủ nghĩa tương đối sang chủ nghĩa duy tâm triết học"¹. Mà đã là duy tâm, thì trừ một số trường hợp cá biệt, theo nhận định của Ph.Ăngghen, còn thì sẽ rơi vào bất khả tri, không thừa nhận tư duy của con người có khả năng nhận thức được thế giới, theo quan điểm của Hium hoặc của Cantơ.

Về phía khách quan, thì đặc điểm của các hiện tượng vi mô là hoàn toàn không trực quan được, việc nghiên cứu phải dựa vào công cụ toán học rất trừu tượng, cũng là yếu tố có tác dụng củng cố các quan niệm duy tâm. Nhưng ở đây phải nói đến sự tấn công của các trường phái duy tâm,

1. V.I.Lênin *tồn tập*, T.18, Nxb Tiến bộ, Matxcova 1980, tr.383 (tiếng Việt).

không phải đợi đến khi vật lý học chuyển sang thời kỳ hiện đại và gặp những khó khăn lớn như đã nói ở trên, mà ngay trong giai đoạn cuối của vật lý học cổ điển, khi chủ nghĩa duy vật siêu hình đã bị lung lay, họ đã ráo riết tấn công. Và đến đầu thế kỷ XX, họ đã tích cực góp phần đưa vật lý học vào một cuộc khủng hoảng nghiêm trọng về mặt triết học. V.I.Lênin đã coi đây là một bộ phận quan trọng trong trận địa chống chủ nghĩa duy tâm nói chung thời kỳ đó. Và Người đã phải dành công sức nghiên cứu các thành tựu của vật lý học hiện đại, tuy mới phôi thai, từ đó vạch ra được thực chất và con đường thoát ra khủng hoảng của vật lý học về mặt triết học, đó là sự thay thế chủ nghĩa duy vật siêu hình bằng chủ nghĩa duy vật biện chứng. Nói cách khác, trước đây chủ nghĩa duy vật siêu hình là cơ sở triết học của vật lý học cổ điển, thì đối với vật lý học hiện đại, đó phải là chủ nghĩa duy vật biện chứng.

CHƯƠNG II

VỀ MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN CỦA VẬT LÝ HỌC

Từ các vấn đề chung về mối quan hệ giữa triết học và vật lý học đã nói trong chương trước, chúng ta sẽ vận dụng để nghiên cứu một số khái niệm cơ bản của vật lý học cổ điển và hiện đại, qua đó xem xét sự tác động qua lại giữa triết học và vật lý học trong việc hình thành và phát triển của các khái niệm đó.

Một vấn đề cần được chú ý là nội hàm của một số khái niệm triết học và vật lý học, tuy khác nhau, nhưng tên gọi lại giống nhau, như vật chất, vận động, không gian, thời gian. Sự lẫn lộn về nội hàm các khái niệm này có thể gây ra những nhận thức không đúng hoặc lộn xộn. Trong cuốn sách này, ở những chỗ cần thiết, chúng tôi sẽ lưu ý sự phân biệt này.

I. KHỐI LƯỢNG VÀ NĂNG LƯỢNG

1. Khối lượng trong vật lý học cổ điển

Một trong những khái niệm cơ bản của vật lý học là khối lượng. Nó đã có mầm mống xuất hiện trong các thí

nghiệm của Galilê, nhưng phải một thế hệ sau, đến Niuton mới được hình thành một cách đầy đủ. Ngày nay, vật lý học cổ điển định nghĩa khối lượng là số đo quán tính của các vật và các tính chất hấp dẫn của chúng. Qua định nghĩa này, chúng ta thấy ở đây đề cập đến hai số đo: số đo quán tính và số đo các tính chất hấp dẫn. Điều này tương ứng với hai loại khối lượng là khối lượng quán tính m_i và khối lượng hấp dẫn m_g . Khối lượng quán tính được xác định là tỷ số giữa lực F tác động lên một vật thể, giả thiết là hoàn toàn cô lập, với gia tốc a mà lực F truyền cho vật:

$$m_i = \frac{F}{a}$$

Qua thực nghiệm, người ta nhận thấy với cùng một lực F tác động, những vật càng nặng thì gia tốc càng bé, có nghĩa là vật có sức ì nhiều hơn. Vì vậy, khối lượng quán tính m_i là số đo sức ì hay quán tính của vật thể.

Công thức vừa nêu trên được suy ra từ định luật thứ hai trong 3 quy luật nền tảng của cơ học Niuton.

Nhưng mặt khác, mọi vật đều chịu sức hút của quả đất, và qua cảm giác, con người nhận thấy là nặng, nhẹ khác nhau, được đánh giá bằng trọng lượng P , chính là lực hút của trái đất lên vật. Qua thực nghiệm, người ta nhận thấy gia tốc g do lực P truyền cho mọi vật thể, dù nặng nhẹ khác nhau, đều bằng nhau. Gọi $P_1, P_2, \dots, P_n$ là trọng lượng lần lượt của các vật có khối lượng $m_1, m_2, \dots, m_n$.

nhưng đều có gia tốc rơi là g , nếu áp dụng định luật 2 của Niuton vào đây người ta sẽ có:

$$m_1 = \frac{p_1}{g} \quad m_2 = \frac{p_2}{g} \quad \dots \quad m_n = \frac{p_n}{g}$$

Các khối lượng này được gọi là khối lượng hấp dẫn m_g vì xuất hiện trong việc cân, có vai trò của sức hút của quả đất. Đáng chú ý là đối với cùng một vật, với hệ thống đơn vị đo lường thích hợp, số đo hai loại khối lượng này là bằng nhau. Trong vật lý học cổ điển, sự bằng nhau của hai số đo này được coi là ngẫu nhiên, không có ý nghĩa gì đáng chú ý. Trong thực tế, việc không phân biệt hai loại khối lượng đó cũng không gây ra bất kỳ khó khăn nào trong việc nghiên cứu, tính toán, nên ít người quan tâm đến. Trong thực tế, người ta chỉ nói đến khối lượng, không cần ghi chú là quán tính hay hấp dẫn, và coi đó là số đo lượng vật chất của một vật. Đó là một đại dương bất biến dù vật thể đứng yên hay chuyển động, ở trạng thái vật lý nào (đặc, lỏng, hơi). Đó là căn cứ khách quan của quan điểm duy vật siêu hình thừa nhận sự tồn tại khách quan của những đại lượng bất biến, không được sinh ra và cũng không bao giờ biến mất. Những người duy vật giai đoạn đầu của vật lý học cổ điển đã đồng nhất khối lượng là một khái niệm vật lý với khái niệm triết học vật chất. Và đến khi phát hiện ra nguyên tử, thì đồng nhất vật chất với nguyên tử, vì nguyên tử là đơn vị nhỏ nhất cấu thành thế giới và cũng có khối lượng không đổi.

Từ những thực nghiệm vật lý và hoá học thời đó, người ta đã rút ra được định luật bảo toàn khối lượng, nói rằng khối lượng của mọi vật thể, dù trải qua những biến hoá thể nào, cũng luôn luôn không đổi, có nghĩa là vật chất không được sinh ra và mất đi.

Trong cơ học Niuton và lý thuyết hấp dẫn, khối lượng biểu hiện là một đặc tính bên ngoài của vật thể, và trị số của nó được xác định bằng thực nghiệm. Trong phạm vi của vật lý học cổ điển, còn có một khái niệm khác về khối lượng, gọi là *khối lượng điện từ*. Cũng nên nhắc đến khái niệm này vì nó có quan hệ đến một sự nhầm lẫn với khối lượng cơ học của điện tử, một thời gian ngắn sau khi điện tử được phát hiện, sự nhầm lẫn này đã đưa đến một kết luận triết học sai lầm vào đầu thế kỷ XX.

Nguồn gốc xuất hiện khối lượng này là như sau: Mọi hạt mang điện tích đều gây ra xung quanh nó một trường điện, trường này trong điều kiện điện tích chuyển động có gia tốc, thì sẽ có một tác dụng ngược lại của trường lên điện tích, tương đương với tác dụng của một lực. Lực này có hai thành phần, một thành phần gắn liền với sự bức xạ, còn thành phần kia tỷ lệ với gia tốc chuyển động của điện tích, nghĩa là có dạng tương tự như lực $F = ma$ trong định luật thứ 2 của Niuton. Do đó hệ số trong công thức của lực xuất hiện do tác dụng của trường điện từ khi điện tích được gia tốc, cũng được gọi là khối lượng điện từ của hạt

tích điện (tương ứng với hệ số m trong công thức $F = ma$, được gọi là khối lượng cơ học), ký hiệu là m_{em}

$$m_{em} \sim \frac{e^2}{c^2 r_0}$$

Trong đó: e = điện tích, c = tốc độ ánh sáng, r_0 = bán kính vùng điện tích tập trung.

Sau khi phát hiện ra điện tử, là một hạt tích điện chuyển động có gia tốc xung quanh hạt nhân, người ta áp dụng quan niệm nói trên vào điện tử. Người ta đưa ra giả thuyết cho rằng khối lượng riêng của điện tử là do năng lượng của trường điện từ của nó quy định, khối lượng này phụ thuộc vào vận tốc của điện tử, còn khối lượng cơ học của điện tử được coi là không đổi, vì không phụ thuộc vào chuyển động, theo quan niệm của vật lý học cổ điển. Sự tồn tại của khối lượng cổ điển phải được chứng minh qua các thí nghiệm khảo sát sự phụ thuộc của khối lượng điện từ của điện tử vào tốc độ chuyển động. Nhưng những thí nghiệm này do Cauphman tiến hành vào các năm 1901-1902 lại cho thấy rằng điện tử biểu lộ ra trong một trạng thái như thể là toàn bộ khối lượng của nó là điện từ. Từ đó có quan niệm cho rằng điện tử không có khối lượng cơ học - một điều rất lạ lùng, nhưng không đúng. Các trường phái duy tâm lập tức dựa vào kết luận (không đúng) của vật lý học để chống lại chủ nghĩa duy vật với luận điểm là "vật chất tiêu tan", và V.I.Lênin đã chứng minh điều đó là vô căn cứ.

2. Năng lượng trong vật lý học cổ điển

Thời Niuton chưa có khái niệm năng lượng. Ông chỉ mới vạch ra rằng: khối lượng là số lượng vật chất, lực là nguyên nhân bên ngoài của vận động, và vận động là sự di chuyển cơ học của khối lượng trong không gian. Công (A) là một đại lượng vật lý được tạo ra khi một lực F dịch chuyển một khoảng không gian l ($A = F \times l$). Về sau, khi vật lý học đã nghiên cứu các hình thức vận động khác ngoài cơ học (nhiệt, quang, âm, điện, từ) và nhận thấy có sự chuyển hoá lẫn nhau giữa các hình thức vận động, mới xuất hiện khái niệm năng lượng với ý nghĩa là *số đo chung của mọi hình thức vận động*, kể cả vận động cơ học, ở đó "công" chính là năng lượng dạng cơ học. Trong quá trình nghiên cứu các sự chuyển hoá của năng lượng, người ta thấy có những trường hợp năng lượng tồn tại dưới dạng tiềm năng, chưa trở thành hiện thực (chưa biểu hiện thành vận động) như năng lượng tồn tại trong các vật để ở một độ cao nào đó so với mặt đất, trong một lò xo bị nén (trong các trường hợp này năng lượng được gọi là thế năng), hoặc năng lượng tiềm tàng trong một khối than chưa đốt cháy (nội năng). Năng lượng trong các trường hợp này có nghĩa là khả năng sinh công.

Việc hình thành khái niệm năng lượng là một trong các việc có nhiều khó khăn nhất và diễn ra trong một thời gian khá dài của vật lý học cổ điển, khi chuyển từ giai đoạn cơ học sang sau cơ học. Có thời người ta đã hiểu năng

lượng theo nhiều nghĩa khác nhau như: năng lượng là sự đẩy, đối lập với sự hút được gọi là lực, là số lượng hay hình thức vận động, là công hay khả năng sinh công. Những cách hiểu khác nhau này là do người ta không nắm được thực chất của năng lượng mà người ta đã đưa ra giả thuyết: đó là những chất lỏng không có trọng lượng, cũng tức là không có khối lượng, như chất lỏng nhiệt, chất lỏng điện, từ... và các chất này muốn chuyển động phải có những lực ở ngoài tác động vào. Dần dần qua thực nghiệm, người ta mới biết được thực chất của năng lượng là sự vận động của các đối tượng vật lý: vật thể, phân tử, hạt (nguyên tử, hạt điện, hạt ánh sáng... theo quan niệm hồi đó).

Sự chuyển động của từng loại đối tượng ấy tạo ra một hình thức hay dạng vận động tương ứng với một dạng năng lượng (cơ, điện, nhiệt, hoá học...) và giữa các dạng năng lượng có thể chuyển hoá lẫn nhau với sự bảo toàn về số lượng. Đến năm 1842 J.R.Mâyê đưa ra định luật bảo toàn năng lượng, định luật này cùng với định luật bảo toàn khối lượng đã được phát hiện từ trước, tạo thành hai định luật bảo toàn rất quan trọng đầu tiên của vật lý học cổ điển. Từ hai định luật này, người ta thấy các quan điểm triết học về tính bất diệt của cả vật chất và vận động đã được chứng minh về mặt khoa học tự nhiên. Còn về mối quan hệ giữa vật chất và vận động, thì từ sự tương ứng giữa các dạng năng lượng với sự vận động của các loại đối

tượng vật lý nhất định, người ta cũng kết luận là vật chất và vận động bao giờ cũng gắn với nhau trong quan hệ đồng tồn, với nghĩa là bao giờ cũng phải có một cái gì đó vận động, không bao giờ có sự vận động mà không tương ứng với một đối tượng vật lý nào. Tuy vậy, trong việc chuyển hoá lẫn nhau giữa các dạng năng lượng, người ta trừu tượng hoá đối tượng vật lý tương ứng với các dạng ấy, coi năng lượng như thể là một chất không có khối lượng, chất này được bảo toàn trong mọi sự chuyển hoá của năng lượng. Sở dĩ người ta có thể làm như vậy là vì khối lượng của các đối tượng vật lý vận động trong các dạng năng lượng cũng được bảo toàn (trong các điều kiện của vật lý học cổ điển, dù vận động với tốc độ nào thì người ta cũng không thể phát hiện được sự thay đổi của khối lượng). Sự trừu tượng hoá năng lượng khỏi các đối tượng vật lý tạo thuận lợi rất lớn cho việc nghiên cứu, nhưng mặt khác cũng dễ gây ra tư tưởng tách rời với khối lượng. Và khi nghiên cứu các dạng năng lượng tiềm năng (năng lượng liên kết, thế năng, nội năng) có thể gặp khó khăn.

Người ta thường nói quan điểm siêu hình tách rời vật chất với vận động, là xét về mặt tiếp cận nhận thức như vừa nói trên, còn vật lý học cổ điển đã biết rõ mối quan hệ đồng tồn giữa vật chất và vận động, thể hiện trong vật lý học giữa khối lượng và năng lượng. Nhưng triết học duy vật siêu hình chưa vạch ra được mối quan hệ nội dung (vật chất) - hình thức (vận động) giữa vật chất và vận động.

Để tránh sự lẫn lộn về khái niệm, ở đây cần phân biệt "vận động" với tính cách là một phạm trù triết học, với vận động là một khái niệm vật lý. Là một phạm trù triết học, theo quan điểm duy vật biện chứng, "vận động, hiểu theo nghĩa chung nhất, tức được hiểu một phương thức tồn tại của vật chất, là một thuộc tính cố hữu của vật chất, thì bao gồm tất cả mọi sự thay đổi và mọi quá trình diễn ra trong vũ trụ, kể từ sự thay đổi vị trí đơn giản cho đến tư duy"¹. Còn vận động trong vật lý học cổ điển là sự thay đổi vị trí trong không gian của các đối tượng vật lý và đó chính là năng lượng. Nói vắn tắt, năng lượng là sự vận động của các đối tượng vật lý và định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng là sự chứng minh về mặt khoa học tự nhiên quan điểm triết học nói rằng vận động là không thể được tạo ra và mất đi, các hình thức vận động khác nhau có thể chuyển hoá lẫn nhau. XL

3. Khối lượng và năng lượng trong vật lý học hiện đại

Khối lượng của mọi vật thể được coi là một đại lượng bất biến cho đến khi A.Anhstanh đề ra thuyết tương đối hẹp (1905) và sự bằng nhau giữa khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn mới được đưa ra phân tích trong thuyết tương đối rộng (1916).

1. Ph.Ăngghen. Biện chứng của tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr. 92.

Thuyết tương đối (TTĐ) hẹp xuất hiện từ các vấn đề trường và những mâu thuẫn mà cơ học cổ điển không thể nào giải quyết được sau khi phát hiện được tính chất đặc biệt của vận tốc ánh sáng - đã được biết là một dạng của sóng điện từ - là không thay đổi trong mọi hệ toạ độ (HTĐ) quán tính. Kết quả đầu tiên mà TTĐ đưa ra là tính tương đối của không gian và thời gian, phụ thuộc vào vận tốc của vận động. Nhưng từ kết quả đó, lý thuyết đã đưa đến nhiều kết luận quan trọng khác có liên quan đến khối lượng và năng lượng. Riêng về khối lượng của một vật, nó không phải là một đại lượng bất biến, mà thay đổi theo tốc độ vận động của nó, theo công thức:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Trong đó m là khối lượng của vật khi nó chuyển động với vận tốc v , m_0 là khối lượng của vật khi đứng yên, còn c là vận tốc của ánh sáng (300.000 km/gy).

Công thức cho biết khối lượng thay đổi theo vận tốc, nhưng với vận tốc thường gặp trong thế giới vĩ mô, thì độ biến thiên của khối lượng là quá ít, không thể nhận biết được và vì vậy cơ học cổ điển đã coi nó là bất biến. Nhưng với những tốc độ rất lớn của các hạt do chất phóng xạ tự nhiên bắn ra hay những hạt chuyển động trong các máy gia tốc, thì hiện tượng tăng khối lượng do vận tốc đã được kiểm chứng rất rõ ràng. Thí dụ một điện tử được gia tốc

bằng thế hiệu 80.000 v, sẽ có tốc độ là $1.5 \cdot 10^8$ m/gy (1/2 tốc độ ánh sáng) thì khối lượng của nó tính theo công thức nói trên, tăng thêm 1/8 giá trị của nó lúc đứng yên m_0 ($m_0 = 9.1083 \cdot 10^{-31}$ kg).

Một hệ quả khác của TTD hẹp rất quan trọng là mối quan hệ giữa khối lượng và năng lượng được thể hiện ở công thức:

$$E = mc^2$$

Trong đó E là năng lượng của một vật có khối lượng là m, c là vận tốc của ánh sáng. Ý nghĩa rút ra từ công thức trên là: khối lượng của một vật là số đo dự trữ năng lượng toàn phần của vật đó. Thí dụ, năng lượng toàn phần của một gam vật chất bất kỳ, tính theo công thức nói trên sẽ là $9 \cdot 10^{20}$ éc là một con số rất lớn, nếu ta so sánh với năng lượng của một gam than đốt cháy toả ra chỉ là $2.9 \cdot 10^{11}$ éc (nhỏ hơn khoảng $3.1 \cdot 10^9$ lần).

Trước khi đưa ra những cách giải thích về mối quan hệ giữa khối lượng và năng lượng do A. Anhstanz phát hiện, chúng ta hãy quan sát một số hiện tượng vật lý hiện đại đã xác nhận mối quan hệ nói trên. Cũng cần nói thêm là do có mối quan hệ này nên khối lượng và năng lượng được đo cùng một đơn vị là ev = electron - vôn, là công dịch chuyển của một điện tích đơn vị qua một thế hiệu là 1 vôn. Các bậc trên của đơn vị này thường dùng là Mev - 10^6 ev (Mezaelectron - vôn). Gev = 10^9 ev (Giga electron - vôn) và

hai định luật bảo toàn riêng rẽ trong vật lý học cổ điển là định luật bảo toàn khối lượng và định luật bảo toàn năng lượng, nay trở thành một định luật bảo toàn năng lượng - khối lượng.

a. Hiện tượng sinh cặp và hủy cặp

Một electron e^- và một phản electron (positron) e^+ gặp nhau thì thành 2 photon, tức là 2 hạt gắn với một bức xạ điện từ 2γ . Các hạt photon có khối lượng nghỉ $m_0 = 0$, nhưng vẫn có khối lượng động, tức là có năng lượng:

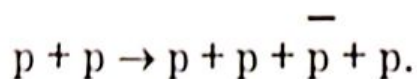
$$e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$$

Chúng ta biết khối lượng của e^- và e^+ bằng nhau và bằng 0,51 Mev. Thực nghiệm đo lường cũng cho biết năng lượng của bức xạ 2γ sinh ra cũng đúng bằng 0,51 Mev x 2, nghĩa là, theo quan niệm cổ điển, vế bên trái của sơ đồ trên có số đo của khối lượng, thì vế bên phải có số đo của năng lượng, hai số đo này bằng nhau. Và vì vậy phải nói đến định luật bảo toàn năng - khối lượng.

Ngược lại, trong những điều kiện khác, khi một bức xạ có năng lượng $> 1,02$ Mev, nếu đi vào trong trường của hạt nhân nguyên tử thì sẽ bị hấp thụ và biến thành một cặp electron - positron, với tổng khối lượng là 1,02 Mev, cả hai hạt mới được sinh ra sẽ chuyển động với động năng bằng số năng lượng còn dư, (do năng lượng bức xạ đi tới lớn hơn 1,02 Mev).

b. Phản ứng sinh ra các hạt phản proton

Nếu bắn phá hạt nhân Hydro (tức là hạt proton) bằng một proton có động năng 6 Gev, thì sẽ có phản ứng sau:



Trong trường hợp này, động năng 6 Gev của proton đạn đã biến thành khối lượng nghỉ và động năng của cặp proton p và phản proton $\bar{p}$ mới được sinh ra.

c. Sự hút khối

Bắn proton vào hạt nhân nguyên tố liti sẽ tạo thành hạt nhân nguyên tố bêrili, hạt nhân này không bền nên ngay sau đó phân rã thành hai hạt nhân hêli (hạt α) bay ra xa nhau với tốc độ rất lớn:



Kết quả đo lường cho thấy tổng khối lượng của 2 hạt nhân He nhỏ hơn khối lượng của hạt proton và hạt nhân Li (đầu vào của phản ứng, ở vế bên trái trong sơ đồ) một lượng là 0,01854 đơn vị khối lượng nguyên tử (đvklnt). Sự hụt khối lượng ở hai hạt He được sinh ra ở cuối phản ứng (đầu ra, ở vế bên phải sơ đồ) được bù lại là hai hạt này bay ra với động năng đo được 17,2 Mev, tương ứng với 0,01854 đvklnt đã bị hụt.

Cqua ba thí nghiệm trên, chúng ta thấy, xét về biểu hiện bên ngoài thì (theo quan điểm cổ điển):

- Trong trường hợp thứ nhất: khối lượng biến thành năng lượng ở trong bức xạ và ngược lại năng lượng trong bức xạ biến thành khối lượng và động năng (năng lượng cơ học).

- Trong trường hợp thứ hai: động năng của hạt (năng lượng cơ học) biến thành khối lượng và động năng (năng lượng cơ học).

- Trong trường hợp thứ ba thì khối lượng biến thành năng lượng cơ học (động năng của các hạt).

Các hiện tượng nói trên và nhiều hiện tượng khác trong vật lý học hiện đại đã chứng minh tính đúng đắn quan niệm của A.Anhstanh về mối quan hệ giữa khối lượng và năng lượng, mà ông thường nói là sự tương đương giữa khối lượng và năng lượng và diễn đạt trong các câu như sau: "Khối lượng là năng lượng, năng lượng có khối lượng"¹, hoặc: "Năng lượng có khối lượng và khối lượng biểu thị năng lượng"². Ngoài ra ông cũng không giải thích gì thêm về bản chất của khối lượng, năng lượng và sự tương đương giữa hai đại lượng đó.

Các nhà khoa học và triết học thuộc các phái duy vật và duy tâm đã đưa ra nhiều cách giải thích khác nhau, có thể tóm tắt ở mấy cách chính sau đây:

a) Khối lượng và năng lượng chuyển hóa lẫn nhau. Đây là quan điểm của các nhà siêu hình, vốn đã quen với các

1, 2. A.Anhstanh, *L.Infen*. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr. 214, 195.

khái niệm khối lượng và năng lượng của vật lý học cổ điển, coi đó là hai đại lượng vật lý độc lập với nhau, chỉ có mối quan hệ đồng tồn (kể cả trường hợp năng lượng ở dưới dạng tiềm năng). Trong điều kiện của các đối tượng vật lý vĩ mô, người ta không nhận thấy các mối quan hệ như đã diễn ra trong ba thí nghiệm nói trên. Căn cứ trên hiện tượng, người ta nói rằng khối lượng đã biến thành năng lượng và ngược lại, nhưng không thể giải thích gì thêm về bản chất của mối quan hệ đó.

b) Khối lượng chuyển hoá thành năng lượng, năng lượng là thực thể sơ cấp. Chủ nghĩa duy năng cho rằng các thuyết vật lý chỉ có thể xây dựng trên cơ sở của những tài liệu và những đại lượng quan sát được một cách trực tiếp và thừa nhận chỉ có năng lượng là loại đó (nguyên tắc khả quan sát). Hệ thức $E = mc^2$ chứng tỏ có sự chuyển hoá m thành E , mà m là vật chất, nên vật chất có thể biến mất, cái còn lại là năng lượng, nên có thể quy tất cả các quá trình vật lý là thuần túy năng lượng, các thuyết vật lý cần được xây dựng trên cơ sở của những giá trị được trực tiếp quan sát của năng lượng.

Haidenbéc, một trong các nhà sáng lập ra cơ học lượng tử, cũng cho rằng, m và E về cơ bản cũng là một và do đó có thể nói tất cả các hạt cơ bản gồm có năng lượng. Như vậy có thể coi năng lượng là thực thể cơ bản, vật chất đầu tiên.

c) Không có vấn đề khối lượng biến thành năng lượng và ngược lại, mà khối lượng của bất cứ một đối tượng vật

chất nào, của bất cứ một dạng nào của vật chất đều có quan hệ với một năng lượng tương ứng. Đây là quan niệm của một số nhà triết học và khoa học có quan điểm duy vật biện chứng. Những người này cho rằng khối lượng và năng lượng là hai mặt của một quá trình vận động vật chất thống nhất. Biểu hiện tính vật chất của khối lượng là ở các thuộc tính quán tính và hấp dẫn, còn biểu hiện sự vận động là ở khả năng sinh công của năng lượng. Trong mọi quá trình biến hoá, như trong ba thí dụ nêu ở trên, khối lượng chuyển hoá sang hình thức khối lượng khác, và năng lượng cũng chuyển hoá sang hình thức khác của năng lượng, giữa khối lượng và năng lượng luôn luôn có sự gắn bó, và có sự tương đương, sự tương quan. Thông qua các khái niệm "chuyển động bên trong" của một vật (của phân tử, nguyên tử, các hạt trong nguyên tử) và "chuyển động bên ngoài" (chuyển động cơ học của vật), người ta nói rằng sự vận động bên trong tương ứng với vật chất, biểu hiện ở khối lượng tĩnh (m_0) còn sự vận động bên ngoài tương ứng với khối lượng được tăng thêm khi nó chuyển động cơ học và cơ học cổ điển gọi năng lượng tương ứng là động năng. TTD tính ra khối lượng được tăng thêm là:

$$\Delta m = \frac{T}{c^2}$$

T là động năng, còn c là tốc độ ánh sáng. Còn vật lý học cổ điển thì tính năng lượng T (động năng) = $1/2 m_0 v^2$, m_0 là khối lượng tĩnh, v là vận tốc chuyển động của vật. Sự tương đương

giữa khối lượng và năng lượng là sự tương đương giữa Δm và T . Trong trường hợp các bức xạ điện từ, lý thuyết cho biết $m_0 = 0$, lúc này tốc độ chuyển động bên ngoài $v = c$ (tốc độ ánh sáng), không còn chuyển động bên trong nữa. Chuyển động của bức xạ là chuyển động của hạt photon tuy có khối lượng nghỉ $m_0 = 0$, nhưng lại có khối lượng động là:

$$m = \frac{h\gamma}{c^2}$$

h là hằng số Plăng, γ là tần số bức xạ, c là tốc độ ánh sáng. Sự tương đương giữa khối lượng và năng lượng ở đây là: Khối lượng nghỉ $m_0 = 0$ thì chuyển động bên trong không còn tức là năng lượng bằng không, lúc này năng lượng bên ngoài là: $\epsilon = h\gamma$ (của một photon) thì tương ứng có khối lượng động là:

$$m = \frac{h\gamma}{c^2}$$

Tóm lại, cách giải thích vừa nêu không cho rằng khối lượng có thể biến thành năng lượng vì đó là hai đại lượng có bản chất khác nhau, tuy luôn luôn gắn liền với nhau (đồng tồn) và giữa chúng chỉ có sự tương đương, dù hình thức của chúng có thay đổi như thế nào.

Cách giải thích này đòi hỏi phải thay đổi quan niệm về khối lượng và năng lượng của vật lý học cổ điển (coi đó là hai đại lượng tuy có quan hệ đồng tồn, nhưng đối với mỗi vật thể, thì khối lượng luôn luôn là bất biến, còn năng

lượng thì có thể có những hình thức khác nhau, có thể chuyển hoá lẫn nhau). Trong TTD, phải hiểu năng lượng và khối lượng theo cách khác, như A.Anhstanh đã phát biểu: "Khối lượng là năng lượng, năng lượng có khối lượng". Theo quan niệm cổ điển, khối lượng là khối lượng, có các thuộc tính xác định là quán tính và tính hấp dẫn, năng lượng hoàn toàn không có các thuộc tính này, mà chỉ có khả năng sinh công; năng lượng thì không thể có khối lượng. Cách tiếp cận nhận thức trừu tượng - siêu hình không thể áp dụng được ở đây, mà phải là cách toàn bộ - biện chứng. Cách giải thích này phủ nhận sự chuyển hoá lẫn nhau giữa khối lượng và năng lượng, mà chỉ có sự tương đương hay tương quan giữa hai đại lượng đó, theo những người ủng hộ nó, là phù hợp với quan điểm biện chứng: "Ý nghĩa triết học của định luật về mối tương quan giữa khối lượng và năng lượng là ở chỗ định luật này là biểu hiện tổng quát nhất được biết hiện nay của tính không thể tách rời giữa vật chất và vận động, của sự thống nhất hữu cơ, bên trong, của vật chất và vận động, của sự thống nhất giữa hình thức và nội dung"¹.

Thực ra, cách giải thích này còn có những nhược điểm sau đây:

a/ Trong TTD, các khái niệm khối lượng và năng lượng đã có những nghĩa khác so với cơ học cổ điển, điều này

1. K.M.Phataliép. Chủ nghĩa duy vật biện chứng và khoa học tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1961, tr.127.

chưa được làm rõ trước khi giải thích, gây ra những điều khó hiểu, lộn xộn trong nhận thức.

b/ Trong ý nghĩa triết học của định luật về mối tương quan giữa khối lượng và năng lượng có nói đến sự thống nhất giữa hình thức và nội dung, nhưng trong khi giải thích định luật, không thấy phân tích vai trò của khối lượng và năng lượng với tính cách là nội dung và hình thức, mà hai đại lượng này vẫn coi như có vị trí, vai trò ngang nhau, có tính đối xứng.

c/ Trong các quá trình biến hoá của khối lượng và năng lượng, có bao gồm những trạng thái hiện thực và khả năng, nhưng chưa được đề cập đến, nên sự giải thích không thể phản ánh đầy đủ quá trình diễn ra trong hiện thực.

Để có một cách giải thích đúng đắn về định luật tương quan giữa khối lượng và năng lượng, cần khắc phục những nhược điểm nói trên và áp dụng một cách tiếp cận nhận thức khác, cũng dựa trên quan điểm duy vật biện chứng: *cách tiếp cận thuộc tính*. Cách tiếp cận này tương đối phức tạp, cần có những chuyên khảo riêng.

II. HẠT VÀ TRƯỜNG

1. Hạt và trường trong vật lý học cổ điển

Trong giai đoạn cơ học kéo dài 200 năm, vật lý học cổ điển dựa trên hai khái niệm cơ bản là *chất* và *lực* để tìm

hiểu thiên nhiên. Chất và lực gắn bó với nhau, sở dĩ có lực là vì có sự tương tác giữa các chất, nguyên liệu tạo thành các vật thể, và vật lý học đã khái quát rút ra khái niệm khối lượng. Sự tương tác các khối lượng tạo ra lực và lực làm cho khối lượng vận động là dạng năng lượng cơ học. Cho nên các khái niệm chất và lực cũng tương đương với khái niệm khối lượng và năng lượng, theo quan niệm của thời đó. Với khái niệm chất và lực, trong sự tác động giữa các chất để tạo ra lực, có sự tác động trực tiếp và có sự tác động từ xa (sức hút của trái đất lên các vật gây ra trọng lượng, sức hút giữa các thiên thể..) mà người ta coi là xảy ra tức thời, môi trường xung quanh được coi là trống không hoàn toàn. Từ đó, xét về cấu tạo của vật chất, người ta cho rằng chỉ có chất là "nguyên liệu" tạo ra mọi vật thể mà nhỏ nhất là các hạt: hạt mưa, hạt cát, hạt bụi... và hạt ánh sáng theo giả thuyết của Niuton.

Nhưng đầu thế kỷ XVIII, việc nghiên cứu về ánh sáng và các hiện tượng điện từ đã phủ nhận việc truyền tương tác tức thời, đưa ra thuyết tác dụng gần, với môi trường truyền là giả thuyết về ête. Giả thuyết về ête đã có từ lâu, nhưng tới đầu thế kỷ XIX mới được củng cố vững chắc trong vật lý học cùng với thắng lợi của thuyết sóng về ánh sáng (Yung - 1822, Fretten - 1827). Giả thuyết về ête có vẻ phù hợp với nhiều kết quả nghiên cứu về điện từ học, nhưng cuối cùng đã bị phá sản trước những hiện tượng vật lý mới được phát hiện và được thay thế bằng thuyết

trường. Khái niệm trường cũng đã trải qua một quá trình phát triển khó khăn: lúc đầu nó chỉ là một cách tiện lợi để mô tả miền không gian trong đó mỗi điểm được gắn với một trị số lực nhận thấy trong các vùng xung quanh các nam châm, các điện tích. Dần dần, qua các sự biến hoá lẫn nhau giữa các trường điện, trường từ, lại thêm những chứng cứ là trường cũng chứa năng lượng nữa, nên người ta nhận thấy trường quả là một môi trường vật lý có thật, là một thực thể khác của tự nhiên, ngoài hạt đã biết từ lâu. Đặc biệt, dựa trên các định luật về điện từ do Ôxstét và Pharadây phát hiện, là trụ cột của thuyết trường, Macxoen đã thiết lập được hệ phương trình về sóng điện từ, mà A. Anhstanh đã đánh giá là "sự kiện quan trọng bậc nhất trong vật lý học từ thời Niuton, không những vì sự phong phú về nội dung, mà còn vì nó là kiểu mẫu của một định luật mới"¹. Đó là định luật biểu diễn cấu trúc của trường, và qua đó, người ta thấy rõ trường là một thực thể vật lý với những đặc điểm sau:

- Trường khác hẳn hạt, mặc dù nguồn sinh ra trường là các hạt tích điện. Một hạt tích điện dao động (chuyển động cơ học) tạo nên một điện trường biến đổi, điện trường biến đổi lại gây ra một từ trường biến đổi, từ trường biến đổi lại gây ra điện trường biến đổi... lan truyền ra khắp

1. A. Anhstanh, *L. Infern*. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr. 140.

không gian dưới dạng sóng, gọi là sóng điện từ. Các phương trình toán học của thuyết này biểu diễn các định luật chi phối trường điện từ, cho phép tiên đoán được cái gì sẽ xảy ra xa hơn một chút trong không gian và muộn hơn một chút trong thời gian, nếu chúng ta biết cái gì xảy ra ở đây và bây giờ. Điều đó có nghĩa là muốn suy ra cái xảy ra ở một khoảng xa bất kỳ trong tương lai, người ta phải cộng những bước rất nhỏ này lại. Đây là ý nghĩa cấu trúc của phương trình, khác với định luật cơ học Niuton liên hệ trạng thái giữa các hạt chuyển động trong không gian: nếu biết trạng thái của hạt ở một điểm không gian vào lúc nào đó, nếu biết định luật chuyển động thì suy ra ngay được trạng thái của hạt ở khoảng xa bao nhiêu cũng được trong tương lai.

- Vận tốc của sóng điện từ truyền đi trong chân không được phát hiện bằng lý thuyết bằng đúng vận tốc của ánh sáng, là một trong những thành tựu vĩ đại của lịch sử khoa học, nhờ đó đã thống nhất được hai ngành khoa học nhìn bên ngoài tưởng là không có quan hệ gì với nhau là ngành điện học và quang học. Đó cũng là hệ quả của thuyết trường. Và qua đây thuyết sóng về ánh sáng càng được củng cố, làm cho thuyết hạt bị bỏ quên suốt gần một thế kỷ, sang thời kỳ vật lý học hiện đại mới được khôi phục trong lưỡng tính sóng - hạt.

Tuy không có "diễn viên" vật chất là các hạt, nhưng trường cũng là kho chứa năng lượng, năng lượng này cũng được chuyển hoá dễ dàng sang các dạng năng lượng khác

(điện, nhiệt...) và khi nó là ánh sáng - một loại sóng điện từ với bước sóng nhìn thấy được - thì năng lượng của nó đã được biết từ lâu rồi.

- Khi thuyết trường ra đời, người ta vẫn quan niệm sóng điện từ được truyền qua ête, là một môi trường vật chất có các tính chất cơ học. Nhưng thực nghiệm đã sớm kết thúc thuyết ête và đưa đến kết luận là không gian bao quanh chúng ta có tính chất truyền sóng điện từ, không cần đến môi trường ête nào cả. Và chính là từ việc loại bỏ giả thuyết ête mà một lý thuyết mới rất quan trọng đã ra đời: thuyết tương đối (sẽ bàn đến ở một chương sau).

Như vậy là ở giai đoạn cuối của vật lý học cổ điển, ngoài khái niệm hạt đã có từ lâu, đã xuất hiện thêm khái niệm trường với đặc tính là một thực thể liên tục trong không gian, có dự trữ năng lượng và truyền được sóng điện từ. Và người ta cũng nói đến trường hấp dẫn mà người ta đã biết từ lâu, nhưng trước đây không gọi là trường, vì định luật hấp dẫn của Niuton cho phép liên hệ những vật ở gần cũng như xa, thông qua tác dụng xa, coi là tức thời nên không gian được coi là trống rỗng hoàn toàn.

Hạt và trường với những tính chất rất khác nhau, một bên liên tục trong không gian, một bên gián đoạn; hạt có khối lượng, trường thì không; một bên chuyển động theo tốc độ bé, một bên truyền sóng điện từ đi với tốc độ cực lớn (300.000 km/gy); hạt tập trung trong một thể tích xác

định, nếu thể tích đó lớn thì có thể thấy bằng mắt hoặc cân được, còn trường bao xung quanh hạt, tồn tại liên tục theo lý thuyết là đến vô cùng. Giữa hạt và trường chỉ có một cái chung là đều mang năng lượng và cả hai luôn luôn tồn tại gắn bó với nhau (trường điện từ khi được sinh ra thì truyền đi không có quan hệ gì đến hạt từ đó nó được sinh ra, nhưng nguồn này phải là các hạt tích điện dao động).

Trạng thái tồn tại của hạt và trường trong vật lý học cổ điển một lần nữa củng cố quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới.

2. Hạt và trường trong vật lý học hiện đại

Vật lý học hiện đại với thuyết tương đối và các thuyết về thế giới vi mô đã phát hiện những hiện tượng đòi hỏi phải thay đổi quan niệm về hạt và trường và mối quan hệ giữa chúng mà chúng ta sẽ nói đến, sau khi có cái nhìn chung về các hạt và trường đã tạo nên toàn bộ thế giới vật lý. Chúng ta đã biết, theo mô hình chuẩn, toàn bộ thế giới vật lý được cấu tạo bởi 12 hạt cơ bản, các hạt này được gắn kết với nhau bởi 4 trường tương tác.

Các hạt cơ bản nói đến trong mô hình chuẩn là những hạt cho đến nay người ta chưa phát hiện được cấu trúc bên trong. Ngoài các hạt đó, ngày nay vật lý học đã phát hiện được tất cả hơn 500 hạt vi mô các loại, kể cả các hạt được gọi là cộng hưởng, có thời gian tồn tại cực ngắn, chỉ vào khoảng 10^{-23} gy. Để nghiên cứu một số lượng hạt lớn như

vậy, các nhà khoa học đã phải phân loại chúng, dựa trên nhiều căn cứ khác nhau. Sau đây chỉ nói đến hai căn cứ:

- Căn cứ trên cỡ năng lượng chi phối các cấp cấu trúc vật chất, người ta có các ngành vật lý:

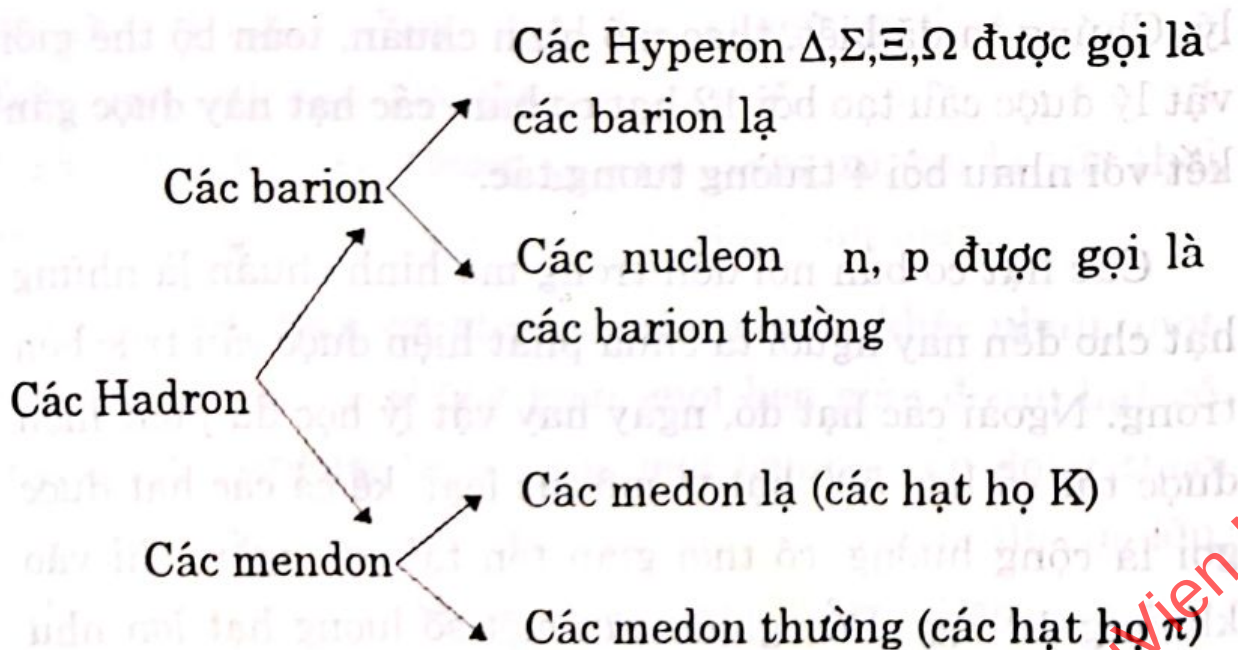
Ngành vật lý nguyên tử: cỡ eV

Ngành vật lý hạt nhân: cỡ MeV

Ngành vật lý các hạt cơ bản: GeV

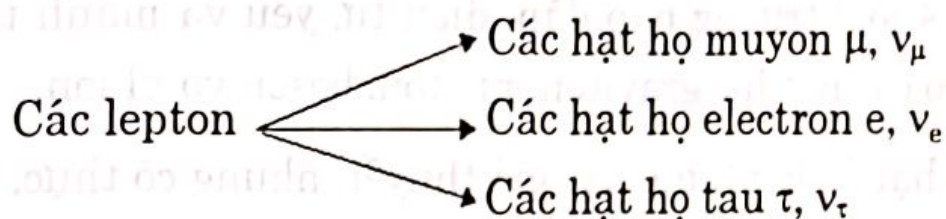
- Căn cứ vào các trường tương tác chi phối sự vận động của các hạt. Trong thế giới vi mô, vai trò của tương tác hấp dẫn là quá yếu so với các trường khác nên không được tính đến (nếu tương tác mạnh có cường độ được tính là 1, thì các tương tác yếu, điện từ và hấp dẫn có cường độ tương ứng theo thứ tự là 10^{-10} , 10^{-2} , 10^{-38}).

Tương tác mạnh chi phối: các hadron, Các hadron bao gồm các loại hạt ghi trong sơ đồ dưới đây:



Tất cả các hạt hadron được cấu tạo từ các hạt quác đã nói trên đến trong mô hình chuẩn.

Tương tác yếu chi phối: các lepton. Các lepton gồm có các loại hạt sau:



Tương tác điện từ: hạt photon

Tuy các hạt có số lượng và số loại rất nhiều, nhưng trong đó chỉ có 3 hạt electron, proton và nơtron, thành phần cấu tạo nên mọi loại nguyên tử là bền (riêng hạt nơtron nếu ở ngoài nguyên tử cũng sẽ tự phân hoá thành các hạt proton, electron và phản nơtrino trong vòng 10^3 gy), còn lại đều không bền, thời gian sống rất bé từ 10^{-6} - 10^{-16} gy, loại hạt cộng hưởng chỉ 10^{-23} gy.

Vật lý học cổ điển chỉ mới biết đến lực hấp dẫn và lực điện từ. Vật lý học hiện đại biết thêm lực yếu gây ra sự phân rã của các hạt (như trong hiện tượng phóng xạ) và lực mạnh là lực hút gắn kết các hạt quác để tạo thành các hạt hadrôn hoặc gắn kết các proton và nơtron (gọi chung là các nuclêon) để tạo thành hạt nhân nguyên tử.

Để giải thích cơ chế của các trường tương tác gây ra lực hút hay lực đẩy giữa các hạt, người ta giả thuyết là chính các trường cũng mang các hạt gọi là *hạt ảo* hay *hạt lực* (để

phân biệt với các hạt có khối lượng, được gọi là *hạt chất*); các hạt ảo không thể được phát hiện bằng bất kỳ máy dò hạt nào, nhưng người ta biết chúng tồn tại vì gây ra những hiệu ứng có thể đo được: đó là lực giữa các hạt chất. Tương ứng với 4 loại trường hấp dẫn, điện từ, yếu và mạnh theo thứ tự có các hạt lực graviton, photon, boson và gluôn.

Các hạt ảo là những hạt giả thuyết, nhưng có thực, tuy nhiên không ai có thể hình dung ra chúng được, nghĩa là gắn nó với những hình ảnh trực quan tương tự. Chính ngay A. Anhstang là tác giả của giả thuyết về lượng tử ánh sáng (photon) trong một bức thư gửi cho bạn năm 1951 đã viết: "Năm mươi năm suy nghĩ nghiêm túc tôi cũng không thể nào trả lời được câu hỏi "Lượng tử ánh sáng là cái gì?" Thế mà ngày nay nhiều người nông nổi nghĩ rằng đã biết câu trả lời, nhưng đó chỉ là những ảo ảnh".

Đã từ lâu, người ta nghĩ rằng giữa bốn loại trường này có sự thống nhất; gần đây người ta đã thành công trong việc xây dựng lý thuyết thống nhất 3 loại trường tương tác mạnh, yếu và điện từ, nhưng trường hấp dẫn vẫn còn nằm ở ngoài. Trong các chương sau nói về các lý thuyết vật lý, chúng ta sẽ khảo sát kỹ hơn vấn đề này.

Tuy có những biểu hiện rất khác nhau, trong vật lý học hiện đại người ta đã phát hiện những hiện tượng chứng tỏ mối quan hệ bản thể giữa hạt và trường, có nghĩa hạt và trường là những biểu hiện khác nhau của một thực thể

duy nhất. Thời A.Anhstanh, lúc ấy vật lý học chưa biết các tương tác yếu và mạnh, ông đã nghĩ đến việc xây dựng một lý thuyết trường thống nhất, thế giới vật lý muôn màu muôn vẻ chung quy chỉ là do trường cấu tạo nên. Ý tưởng đó xuất hiện sau khi ông phát hiện ra qua TTD, sự tương quan giữa khối lượng và năng lượng và việc biểu diễn thành công các định luật điện từ và hấp dẫn dưới dạng các định luật cấu trúc. Do giữa khối lượng và năng lượng không có sự khác nhau định tính, nên ông cho rằng có thể coi hạt là miền không gian ở đó có trường cực mạnh. Tuy ông chưa thành công trong việc xây dựng lý thuyết trường thống nhất, nhưng đó cũng là một hướng suy nghĩ đúng.

Về mối quan hệ hữu cơ giữa hạt và trường, có thể kể ra bốn sự kiện sau đây:

a) Qua hiện tượng bức xạ, Plăng đưa ra quan niệm được thực nghiệm xác nhận là bức xạ nhiệt - thực chất cũng là sóng điện từ - được phát ra và hấp thụ một cách gián đoạn theo từng lượng riêng biệt gọi là các lượng tử năng lượng. Rồi qua hiện tượng quang điện, A.Anhstanh lại đưa ra quan niệm ánh sáng - là sóng điện từ - cũng bao gồm những hạt gọi là photon. Như vậy trường cũng có tính gián đoạn, một đặc tính trước đây người ta tưởng chỉ có hạt mới có.

b) Qua công thức $E = mc^2$ của A.Anhstanh về sự tương quan giữa khối lượng và năng lượng, người ta thấy năng lượng biểu thị khối lượng, có nghĩa là trường cũng có khối

lượng, điều mà trước đây người ta tưởng chỉ có hạt mới có khối lượng.

c) Quan niệm về lưỡng tính sóng - hạt của các vi thể lại xác nhận các hạt cũng có tính sóng có thể lan truyền trong không gian, phủ nhận điều mà lâu nay người ta cho rằng chỉ có trường mới có.

d) Hiện tượng sinh - hủy cặp là biểu hiện rõ nhất sự chuyển hoá qua lại của khối lượng và năng lượng (xét trên hình thức biểu hiện); năng lượng trong trường hợp này tích tụ trong trường điện từ. Hiện tượng này chứng tỏ hạt có thể chuyển hoá thành trường và ngược lại.

Các hiện tượng nói trên đã xoá bỏ ranh giới tưởng như là tuyệt đối giữa hạt và trường, một căn cứ đã góp phần củng cố quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới: các sự vật tồn tại biệt lập với nhau, không có sự vận động chuyển hoá lẫn nhau do trong từng sự vật không có mâu thuẫn. Nhưng trong vật lý học hiện đại, giữa hạt và trường lại có những mối quan hệ biện chứng, vì sao vậy? Ở đây phải vận dụng quy luật biện chứng về mối quan hệ lượng - chất để thấy rõ vì sao các hiện tượng của vật lý học cổ điển lại củng cố quan điểm siêu hình. Người ta thấy rằng, về mặt vật lý học có tình hình là "những biểu hiện giống hạt của trường" chỉ thấy rõ khi năng lượng của trường khá lớn, và "những biểu hiện giống trường của hạt" chỉ thấy rõ khi năng lượng của hạt khá lớn.

gười Lượng ở đây chính là năng lượng, và chỉ khi lượng đạt đến một mức nào đó thì chất mới có sự thay đổi - chất đây là sự biểu hiện hạt hoặc trường. Trong điều kiện của vật lý học cổ điển, các mức năng lượng tham gia vào các quá trình còn thấp, dưới điểm "nút", cho nên hạt chỉ là hạt và trường chỉ là trường, có nghĩa là phù hợp với quan điểm siêu hình.

191 Một vấn đề được đặt ra là, vậy giữa hạt và trường, cái nào cơ bản hơn, cái nào có trước, là sơ cấp? Trước đây, khi khái niệm trường mới ra đời, mọi người đều cho rằng, chất có trước, vì người ta nhận thức được hạt đầu tiên, về sau mới biết là xung quanh hạt có trường. Hơn nữa, lúc đầu trường chỉ là một công cụ để tính toán lực tương tác giữa các hạt. Nhưng qua việc nghiên cứu các mối quan hệ qua lại giữa trường và hạt, người ta đã thấy thêm vai trò của năng lượng là yếu tố tồn tại chung cả ở hạt và trường, và qua thực nghiệm thì trường tỏ ra là có vị trí sơ cấp, mặc dù hạt là vùng không gian ở đó tập trung năng lượng rất cao. Ngày nay trong lý thuyết thống nhất các tương tác (trừ hấp dẫn), vai trò của năng lượng đã thể hiện rất rõ: lý thuyết Weinberg Salam về thống nhất lực điện từ và lực hạt nhân yếu cho biết rằng, một số hạt tưởng như là hoàn toàn khác nhau ở năng lượng thấp thực tế lại là cùng một loại hạt, chỉ có điều là ở các trạng thái khác nhau mà thôi. Ở năng lượng cao tất cả các hạt này xử sự hoàn toàn tương tự nhau. Cụ thể là ở những năng lượng lớn hơn 100 GeV thì lực điện từ và lực hạt nhân yếu là thống nhất với nhau.

Còn trong lý thuyết thống nhất lớn (GUT) nhằm thống nhất ba tương tác hạt nhân mạnh, yếu và điện từ, lại có tình hình là ở mức năng lượng rất cao nào đó - gọi là năng lượng thống nhất lớn, cả 3 lực này sẽ có cường độ như nhau và có thể là những mặt khác nhau của cùng một lực duy nhất. Ở mức năng lượng thống nhất lớn, lực hạt nhân mạnh yếu đi một ít, còn các lực điện từ và hạt nhân yếu lại mạnh hơn, nhờ đó mà có sự thống nhất.

III. KHÔNG GIAN VÀ THỜI GIAN

Có thể nói trong các khái niệm cơ bản của triết học cũng như vật lý học: vật chất, vận động, không gian và thời gian thì các khái niệm không gian và thời gian, tuy rất gần gũi với mọi người, nhưng lại thuộc vào loại khó hiểu nhất, dễ gây ra sự lẫn lộn về nội hàm, vì nhiều ngành khoa học kể cả tự nhiên và xã hội đều dùng chung thuật ngữ "không gian" và "thời gian", nhưng lại để chỉ những khái niệm khác nhau. Cả hai khái niệm không gian và thời gian đều có những cái khó trong việc nhận thức, nhưng khái niệm không gian có nhiều vấn đề phức tạp hơn. Sau đây sẽ bàn về các khái niệm không gian, thời gian trong ba ngành khoa học chính là toán học, vật lý học và triết học, mối quan hệ giữa các khái niệm này trong ba ngành ấy.

1. Trong toán học

Trong toán học, khái niệm không gian ra đời rất sớm, gắn liền với sự hình thành môn hình học, một bộ môn toán

học mà lúc mới ra đời chuyên nghiên cứu về các hình, về vị trí tương đối và kích thước các bộ phận của các hình, cũng như về phép biến đổi các hình.

Từ thế kỷ III TCN, Óclít đã cho ra đời một bộ sách gồm 13 tập về hình học phẳng. Suốt trong thời kỳ Trung cổ, toán học cũng như các khoa học khác, không có thành tựu gì lớn: mãi từ thời kỳ Phục hưng (thế kỷ XV, XVI) trở đi mới có điều kiện phát triển: đầu thế kỷ XVII đã xuất hiện các môn hình học mới là hình học giải tích (Đềcác.. Phecma), phối thai hình học vi phân (Ôle, Mônggiơ), hình học xạ ảnh (Đềcác, Pátcan). Từ thế kỷ XIX cho đến nay đã xuất hiện các hình học phi Óclít, là hình học các không gian có độ cong không đổi, trong đó có hình học Lôbasépki và hình học Riơman. Ngày nay có nhiều loại hình học và nhiều lý thuyết hình học khác nhau xâm nhập lẫn nhau. Một số lý thuyết hình học kết hợp chặt chẽ với giải tích, với lý thuyết tập hợp. Mỗi hình học được phân biệt với hình học khác ở chỗ nó nghiên cứu không gian nào (Óclít hay Lôbasepxki). Gắn với vấn đề không gian có vấn đề "chiều"; đối với toán học, đó là vấn đề số tham số độc lập để xác định các phần tử (điểm) của một không gian.

Vậy không gian trong toán học có nghĩa là gì?

Trong toán học, không gian được hiểu theo nhiều nghĩa khác nhau, tùy trường hợp.

Trước hết, cần nói đến không gian thực tế, là khoảng không trong đó chúng ta sống (ở, đi lại) và thường được coi

là không có gì cả (bỏ qua không khí chúng ta thở thường xuyên). Trong khoảng không đó, chúng ta thường phải xác định vị trí của mình bằng cách phân biệt các chiều trên, dưới, phải, trái, trước sau.

Hình học lúc đầu cũng quan niệm không gian là khoảng trống không, không có cái gì ở trong đó. Để nghiên cứu các hình (được trừu tượng hoá từ các vật thể) trước hết phải xác định vị trí của một điểm, từ đó mới xác định được các đường, các mặt, các hình, các khối. Từ một điểm bất kỳ trong không gian (tức khoảng không) đi ra chỉ có thể có ba phương vuông góc từng đôi một với nhau, và do đó người ta nói không gian thực tế cũng như không gian hình học lúc sơ khai là có 3 chiều. Điều này tương ứng với việc muốn xác định một điểm trong không gian đó, ta cần đến ba toạ độ - thường được ký hiệu là x, y, z , là số đo khoảng cách đại số từ điểm đã cho đến ba mặt phẳng tùy ý chọn trước, từng đôi một vuông góc với nhau gọi là ba mặt phẳng toạ độ Oxy, Oyz, Ozx , và do đó người ta nói đến *ba chiều của không gian* - không gian ở đây chỉ có nghĩa là khoảng trống, là quãng tính. Đó là cách hiểu "không gian" đầu tiên của hình học với 3 chiều của nó. Nếu ba chiều là ở trong không gian, thì 2 chiều là trên mặt phẳng và 1 chiều là trên một đường. Cách hiểu này gần với quan niệm thông thường mà ai cũng nhận thức được một cách dễ dàng. Trong quan niệm này, nếu nói đến 4 chiều hay n chiều thì không thể nào hình dung được, vì từ một điểm

không ai có thể vạch ra quá 3 đường vuông góc với nhau; hoặc trong sinh hoạt thường ngày cũng không ai có thể chỉ ra thêm một chiều thứ tư ngoài các chiều trên - dưới, phải - trái, trước - sau.

Như vậy, không gian trong toán học có nghĩa đầu tiên giống như không gian thực tế, và cũng đều có 3 chiều, hiểu theo nghĩa như vừa nói trên (sau này sẽ gọi là không gian thông thường để phân biệt với không gian khác của toán học).

☆ Sự phát triển của toán học đã mở rộng khái niệm chiều và gắn liền là khái niệm không gian. Nếu trong không gian toán học, một điểm được xác định bởi 3 số, người ta thấy nhiều đối tượng khác, tuy không phải là đối tượng của hình học nhưng cũng được xác định bởi 3 số độc lập với nhau. Chẳng hạn, một màu sắc được xác định bởi 3 con số chỉ liều lượng của 3 màu cơ bản (xanh, đỏ, vàng) pha trộn với nhau. Trong hình học trên mặt phẳng, một vòng tròn được xác định bởi 3 số độc lập, là hai toạ độ của tâm và chiều dài bán kính; một phép quay trong mặt phẳng cũng được xác định bởi 3 số: hai toạ độ của tâm quay và góc quay. Qua khảo sát các hiện tượng hình học, người ta nhận thấy có một tình hình phổ biến sau đây: cho một tập hợp đối tượng hình học (điểm, đường, mặt) mặc dù ở *trong mặt phẳng*, miễn là mỗi phân tử ở trong tập hợp được xác định bởi 3 số độc lập với nhau, thì giữa các phân tử của tập hợp đó có thể có những tương quan được diễn tả bằng những phương trình giống như các phương trình diễn tả các

tương quan giữa các điểm hình học *trong không gian* thông thường. Thí dụ: có một tập hợp các vòng tròn trong mặt phẳng cùng đi qua hai điểm A và B. Qua một số phép tính không phức tạp lắm, người ta nhận thấy *mối quan hệ giữa các vòng tròn tuy ở trên mặt phẳng nhưng được diễn tả bằng những phương trình giống các phương trình diễn tả quan hệ giữa các điểm hình học nằm trên một đường thẳng của không gian thông thường. Từ đó, người ta có thể xem mỗi vòng tròn ở trên mặt phẳng như một điểm của không gian 3 chiều*, và người ta nói: *không gian các vòng tròn của một mặt phẳng thông thường* - nhấn mạnh là ở trên mặt phẳng-là một không gian 3 chiều (vì mỗi vòng tròn được xác định bởi 3 số độc lập với nhau); trong không gian đó, mỗi đường thẳng ứng với một chùm vòng tròn.

Như vậy, ở đây khái niệm không gian đã có một nghĩa khác với khái niệm không gian thông thường: đó là cấu trúc về quan hệ số lượng, bất kể là ở trên mặt phẳng hay ở trong không gian, miễn là chúng có những sự ràng buộc với nhau nào đó, mỗi phần tử của tập hợp được xác định bởi một số thông số độc lập cùng loại nhưng khác nhau về lượng. Số thông số này chính là số chiều của không gian đó.

Để phân biệt với không gian thực tế, người ta gọi không gian này là không gian toán học, nhưng khi đã dùng quen, người ta cũng chỉ nói là không gian, và đây là một nguồn gốc gây ra sự lẫn lộn về khái niệm. Không gian

toán học tuy về hình thức không nói gì về khoảng không gian bao quanh chúng ta, nhưng thực ra lại nói đến một điều sâu xa hơn: đó là cấu trúc về quan hệ số lượng khá giống với cấu trúc không gian thông thường. Mới nhìn qua, hình như việc đưa ra không gian toán học làm rắc rối thêm vấn đề, buộc trí tưởng tượng phải làm việc nhiều hơn, nhưng đấy chính là một sự sáng tạo rất có giá trị và là một công cụ để phát triển toán học.

Với khái niệm không gian toán học với số chiều có thể > 3 , người ta vạch ra được mối quan hệ sâu sắc về mặt cấu trúc trong các yếu tố hình học (các điểm, đường, mặt trong mặt phẳng hay trong không gian thông thường) mà các yếu tố này là những trừu tượng từ những sự vật trong hiện thực. Chẳng hạn, cho 2 cặp điểm A, B và C, D trong mặt phẳng; nếu tứ giác ABCD nội tiếp được thì chùm các vòng tròn đi qua A, B và chùm các vòng tròn đi qua C, D sẽ có một vòng tròn chung, là vòng tròn ABCD. Tương ứng với sự kiện này, ở trong không gian 3 chiều, ta có hai đường thẳng (ứng với hai chùm vòng tròn) có một điểm chung. Như vậy, việc nghiên cứu các tứ giác nội tiếp trong một mặt phẳng có thể quy về việc nghiên cứu sự gặp nhau của các đường thẳng trong không gian 3 chiều. Ở đây chúng ta thấy một bên là các tứ giác nội tiếp trong vòng tròn ở *trên mặt phẳng*, một bên là các đường thẳng cắt nhau *trong không gian thông thường*, về hình thức hai tập hợp đối tượng này chẳng có gì giống nhau cả, một bên lại ở *trên*

mặt phẳng, một bên ở trong không gian, nhưng toán học đã chứng minh rằng hai tập hợp đó được biểu diễn bằng những phương trình toán học như nhau, chúng tỏ chúng có cùng một cấu trúc về tương quan số lượng. Đây là sự trừu tượng hoá và khái quát hoá cấp 2, vạch ra bản chất sâu xa hơn của cấu tạo vật chất ở một mức mà nếu chỉ với chức năng trừu tượng hoá tự nhiên, vốn có của bộ óc thì không bao giờ có thể đạt tới. Trong sự trừu tượng hoá thông thường, bằng cách lọc bỏ nhờ tưởng tượng, các yếu tố không cần thiết trong các biểu tượng về sự vật, chỉ giữ lại những yếu tố mình quan tâm, người ta chỉ có thể rút ra những mối quan hệ đơn giản giữa một số yếu tố, mà không thể rút ra được những cấu trúc tức là những tập hợp phức tạp của nhiều mối quan hệ giữa từng cặp yếu tố. Yêu cầu này chỉ có thể thực hiện được nhờ toán học, thông qua khái niệm không gian toán học với số chiều lớn hơn 3. Sự trừu tượng hoá để đạt được yêu cầu này được gọi là cấp 2, so với sự trừu tượng hoá thông thường được gọi là cấp 1. Sự trừu tượng hoá cấp 2 chứng tỏ vật chất ở tầng sâu của nó có những cấu trúc về tương quan số lượng thống nhất, tồn tại ở một phạm vi rộng lớn các đối tượng mà sau sự trừu tượng hoá cấp 1, người ta vẫn còn thấy chúng khác nhau. Đây chính là thế mạnh của sự trừu tượng hoá toán học, và giải thích khả năng áp dụng toán học vào nhiều ngành khoa học tự nhiên khác, nhất là vật lý học. Khái niệm không gian toán học nói trên có thể mở rộng sang các đối tượng có các tính chất khác so với các đối tượng của toán

học. Thí dụ một màu sắc là một không gian 3 chiều vì nó được xác định bởi 3 con số chỉ liều lượng thích hợp của 3 màu cơ bản (xanh, đỏ, vàng) trộn lẫn với nhau để tạo thành. Hoặc một hệ vật chất đang vận động (chẳng hạn một tập hợp các phân tử khí) mỗi một lúc, trạng thái của hệ ấy được xác định bởi nhiều thông số (như vị trí, tốc độ, nhiệt độ, áp suất...). Nếu ta coi mỗi trạng thái của hệ là "một điểm", thì điểm ấy được xác định bởi các "tọa độ" là chính giá trị của các thông số nói trên, và ta có một không gian nhiều chiều, với số chiều bằng số thông số nói trên, ví dụ là n . Như vậy quá trình vận động của hệ vật chất nói trên gồm vô số trạng thái liên tiếp sẽ được biểu diễn bằng chuỗi "điểm" liên tiếp tạo thành một "đường cong" ở trong "không gian n chiều". Các từ "điểm", "đường cong" và "không gian n chiều", (ở đây chúng tôi ghi trong ngoặc kép) hoàn toàn không chỉ các điểm, đường cong và không gian theo nghĩa thông thường, gắn với những hình ảnh trực quan như hạt bụi, sợi dây cong và khoảng trống xung quanh ta.

Toán học không chỉ mở rộng khái niệm không gian n chiều mà còn nói đến không gian vô số chiều, được ứng dụng nhiều trong môn giải tích hàm, nhờ đó tạo điều kiện cho môn này phát triển, đạt được nhiều thành tựu.

Để hiểu rõ hơn khái niệm không gian toán học, cần nói thêm về không gian Ơclít nhiều chiều và không gian cong (không gian phi Ơclít). Các khái niệm này rất cần để hiểu

các vấn đề của vật lý học hiện đại, cụ thể là TTD rộng, và sau nữa là phạm trù không gian của triết học. Không gian Ôclít 3 chiều cũng giống như không gian thực tế, gần gũi với nhận thức cảm tính còn được gọi là không gian phẳng, để phân biệt với các không gian cong như không gian Lôbasepski hay không gian Rioman.

X Cần phân biệt không gian Ôclít 3 chiều - không gian này giống với không gian thực tế - với không gian cũng là Ôclít, nhưng có số chiều lớn hơn 3. Không gian Ôclít là không gian trong đó tiên đề Ôclít về đường song song được nghiệm đúng. Còn số chiều, theo quan niệm về số chiều trong không gian toán học, có thể lớn hơn 3. Thí dụ: tập hợp tất cả các mặt cầu của không gian thực tế, cũng là không gian Ôclít, là một không gian toán học 4 chiều, vì mỗi quả cầu được xác định bởi 4 số (toạ độ tâm x, y, z và độ dài bán kính r). Nói chung thì các không gian toán học 3 chiều hay nhiều chiều ít khi là không gian Ôclít mà là phi Ôclít.

Không gian Ôclít 3 chiều (như không gian thực tế) ở đó tiên đề Ôclít về đường song song được nghiệm đúng, còn được gọi là không gian phẳng, vì trong đó quỹ tích các điểm xa vô tận (giao điểm của hai đường thẳng song song) là một mặt phẳng (gọi là mặt phẳng xa vô tận) còn trong các không gian phi Ôclít thì đó lại là một mặt cong bậc hai (mặt cong bậc hai này là thực trong không gian Lôbasepski vì qua một điểm ở ngoài một đường thẳng a , có

hai đường thẳng song song với a, còn nó là ảo trong không gian Rơman, vì ở đây không có đường song song).

Do có sự khác nhau về hệ tiên đề xuất phát, nên tính chất của các yếu tố hình học trong các hình học ấy là khác nhau, được phản ánh ở các độ cong, tức là độ sai lệch với 180° của tổng số góc trong một tam giác. Độ cong của không gian Lôbasepski là âm, của không gian Rơman là dương, nên tương ứng tổng số góc của tam giác trong không gian thứ nhất là $< 180^\circ$, trong không gian thứ hai là $> 180^\circ$, trừ trường hợp các không gian này - hai chiều - được thể hiện ra trên một mặt cong (mặt cầu giả và mặt cầu thật) của không gian Ốclít. Độ cong của không gian Ốclít bằng không và tổng số góc của tam giác là 180° . Ý nghĩa của chữ "cong" trong các loại hình học là như vậy, nên cần đề phòng việc hiểu nghĩa chữ "cong" với hình ảnh của các đường hay mặt cong thường nhìn thấy trong đời sống hàng ngày.

Trong một không gian, nói chung không có các phép tính đại số giống như đại số thông thường. Tuy nhiên đối với không gian véctơ là một khâu nối giữa hình học và đại số thì có phép tính cộng và nhân véctơ. Ngày nay người ta xây dựng các không gian Ốclít và phi Ốclít chủ yếu từ không gian véctơ mà đi.

Quan niệm về "chiều" ở trong các hình học phi Ốclít cũng giống như trong hình học Ốclít. Và khái niệm "không gian" không phải chỉ giới hạn ở các lý thuyết hình học, mà mở rộng đến các lý thuyết toán học khác.

Trong toán học có ba cấu trúc cơ bản là đại số, thứ tự, tôpô, từ đó người ta xây dựng nên các cấu trúc khác, trong đó có cấu trúc của các hình học. Do đó "không gian" có một định nghĩa chung là một tập hợp những phần tử cùng với những quan hệ giữa chúng khá giống với trong hình học thông thường (khoảng cách, góc, thẳng hàng...) tạo thành một cấu trúc số lượng, phản ánh những cấu trúc đa dạng tồn tại trong các đối tượng vật chất tồn tại khách quan.

Với tính trừu tượng rất cao nên khái niệm không gian toán học rất gần với phạm trù không gian của triết học, nhưng không đồng nhất và việc nhận thức phạm trù này không thể không dựa vào khái niệm không gian toán học. Về phương diện triết học, qua việc phân tích các khái niệm "không gian" và "chiều" của không gian trong toán học, chúng ta có thể rút ra mấy nhận xét:

a) Với phương pháp riêng của mình, toán học đã thực hiện được việc trừu tượng hoá cấp 2. Hơn nữa, trong toán học, trước cùng một đối tượng khách quan, người ta có thể diễn tả bằng những ngôn ngữ khác nhau, vì vậy có thể dùng hình học này để nghiên cứu hình học kia bằng cơ chế "phiên dịch". Có thể nói toán học là một tập hợp những ngôn ngữ, trong đó nhiều ngôn ngữ khác nhau có thể diễn tả cùng một nội dung.

Với các khả năng đó, toán học có thể nhận thức được các hình thức tồn tại của vật chất ở các tầng sâu với những

công cụ rất phong phú, đa dạng, trong tính thống nhất của chúng. Tính thống nhất này chứng tỏ có một logic khách quan xuyên suốt các công cụ đó, mặc dù rất trừu tượng và do đó, các kết luận của toán học phản ánh được những chân lý khách quan thuộc về hình thức của vật chất.

b) Các nhà toán học, không phải chỉ các nhà hình học, đều nghiên cứu các kiểu cấu trúc tồn tại trong các đối tượng vật chất cụ thể ở bên ngoài cũng như ở các tầng sâu bên trong, như đối với vật lý học hiện đại chẳng hạn. Có trường hợp việc nghiên cứu được đặt ra do nhu cầu của các ngành khoa học kỹ thuật, nhưng cũng không ít trường hợp nhà toán học nghiên cứu những cấu trúc mà chưa biết sẽ được ứng dụng ở đâu. Nhưng xét cho cùng, nguồn gốc xuất phát bao giờ cũng là hiện thực khách quan, thể hiện ở các dữ kiện hoặc các hệ tiên đề; nếu quá trình suy luận logic để xây dựng lý thuyết là đúng, thì các cấu trúc rút ra từ đó thế nào cũng phản ánh những cấu trúc có thực, tồn tại đâu đó trong thế giới khách quan. Cũng vì logic là từ thực tiễn mà ra, nên một lý thuyết toán học, dù ra đời chỉ thuần túy bằng suy diễn logic mà đúng vững (không có mâu thuẫn bên trong) thì cũng có nghĩa là nó phù hợp với thực tiễn dù đã biết hay chưa biết. Nhờ đó toán học có thể đi trước các ngành khoa học kỹ thuật, chuẩn bị sẵn những cấu trúc mà các ngành này có thể cần đến, nếu đối tượng nghiên cứu có sự phù hợp. Lịch sử các khoa học đã ghi nhận tình hình này.

2. Trong vật lý học

Là ngành khoa học chuyên nghiên cứu các thuộc tính và quy luật vận động chung của các đối tượng vật chất trong tự nhiên, vật lý học phải sử dụng cả bốn khái niệm cơ bản là vật chất, vận động, không gian và thời gian. Sau đây sẽ chỉ bàn về các khái niệm không gian và thời gian trong vật lý học cổ điển (các khái niệm này trong vật lý học hiện đại sẽ được bàn trong chương nói về thuyết tương đối).

Trong vật lý học, không gian được hiểu ở mấy nghĩa sau đây:

- Không gian là khoảng trống không trong đó không có bất kỳ một thực thể vật chất nào. Nó như là cái thùng rỗng khổng lồ, chứa mọi sự vật trong vũ trụ; các sự vật vận động cơ học trong không gian đó mà không có ảnh hưởng gì qua lại với nó. Không gian là giống nhau ở mọi điểm (đồng chất) và mọi hướng (đẳng hướng). Mọi sự vận động cơ học ở trong không gian được biểu hiện ở sự thay đổi khoảng cách, là một đặc trưng về lượng.

Các tính chất nói trên của không gian - được gọi là không gian tuyệt đối - được kinh nghiệm trong cuộc sống hàng ngày và các thực nghiệm của cơ học cổ điển xác nhận.

Thời gian là một khái niệm gắn liền với sự vận động và trạng thái đứng yên của các sự vật. Trong vật lý học, thời gian được đo bằng đồng hồ, qua đó sự vận động nhanh,

chậm, thứ tự xuất hiện các sự kiện, trạng thái tồn tại đúng yên kéo dài hay ngắn được xác định. Thời gian trôi như nhau ở khắp mọi nơi, theo một chiều từ quá khứ đến tương lai, không có ảnh hưởng gì và cũng không chịu ảnh hưởng của các sự vật tồn tại và vận động.

Các quan niệm trên đây về không gian và thời gian được áp dụng đầu tiên trong cơ học và về sau cả trong vật lý học, và thường được coi là của Niuton. Điều đó là đúng. Nhưng nhiều người lại coi đó là quan niệm triết học về không gian và thời gian của ông, là không đúng, vì ông là người thuộc phái thực thể luận trong quan niệm về không gian và thời gian, một lý thuyết khá sâu sắc; còn quan niệm không, thời gian trong cơ học của ông đã là một sự trừu tượng hoá. (Chúng ta sẽ nói đến thực thể luận ở đoạn sau).

- Không gian là ête và không gian là trường. Trong việc nghiên cứu sự truyền tương tác giữa hai vật ở cách xa nhau, trong vật lý học đã có hai quan niệm: tương tác gần và tương tác xa. Những người cho rằng sự truyền tương tác là tức thời, tức thời gian bằng không, xuất phát từ quan niệm của Niuton cho không gian là khoảng trống không, không có bất kỳ thực thể vật chất nào. Đó là quan niệm tương tác xa. Những người theo quan niệm tương tác gần, lại cho rằng trong không gian tưởng là khoảng trống không, thực ra có một thực thể vật chất, không trọng lượng và không có bất kỳ một tác động nào lên các giác quan,

nhưng có tác dụng truyền các tương tác giữa các vật ở xa. Thực thể đó, trước đây được gọi là ête, choán khắp toàn vũ trụ. Quan niệm này tồn tại khá lâu trong vật lý học và cũng đã giúp giải thích một cách hợp lý nhiều hiện tượng phi cơ học. Chỉ đến cuối thế kỷ XIX những kết quả thực nghiệm về đo tốc độ ánh sáng và sau đó thuyết tương đối ra đời mới bác bỏ hoàn toàn thực thể ête. Nhưng các sóng điện từ truyền qua khoảng không giữa các vật thể, nếu không có ête, thì rất trái với quan niệm thông thường trong vật lý học cổ điển, là bất kỳ loại sóng nào truyền đi cũng phải có một môi trường vật chất làm chỗ tựa, có thể là chất rắn, lỏng hay khí. Vậy đối với sóng điện từ, cái môi trường vật chất làm chỗ tựa đó là gì, nếu bác bỏ giả thuyết ête?

A.Anhstanh đã nhận xét: "Lối thoát duy nhất là chịu công nhận rằng không gian có tính chất vật lý là truyền được sóng điện từ, và đừng quá quan tâm đến ý nghĩa của điều này. Chúng ta vẫn có thể dùng chữ "ête" nhưng chỉ biểu thị một tính chất vật lý nào đó của không gian"¹. Như vậy, không gian ở đây nói đến một đặc tính vật lý của khoảng không ngăn cách các vật thể - là truyền sóng điện từ. Đặc tính ấy phải là của một thực thể vật chất nào đó, sau này được gọi là trường, mà ngoài đặc tính này, người ta chưa phát hiện ra một đặc tính nào khác. Người ta chỉ

1. A.Anhstanh, *L.Infen.* Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.149.

biết là sóng điện từ xuất hiện gắn liền với sự vận động của các điện tích.

Tóm lại, thuyết tác dụng gần là đúng và từ đó người ta kết luận được khoảng không gian lâu nay coi như là không có gì, thực ra là có một thực thể vật chất có đặc tính là truyền sóng điện từ.

- Không gian vật lý còn có một nghĩa nữa là quãng tính của các vật thể, là phần của khoảng không mà mỗi vật thể chiếm lấy. Sau này, trong thuyết tương đối hẹp, khi nói đến sự phụ thuộc của không gian vào vận động, thì không gian được hiểu theo nghĩa này. Trong thuyết tương đối rộng, thì không gian tồn tại ở khoảng không bao quanh các vật thể có khối lượng, và không gian ấy là trường hấp dẫn.

(Ở đây chưa nói đến quan niệm của lý thuyết trường lượng tử: khoảng không lại chứa đầy các điện tích và photon ảo).

Nếu khái niệm không gian ngay trong vật lý học cổ điển đã có nhiều nghĩa, thì trái lại, khái niệm thời gian không có gì thay đổi, trừ khi chuyển sang thời kỳ của vật lý học hiện đại.

3. Trong triết học

Trong triết học vấn đề không gian và thời gian cũng đã được quan tâm từ thời xa xưa. Nhưng cho đến trước thế kỷ

XIX khi đang còn ảnh hưởng của cách xem xét thế giới của nền triết học tự nhiên, và bản thân các nhà triết học thường đồng thời cũng là nhà khoa học thì chưa có những khái niệm không gian và thời gian của riêng triết học, với nghĩa là những khái niệm có trình độ khái quát cao nhất, là cái chung so với các cái riêng là các khái niệm tương ứng trong toán học và các khoa học khác. Tuy vậy, cũng đã có những cố gắng để đưa dần các khái niệm không gian và thời gian lên trình độ khái quát ngày càng cao, gần với yêu cầu đối với các khái niệm triết học. Các cố gắng đó là ở các nhà triết học thuộc phái *thực thể luận* do Niutơn đứng đầu và phái *quan hệ luận* do Lép-nít đứng đầu.

Lép-nít là nhà triết học duy tâm với lý thuyết đơn tử, nhưng khi bàn về các vấn đề không gian và thời gian thì ông cho rằng có những đối tượng vật chất và sự kiện vật chất. Ông phản đối qua niệm coi không gian và thời gian tách rời nhau, độc lập với các sự vật và sự kiện vật chất. Theo ông, thời gian là tập hợp các mối quan hệ trước, đồng thời hay sau, giữa các sự kiện. Không có sự kiện, không có các mối quan hệ thì không có thời gian. Như vậy, các mối quan hệ giữa các sự kiện, tức là thời gian, là một thành phần có thực của thế giới.

Nếu xét tất cả các sự vật của thế giới ở một thời điểm, chúng ta thấy có những mối quan hệ trong khoảng không, tức là các khoảng cách và các phương giữa chúng. Tập hợp tất cả các mối quan hệ trong khoảng không giữa các sự vật.

của thế giới ở mỗi thời điểm là không gian. Như vậy, theo Lépniét, không có cái không gian tự nó sẵn sàng để các sự vật đến chiếm chỗ.

Đối với những vùng mà không có sự vật nào chiếm chỗ, những lúc không có sự kiện nào xảy ra, thì Lépniét đưa ra khái niệm "khả năng" và nói đến không gian khả năng (chưa hiện thực) của những mối quan hệ mà những sự vật khả năng sẽ có đối với nhau, nếu chúng tồn tại thực sự. Quan niệm về không gian có tính khả năng là rất trừu tượng và khó hình dung, nhưng chính là quan niệm coi không gian là cấu trúc của tập hợp tất cả các mối quan hệ khả năng giữa các sự vật, và chính hình học có nhiệm vụ nghiên cứu phát hiện các cấu trúc ấy. Những người thuộc phái quan hệ luận đã gặp một khó khăn lớn là khi nói đến khả năng, thì khả năng phải tồn tại trong một thực thể, vậy thực thể ấy là gì, nếu không phải là cái "không gian tự nó" như những người theo thuyết thực thể của Niutơn chủ trương, những người này phản đối quan hệ luận của Lépniét.

Niutơn cho rằng không gian và thời gian phải là cái gì đó, mà ông cũng không biết chắc nhưng không phải là mối quan hệ có tính không gian (các quan hệ trong khoảng không) và tính thời gian (quan hệ giữa các sự kiện) mà là một thực thể, hay như ông thích nói hơn, đó là một thuộc tính hay tính chất của Chúa. Ông đã có những lập luận có tính triết học để phản đối quan hệ luận, nhưng ông cho rằng những kết quả quan sát và thực nghiệm là căn cứ tốt

nhất để bác bỏ thuyết quan hệ trong vấn đề không gian và thời gian. Kết quả lý thuyết và thực nghiệm của cơ học Niuton cho biết: nếu các chuyển động quán tính chỉ có tính chất tương đối và do đó vị trí của mỗi sự vật cũng chỉ được xác định một cách tương đối trong không gian, thì chuyển động có gia tốc là tuyệt đối. Nhưng dù là tuyệt đối, gia tốc này phải được so với cái gì đó, cái đó không thể là những sự vật thông thường xung quanh ta, mà phải là cái "không gian tự nó". Chính cái "không gian tự nó" này tương tác nhân quả với sự vật và đưa đến kết quả là các lực quán tính xuất hiện trong các chuyển động có gia tốc (Lực quán tính là lực xuất hiện trong các chuyển động có gia tốc, nó không do sự tương tác giữa các vật thể mà có như đối với các lực thông thường. Niuton quan niệm lực quán tính cũng là một lực thông thường, nếu nó xuất hiện, tất vật thể phải tương tác với một cái gì đó, mà theo ông đó là thực thể không gian, cái "không gian tự nó").

Về thời gian, tuy không thể hình dung nó là một đối tượng như là "không gian tự nó", nhưng Niuton cũng cho rằng nó cũng là tuyệt đối, vì gia tốc là độ tăng tốc độ trong thời gian, mà gia tốc đã là tuyệt đối, thì thời gian cũng phải tuyệt đối. Điều đó có nghĩa là cũng phải có một "thời gian tự nó", trôi đều đặn không phụ thuộc vào việc đo thời gian của những đồng hồ đặc biệt. (Đồng hồ đặc biệt là loại đồng hồ giả thuyết do phải quan hệ luận đưa ra để phủ nhận thời gian tuyệt đối của Niuton. Theo họ nếu chế tạo

được đồng hồ có nhịp chạy đồng bộ với chuyển động có gia tốc, thì người ta sẽ thấy chuyển động ấy không có gia tốc nữa, mà là chuyển động đều). Qua những điều vừa nói trên, chúng ta thấy Niuton không quan niệm không gian là khoảng trống, không có bất cứ thực thể nào, mà trái lại; duy có điều là ông không hình dung nổi thực thể đó là cái gì, nhất là với trình độ khoa học hồi đó, nên trong cơ học của ông, không gian được coi là khoảng trống không, và quan niệm đó không gây ra mâu thuẫn gì trong lý thuyết và trong thực tế.

Hai quan niệm của Niuton và Lépniét về không gian và thời gian, thực thể luận và quan hệ luận, là nhằm đưa các khái niệm không gian và thời gian lên trình độ khái quát triết học. Hai quan niệm này khác hẳn nhau về nội dung; về cách tiếp cận thì một bên là cách tiếp cận vật lý, một bên là cách tiếp cận toán học, và nếu xét về mặt khoa học thì có thể nói hai quan niệm ấy bổ sung cho nhau. Nhưng xét về mặt triết học thì quan niệm Lépniét gần với quan niệm biện chứng duy vật, coi không gian và thời gian là hình thức tồn tại của vật chất vận động, vì quan niệm không gian và thời gian là những quan hệ, những cấu trúc. Tất nhiên là chỉ nói về khía cạnh này thôi, bởi vì thế giới quan của Lépniét là duy tâm.

Những cố gắng của Niuton và Lépniét dù sao cũng là những đóng góp quan trọng vào sự phát triển của triết học

xung quanh vấn đề không gian và thời gian, tuy cả hai ông đều chưa đạt được yêu cầu đề ra. Chưa nói đến những nguyên nhân về thế giới quan hoặc về cách tiếp cận, nhưng với trình độ của khoa học thời bấy giờ (chưa biết đến năng lượng, đến trường và nhiều hiện tượng vật lý của giai đoạn sau cơ học) thì cũng khó có thể phát triển hơn nữa các quan niệm triết học về không gian và thời gian. Ở đây, chúng ta thấy rõ thêm một khía cạnh trong mối quan hệ giữa triết học và các khoa học, sự cần thiết của vai trò định hướng của triết học đối với khoa học, nhưng triết học cũng khó lòng phát triển nếu không có các dữ liệu do các khoa học cung cấp.

Sau khi TTD ra đời, đem lại những nhận thức mới có tính cách mạng về không gian và thời gian, về phương diện triết học đã có nhiều trường phái tìm cách giải thích bản chất của không gian, thời gian như quan niệm quy ước của Poanhcarê, quan niệm thực tại, quan niệm quy giản, quan niệm thực dụng... và cuộc đấu tranh giữa hai phái quan hệ luận và thực thể luận vẫn tiếp tục. Cho đến nay, đối với các nhà triết học phi duy vật biện chứng, bản chất của không gian và thời gian là gì, vẫn còn là vấn đề để ngỏ. Quan niệm của triết học duy vật biện chứng về vấn đề không gian và thời gian sẽ được trình bày ở phần cuối chương TTD.

CHƯƠNG III

THUYẾT TƯƠNG ĐỐI

Thuyết tương đối (TTĐ) do Anhstang xây dựng gồm hai bộ phận: TTĐ hẹp (TTĐH) (1905) và TTĐ rộng (TTĐR) (1916). Sự ra đời của TTĐ và sau đó là Cơ học lượng tử, đánh dấu những bước nhảy vọt trong sự phát triển trí tuệ của loài người, tạo cơ sở cho sự phát triển nhanh chóng của kỹ thuật và sản xuất trong gần một thế kỷ qua. TTĐ cũng như cơ học lượng tử gắn liền với việc đưa ra những quan niệm, khái niệm rất kỳ lạ so với vật lý học cổ điển và đặt ra nhiều vấn đề triết học phức tạp. Nếu để bàn các vấn đề triết học ở cấp độ chung, thì việc phân tích những kết luận của các lý thuyết đó là đủ; nhưng ở cấp độ triết học của vật lý học, chúng ta cần đi sâu hơn nữa vào các tư tưởng, quan điểm dẫn lối và các vấn đề về phương pháp nhận thức trong từng lý thuyết để phân tích, lý giải về phương diện triết học.

I. THUYẾT TƯƠNG ĐỐI HẸP

1. Quá trình hình thành

TTĐH đã ra đời trong bối cảnh sau: Từ cuối thế kỷ XIX, đầu thế kỷ XX, bức tranh vật lý của thế giới là bức

tranh nguyên tử và ête, có nghĩa là các giả thuyết về nguyên tử và ê te là cơ sở cho phép tiên đoán và giải thích một số lượng to lớn các hiện tượng vật lý quan sát được. Nhưng rồi nhiều hiện tượng vật lý mới được phát hiện, đã làm lung lay các giả thuyết đó, vì nó dẫn đến những mâu thuẫn trong các lý thuyết. Để thoát khỏi khó khăn, người ta phải xét lại một cách triệt để hàng loạt các quan niệm, khái niệm cơ bản đã tồn tại 3 thế kỷ trong vật lý học cổ điển. Chính quá trình đó đã dẫn tới sự ra đời của hai lý thuyết lớn bậc nhất của thế kỷ XX đã nói ở trên.

TTĐ đã dẫn đến sự lật đổ giả thuyết ête, nhưng để hiểu quá trình hình thành, lại phải đi từ cơ học cổ điển.

Cơ học nghiên cứu sự chuyển động của các vật thể trong không gian. Đó là chuyển động đơn giản và quen thuộc đối với mọi người. Tuy vậy, sự ra đời của ngành cơ học đã phải qua một thời gian dài - một thế hệ - kể từ khi Galilê lần đầu tiên áp dụng phương pháp thực nghiệm (thực tế và tưởng tượng) để tìm ra quán tính của các vật và xây dựng nguyên lý tương đối, trong đó mới có khái niệm về chuyển động đều với vận tốc không đổi. Dựa trên những kết quả bước đầu đó, Niuton mới xây dựng ngành cơ học nổi tiếng mang tên ông, với ba định luật cơ bản: định luật quán tính, định luật về mối quan hệ giữa lực và gia tốc, định luật về lực và phản lực. Trong ba định luật, định luật thứ hai nói về quan hệ giữa lực và gia tốc, tức là lực và chuyển động có vận tốc thay đổi, có ý nghĩa cơ bản.

Để nghiên cứu các chuyển động thẳng đều hay có gia tốc, người ta phải chọn hệ quy chiếu quán tính.

X Hệ quy chiếu quán tính là hệ mà đối với hệ đó, mọi chất điểm không chịu tác dụng của lực vẫn giữ nguyên chuyển động thẳng đều hay đứng yên. Trong cơ học cổ điển, các hệ quy chiếu chuyển động thẳng đều với nhau là hệ quy chiếu quán tính. Thường người ta chọn hệ quy chiếu gắn với mặt trời và các vì sao làm hệ quy chiếu quán tính. Hệ quy chiếu S gắn chặt với Trái đất (chẳng hạn bức tường, nền nhà của phòng trong đó tiến hành nghiên cứu chuyển động của các vật), tuy không phải là chuyển động thẳng đều, nhưng với các nghiên cứu trong một phạm vi hẹp, tốc độ không lớn, người ta vẫn coi là thẳng đều. Trong các nghiên cứu lý thuyết, các hệ quy chiếu được biểu diễn bằng các hệ tọa độ (HTĐ).

Cùng một vật thể chuyển động thẳng đều hay có gia tốc, nếu so với các HTĐ quán tính (HTĐQT) khác nhau, thì các tọa độ và vận tốc của vật chuyển động so với các HTĐ ấy sẽ có trị số khác nhau. Các đại lượng ấy - các tọa độ và vận tốc - tuy là của một vật thể, nhưng lại có trị số khác nhau, tùy thuộc vào HTĐQT, được gọi là đại lượng tương đối. Các trị số khác nhau của các đại lượng tương đối, ghi ở các HTĐQT không phải là độc lập, mà có thể suy ra từ HTĐQT này sang HTĐQT khác, nếu biết tốc độ tương đối giữa các HTĐ đó. Phép tính này được gọi là *phép biến đổi Galilê*.

Tuy vậy, trong khi các đại lượng tương đối là khác nhau tùy thuộc vào HTĐQT, thì hệ thức diễn tả quy luật chuyển động của vật thể - trong trường hợp chung là chất điểm - ở bất kỳ HTĐQT nào, lại là như nhau; nói cách khác, là *bất biến đối với phép biến đổi Galilê*. Chẳng hạn, một chất điểm chuyển động thẳng đều, khoảng đường đi s của nó được tính theo công thức $s = vt$, v là tốc độ, t là thời gian chuyển động, dù so với bất kỳ HTĐQT nào, trong lúc tọa độ x và vận tốc v của nó, ghi ở các HTĐQT khác nhau, có thể có các trị số $x_1, x_2, x_3...$ và $v_1, v_2, v_3...$

Từ tính bất biến đối với phép biến đổi, Galilê đã đưa ra nguyên lý tương đối mang tên ông, với nội dung có thể được diễn đạt như sau:

"Trong hai phòng thí nghiệm chuyển động thẳng đều đối với nhau, mọi hiện tượng cơ học đều diễn ra như nhau (trong những điều kiện như nhau)".

Cũng có thể phát biểu nguyên lý trên dưới một hình thức khác (cách phát biểu phủ định), cụ thể hơn:

"Không có bất kỳ thí nghiệm nào thực hiện trong nội bộ một phòng thí nghiệm bằng những dụng cụ cơ học (bao gồm tập hợp những lò xo, dây, ròng rọc, đòn bẩy, v.v...) lại cho phép ta xác định được phòng thí nghiệm đó đứng yên hay chuyển động thẳng đều đối với một phòng thí nghiệm khác".

Niuton đã phát triển lý thuyết của mình dựa trên nguyên lý tương đối của Galilê. Một điều dễ thấy là

chuyển động cơ học nói về sự di chuyển của các chất điểm trong không gian, tức là sự thay đổi các khoảng cách theo thời gian. Từ đó có vấn đề phải xem xét tính chất của không gian và thời gian, những khái niệm quá gần gũi với mọi người và bình thường người ta có thể nghĩ là không có vấn đề gì phải xem xét.

Từ phép biến đổi Galilê, còn có thể suy ra một số hệ quả, cũng rất hiển nhiên đối với mọi người.

- Khi chuyển từ một HTĐ này sang một HTĐ khác (từ đây nếu không nói gì thêm, thì đó là HTĐQT), các tọa độ đều biến đổi, nhưng hiệu số của các tọa độ (tức là các khoảng cách, được hiểu là không gian; bạn đọc lưu ý đến khái niệm này, sau này chúng ta còn trở lại) vẫn không thay đổi. Chẳng hạn, ở trên một toa tàu đang chuyển động thẳng đều, người ta đo được chiều dài của một thanh cứng là 1 (HTĐ gắn liền với toa tàu); trong lúc đó nếu một người đứng ở mặt đất (HTĐ gắn với quả đất) dùng một dụng cụ thích hợp để đo chiều dài của thanh cứng ấy, cũng sẽ được kết quả là 1.

Cũng giống như vậy, nếu là sự đo khoảng thời gian Δt của một sự kiện xảy ra trên tàu (thí dụ thời gian rơi của một vật ở cách sàn tàu một khoảng h), thì cả hai người ở trên tàu và ở mặt đất cũng thu được cùng một kết quả Δt .

Như vậy, những khoảng không gian và khoảng thời gian mà cơ học Niuton đề cập tới là những đại lượng tách

rời nhau và không phụ thuộc gì vào vận động (trong thí nghiệm trên, dù tàu chạy nhanh hay chậm và với tốc độ nào, kết quả vẫn như thế) của toa tàu. Từ thực tế đó, Niutơn đưa ra các khái niệm không gian và thời gian tuyệt đối: "Không gian tuyệt đối về bản chất là độc lập với mọi cái bên ngoài, luôn luôn đồng nhất với nó và luôn luôn đứng im"¹ còn "thời gian tuyệt đối, thời gian thực sự toán học, tự nó và về bản chất là hoàn toàn không có quan hệ gì với mọi cái bên ngoài, nó cứ trôi đều và nói một cách khác thì gọi là trường tính"². Người ta thường hình dung cái không gian tuyệt đối của Niutơn như là một cái bình vô hạn chứa đựng các vật thể, một cái sân khấu vô hạn trên đó diễn ra các quá trình tự nhiên, trong đó không có địa điểm hay phương hướng nào là khác biệt (đồng chất và đẳng hướng). Về thời gian, người ta cũng hình dung như là một dòng chảy bất tận, không có quan hệ gì với các vật ở trong đó, và chỉ có tác dụng là cái để mọi vật so sánh sự tồn tại của mình dài hay ngắn, thứ tự xuất hiện trước hay sau đối với nhau.

Khi Niutơn coi không gian tuyệt đối luôn luôn đứng im, ông đã gắn nó với hệ mặt trời mà các nhà thiên văn học hồi đó chưa phát hiện được chuyển động của nó trong Thiên hà, nên được coi là một hệ quy chiếu đứng im tuyệt

1, 2 I. Niutơn. Các nguyên lý toán học của triết học tự nhiên, 1915, tr.30 (tiếng Nga). K.M.Phataliép trích dẫn trong cuốn Chủ nghĩa duy vật biện chứng và khoa học tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1961, tr.216.

đối, và mọi chuyển động đối với hệ quy chiếu ấy là chuyển động tuyệt đối, các quỹ đạo do các vật thể vạch ra trong các chuyển động ấy cũng là quỹ đạo tuyệt đối hay quỹ đạo thực. Sự chuyển động và quỹ đạo của các vật so với các hệ quy chiếu khác được gọi là chuyển động và quỹ đạo tương đối hay biểu kiến. Quan niệm về không gian tuyệt đối như vừa nói trên là không gian trống rỗng hoàn toàn, không có bất kỳ một thực thể nào trong đó (đây là quan niệm không gian của Niuton trong cơ học. Ở tầm triết học, Niuton thuộc phái thực thể luận - xem chương II).

Để phản ánh mối quan hệ giữa không gian và thời gian trong sự vận động cơ học do lý thuyết nghiên cứu, Niuton có nói đến không gian và thời gian tương đối, có quan hệ với nhau. Điều này cũng hiển nhiên qua các khái niệm như tốc độ (là khoảng đường đi được của một vật trong đơn vị thời gian) hay khoảng đường đi được s của một vật (không gian) trong một khoảng thời gian t là bằng $v \times t$, v là vận tốc.

Từ cuối thế kỷ XVIII trở đi, các hiện tượng quang học, điện từ học đã đặt vấn đề xem xét cơ chế của việc truyền tương tác giữa các vật cách xa nhau và thuyết "tác dụng gần" ra đời với thực thể vật chất mang tương tác choán khắp không gian là ête. Giả thuyết này được các thuyết về ánh sáng và điện động lực xác nhận (thời gian đầu).

Đối với cơ học, tuy giả thuyết ête trái với quan niệm không gian trống rỗng - cơ sở của thuyết tác dụng xa -

nhưng lại củng cố quan niệm về không gian tuyệt đối, vì người ta cho rằng có thể có hệ quy chiếu tuyệt đối là hệ gắn với ête vũ trụ chứa đầy toàn bộ không gian, và coi chuyển động của các vật đối với ête là chuyển động tuyệt đối. Nhưng những thí nghiệm tiến hành rất cẩn thận của Maikenxon (1887) và được nhiều người khác kiểm tra lại chặt chẽ, đã chứng tỏ không hề có ête theo quan niệm cơ học và tốc độ ánh sáng luôn luôn có một trị số không đổi, không phụ thuộc vào hệ quy chiếu quán tính, không phụ thuộc vào sự chuyển động của nguồn sáng. Về không gian, chỉ có thể rút ra kết luận: không có không gian trống rỗng - chân không - cũng không có không gian chứa đầy ête, nhưng không gian có tính chất vật lý là truyền được sóng điện từ với vận tốc luôn luôn không đổi là 300.000 km/gy.

Kết quả thực nghiệm nói trên đưa đến những khó khăn cho các *nguyên lý của cơ học cổ điển khi áp dụng vào các hiện tượng điện từ và ánh sáng*, là những thực thể có bản chất và biểu hiện *khác hẳn* các chất điểm cơ học. Cụ thể là nguyên lý tương đối Galilê, đúng trong khuôn khổ của cơ học cổ điển, lại trái với các phương trình truyền sóng điện từ của Mácxoen, đã được thực nghiệm xác nhận. Người ta đã đề ra ba hướng để khắc phục mâu thuẫn này:

a) Nguyên lý tương đối của Galilê dùng được cho cơ học mà không dùng được cho điện động lực học. Các định luật điện từ chỉ đúng cho một hệ quy chiếu ưu tiên, và chỉ trong

hệ này ánh sáng mới được truyền với vận tốc không đổi $c = 300.000 \text{ km/gy}$.

b) Nguyên lý tương đối đúng cả trong cơ học lẫn trong điện động lực học, nhưng các định luật điện đã được xây dựng cần được sửa đổi để bảo đảm yêu cầu là ánh sáng luôn luôn được truyền với vận tốc c đối với nguồn. Việc sửa đổi này đưa vào các phương trình Mácxoen gọi là lý thuyết bức xạ.

c) Nguyên lý tương đối của Galilê đúng cả trong cơ học lẫn điện động lực học, nhưng cần sửa đổi các định luật và các nguyên lý của cơ học.

Theo hướng thứ nhất, quả thật có thể chấp nhận một hướng như thế, nhưng như vậy vật lý học (cổ điển) bị phân chia thành hai bộ phận tách biệt nhau, tuy trong thực tế đối tượng nghiên cứu của hai bộ phận đó lại có quan hệ mật thiết - quan hệ khởi nguyên: các hạt tích điện dao động sinh ra sóng điện từ, sóng điện từ lại có thể gây ra chuyển động cơ học của những hạt tích điện. Hơn nữa, tuy đối tượng nghiên cứu có khác nhau cơ bản (một bên hạt một bên sóng), nhưng việc nghiên cứu đều chịu sự chi phối của quan điểm cơ học. Điều đó chứng tỏ giữa hai lý thuyết (cơ học và điện động lực học) phải có cái chung nào đó. Vì vậy, hướng thứ nhất không được chấp nhận.

Về hướng thứ hai, mặc dù thí nghiệm của Maikenxon đã chứng tỏ là không có môi trường ête, nhưng nhiều người

vẫn tin rằng thực sự ête tồn tại. Họ đã đề ra nhiều giả thuyết để bác bỏ kết quả thí nghiệm của Maikenxon, và các giả thuyết ấy cũng đã được kiểm nghiệm là đúng trong một số trường hợp cụ thể nhất định, nhưng không đúng trong những trường hợp khác. Do đó, lý thuyết bức xạ dựa trên các giả thuyết vừa nói, cũng không được chấp nhận.

Và Anhstanh đã đi theo hướng thứ ba, mặc dù hướng này đòi hỏi sửa đổi các tính chất của không gian và thời gian, các định nghĩa về khối lượng, năng lượng, xung lượng theo quan niệm vật lý học cổ điển, những sửa đổi này rất trái với "ý nghĩ lành mạnh" nhưng có như vậy mới giải quyết được mâu thuẫn nảy sinh giữa nguyên lý tương đối Galilê với các phương trình điện từ học của Mácxoen, giải quyết được dứt điểm vấn đề có tồn tại ête hay không.

2. Các giả thuyết cơ sở của TTDH

Khác với các nhà khoa học trước đây, Anhstanh đã nhìn sâu hơn vào các hiện tượng đã gây ra những mâu thuẫn giữa các kết quả thực nghiệm và lý thuyết trong hai lĩnh vực cơ học và điện từ học, và tìm ra một vấn đề có tính phổ biến là: không thể phát hiện được chuyển động thẳng đều của phòng thí nghiệm đối với ête - giả dụ là tồn tại - tức là đối với không gian tuyệt đối, không những bằng các phương pháp cơ học (như trong nguyên lý tương đối Galilê) mà cả các phương pháp vật lý học nữa (đo tốc độ ánh

sáng). Chính vì thế mà công trình đầu tiên của Anhstanh về thuyết tương đối lại mang tên "Về điện động lực học của các môi trường chuyển động". Từ đó ông đề ra một giả thuyết, *mở rộng nguyên lý tương đối Galilê* - vốn chỉ áp dụng cho các hiện tượng cơ học - *sang tất cả các hiện tượng vật lý*, và được gọi là *nguyên lý tương đối Anhstanh*: "Không có bất kỳ thí nghiệm vật lý nào (cơ học, quang học, nhiệt học, điện từ học...) thực hiện trong nội bộ một phòng thí nghiệm lại cho phép xác định rằng nó có ở trong trạng thái chuyển động thẳng đều tuyệt đối hay không". Cũng như đối với nguyên lý tương đối Galilê, nguyên lý tương đối Anhstanh cũng có thể được phát biểu dưới dạng khẳng định: "Mọi hiện tượng vật lý đều diễn ra như nhau (trong những điều kiện như nhau) trong hai phòng thí nghiệm đang chuyển động thẳng đều với nhau".

Với nguyên lý tương đối Anhstanh, quan niệm về không gian tuyệt đối là không thể có, cũng như quan niệm về sự đứng yên tuyệt đối và chuyển động tuyệt đối: Mọi chuyển động đều là tương đối, nghĩa là chỉ có thể nói về sự chuyển động của vật này so với các vật khác, và chỉ điều đó mới có nghĩa.

Cũng chính nguyên lý tương đối Anhstanh bác bỏ giả thuyết coi ête là môi trường đàn hồi liên tục, vì nếu các hiện tượng vật lý xảy ra như nhau trong mọi phòng thí nghiệm chuyển động thẳng đều đối với nhau, thì không thể có "gió ête" trong bất kỳ phòng thí nghiệm nào. Điều

đó có nghĩa là ête phải đứng yên đối với bất kỳ phòng thí nghiệm nào, và như thế là vô lý. Nhưng nếu phủ định ête, được coi là môi trường trong đó các sóng điện từ (nói riêng là ánh sáng) được truyền đi, lấy ête làm chỗ tựa như sóng âm truyền đi phải lấy không khí làm chỗ tựa, thì vấn đề bản chất của ánh sáng cũng sẽ khó xác định được. Cuối cùng thì lý thuyết và thực nghiệm phải đi đến kết luận là ête - nếu muốn tiếp tục dùng thuật ngữ đó - chỉ có thể biểu hiện sự tồn tại của mình là truyền được sóng điện từ. Ête không biểu hiện cả cấu trúc cơ học của mình lẫn chuyển động tuyệt đối. Và theo Anhstanh "... đã đến lúc cần phải quên hẳn khái niệm ête và cố đừng bao giờ nhắc đến tên nó nữa. Chúng ta sẽ nói: Không gian của chúng ta có tính chất vật lý là truyền sóng, và như vậy chúng ta tránh dùng cái chữ mà chúng ta quyết định từ bỏ"¹ (bạn đọc lưu ý đến khái niệm không gian ở đây - có tính chất vật lý là truyền sóng).

Nguyên lý tương đối Anhstanh chứa đựng nhiều ý nghĩa sâu sắc, thường chưa được phân tích đầy đủ. Đó là giả thuyết cơ sở thứ hai của TTĐ, được Anhstanh phát biểu như sau: "Tất cả các định luật của tự nhiên là giống nhau trong tất cả các HTĐ chuyển động thẳng đều đối với nhau"².

1, 2. A. Anhstanh - *L.Infen*. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.172, 174.

Về giả thuyết cơ sở thứ nhất, Anhstanh viết: "Vận tốc ánh sáng trong chân không có cùng một trị số trong tất cả các HTĐ chuyển động thẳng đều đối với nhau"¹.

Các giả thuyết nói trên đều đã được thực nghiệm xác nhận.

3. Các hệ quả của TTHĐ

Từ các giả thuyết nói trên, TTHĐ đã được xây dựng dựa trên công cụ toán học, đưa lại những hệ quả rất quan trọng.

3.1. Sự co lại của chiều dài và sự chậm lại của đồng hồ chuyển động.

a. Sự co lại của chiều dài: Tất cả các vật chuyển động với vận tốc v bị thu ngắn lại

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

lần theo phương chuyển động, c là vận tốc ánh sáng.

Nếu ban đầu hai người quan sát A và B, mỗi người có một thước dài 1m, hai thước là đồng chất. Sau đó người quan sát B chuyển động thẳng đều với vận tốc v so với người quan sát A, thì theo phép đo của A, độ dài thước mét của B bây giờ chỉ là

1. A. Anhstanh - L.Infen. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.172, 174.

$$l^m \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

nghĩa là ngắn hơn 1 mét. Từ nguyên lý tương đối suy ra rằng, nói ngược lại cũng đúng: B sẽ thấy thước mét của A ngắn lại, và bằng

$$l^m \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

vì B cảm thấy mình đứng yên, còn A thì chuyển động thẳng đều so với mình với vận tốc v , theo chiều ngược với chiều mà A đã thấy B chuyển động.

Cần nhấn mạnh rằng, ở đây không phải đã có một *quá trình cơ vật lý có thật* nào đã xảy ra đối với thước mét, vì không có một ngoại lực nào đã tác động lên thước cả.

Khái niệm không gian ở đây là nói đến quảng tính, tức là vùng không gian thông thường do thước mét chiếm, vùng này đồng nhất với không gian của chất liệu làm nên cái thước.

b. Sự chậm lại của đồng hồ chuyển động.

Ta hãy hình dung hai đồng hồ A và B chạy đồng bộ với nhau và đang cùng đứng yên theo thứ tự trong các HTĐ_A và HTĐ_B các HTĐ này lúc đầu cũng đứng yên. Về sau, giả sử HTĐ_B chuyển động thẳng đều so với HTĐ_A với vận tốc v . Người quan sát đứng yên trong HTĐ_A, Q_A sẽ thấy đồng hồ B

chạy chậm hơn đồng hồ A, có nghĩa là một khoảng thời gian Δt_B giữa hai sự kiện diễn ra ở HTĐ_B, so với đồng hồ A sẽ ngắn hơn khoảng thời gian Δt_A cũng giữa hai sự kiện đó, nhưng do Q_A đo:

$$\Delta t_B = \Delta t_A \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Nguyên lý tương đối cũng cho biết một tình hình tương tự đối với người quan sát Q_B ở HTĐ_B đối với khoảng thời gian giữa hai sự kiện xảy ra ở HTĐ_A, nhưng đo bằng đồng hồ B và so sánh với số chỉ của đồng hồ A. Có nghĩa là, đối với Q_B thì:

$$\Delta t_A = \Delta t_B \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Ở đây cũng cần nhấn mạnh rằng không có một quá trình vật lý nào có thật làm cho các đồng hồ A và B chạy khác nhau.

Do tính tương đối của khoảng thời gian giữa hai sự kiện có thực, tùy thuộc vào các HTĐ quán tính từ đó người ta quan sát, nên tính đồng thời cũng có tính tương đối: một sự kiện I xảy ra trước sự kiện II đối với một người quan sát trong HTĐ_A, thì tùy theo tốc độ tương đối v của HTĐ_B trong đó một người quan sát nhìn các sự kiện I và II, có thể nó sẽ thấy II xảy ra trước I. Nhưng tình hình này chỉ xảy ra khi giữa hai sự kiện I và II không có sự ràng buộc

nhân quả (nếu I là nguyên nhân của II, thì dù quan sát ở HTĐQT nào, I phải xảy ra trước II).

3.2. Khối lượng của các vật thể không phải là bất biến.

Theo TTD, khối lượng m của một vật chuyển động với vận tốc v sẽ có trị số

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

m_0 : khối lượng của vật khi đứng yên (khối lượng nghỉ)

c : vận tốc của ánh sáng

3.3. Sự tương đương giữa khối lượng và năng lượng

Anhstanh đã tìm ra định luật về sự tương đương giữa năng lượng và khối lượng

$$E = mc^2$$

E : năng lượng toàn phần của vật có khối lượng là m .

c : vận tốc của ánh sáng

Nếu vật đứng yên, $v = 0$ thì $m = m_0$ và lúc này ta có $E_0 = m_0c^2$, là số đo dự trữ nội năng của vật.

Tất cả các hệ quả nói trên của TTDH đều đã được kiểm chứng và trở thành những căn cứ rất quan trọng cho công tác nghiên cứu vật lý học vi mô và vũ trụ học.

II. THUYẾT TƯƠNG ĐỐI RỘNG (TTĐR)

Theo TTĐH, các định luật tự nhiên là giống nhau trong tất cả các HTĐ quán tính, là những HTĐ đặc biệt: chuyển động thẳng đều đối với nhau. Vấn đề đặt ra là: liệu có thể phát biểu các định luật vật lý sao cho chúng đúng trong tất cả các loại HTĐ, không chỉ trong các HTĐ quán tính mà cả các HTĐ chuyển động bất kỳ đối với nhau hay không? TTĐR trả lời là có thể được và đó chính là nhiệm vụ mà nó phải giải quyết.

Vấn đề cơ bản của TTĐR là vấn đề sự hấp dẫn, và cơ sở của nó là nguyên lý tương đương. Vật lý cổ điển đã biết đến các khái niệm khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn (xem chương II) và coi sự đồng nhất của hai khối lượng đó là một sự ngẫu nhiên và việc không phân biệt hai loại khối lượng ấy không có ảnh hưởng gì đến các lý thuyết của vật lý học cổ điển. Sự đồng nhất của khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn đã ăn sâu vào nhận thức con người đến mức người ta quên rằng đó là những đặc tính hoàn toàn khác nhau của một vật. Khối lượng quán tính đặc trưng cho sự vật trong việc chống lại sự vận động khi nó chịu tác dụng của ngoại lực, được biểu hiện một cách định lượng trong định luật II của Niuton:

$$F = ma$$

F: Lực tác dụng lên một vật có khối lượng quán tính m

a: gia tốc tạo ra cho vật

Với một lực F cho sẵn thì khối lượng quán tính m càng lớn, sự chống lại chuyển động cũng càng lớn, do đó gia tốc a càng nhỏ. Ý nghĩa của khối lượng quán tính là ở đó.

Khối lượng hấp dẫn thì lại có đặc tính khác: nó xác định khả năng của một vật hút được các vật khác về mình, đồng thời bị các vật khác hút về phía chúng. Lực hút tương hỗ này được biểu hiện một cách định lượng trong công thức:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Hai vật có khối lượng theo thứ tự là m_1 và m_2 sẽ hút nhau với một lực F , trong đó r là khoảng cách giữa hai vật, còn G là một hệ số tỉ lệ, tùy thuộc vào hệ thống đơn vị đo lường.

Người ta đã xác lập bằng thực nghiệm là đối với mỗi vật trong tự nhiên, khối lượng quán tính m_i và khối lượng hấp dẫn m_g là bằng nhau với độ chính xác rất cao (đến 10^{-12}) và Anhstanh đã cho rằng sự bằng nhau này là tuyệt đối, và đề ra nguyên lý tương đương nói rằng: trường hấp dẫn do khối lượng hấp dẫn tạo ra tương đương với một HTĐ chuyển động có gia tốc. Cụ thể là: không có bất kỳ thí nghiệm vật lý nào tiến hành ở trong một phòng thí nghiệm lại cho phép phân biệt hai trường hợp sau đây:

- Phòng thí nghiệm đứng yên (hoặc chuyển động thẳng đều) trong một trường hấp dẫn đều và không đổi.

- Phòng thí nghiệm chuyển động với gia tốc không đổi, nhưng không có trường hấp dẫn.

Và điều này có nghĩa là: mọi quá trình vật lý diễn ra trong một hệ quy chiếu quán tính nằm trong một trường hấp dẫn đều, không đổi, hay trong một hệ quy chiếu đang chuyển động tịnh tiến với gia tốc không đổi, nhưng không có trường hấp dẫn, là hoàn toàn như nhau (trong những điều kiện như nhau).

Trong trường hợp tổng quát, nguyên lý tương đương được phát biểu như sau: mọi quá trình vật lý diễn ra trong một hệ quy chiếu chuyển động bất kỳ với gia tốc biến đổi, hay trong một hệ quy chiếu có "trường hấp dẫn" biến đổi tương ứng, là hoàn toàn như nhau (trong những điều kiện như nhau).

Đây là nguyên lý tương đương, trường hợp chung nhất. Nếu bỏ qua trường hấp dẫn, chúng ta tự động quay lại trường hợp HTĐ quán tính của TTĐH, được coi là một trường hợp riêng.

Trong lý thuyết hấp dẫn của Niuton, lực F được hiểu ngầm là tác dụng tức thời. Điều đó có nghĩa là tín hiệu hay năng lượng có thể truyền một cách tức thời, và như vậy là trái với một trong các nguyên lý của TTĐ là cả tín hiệu lẫn năng lượng đều không có thể truyền đi nhanh hơn tốc độ ánh sáng. Anhs tanh cho rằng cần xây dựng một lý thuyết hấp dẫn tổng quát hơn lý thuyết hấp dẫn của Niuton, vì lý thuyết này chỉ đúng trong HTĐ quán tính của vật lý học

cổ điển. Khó khăn lớn là làm sao chuyển từ HTĐ quán tính của TTDH sang trường hợp tổng quát là HTĐ bất kỳ, và nguyên lý tương đương ra đời là nhằm khắc phục khó khăn đó, cũng tức là sự hình thành TTDR.

Trong TTDR, các phương trình hấp dẫn vạch ra mối liên hệ giữa khối lượng và vận tốc của nó với các tính chất hình học của không gian xung quanh và sự trôi của thời gian. Một kết luận rất quan trọng được rút ra là: nói chung ở những điểm có trường hấp dẫn càng lớn thì không gian càng cong và thời gian trôi càng chậm. Các phương trình hấp dẫn của Anhshtan cũng diễn tả các định luật về cấu trúc, mô tả sự thay đổi của trường hấp dẫn, tương tự như các định luật về biến đổi trường điện từ của Mácxoen. Đặc điểm của các định luật về cấu trúc là chúng liên hệ các sự kiện xảy ra bây giờ và ở đây với các sự kiện xảy ra muộn hơn một chút trong miền lân cận trực tiếp.

Công cụ toán học trong TTDR rất trừu tượng và phức tạp. Sự "cong" của không gian ba chiều và hơn nữa của không gian bốn chiều - trong đó có thêm chiều thời gian - là những khái niệm không thể nào hình dung gắn với bất kỳ biểu tượng trực quan nào. Các thuật ngữ nói trên chỉ có nghĩa là các quy luật của hình học đã thay đổi, cụ thể ở đây là hình học phẳng Ócolít không còn giá trị nữa.

Các kết luận của TTDR đã được kiểm nghiệm trong nhiều trường hợp, và nhiều tiên đoán của nó về vũ trụ học cũng đang chờ được xác nhận.

III. CÁC VẤN ĐỀ TRIẾT HỌC CỦA TTĐ

1. Một số vấn đề chung

TTĐ với những quan niệm về không gian và thời gian rất "trái với lẽ phải thông thường", nhưng đã được thực tế kiểm nghiệm; về mặt là một lý thuyết khoa học, nó đảm bảo tính logic chặt chẽ, không có mâu thuẫn nội bộ. Nhưng để giải thích được TTĐ, vạch rõ ý nghĩa vật lý của nó là rất khó khăn. Nhiều nhà triết học và khoa học đã cố gắng làm việc đó, nhưng chưa đạt được kết quả. Ngay việc giải thích định luật về tương quan giữa năng lượng và khối lượng cũng đang có nhiều ý kiến khác nhau (xem chương II). Còn có biết bao nhiêu câu hỏi khác như: vì sao không gian và thời gian lại tương đối với sự vận động? Không gian bị co lại và thời gian trôi chậm hơn, nhưng thực sự không có một quá trình vật lý nào đã làm không gian co lại và làm nhịp chạy của đồng hồ chậm lại cả, vì sao vậy? v.v... Câu hỏi bao trùm nhất về bản chất của không gian và thời gian, đối với những người thuộc các trường phái phi duy vật biện chứng, vẫn còn là vấn đề để ngỏ. Tuy vậy, những người duy vật biện chứng cũng chỉ mới vạch ra được ở cấp độ triết học, không gian và thời gian là hình thức tồn tại của vật chất, nhưng chưa phát triển làm rõ được nội dung luận điểm đó: mới dựa vào các kết luận của TTĐ để nói rằng quan điểm duy vật biện chứng về mối quan hệ giữa vật chất, vận động, không gian và thời gian là đúng đắn, mà không vạch ra được vì sao lại như vậy. Tình hình đó đã

hạn chế rất nhiều chức năng thế giới quan và phương pháp luận của triết học duy vật biện chứng trong các nghiên cứu khoa học thời hiện đại nói chung và nói riêng trong việc giải thích các hệ quả và kết luận của TTD. Quả thật, đây là một vấn đề khó khăn và phức tạp, để bàn đến một cách tương đối đầy đủ, cần có những công trình chuyên khảo. Ở đây, chỉ có thể nêu lên một số ý kiến chung có liên quan đến việc giải thích TTD.

Trước hết, cần khẳng định là chỉ có các quan điểm của triết học duy vật biện chứng mới là cơ sở để tìm cách giải thích đúng đắn TTD, nhưng như đã nói trên, cần có sự phát triển các quan điểm này. TTD đã đề cập đến mối quan hệ giữa vật chất, vận động, không gian và thời gian về phương diện khoa học. Các biểu hiện của vật chất và vận động trong các hiện tượng vật lý nói chung và trong TTD nói riêng là rõ ràng, nhưng các khái niệm không gian và thời gian, (nhất là khái niệm không gian) là không xác định, với nghĩa là về mặt triết học chưa có một định nghĩa nào vạch rõ bản chất của không gian và thời gian, trong lúc các ngành toán học và vật lý học lại có quá nhiều định nghĩa. Triết học duy vật biện chứng nói rằng, không gian và thời gian là hình thức tồn tại của vật chất - vật chất được coi là nội dung. Nhưng hình thức và nội dung ở đây được hiểu như thế nào, ở trình độ khái quát cao nhất? Các sách giáo khoa về triết học Mác - Lênin đã đưa ra định nghĩa cặp phạm trù nội dung - hình thức, nhưng trình độ

khái quát không đủ cao để áp dụng vào đây được. Chẳng hạn, định nghĩa sau đây: "Nội dung là tổng hợp tất cả những mặt, những yếu tố, những quá trình tạo nên sự vật. Hình thức là phương thức tồn tại và phát triển của sự vật, là hệ thống các mối liên hệ tương đối bền vững giữa các yếu tố của nó"¹. Định nghĩa này có thể áp dụng cho các sự vật cụ thể, nhưng ngay đối với những đối tượng vật lý khác như "trường" chẳng hạn cũng không thích hợp. Cần có một định nghĩa về nội dung và hình thức có trình độ khái quát cao hơn. Một sự nghiên cứu chi tiết hơn - nhưng không có điều kiện trình bày ở đây - cho biết hình thức tồn tại của vật chất là *không gian được biểu hiện ở các cấu trúc*, còn *thời gian là không gian ở trạng thái vận động*. Cấu trúc có nghĩa là tập hợp những mối quan hệ giữa các phần tử của vật chất ở trạng thái tĩnh tương đối. Khi vật chất vận động, cấu trúc của nó thay đổi, tức không gian thay đổi và trạng thái đó là thời gian. Qua đây chúng ta thấy mối quan hệ giữa vật chất, vận động, không gian và thời gian dưới một dạng cụ thể hơn, tuy vẫn còn rất trừu tượng và do đó bao quát được một phạm vi các đối tượng vật lý rất rộng rãi, quy lại ở "chất" và "trường", là hai thực thể được coi là sơ cấp với trình độ hiểu biết hiện nay của vật lý học.

1. Bộ Giáo dục và Đào tạo. Triết học Mác - Lênin. Tập I, Nxb. Giáo dục, 1995, tr.175.

TTĐ đã đề cập đến các khái niệm không gian và thời gian ở một mức khá sâu của vật chất, mà muốn đạt đến, phải có sự trừu tượng hoá cấp 2 của toán học, nhờ đó đã phát hiện ra đặc tính cấu trúc của không gian. Thế giới vật chất muôn màu muôn vẻ thường được phân ra ba mức dựa theo độ lớn: vĩ mô - vũ trụ, trung bình và vi mô - nguyên tử. Nhưng cũng có thể được phân ra ba mức theo cấp nhận thức: trực quan, trừu tượng hoá cấp 1, trừu tượng hoá cấp 2. Theo sự phát triển của khoa học, cấp độ nhận thức càng tiến dần từ trực quan lên các trình độ trừu tượng hoá càng cao, và chính vì thế mà có sự phát triển về nội dung của các khái niệm khoa học, gây ra tình trạng có tính đa nghĩa trong nhiều khái niệm khoa học; nếu không có sự xác định về cấp độ nhận thức, dễ dàng gây ra sự lộn xộn về nhận thức hoặc không hiểu lẫn nhau. Không gian theo cách hiểu trực quan là khoảng trống, không có gì cả, là độ to nhỏ, xa gần của các sự vật đứng yên... Vận động là sự di chuyển của các sự vật trong không gian mà không có bất kỳ trở ngại nào (ở đây đã bắt đầu có sự trừu tượng hoá không khí chứa đầy trong không gian).

Thời gian trong đời thường từ xa xưa, thực chất là một sự so sánh các hoạt động của con người, các quá trình diễn ra xung quanh, trạng thái tồn tại của mọi sự vật với chuyển động của quả đất xung quanh mặt trời - tất nhiên người ta có thể không có ý thức về việc quả đất xoay xung quanh mặt trời - biểu hiện ở sự luân chuyển ngày, đêm,

buổi sáng, trưa, chiều... Chính các khái niệm thời gian xuất hiện *trong sự so sánh* ấy, so sánh với một sự vận động mà người ta coi là vĩnh cửu và đều đặn, tồn tại một cách khách quan, không ai có thể làm thay đổi được. Chính cái vận động được coi là "chuẩn" để so sánh đó về sau được gọi là thời gian, và người ta hình dung nó như một dòng chảy tưởng tượng, vô thủy vô chung, trôi đều đặn bất cứ ở đâu và lúc nào. Như vậy, nếu nói cho đầy đủ thì thời gian là sự vận động của trái đất xoay quanh mặt trời được lấy làm chuẩn để so sánh mọi sự vận động và trạng thái tồn tại của các sự vật. Về sau người ta chế tạo các đồng hồ, là để có một dạng vận động phản ánh gần đúng sự vận động chuẩn, không phụ thuộc vào đặc điểm vận động của trái đất trong năm, làm cho ngày, đêm dài ngắn khác nhau, không phụ thuộc thời tiết, mưa nắng gây trở ngại cho việc so sánh khi phải dựa vào ánh sáng mặt trời... Dần dần người ta quên cái vận động chuẩn thực sự, mà chỉ thấy cái vận động chuẩn ở cái đồng hồ - là một sản phẩm của trí tuệ con người - nên đã coi thời gian là một cái gì huyền bí rất khó hiểu. Thực ra, khái niệm thời gian rất rõ ràng: đó là sự vận động của trái đất quay quanh mặt trời được coi là vận động để so sánh. Cho nên nếu chỉ nói thời gian là sự vận động là không đúng, hay quan niệm "thời gian chỉ tồn tại thông qua sự biến hoá" như Duyrinh - mà Ph. Ăngghen đã phê phán - cũng là sai. Quan niệm của Ph. Ăngghen về thời gian đã được ông vận dụng để phê phán là đúng,

nhưng vì trong cuộc tranh luận với Duyrinh, thực chất của quan niệm đó chưa được vạch rõ, nên nhiều người đọc cũng thấy khó hiểu.

Nhưng vấn đề chính muốn nói ở đây là sự tương ứng giữa nội hàm khái niệm với cấp độ nhận thức. Ở cấp độ trực quan và trừu tượng hoá cấp một với cách tiếp cận nhận thức trừu tượng - siêu hình, người ta không thể nào đạt tới những khái niệm phản ánh bản chất không gian và thời gian được. Triết học duy vật biện chứng tuy áp dụng trừu tượng hoá cấp một nhưng với cách tiếp cận nhận thức toàn bộ - biện chứng, mới có thể đạt được yêu cầu nói trên.

Chúng ta sẽ điếm qua vấn đề một số quan niệm duy vật và duy tâm về không gian và thời gian trong lịch sử để minh hoạ điều vừa nói trên. Ngoài sự khác nhau cơ bản là một bên - duy vật - thừa nhận sự tồn tại khách quan của không gian và thời gian, còn phía kia - duy tâm - thì ngược lại, các quan niệm cụ thể hơn về không gian và thời gian, tuy có khác nhau giữa người này với người kia, nhưng đều không thoát khỏi tính trực quan và không ai nhìn thấy mối liên hệ hữu cơ giữa không gian và thời gian. Trong các nhà triết học duy vật, lại chia ra hai nhóm: nhóm cho rằng không gian và thời gian tách rời với vật chất và nhóm kia thì ngược lại.

Thuộc nhóm thứ nhất có: Ác-khít (thuộc phái Pitago) cho rằng không gian tồn tại giống như một ngăn kéo to lớn,

trong đó những con số và những sự vật riêng biệt tồn tại; không gian không phụ thuộc và có thể tồn tại ngoài sự vật.

- Đêmocrit coi không gian là một dạng hư vô, trong đó có các nguyên tử chuyển động.

- Arixtốt không coi không gian là hư vô, nhưng là những vị trí, ở đó lần lượt vật này đến vật khác chiếm giữ.

Thuộc nhóm thứ hai có:

- Bơrunô cho rằng không có hư vô, mà không gian liên hệ với vật chất, tức là ête là cái có thể thấm qua và để cho các vật thể tồn tại xuyên qua mình.

- Đêcac cho rằng không gian liên hệ với tất cả các hình thức tồn tại của vật chất.

- Spinôda lại quan niệm không gian là thuộc tính của vật chất. Còn Lốccơ lại lẫn lộn không gian với độ lớn của vật thể.

Về phía các nhà triết học duy tâm, có thể kể:

- Bécclây (duy tâm chủ quan) cho rằng bất cứ vị trí hay quảng tính nào cũng chỉ tồn tại trong tinh thần, trong ý thức; nếu tách khỏi tính liên tục của các ý niệm xuất hiện trong tinh thần chúng ta thì thời gian biến thành cái hư vô.

- Makhơ (duy tâm chủ quan) quan niệm không gian và thời gian là những hệ thống có thứ tự hay nhịp nhàng của nhiều cảm giác.

nhưng vì trong cuộc tranh luận với Duyrinh, thực chất của quan niệm đó chưa được vạch rõ, nên nhiều người đọc cũng thấy khó hiểu.

Nhưng vấn đề chính muốn nói ở đây là sự tương ứng giữa nội hàm khái niệm với cấp độ nhận thức. Ở cấp độ trực quan và trừu tượng hoá cấp một với cách tiếp cận nhận thức trừu tượng - siêu hình, người ta không thể nào đạt tới những khái niệm phản ánh bản chất không gian và thời gian được. Triết học duy vật biện chứng tuy áp dụng trừu tượng hoá cấp một nhưng với cách tiếp cận nhận thức toàn bộ - biện chứng, mới có thể đạt được yêu cầu nói trên.

Chúng ta sẽ điếm qua vắn tắt một số quan niệm duy vật và duy tâm về không gian và thời gian trong lịch sử để minh hoạ điều vừa nói trên. Ngoài sự khác nhau cơ bản là một bên - duy vật - thừa nhận sự tồn tại khách quan của không gian và thời gian, còn phía kia - duy tâm - thì ngược lại, các quan niệm cụ thể hơn về không gian và thời gian, tuy có khác nhau giữa người này với người kia, nhưng đều không thoát khỏi tính trực quan và không ai nhìn thấy mối liên hệ hữu cơ giữa không gian và thời gian. Trong các nhà triết học duy vật, lại chia ra hai nhóm: nhóm cho rằng không gian và thời gian tách rời với vật chất và nhóm kia thì ngược lại.

Thuộc nhóm thứ nhất có: Ác-khít (thuộc phái Pitago) cho rằng không gian tồn tại giống như một ngăn kéo to lớn,

trong đó những con số và những sự vật riêng biệt tồn tại; không gian không phụ thuộc và có thể tồn tại ngoài sự vật.

- Đêmocrit coi không gian là một dạng hư vô, trong đó có các nguyên tử chuyển động.

- Arixtốt không coi không gian là hư vô, nhưng là những vị trí, ở đó lần lượt vật này đến vật khác chiếm giữ.

Thuộc nhóm thứ hai có:

- Bơrunô cho rằng không có hư vô, mà không gian liên hệ với vật chất, tức là ête là cái có thể thấm qua và để cho các vật thể tồn tại xuyên qua mình.

- Đêcac cho rằng không gian liên hệ với tất cả các hình thức tồn tại của vật chất.

- Spinôda lại quan niệm không gian là thuộc tính của vật chất. Còn Lốccơ lại lẫn lộn không gian với độ lớn của vật thể.

Về phía các nhà triết học duy tâm, có thể kể:

- Bécclây (duy tâm chủ quan) cho rằng bất cứ vị trí hay quảng tính nào cũng chỉ tồn tại trong tinh thần, trong ý thức; nếu tách khỏi tính liên tục của các ý niệm xuất hiện trong tinh thần chúng ta thì thời gian biến thành cái hư vô.

- Makhơ (duy tâm chủ quan) quan niệm không gian và thời gian là những hệ thống có thứ tự hay nhịp nhàng của nhiều cảm giác.

- Cantor (nhị nguyên): không gian và thời gian chỉ là hình thức của cảm giác nội tại, là hình thức của trực quan mà con người dùng để hiểu biết thế giới hiện tượng, và tri giác của con người cũng thông qua chúng mà thể hiện. Quan niệm này của Cantor là sâu sắc và có khía cạnh đúng, nhưng vì xuất phát từ quan điểm duy tâm nên vẫn không vạch ra được bản chất của không gian và thời gian.

- Hêghen (duy tâm khách quan) là người đầu tiên vạch ra được mối liên hệ gắn bó không gian và thời gian, khi ông nói rằng "bản chất của thời gian và của không gian là sự vận động", nhưng về lý do thì ông lại giải thích "bởi vì vận động là phổ biến". Với quan niệm sự vận động là khái niệm, là tư tưởng, ông đã phân tích sự vận động ở khía cạnh đó là sự thống nhất của tính liên tục (của không gian và thời gian) và tính gián đoạn của (không gian và thời gian), nhưng không phân tích mối quan hệ giữa không gian và thời gian với nhau và với sự vận động của vật chất.

Qua những điều vừa trình bày ở trên (kể cả các quan niệm về không gian và thời gian của Niuton và Lépniét, các khái niệm về không gian và thời gian trong toán học và vật lý học đã được giới thiệu trong chương II), chúng ta có thể rút ra nhận xét sau đây:

Vật chất ở những chiều sâu khác nhau có những biểu hiện khác nhau về hình thức vận động và gắn liền là không gian và thời gian. Đặc điểm đó đòi hỏi ở từng chiều

sâu phải có cấp nhận thức tương ứng, phù hợp (trực quan, trừu tượng hoá cấp 1, cấp 2), nhưng cũng do đó, trước cùng một đối tượng, nhưng ở chiều sâu khác nhau, cần có những quan niệm và khái niệm khác nhau để phản ánh. Tính đa nghĩa của các khái niệm không gian và thời gian cũng như mối quan hệ giữa chúng có những biểu hiện khác nhau (tách rời, gắn liền) là xuất phát từ tình hình nói trên. Vì vậy, sẽ có sự lộn xộn trong nhận thức khi đem các quan niệm và khái niệm về một đối tượng ở tầng cấu trúc này áp dụng vào tầng cấu trúc khác. Chẳng hạn, ở trình độ khái quát cao, có thể nói thời gian là không gian ở trạng thái vận động, nhưng thời gian ở cấp trực quan hay ở trong vật lý học cổ điển thì không thể nói thời gian tồn tại thông qua sự biến hoá, cũng có nghĩa thời gian là sự vận động. Trong TTD, thời gian cần được hiểu là sự vận động của không gian, tức của cấu trúc, nhưng phải được so sánh với "sự vận động chuẩn", là sự vận động của trái đất. Nói chung, ở trình độ khoa học, dù là hiện đại, và tương lai sau này nữa, đã nói đến thời gian của con người, có quan hệ đến con người, thì đó là tỷ lệ so sánh giữa một quá trình vận động nào đó với "vận động chuẩn", vì dù sao con người vẫn còn phải sống trên trái đất! Vận động chuẩn tồn tại khách quan và được coi là không thay đổi (thực ra thì có thay đổi nhưng có thể bỏ qua), cho nên nếu có sự thay đổi thời gian của một quá trình nào đó, phải tìm nguồn gốc ở cái không gian, trên đó diễn ra sự vận động. Chúng ta trở

lại vấn đề này trong đoạn sau. Tóm lại, có vận động của không gian mới có thời gian, nhưng thời gian hiện thực không phải là chính sự vận động mà là một tỷ lệ so sánh các vận động.

2. Sự vận dụng các quan điểm duy vật biện chứng trong việc giải thích TTD

Giải thích TTD có nhiều khó khăn là do:

- Xuất phát từ một số giả thuyết (được thực tế kiểm chứng) các kết luận của TTD đã được rút ra bằng các suy luận toán học trừu tượng, nên có khả năng đi sâu vào cấu tạo của vật chất, nhưng từ đó càng đi xa các đối tượng vật chất cụ thể.

- Cách tiếp cận nhận thức trong TTD cũng là cách tiếp cận trừu tượng - siêu hình, mặc dù các đối tượng nghiên cứu ở đây biểu hiện tính biện chứng trong sự diễn biến rõ rệt hơn so với các đối tượng của vật lý học cổ điển.

Chính do đặc điểm tình hình nói trên, nên để có thể giải thích TTD, cần vận dụng các quan điểm của triết học duy vật biện chứng là triết học với cách tiếp cận nhận thức toàn bộ - biện chứng và một sự khái quát hoá rất cao, đã vạch ra những yếu tố bản chất, phổ biến của thế giới. Ngoài các nguyên lý cơ bản của chủ nghĩa duy vật, về mối quan hệ giữa vật chất, vận động, không gian và thời gian, có thể lấy phát biểu của V.I. Lênin để làm căn cứ cho mọi

sự phân tích có liên quan đến bốn yếu tố nói trên trong TTD: "Trong thế giới, không có gì ngoài vật chất đang vận động và vật chất đang vận động không thể vận động ở đâu ngoài không gian và thời gian"¹. Và về bản chất của không gian và thời gian thì Ph.Ăngghen cũng đã chỉ rõ: "... các hình thức cơ bản của mọi Tồn tại là không gian và thời gian, và Tồn tại ngoài thời gian cũng hoàn toàn vô lý như Tồn tại ngoài không gian"².

Những luận điểm nói trên của Ph.Ăngghen và V.I.Lênin là rất khái quát và trừu tượng. Để từ các luận điểm ấy trở về cái cụ thể trong hiện thực, bằng con đường "từ trừu tượng đến cụ thể" phải trải qua nhiều tầng, nhiều mức, tương ứng với các cấp khác nhau trong cấu tạo vật chất do vật lý học nghiên cứu.

Các luận điểm nói trên cho phép nhìn các khái niệm của vật lý học một cách cụ thể hơn, phản ánh thế giới với tính toàn bộ hơn. Chẳng hạn, "năng lượng" không phải là "lượng vận động" mà là "lượng vật chất vận động", (vì vật chất và vận động không bao giờ tách rời nhau). Vật chất trong hiện thực có đứng im tương đối, được biểu hiện ở những "cấu trúc" tức không gian, là hình thức tồn tại của một lượng vật chất được "cấu trúc hoá", ẩn chứa trong đó khả năng vận động, tức là năng lượng dưới dạng tiềm

1. V.I. Lênin. Toàn tập. T.18. NXB Tiến bộ Mátxcova, 1980, tr.209-210.

2. Ph.Ăngghen. Chống Duyrinh. NXB Sự thật. Hà Nội, 1971, tr.88.

năng. Vận động của vật chất biểu hiện ra ở vận động của cấu trúc, tức là sự thay đổi cấu trúc; và sự thay đổi này chỉ xảy ra khi lượng vật chất tương ứng (tức lượng vật chất cấu trúc hoá) thay đổi, theo sự chi phối của quy luật lượng - chất.

Trong vũ trụ, với sự hiểu biết hiện nay của khoa học, chỉ có hai loại "cấu trúc": cấu trúc "hạt" (hay chất) và cấu trúc "trường", với những tính chất rất khác nhau, nhưng cái chung của hai loại cấu trúc này là "lượng vật chất" (năng lượng).

Với quan niệm nói trên, "lực" chính là cường độ của "lượng vật chất". Khối lượng là một lượng vật chất được cấu trúc hoá. Tác động một lực vào một khối lượng, chính là truyền vào đó thêm một lượng vật chất, làm thay đổi cấu trúc đồng thời tăng lượng vật chất của nó. Những sự thay đổi cấu trúc ấy chính là sự vận động, biểu hiện ra ngoài ở sự thay đổi khoảng cách tới những khối lượng khác. Như vậy, sự thay đổi khoảng cách - biểu hiện của vận động cơ học - chỉ là hiện tượng phái sinh của sự vận động gốc là sự thay đổi cấu trúc (không gian). Chừng nào không có lực tác dụng, tức là không có sự lưu chuyển lượng vật chất, thì các khối lượng không bị thay đổi cấu trúc. Mỗi cấu trúc khối lượng có một lượng vật chất với một trị số nào đó, làm cho nó có một "độ nén" đặc trưng. Những khối lượng có cùng một độ nén thì đứng yên tương đối với nhau; nếu có độ nén khác nhau thì chuyển động thẳng đều so với

nhau. (Những điều vừa nói trên tương ứng với các nghiên cứu động học trong Cơ học).

Trên đây chỉ mới phác qua một vài kết quả ở một mức, trên con đường tiến từ trừu tượng đến cụ thể, từ các luận điểm tổng quát của triết học (các kết quả đầy đủ của mức này cần được trình bày trong một tài liệu khác). Các kết quả đầy đủ hơn của sự cụ thể hoá này cho phép nhìn các hiện tượng vật lý ở một tầng sâu hơn của cấu tạo vật chất - so với cách nhìn của vật lý học cổ điển - với tính toàn bộ - biện chứng, và nhờ đó có thể giải thích dễ dàng hơn TTĐ.

Do ở đây không có các kết quả đầy đủ của sự cụ thể hoá các quan điểm tổng quát của triết học duy vật biện chứng, nên chỉ có thể phân tích một số vấn đề của TTĐ, ở góc độ triết học của vật lý học.

3. Các yếu tố có vai trò cơ bản trong TTĐ

Nghiên cứu TTĐ, người ta rất thích thú trước các lập luận toán học rất chặt chẽ và rất ngạc nhiên trước các kết luận đơn giản, nhưng rất "đẹp" và trái với quan niệm thông thường của con người. Một câu hỏi thường được đặt ra: Vì sao nhờ công cụ toán học mà Anhstanh lại phát hiện được những chân lý đã ẩn náu lâu ngày như vậy? Những người duy tâm nghi ngờ tính khách quan của các chân lý đó, mà họ coi là sản phẩm thuần túy chủ quan - nhất là một thời gian dài sau khi TTĐ ra đời, người ta chưa có điều kiện để kiểm chứng các kết luận của TTĐ.

Để xây dựng TTD, Anhstanh đã dựa trên một số nguyên lý cơ bản (nguyên lý về các định luật vật lý là giống nhau trong tất cả các HTĐ quán tính, về vận tốc ánh sáng luôn luôn có cùng một trị số, đối với TTDH, nguyên lý tương đương đối với TTDR), mà với cách nhìn cổ điển, người ta thấy hình như giữa các nguyên lý ấy chẳng có quan hệ gì với nhau, và cũng khó lòng biết được những yếu tố nào và thông qua cơ chế nào để làm lộ ra những mối quan hệ bí ẩn mà TTD đã vạch ra.

Trước khi nói về một thí nghiệm tưởng tượng để chứng minh tính tương đối của thời gian, Anhstanh có nói: "Trong cách bố trí của chúng ta điều quan trọng là tín hiệu được truyền đi với vận tốc của ánh sáng - vận tốc này có vai trò cơ bản trong TTD"¹.

Về nguyên lý nói rằng các định luật vật lý là giống nhau trong tất cả các HTĐ quán tính, ở đây vai trò cơ bản là ở các HTĐ quán tính - các HTĐ chuyển động thẳng đều đối với nhau - Chính trong các HTĐ này, vận tốc ánh sáng luôn luôn có trị số không đổi, không phụ thuộc gì vào nguồn phát ra nó. Đó là biểu hiện của sự giống nhau của các định luật vật lý trong các HTĐ quán tính.

Nhưng trong cơ học cổ điển thì vận tốc của các vật chuyển động thẳng đều trong các HTĐ quán tính lại có trị

1. A. Anhstanh - L. Infen. Sự tiến triển của vật lý. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.179.

số khác nhau, mức độ khác nhau nhiều hay ít tùy thuộc vào so sánh vận tốc của các HTĐ quán tính. Điều này mâu thuẫn với hiện tượng tốc độ ánh sáng có trị số luôn luôn không đổi trong các HTĐ quán tính. Anhstanh nhận xét: "Ở đây lần đầu tiên TTD và vật lý cổ điển khác nhau tận gốc rễ"¹ và mâu thuẫn này chỉ được giải quyết "nếu vận tốc ánh sáng giống nhau trong tất cả các HTĐ thì thanh chuyển động phải thay đổi độ dài, đồng hồ chuyển động phải thay đổi nhịp chạy và các định luật chi phối sự biến đổi này là hoàn toàn xác định"². Nói cách khác, không gian (độ dài của thanh chuyển động) và thời gian (nhịp chạy) phải là tương đối với sự vận động, vì nó thay đổi tùy theo vận tốc chuyển động tương đối của các HTĐ, trong đó có các thanh và đồng hồ đưa vào làm thí nghiệm.

Trên đây là kết luận rút ra hoàn toàn bằng logic, nói rằng không gian và thời gian là tương đối, ngược hẳn với quan niệm không chỉ của vật lý học cổ điển mà của lẽ phải thông thường của mọi người là không gian và thời gian là tuyệt đối, không phụ thuộc vào cái gì vận động và sự vận động. Sự suy luận logic nói trên là đúng, nhưng nếu không phân tích gì thêm thì quả là khó hiểu.

Có 4 vấn đề cần được nêu ra ở đây:

1. A. Anhstanh - L.Infen. Sự tiến triển của vật lý. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.183.
2. A. Anhstanh - L.Infen. Sự tiến triển của vật lý. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.183.

- Trong vật lý học cổ điển, khi nói đến sự thay đổi tọa độ và vận tốc của các vật chuyển động khi chuyển từ HTĐ quán tính này sang HTĐ quán tính khác, thì vận tốc của các vật chuyển động v là rất bé so với vận tốc ánh sáng c ($v \ll c$).

- Sự truyền ánh sáng trong quan niệm cổ điển là tức thời (thuyết tác dụng xa), khác với sự truyền ánh sáng trong TTĐ là có thời gian (thuyết tác dụng gần).

- Các vật chuyển động trong cơ cổ điển có cấu trúc "chất" (không gian chất) còn ánh sáng có cấu trúc "trường" (không gian trường).

- Sự thay đổi chiều dài của thanh và sự thay đổi nhịp chạy của đồng hồ không phải là những sự thay đổi vật lý, nghĩa là do những lực ở bên ngoài hoặc bên trong gây ra (chú ý là trong thực tế, những sự thay đổi không gian và thời gian chỉ được nhận rõ ở những hạt chuyển động với vận tốc cực lớn, có thể so với vận tốc ánh sáng, lúc này đã có vai trò của lực).

Toán học với ưu thế đặc biệt của nó, đã tổng hợp được các vấn đề nói trên, vạch ra được mối liên hệ giữa chiều dài và đồng hồ chuyển động thẳng đều so với lúc đứng yên, thể hiện ở vận tốc tương đối v so với vận tốc ánh sáng c , theo tỷ lệ v^2/c^2 trong các công thức nói về sự co lại của không gian và sự chạy chậm của thời gian (xem 3.1).

Theo quan niệm cổ điển, phản ánh cấu tạo vật chất ở cấp trực quan và trừu tượng hoá cấp 1, thì rõ ràng không thể giải thích được các công thức ấy.

Trước hết, nói về khái niệm, thì không gian (trong công thức nói là chiều dài của thanh) và thời gian (trong công thức nói là khoảng thời gian giữa hai sự kiện) ở đây cần hiểu theo quan niệm nào? (quan niệm đời thường, vật lý, toán học, và trong vật lý và toán học lại có mấy khái niệm khác nhau).

- Các HTĐ chuyển động thẳng đều với nhau, về mặt cơ học, chỉ có nghĩa là các HTĐ đó chuyển động tương đối với nhau với một vận tốc v nào đó. Đó là biểu hiện bên ngoài, còn thực chất đó là sự khác nhau về "độ nén" trong cấu trúc của các HTĐ, điều này đã được trừu tượng hoá. Đối với sự chuyển động của các vật khác cũng thế. Riêng đối với ánh sáng, là sự vận động của cấu trúc "trường", một cấu trúc khác hẳn cấu trúc "chất" (của chính các HTĐ và các vật thể khác), chính là nguồn gốc của sự không phụ thuộc của tốc độ ánh sáng vào các HTĐ quán tính.

- Trong phần động học của TTD, chưa nói đến lực tác động vào hệ thống (tức có sự lưu chuyển vật chất) và chưa nói đến khối lượng (lượng vật chất cấu trúc hoá). Nếu không chú ý đến sự trừu tượng hoá này, sẽ không hiểu được vì sao các thay đổi về không gian và thời gian trong TTDH lại không phải là những thay đổi vật lý.

- Trong phân động lực học của TTD, phải nói đến vai trò của lực và khối lượng. Nhưng trong công thức cuối cùng, rút ra sự thay đổi khối lượng theo vận tốc

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

không thấy có mặt lực, và cũng chỉ thấy sự phụ thuộc vào tỷ số v^2/c^2 như trong các công thức nói về sự thay đổi không gian và thời gian. Nếu chỉ dựa trên hình thức của các công thức, có thể tưởng rằng sự thay đổi không gian, thời gian và khối lượng theo vận tốc là có bản chất giống nhau. Thực ra, một bên là lượng vật chất cấu trúc hoá - khối lượng - là biểu hiện của vật chất, một bên là hình thức tồn tại của vật chất - không gian và thời gian; sự thay đổi khối lượng là một sự thay đổi thực, vật lý, do có lực tác dụng tức là có gia tăng lượng vật chất, làm cho lượng vật chất cấu trúc hoá khối lượng thực sự có tăng lên. Vai trò của lực được ẩn ở sau vận tốc. Nếu trong công thức về thay đổi không gian và thời gian, vận tốc c có vai trò là một chuẩn so sánh với v , thì trong công thức về thay đổi khối lượng, c lại nói lên giới hạn tối đa của sự tăng v (không có vật nào chuyển động với vận tốc lớn hơn vận tốc ánh sáng).

Chính cách hiểu hình thức, chỉ dựa trên các công thức toán học, lại không hiểu ý nghĩa vật lý đã làm cho việc

nhận thức TTĐ bị lệch lạc. Xin nêu một dẫn chứng: trong lịch sử khoa học đã có cuộc tranh luận xung quanh nghịch lý được gọi là "nghịch lý về những đứa trẻ sinh đôi". Giả thiết có hai đứa trẻ sinh đôi. Lúc chúng lên 20 tuổi, một trong hai là A ở lại quả đất, còn người anh em với A là B thì đi du hành đến sao Acturo trên con tàu vũ trụ bay với vận tốc $v = 0.99c$ (gần bằng tốc độ ánh sáng). Biết rằng khoảng cách từ sao Acturo đến trái đất là 40 năm ánh sáng. Như vậy, theo công thức về sự chạy chậm của thời gian của TTĐ, đối với A ở trái đất, thì khi B đến sao Acturo rồi quay ngay trở về trái đất, đã trôi qua 80,8 năm (thay $v = 0,99c$ vào công thức và làm vài phép tính đơn giản sẽ đạt kết quả này). Như vậy, lúc ấy A đã là $20 + 80,8 = 100,8$ tuổi. Còn B ở trên tàu vũ trụ - chuyển động với $v = 0,99c$ nên thời gian trôi chậm hơn so với ở quả đất, chỉ bằng 0,141 lần, có nghĩa là đối với B, tính từ lúc ra đi đến lúc quay về trái đất, chỉ mới có $80,8 \times 0,141 = 11,4$ năm trôi qua và B mới có $20 + 11,4 = 31,4$ tuổi, trẻ hơn A $100,8 - 31,4 = 69,4$ tuổi.

Những người hiểu đúng TTĐ, đã phản bác lập luận nói trên, nói rằng: nếu A ở trên trái đất coi như đứng yên, còn B ở trong một con tàu vũ trụ *chuyển động thẳng đều so với trái đất* với vận tốc $v = 0.99 c$, thì do tính tương đối của chuyển động, không thể nói ai là chuyển động, ai là đứng yên và nếu A nhìn thấy sự co không gian và sự chạy chậm của thời gian ở B trong con tàu vũ trụ như thế nào, thì

ngược lại, B ở trong con tàu của mình, cũng nhìn thấy A ở trái đất một tình hình đúng như vậy. TTĐH đã xét sự thay đổi không gian và thời gian trong các HTĐ quán tính là một trường hợp trừu tượng hoá rất cao, trong đó *hoàn toàn không nói gì đến lực và khối lượng*; các đối tượng thuộc hai HTĐ quán tính - như A và B trong thí dụ ở trên - là hoàn toàn có tính đối xứng.

Những người nói về sự trẻ già khác nhau của A và B, dựa vào công thức của sự thay đổi không gian và thời gian của TTĐ trong trường hợp trừu tượng hoá nói ở trên, nhưng lại đưa thêm những yếu tố cụ thể, làm cho A và B không còn tính đối xứng nữa: đó là sự chuyển HTĐ của B từ trái đất lên sao Acturơ và quay trở lại, làm cho HTĐ của B không còn là HTĐ quán tính nữa, vì gắn với quá trình phóng lên và quay về là phải có các lực đẩy và lực hãm, làm cho HTĐ của B chuyển động không phải là thẳng đều nữa, mà có gia tốc. Trường hợp này nằm ngoài giả thuyết cơ bản của TTĐH.

- Cũng không thể nào lý giải được vì sao trong cơ học cổ điển thì có vận tốc theo, nhưng đối với ánh sáng thì không có, vì vậy mới không có sự phụ thuộc của tốc độ ánh sáng vào HTĐ quán tính - một nguyên lý của TTĐ - và là nguồn gốc của nhiều hiện tượng kỳ lạ lâu nay bị ẩn dấu. Ở đây phải xét đến các đặc tính của cấu trúc "chất" và cấu trúc "trường", và phải quan tâm đến thực chất của các HTĐ. Trong cơ học cổ điển cũng như tương đối, HTĐ vốn

gắn với những vật xác định như trái đất, mặt trời hay các vật cụ thể khác, nhưng tất cả đều có cấu trúc "chất" (không gian chất), nhưng trong nghiên cứu lý thuyết, các cấu trúc "chất" của HTĐ bị trừu tượng hoá, chỉ còn lại các quy ước về cách xác định vị trí, mối quan hệ giữa các điểm, đại diện cho các đối tượng nghiên cứu, so với một HTĐ được biểu diễn bởi một số đoạn thẳng. Chính vì sự trừu tượng hoá này và không xét đến cấu trúc "chất" của cả HTĐ và vật nghiên cứu nên nguồn gốc của vận tốc theo đã bị che dấu. Một vật đứng yên trong một HTĐ có nghĩa là vật và HTĐ có cấu trúc "chất" với cùng một độ nén. Nếu truyền vào HTĐ một lực - tức một lượng vật chất - thì cấu trúc của chất trong HTĐ và trong vật biến đổi như nhau, độ nén của cấu trúc HTĐ và vật luôn luôn bằng nhau, thể hiện ra ngoài là chúng vẫn đứng yên tương đối với nhau. Nếu bây giờ chỉ tác động "lực" vào vật, độ nén cấu trúc của riêng nó tăng lên so với cấu trúc HTĐ, biểu hiện ra ngoài là sự chuyển động (thay đổi khoảng cách) so với HTĐ. Nhưng vật vẫn mang trong mình nó độ nén mà nó đã được HTĐ truyền cho trước đó. Đó là nguồn gốc của cái gọi là vận tốc theo trong cơ học. Một máy bay đậu trên mặt đất, vì nó đứng yên nên có cùng một độ nén cấu trúc với trái đất. Khi nó có lực đẩy truyền riêng cho nó một lượng vật chất, làm tăng độ nén cấu trúc riêng của nó nên nó chuyển động và bay rời khỏi mặt đất. Nhưng dù rời mặt đất, trong nó vẫn có phần độ

nén giống độ nén của trái đất, nên ở trong vũ trụ, nó vẫn có chuyển động như là trái đất. Khác với cấu trúc "chất", cấu trúc "trường" do đặc điểm riêng của nó, khi rời khỏi một cấu trúc chất từ đó nó được sinh ra, hoàn toàn không có độ nén của cấu trúc chất nữa. Sự vận động của nó mang tính chất khác hẳn: không phụ thuộc gì vào độ nén của cấu trúc vật sinh ra nó, vào bất kỳ HTĐ nào và truyền đi với vận tốc không đổi.

Trên đây đã nói về các yếu tố có vai trò cơ bản trong TTĐH. Trong TTĐR, các hiện tượng nghiên cứu không còn bị hạn chế trong các HTĐ quán tính, vấn đề không - thời gian đã được phân tích sâu sắc hơn. Thuyết đề cập đến vấn đề sự hấp dẫn - mà nguồn gốc là khối lượng - và thiết lập các định luật cấu trúc mới cho trường hấp dẫn. Ở đây phải giải quyết vấn đề có liên quan đồng thời đến "chất" và "trường" - hai thực thể có cấu trúc hoàn toàn khác nhau. Chuyển động có gia tốc là chuyển động của một "chất" luôn luôn được gia tăng lượng vật chất (tức có lực tác dụng), làm cho khối lượng (tức lượng vật chất cấu trúc hoá) luôn luôn thay đổi. Những mối quan hệ trong nội bộ một hệ thống có tính ổn định (các quy luật), gắn với các HTĐ không quán tính, tức là chuyển động có gia tốc, rõ ràng là sẽ bị thay đổi. Điều đó có nghĩa, là các định luật vật lý là không giống nhau trong các HTĐ không quán tính - (trong các HTĐ không quán tính, các định luật Niuton I và II đều không nghiệm đúng).

Vấn đề đặt ra là: trong TTĐ hẹp, các định luật vật lý là giống nhau trong các HTĐ quán tính, nhưng sẽ không giống nhau trong các HTĐ chuyển động có gia tốc. Định luật vật lý tồn tại khách quan, nhưng tại sao lại thay đổi ở những HTĐ chuyển động có gia tốc, và nói chung ở những HTĐ bất kỳ (có gia tốc bất kỳ, phương hướng chuyển động của HTĐ bất kỳ...). Có tình hình đó là do: Các HTĐ bao giờ cũng có cấu trúc (tức không gian) "chất", còn các đối tượng quy vào chúng có thể là không gian "chất", không gian "trường" hoặc đồng thời cả hai, nên sẽ có những tác động qua lại rất khác nhau, làm "biến dạng" các định luật vật lý quy vào các HTĐ. Có hai hướng để khắc phục tình hình đó:

- Quy "chất" về "trường", coi trường là thực thể sơ cấp, cuối cùng Anhstanh đã thử đi theo hướng này nhưng chưa thành công. Mặc dù TTĐH cho biết sự tương đương giữa khối lượng và năng lượng có nghĩa là giữa chất và trường không có sự khác nhau định tính, mà chỉ là sự khác nhau định lượng: chất là nơi tập trung năng lượng cực lớn, còn trường thì năng lượng rất bé, nhưng ông chưa tìm được định luật áp dụng chung cho cả hai loại không gian đó. Các định luật cấu trúc của trường điện từ và trường hấp dẫn không còn đúng cho các chất là nơi mật độ năng lượng rất lớn và là nguồn gây ra trường (điện tích, khối lượng).

- Tìm ra sự tương đương giữa khối lượng quán tính và khối lượng hấp dẫn (nguyên lý tương đương) cũng là sự

tương đương giữa trường hấp dẫn và trường do chuyển động có gia tốc gây ra, thực chất là sự tương đương giữa không gian "chất" và không gian "trường". Điều này cũng có nghĩa là TTĐR đã tìm được mẫu số chung về không gian giữa hai thực thể "chất" và "trường" nhờ đó đã có thể tìm ra cách thiết lập các định luật về hấp dẫn cũng như tất cả các định luật tự nhiên cho *tất cả các HTĐ có thể có*.

Tất cả những điều trình bày trong tiểu mục này có thể chưa giải thích được rõ và đầy đủ ý nghĩa vật lý của các yếu tố có vai trò cơ bản trong TTĐ, vì việc đó còn đòi hỏi nhiều điều kiện khác mà ở đây chưa có, nhưng về mặt phương pháp luận, đã chỉ rõ:

- Các hiện tượng do TTĐ nghiên cứu nằm ở một tầng cấu tạo vật chất sâu hơn so với tầng do vật chất cổ điển nghiên cứu; do đó không thể đem các khái niệm trong đời thường và trong khoa học cổ điển về không gian và thời gian, để hiểu TTĐ.

- Do phải xuống các tầng sâu của cấu tạo vật chất, phương tiện chủ yếu được dùng là toán học, với tính trừu tượng rất cao. Khi muốn đưa các kết luận của TTĐ trở về hiện thực trong thế giới trung bình, đưa cái trừu tượng trở về cái cụ thể, phải xem xét kỹ mức độ trừu tượng hoá của lý thuyết để tránh những sai lầm về nhận thức đối với lý thuyết.

4. Tính tương đối và tính tuyệt đối trong TTĐ

Về mặt vật lý, tên gọi thuyết "tương đối" là dựa vào một nguyên lý cơ bản là nguyên lý tương đối, nói về tính tương đối của một số đại lượng vật lý, có trị số khác nhau tùy thuộc vào hệ quy chiếu mà người ta chọn. Nhưng ở cùng một hệ quy chiếu, lại đồng thời có những đại lượng bất biến, tuyệt đối. Vì sao lại có những đại lượng này?

Trước hết, cần nói về *tính tương đối*. Tính tương đối ở đây có dẫn đến chủ nghĩa tương đối không? Quả thật, nếu không phân tích cặn kẽ, thì điều này có thể xảy ra.

Như chúng ta đã biết, nếu có một thanh sắt chiều dài là 1, đứng yên trong một HTĐ nào đó, thì những người quan sát trong các HTĐ quán tính, chuyển động theo thứ tự với các vận tốc $v_1, v_2, v_3...$ sẽ thấy thanh sắt ấy có chiều dài $l_1, l_2, l_3...$ Trong trường hợp này, nếu hỏi rằng trong các chiều dài này, cái nào là chiều dài thật, không ai có thể trả lời được. Cũng tương tự như vậy, đối với khoảng thời gian Δt giữa hai sự kiện xảy ra trong HTĐ nói trên, thì những người ở các HTĐ quán tính khác, cũng sẽ thấy khoảng thời gian giữa hai sự kiện ấy, quan sát ở HTĐ của họ sẽ là $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3...$ có trị số khác nhau. Trước tình hình đó, có người đặt vấn đề: phải chăng mọi cảm giác của con người chỉ phản ánh được các hiện tượng, còn "các vật tự nó", như cái "chiều dài thật" của thanh sắt hay "khoảng thời gian thật" giữa hai sự kiện nào đó, là không thể nhận thức được, như quan niệm của Cantor.

Để giải đáp vấn đề này, chúng ta cần lưu ý đến sự trừu tượng hoá, nói chung là rất cao trong TTD. Nói riêng trong trường hợp vừa nêu ở trên, có hai sự trừu tượng hoá:

- Các HTĐ quán tính là sự trừu tượng hoá thứ nhất, bởi vì trong thực tế, xét đến cùng không bao giờ có những HTĐ quán tính - tất nhiên người ta có thể tạo ra những HTĐ gần quán tính.

- Sự trừu tượng hoá thứ hai là sự trừu tượng hoá tách vận động khỏi vật chất, thể hiện rất rõ ở sự co của không gian và sự chạy chậm của thời gian chỉ phụ thuộc vào tỷ số v_2/c_2 (trong thừa số

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}})$$

v và c đều biểu diễn vận tốc của sự vận động, nhưng cái gì vận động, thì công thức không nói đến. Trong thực tế thì đó là sự vận động của hai thực thể khác nhau: một bên là "chất" (v), một bên là "trường" (c) hai thực thể tuy đều là biểu hiện của vật chất, nhưng có không gian (cấu trúc) rất khác nhau. Không gian của trường làm cho sự chuyển động của nó (của ánh sáng) không phụ thuộc vào HTĐ quán tính nào cả, không phụ thuộc vào nguồn phát ra nó chuyển động như thế nào. Còn không gian của "chất" (của các HTĐ và người quan sát) làm cho nó phụ thuộc vào vận tốc chuyển động, mà sự khác nhau về vận tốc thực chất là sự khác nhau về độ nén của không gian, do lượng vật chất

được cấu trúc hoá khác nhau. Cũng có thể diễn giải một cách rõ hơn là: một bên ánh sáng có vận tốc cực lớn và không đổi vì khối lượng tĩnh $m_0 = 0$ (lượng vật chất cấu trúc hoá khối lượng tĩnh = 0) còn một bên là các HTĐ (và người quan sát) có vận tốc khác nhau $v_1, v_2, v_3...$ phụ thuộc vào lượng vật chất cấu trúc hoá trong đó, và được biểu hiện ở các khối lượng tương ứng $m_1, m_2, m_3...$ khác nhau tùy thuộc vào vận tốc, theo công thức của TTD

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Có thể giải thích tính biểu kiến của sự co không gian và sự chạy chậm thời gian trong các trường hợp nói ở trên như sau:

- Trong các chuyển động của các HTĐ quán tính (và các vật cùng người quan sát gắn vào đó) không hề có sự tác động của lực nào cả lên thanh hay đồng hồ chỉ thời gian, để làm cho thanh co lại hay làm cho đồng hồ thay đổi nhịp chạy thực sự, nghĩa là có những biến đổi có tính vật lý.

- Tính biểu kiến của sự thay đổi không gian và thời gian chính là do sự gắn bó giữa không gian và thời gian, vì không gian là cấu trúc, còn thời gian - lưu ý thời gian không phải là sự vận động mà là tỷ lệ so sánh một vận động với vận động "chuẩn" - là sự vận động của cấu trúc không gian so với vận động "chuẩn". Trong các công thức

của TTĐ, vận động "chuẩn" là vận động của ánh sáng, thời gian của nó so với vận động "chuẩn - trái đất" có đặc tính là có trị số không thay đổi (c). Sự đưa ánh sáng vào, làm lộ rõ những HTĐ quán tính có những lượng vật chất cấu trúc hoá khác nhau.

Về các *đại lượng bất biến*, có năm trường hợp sau đây:

TH1: Bất biến đối với phép biến đổi Galilê. Cơ học cổ điển chỉ ra rằng, ở giữa các HTĐ quán tính, theo nguyên lý tương đối Galilê thì tọa độ, vận tốc của các vật chuyển động thay đổi từ HTĐ này sang HTĐ khác, nhưng khoảng cách giữa hai chất điểm cố định hay chiều dài của một thanh cứng, khoảng thời gian giữa hai biến cố, các định luật cơ học, là *bất biến ở mọi HTĐ quán tính*. Việc tính toán để suy ra các đại lượng biến đổi từ HTĐ này sang HTĐ khác, tuân theo phép biến đổi có tên là phép biến đổi Galilê.

Nhưng khi nói về các hiện tượng điện từ diễn ra trong các HTĐ quán tính khác nhau, người ta không áp dụng được phép biến đổi Galilê nữa, mà phải áp dụng phép biến đổi Lorenxơ. Sự khác nhau giữa hai phép biến đổi Galilê và Lorenxơ là ở chỗ, trong phép biến đổi Lorenxơ, người ta phải đưa vào một yếu tố mới: đó là chuyển động của ánh sáng với vận tốc luôn luôn có trị số không đổi, không tùy thuộc vào bất kỳ HTĐ quán tính nào. Nói một cách khác, ở đây ngoài không gian "chất", còn có thêm không gian

"trường". Hoặc trong phép biến đổi Galilê, tương tác được coi là truyền đi tức thời, vận tốc ánh sáng là lớn vô hạn, cũng có nghĩa là không gian "trường" bị bỏ qua, coi như không có (trừu tượng hoá không gian "trường"). Cũng có thể giải thích sự khác nhau giữa hai phép biến đổi Galilê và Lorenxơ là do độ chênh lệch quá lớn giữa vận tốc thông thường của các HTĐ quán tính so với vận tốc của ánh sáng, đến mức có thể coi vận tốc tương đối giữa các HTĐ quán tính (không gian "chất") là bằng không, trước vận tốc của ánh sáng. Lúc này, tuy có xét đến không gian "trường" (có tính đến vận tốc của ánh sáng) thì phép biến đổi Galilê vẫn đúng vì các HTĐ quán tính được coi là đứng yên so với nhau (trừu tượng hoá sự khác nhau giữa các không gian "chất").

Về tính bất biến của các định luật cơ học đối với phép biến đổi Galilê, có thể kể trước hết đến tính bất biến của các phương trình của Niuton, cơ sở của cơ học cổ điển (lưu ý: trong các phương trình của Niuton, khối lượng m được coi là bất biến, không phụ thuộc vào vận tốc).

TH2: Bất biến đối với phép biến đổi Lorenxơ.

Nếu vận tốc ánh sáng (cũng là sóng điện từ) là bất biến trong mọi HTĐ quán tính, thì các phương trình Mác-xoen diễn tả quy luật truyền sóng điện từ trong chân không, lại thay đổi dạng khi chuyển từ HTĐ này sang HTĐ khác, tức là không bất biến với phép biến đổi Galilê.

mà chỉ *bất biến* với *phép biến đổi Lorenxơ*, là phép biến đổi được rút ra, dựa trên hai tiên đề của TTD. Trong sự quy các hiện tượng điện từ vào các HTĐ, và nếu xét cả nguồn gốc sinh ra sóng điện từ (là sự dao động của các hạt tích điện), người ta phải tính đến sự tồn tại và mối quan hệ qua lại giữa hai không gian "chất" và "trường", thể hiện ở chỗ vận tốc của chất (v) không thể bỏ qua, và c tuy có giá trị lớn nhưng không phải là vô hạn. Khi bỏ qua không gian chất ($v \ll c$) hoặc coi $c \rightarrow \infty$ thì phép biến đổi Lorenxơ lại quay trở về phép biến đổi Galilê.

TH3: Bất biến của khoảng trong đa tạp bốn chiều.

Trong các trường hợp ở trên, chúng ta đã biết nếu vận tốc $v \ll c$, thì các khoảng thời gian và các khoảng không gian vẫn được xét tách rời nhau và là những đại lượng bất biến, đối với phép biến đổi Galilê. Khi v lớn đến mức không thể bỏ qua được, thì các khoảng không gian và thời gian vẫn xét tách rời nhau, trở thành tương đối vì thay đổi với vận tốc. Nhưng nếu xét một khoảng trong đa tạp không - thời gian bốn chiều, (không gian Mincốpski), các điểm của không gian đó là các biến cố xác định bằng bộ bốn con số x_1, x_2, x_3, x_4 , trong đó ba con số đầu là số thực, và con số thứ tư là số ảo (là thời gian của biến cố nhân với ic , i là số ảo với $i^2 = -1$ và c là vận tốc ánh sáng). Với cách biểu diễn này, trong đó không và thời gian được thống nhất không tách rời như trong các trường hợp ở trên, thì khoảng giữa hai biến cố trở thành bất biến trong bất kỳ hệ quy chiếu nào.

TH4: Bất biến của hệ phương trình Mácxoen.

Thực nghiệm cho biết, một điện tích đứng yên trong HTĐ₁ sẽ có trường tĩnh điện bao quanh nó. Nhưng nếu khảo sát nó trong một HTĐ₂ là HTĐ quán tính, chuyển động thẳng đều so với HTĐ₁ thì do điện tích chuyển động nên có cả từ trường. Mặc dù trong một HTĐ chỉ có điện trường, còn trong HTĐ kia có cả điện trường lẫn từ trường - mặc dù đối tượng gây ra chỉ là một điện tích - nhưng theo tiên đề mọi hiện tượng vật lý phải diễn ra như nhau trong mọi HTĐ quán tính - thì hệ phương trình diễn tả quá trình điện từ (phương trình Mácxoen) phải là bất biến đối với mọi HTĐ quán tính. Quả nhiên, điều đó đã được lý thuyết và thực nghiệm xác minh.

TH5: Bất biến trong bất kỳ HTĐ nào.

Trong một HTĐ chuyển động có gia tốc (không quán tính), định luật cơ học của Niutơn lại không đúng. Nhưng dựa vào nguyên lý tương đương, Anhsztan đã phát hiện ra rằng một trường hấp dẫn đều và không đổi cũng tương đương với một chuyển động có gia tốc đều. Điều đó có nghĩa là mọi quá trình vật lý sẽ diễn ra hoàn toàn như nhau (trong những điều kiện như nhau) trong *một hệ quy chiếu quán tính đang nằm trong một trường hấp dẫn và không đổi, hoặc trong một hệ quy chiếu đang chuyển động thẳng tiến với gia tốc không đổi nhưng không có trường hấp dẫn.*

Và bằng công cụ toán học, Anhstanh đã đi đến một quan điểm tổng quát hơn, nói rằng có thể sử dụng những hệ quy chiếu chuyển động bất kỳ và biến dạng bất kỳ để mô tả hiện tượng thiên nhiên, với điều kiện là phải đưa thêm vào những trường "hấp dẫn" tương ứng. Nói chung, nếu có những hệ quy chiếu thích hợp, thì các hiện tượng thiên nhiên được mô tả một cách duy nhất.

Từ tất cả các trường hợp tương đối và bất biến nói ở trên, làm sao có thể đưa vào một sơ đồ vật lý thống nhất, có nghĩa là vạch ra được mối quan hệ hợp logic giữa các trường hợp đó. Chỉ có thể làm việc này dựa trên các quan điểm của triết học duy vật biện chứng:

a) Thế giới vật chất tồn tại khách quan cùng các quy luật chi phối sự vận động của thế giới đó là duy nhất. Sở dĩ các quy luật vật lý có những biểu hiện khác nhau, là do chúng được đặt trong hệ thống giới nội, trong hệ thống đó có những yếu tố vật lý được trừu tượng hoá.

b) Con người có thể nhận thức được thế giới, nhưng do tính vô cùng tận của vật chất, sự nhận thức ấy không thể nào là tuyệt đối, với nghĩa là có thể nhận thức hết tất cả mọi thuộc tính và quy luật của nó. Nhưng mỗi bước trong quá trình nhận thức của con người về thế giới đó, được thực tiễn kiểm nghiệm, con người vẫn đạt được chân lý, vẫn phản ánh đúng thế giới, tuy chỉ là một bộ phận.

c) Triết học duy vật biện chứng thừa nhận có hai điều kiện tuyệt đối, coi đó là những tiên đề:

Một là, sự đối lập giữa vật chất và ý thức, giới hạn trong vấn đề nhận thức luận cơ bản, là thừa nhận cái gì là có trước và cái gì là có sau. Chủ nghĩa duy vật quan niệm vật chất có trước và quyết định ý thức.

Hai là, vận động là phương thức tồn tại của vật chất, không thể có vật chất mà không vận động, và không thể có vận động không gắn liền với vật chất. Vật chất vận động là tuyệt đối, nhưng với nghĩa của khái niệm vận động, tính tuyệt đối của vận động đã bao hàm trong đó sự đứng im tương đối. Trong hiện thực, sự đứng im tương đối cũng tồn tại phổ biến, và là cơ sở khách quan của cách tiếp cận nhận thức trừu tượng - siêu hình. Các kết quả đạt được nhờ cách tiếp cận này cũng phản ánh những mối liên hệ thực tế tồn tại trong hiện thực, tách rời khỏi những đối tượng và mối liên hệ khác đã được trừu tượng hoá (bỏ qua coi như không có) khi nghiên cứu cả hệ thống. Những kết quả đó cũng được coi là những *chân lý* vì nó được kiểm nghiệm trong thực tiễn (chân lý tương đối), do những yếu tố được trừu tượng hoá, trong sự vận động của cả hệ thống ở trong thực tế, không có ảnh hưởng lớn đến diễn biến của những đối tượng được nghiên cứu.

Dựa trên các quan điểm nói trên, chúng ta sẽ vạch rõ thực chất của các mối quan hệ đã được TTD rút ra bằng con đường toán học.

a) Thế giới vật chất được chia ra làm ba cấp: vĩ mô - vũ trụ, trung bình và vi mô - nguyên tử. Ba cấp này không tách biệt nhau mà có sự thống nhất qua hai cấu trúc vật chất phổ biến là "chất" và "trường", có những biểu hiện rất khác nhau (xem chương II).

"Chất" và "trường" là hai biểu hiện ở trong hiện thực của vật chất, với trình độ hiểu biết hiện nay của vật lý học. Tuy biểu hiện rất khác nhau, nhưng "chất" và "trường" đều mang năng lượng, được hiểu là lượng vật chất, được cấu trúc hoá khác nhau ở "chất" và "trường" và lúc này năng lượng ở dạng tiềm năng. Năng lượng tiềm năng chuyển thành hiện thực khi "chất" và "trường" từ trạng thái đứng im chuyển sang vận động, gắn liền với một sự trao đổi lượng vật chất, mà cường độ được biểu hiện ở một đại lượng vật lý phổ biến là lực.

Ở trình độ khái quát hoá cao nhất, vật chất vận động có hình thức tồn tại là không gian và thời gian. Trong hiện thực, "chất" và "trường" cũng có hình thức tồn tại là không gian chất và không gian trường là những không gian khác nhau, nhưng thực chất đều là những cấu trúc. Sự vận động của các cấu trúc này đem so sánh với vận động "chuẩn - trái đất", là thời gian.

"Chất" và "trường" có nhiều điểm khác nhau, ở đây cần lưu ý đến mấy điểm chính sau đây:

<i>Các thuộc tính</i>	<i>Chất</i>	<i>Trường</i>
Năng lượng	Cực lớn	Cực bé
Tính liên kết	Gián đoạn	Liên tục
Truyền tương tác	Qua tiếp xúc	Qua sóng điện từ
Vận tốc trong không gian	v thay đổi tùy hệ quy chiếu	c không thay đổi, trong chân không luôn bằng $300.000\text{km/gy}^{(1)}$

(1) Thời Anhstanh vật lý học mới biết đến trường hấp dẫn và trường điện, trường từ. Trường điện và trường từ khi vận động thì thành trường điện từ với vận tốc $c = 300.000 \text{ km/gy}$ trong chân không là vận tốc lớn nhất mà "chất" không thể vượt qua được (ở trạng thái "trường" thì vận tốc 300.000 km/gy có thể vượt qua khi hạt photon chui qua đường hầm).

Trường hấp dẫn, về mặt lý thuyết, Anhstanh cũng đã chỉ ra khả năng có sóng hấp dẫn, trong trường hợp lực hấp dẫn yếu. Nhưng theo tính toán thì công suất phát sinh hấp dẫn của một thanh quay quanh trục của nó là quá bé $P = 10^{-30} \text{ ec/gy}$ nên đến nay vẫn chưa quan sát được.

Có thể nói rằng, nguồn gốc xuất hiện các tính tương đối và bất biến trong TTD chung quy là ở sự tồn tại hai cấu trúc "chất" và "trường" gắn với hai quan niệm về "tương tác xa" (tín hiệu truyền tức thời) và "tương tác gần" (tín hiệu truyền đi có thời gian, với giới hạn là 300.000 km/gy).

Cũng cần lưu ý thêm là mọi hệ quy chiếu để nghiên cứu mọi loại chuyển động của "chất" hay của "trường", đều có cấu trúc "chất".

- Trong cơ học cổ điển, yếu tố "trường" hoàn toàn được trừu tượng hoá, chỉ còn yếu tố "chất" và sự truyền tín hiệu được coi là tức thời. Các tốc độ chuyển động đều rất bé so với tốc độ ánh sáng. Trong những điều kiện đó thì các vật dù có lực tác dụng (có truyền thêm lượng vật chất) thì cấu trúc không gian "chất" cũng thay đổi không đáng kể (tức khối lượng coi như bất biến).

Các HTĐ quán tính chuyển động thẳng đều đối với nhau, có nghĩa là ở các HTĐ đó chỉ có sự khác nhau về cấu trúc không gian "chất" (độ nén), các cấu trúc này luôn luôn không thay đổi vì không có sự trao đổi nào về lượng vật chất với xung quanh (không có lực nào tác dụng). Trạng thái tồn tại và vận động của các sự vật quy về các HTĐ quán tính, tạo nên với các HTĐ này những hệ thống, không có trao đổi gì với xung quanh, do đó các quy luật chi phối chúng là như nhau (quy luật cơ học là quy luật về các mối quan hệ không gian và thời gian).

Trong TTĐ, khi nghiên cứu những hệ thống ở đó không thể trừu tượng hoá "trường", tức là phải xét đến đồng thời cả hai "diễn viên" "chất" và "trường" thì - với những sự khác biệt giữa hai yếu tố này như đã nói trên - phép biến đổi Galilée áp dụng cho trường hợp chỉ có "diễn viên" "chất",

rõ ràng là không thể đúng ở đây được. Vì vậy phải có phép biến đổi Lorenxơ, trong đó có đưa vào vai trò của "trường" đồng thời với "chất". Đưa thêm vai trò của "trường", cũng tức là đưa vào trong cùng một hệ thống hai loại không gian - thời gian khác nhau (một của "chất" và một của "trường") và tính tương đối của không gian và thời gian, tùy thuộc vào vận tốc của các HTĐ quán tính, xuất hiện từ đó. Nhưng trong các hệ thống này, do không có một sự trao đổi nào với xung quanh về lượng vật chất (năng lượng) nên các sự thay đổi của không gian và thời gian chỉ là biểu kiến đối với cấu trúc "chất" (không gian và thời gian của trường điện từ thì luôn bất biến).

- "Chất" và "trường" do có không gian (cấu trúc) khác nhau và tương ứng là thời gian khác nhau, nên không gian và thời gian vẫn phải được xem xét tách rời nhau. Nếu đẩy được sự trừu tượng hoá lên một mức cao hơn, loại trừ được cả hai "diễn viên" chất và trường, chỉ giữ lại cái chung trong cả hai là "vật chất", thì lúc đó mới có sự thống nhất của không gian và thời gian - hình thức tồn tại của vật chất vận động. Và lúc này mới có sự bất biến của "khoảng" trong không gian 4 chiều của Mincốpki, đối với mọi HTĐ quán tính. Cần lưu ý là ở đây, vật chất vẫn còn trừu tượng hoá khỏi hệ thống, chỉ nói đến hình thức tồn tại của nó mà thôi (là không gian và thời gian). Sự trừu tượng hoá này chỉ có thể nhờ toán học mới làm được.

- Trong điện từ học, người ta nhận thấy có các hiện tượng: một điện tích đứng yên trong một HTĐ sẽ có một điện trường tĩnh bao quanh, cũng như một cực nam châm thì có từ trường tĩnh. Nhưng nếu so với một HTĐ chuyển động, thì lại đồng thời có cả điện trường và từ trường đối với cả hai trường hợp, điện tích hoặc cực nam châm.

TTĐ thông qua công cụ toán học đã chứng minh rằng các khái niệm điện trường và từ trường là những khái niệm tương đối. Nếu trong một hệ quy chiếu này ta chỉ có điện trường mà không có từ trường thì trong hệ quy chiếu khác ta sẽ chỉ có từ trường mà không có điện trường. Còn trong một hệ quy chiếu khác chuyển động đối với các hệ nói trên thì ta sẽ có cả điện trường lẫn từ trường. Do đó người ta nói khái niệm sóng điện từ là một khái niệm bất biến hay khái niệm tuyệt đối. Sự phân tách nó ra các thành phần điện và từ là tương đối và phụ thuộc vào hệ quy chiếu mà ta chọn để mô tả quá trình điện từ.

Đó là một kết luận lý thuyết rất trừu tượng và đúng đắn. Nhưng để giải thích nó tức là đưa về liên hệ với các hiện tượng thực tế, là một việc rất phức tạp nhưng lý thú. Ở đây không có điều kiện trình bày vì sẽ rất dài, nhưng có thể nêu ra mấy căn cứ phương pháp luận của việc giải thích sau đây:

+ Cần tính đến sự khác nhau cơ bản giữa "chất" (ở các HTĐ và các đối tượng như hạt mang điện tích, cực nam châm) và "trường".

+ Sự xuất hiện một trường điện hay từ bao giờ cũng phải có nguồn gốc ở sự gia tăng thêm một lượng vật chất vào hệ thống.

- Cuối cùng là trường hợp các đối tượng nghiên cứu bao gồm cả "chất" và "trường" với các đặc điểm:

+ "Trường" ở đây là trường hấp dẫn *gắn liền* với khối lượng (là cấu trúc "chất") tương ứng.

+ HTĐ không phải là quán tính, mà chuyển động với gia tốc không đổi. Điều này tương ứng với sự gia tăng lượng vật chất cho cả HTĐ và các sự vật được quy vào đó.

Các đặc điểm này làm cho các định luật vật lý không còn được biểu diễn một cách duy nhất như trong trường hợp các HTĐ quán tính. Chỉ sau khi Anhsztanh tìm ra được nguyên lý tương đương, nói về sự tương đương giữa trường hấp dẫn và chuyển động có gia tốc, cũng tức là tìm ra được sự "thông ước" giữa hai cấu trúc rất khác nhau là "chất" và "trường" thì mới có hướng để giải quyết tính tương đối của các định luật vật lý. Nhờ có sự tương đương nói trên, "chất" đã được trừu tượng hoá khỏi hệ thống, thay thế bằng "trường" thích hợp, loại bỏ được tính tương đối của các định luật vật lý đối với các HTĐ chuyển động có gia tốc không đổi. Tính tương đối của các định luật vật lý ở đây đã được giảm bớt so với trường hợp các HTĐ quán tính, nhưng vẫn còn bị hạn chế ở các HTĐ chuyển động có gia tốc không đổi. Sở dĩ như vậy là vì nguyên lý tương đối chỉ

mới giải quyết được sự "thông ước" giữa chuyển động có gia tốc không đổi và trường hấp dẫn trong những khoảng không gian (thực tế) hẹp, trong đó không gian (cấu trúc) của trường được coi là đều. Bằng bộ máy toán học rất phức tạp, Anhstanh đã chuyển được tính tương đối trong việc biểu diễn các định luật vật lý sang tuyệt đối, với nghĩa là không phụ thuộc gì vào hệ quy chiếu, dù nó chuyển động như thế nào. Nói cách khác, đó là các định luật vật lý "tự nó" mà con người đã nhận thức được. Tuy vậy, trên quan điểm của triết học duy vật biện chứng, tính tuyệt đối nói trên cũng chỉ là tính tuyệt đối vật lý, có ý nghĩa trong phạm vi thế giới vật lý.

5. Hình học và vật lý học

Một trong các khó khăn lớn khi nghiên cứu TTĐ (hẹp và rộng) là sự phân biệt các khái niệm không gian và thời gian ở các tầng sâu khác nhau của vật chất. Việc phân tích mối quan hệ giữa hình học và vật lý học sẽ giúp chúng ta hiểu rõ và phân biệt dễ dàng hơn các khái niệm không gian và thời gian ở trong các lĩnh vực khác nhau.

Trước hết, cần xét quá trình trừu tượng hoá trong hình học. Con người nguyên thủy tiếp xúc đầu tiên với các sự vật muôn màu muôn vẻ về hình dáng và độ lớn, trong số đó có những sự vật có hình dáng hình học - theo thuật ngữ ngày nay. Các hình dáng hình học đó (vòng tròn, hình tam giác, hình cầu, v.v...) luôn luôn gắn liền với "chất" của các

sự vật. Các "chất" đó có thể rất khác nhau (bằng sắt, gỗ, đá...) nhưng các hình dạng hình học có thể rất giống nhau (bằng nhau hoặc đồng dạng). Các hình dạng hình học tuy có nhiều kiểu khác nhau, nhưng chung quy đều là tập hợp các mối quan hệ về không gian (khoảng cách, phương hướng, góc độ, lân cận, thứ tự...) giữa các điểm, đường, mặt, thể tích gắn với các sự vật. Tập hợp các mối quan hệ đó được gọi là cấu trúc hình học, vắn tắt là *cấu trúc*. Các hình dạng của các sự vật là hình thức của các nội dung là "chất" của sự vật - được gọi là *không gian của sự vật*, do đó *không gian* ở đây có nghĩa là *cấu trúc không gian*.

Sự khác nhau cơ bản giữa vật lý học và hình học là một bên nghiên cứu nội dung - "chất" (vật lý học) còn một bên nghiên cứu hình thức - không gian (hình học). Hiểu rõ sự khác nhau này cũng là một điều kiện để phân biệt khái niệm không gian trong hình học và trong vật lý học.

Hình học trừu tượng hoá "chất" ra khỏi mọi sự vật, chỉ còn lại các cấu trúc và nghiên cứu các cấu trúc đó. Chúng ta chú ý đến đặc điểm của cấu trúc này. Một mặt, là sản phẩm của quá trình trừu tượng hoá, cấu trúc tồn tại ở trong trí óc độc lập, tách rời khỏi biểu tượng của mọi sự vật ở trong hiện thực có chứa đựng cấu trúc ấy. Để diễn tả và trao đổi ý kiến với nhau về các cấu trúc ấy, các nhà toán học phải dùng các hình vẽ, ký hiệu ở trên giấy hoặc các mô hình ở trong không gian (thực tế). Mặt khác, là hình thức

gắn liền với nội dung - chất - của các sự vật ở trong hiện thực, các cấu trúc không có tính xác định với nghĩa là có thể có vô vàn sự vật chứa đựng cấu trúc ấy. Đặc điểm này dẫn đến tình hình là khái niệm cấu trúc, tức là không gian của các sự vật là rất trừu tượng vì nó không được gắn với một biểu tượng nào đó ở trong trí óc, trừ khi chủ thể có một nhiệm vụ nghiên cứu một sự vật cụ thể nào đó, có chứa đựng cấu trúc đang xét. Chính ở đây bắt đầu xảy ra sự lẫn lộn giữa:

- Khái niệm không gian thực tế - thường chỉ nói gọn là không gian - được hiểu là khoảng trống không, không có bất cứ cái gì ảnh hưởng đến sự vận động của con người cũng như các sự vật khác. Khái niệm này có tính trực quan, quen thuộc đối với tất cả mọi người (thực ra với cách hiểu nói trên, người ta cũng đã trừu tượng hoá không khí luôn luôn tồn tại trong không gian đó).

- Không gian là cấu trúc của các sự vật - thường cũng chỉ nói là không gian. Như đã phân tích ở trên, khái niệm không gian này không có biểu tượng xác định gắn liền ở trong trí óc, nên đối với những người mới bắt đầu học hình học rất khó hình dung, và về mặt tâm lý lại hay liên tưởng đến không gian (thực tế), gây ra sự lộn xộn trong nhận thức.

Tình hình càng trở nên phức tạp và khó khăn hơn khi không gian (cấu trúc) không chỉ là hình thức của các sự vật mà còn là hình thức của điểm. Nói cách khác, điểm cũng hàm chứa trong nó cấu trúc.

Việc nghiên cứu cấu trúc điểm xuất phát từ nhu cầu nghiên cứu các đại lượng đặc trưng cho các chuyển động trong cơ học cổ điển (vận tốc, gia tốc) hoặc tính toán các diện tích, thể tích không có hình dạng hình học. Ở đây có sự kết hợp giữa hình học và giải tích. Lý thuyết về giới hạn, về đạo hàm, về các phép tính vi tích phân chính là lý thuyết về các cấu trúc điểm.

Như vậy, khái niệm không gian (cấu trúc) bây giờ không phải chỉ gắn liền với các sự vật mà lại gắn liền với các điểm đã được trừu tượng hoá "chất", tồn tại ở trong trí óc, và được diễn tả bằng các ký hiệu toán học. Ở đây, hoàn toàn không thể có một chút biểu tượng nào về cấu trúc điểm hoặc cái gì đó tương tự. Tất cả chỉ có thể diễn tả bằng các ký hiệu toán học, và tất cả đều lọc bỏ hết "chất", và được gọi chung là không gian toán học, vắn tắt cũng là không gian. Do đó không gian hoàn toàn trừu tượng, nghĩa là chỉ tồn tại trong trí óc. Nếu ai đó muốn có một hình ảnh về cấu trúc vĩ mô của không gian đó, thì có thể nhìn vào một sự vật, rồi tưởng tượng sự vật ấy không có "chất", chỉ còn lại các điểm (không có kích thước) các đường, các mặt giới hạn của sự vật ấy (không có bề dày). Còn để có cấu trúc vi mô, tức cấu trúc điểm, lại phải tưởng tượng các đường, các mặt đều thu nhỏ dần lại về lân cận một điểm, trong lúc các mối quan hệ giữa chúng vẫn giữ nguyên.

Đến đây, việc nhận thức khái niệm không gian (cấu trúc, toán học) cũng chưa hết khó khăn. Tính muôn vẻ của

các đối tượng vật chất không cho phép đi từ từng loại sự vật trong hiện thực (các vật có hình tròn, hình vuông... có thể tích hình cầu...) rồi trừu tượng hoá và khái quát hoá để có các loại cấu trúc, và nghiên cứu các cấu trúc đó; làm như thế sẽ rất lâu và không bao quát được hết những đối tượng trong hiện thực. Các nhà toán học đã sáng tạo ra phương pháp tiên đề, đi từ một số quan hệ hay cấu trúc được thừa nhận là đúng - gọi là hệ tiên đề - sau đó dùng suy luận lôgic để xây dựng các loại cấu trúc một cách có hệ thống. Các loại cấu trúc này có thể đã có trong các đối tượng vật chất con người đã biết nhưng cũng có thể là chưa biết. Với tính chất vừa nói, hình học có chức năng đón trước, chuẩn bị cho các khoa học khác phát triển, nếu nghiên cứu những đối tượng có cấu trúc tương ứng phù hợp.

Hệ tiên đề của ngành hình học bao gồm các mối quan hệ tuân theo những điều kiện chặt chẽ về mặt lôgic và một điều kiện về mặt thực tế: quan niệm về cấu trúc tổng quát của thế giới vật chất. Quan niệm này được thể hiện ở tiên đề về sự song song của các đường. Do sự khác nhau về quan niệm này, đã có ba hình học: hình học Ơclit, hình học Lôbasépiski, hình học Rioman. Trong hình học Ơclit, người ta có định đề: "Qua một điểm ở ngoài một đường thẳng có không quá một đường thẳng song song với đường đã cho".

Trong hình học Lôbasépiski, lại có định đề: "Trong không gian có một đường thẳng a và một điểm A không

thuộc đường thẳng a thoả mãn điều kiện sau đây; có ít nhất là hai đường thẳng thuộc A và thuộc mặt phẳng (A, a) mà không cắt đường thẳng a ". Từ định đề này có thể rút ra một định lý nói rằng qua một điểm ở ngoài một đường thẳng, có vô số đường song song với đường thẳng đó.

Còn trong hình học Rơman (nghĩa hẹp) lại có định đề nói rằng qua một điểm ở ngoài một đường thẳng, không có đường thẳng nào song song với đường đã cho.

Trong hình học siêu phi Ốclít thì song song chỉ là tương đối: hai đường thẳng song song đối với địa phương này lại không song song với địa phương khác.

Do sự khác nhau trong cấu trúc "song song", nên hình học Ốclít được gọi là phẳng, các hình học khác, là "cong" (độ cong trong hình học Lôbasépiski là âm, hình học Rơman là dương).

Từ "cong" ở đây có nguồn gốc ở chỗ trong các công thức lượng giác của hình học Lôbasépiski có đại lượng R gọi là bán kính cong; khi bán kính cong càng lớn thì độ cong càng nhỏ, và nếu bán kính cong vô cùng lớn thì độ cong bằng không. Không gian (cấu trúc) của hình học Ốclít có thể xem là một không gian (cấu trúc) của hình học Lôbasépiski có bán kính cong vô cùng lớn tức là độ cong bằng không, do đó mà không gian Ốclít còn được gọi là không gian phẳng, còn các không gian của các hình học phi Ốclít được gọi là không gian cong. Từ "cong" ở đây không gắn gì với hình

ảnh trực quan mọi người thường nhận được ở các đường cong, mặt cong ở trong thực tế. Từ "cong" khi gắn với "không gian" chỉ có nghĩa là cấu trúc hình học ở các không gian đó sai khác với cấu trúc của không gian Ơclít nhiều hay ít, và về phía này hay phía kia (tùy theo độ cong là âm hay dương). Các công thức lượng giác của hình học Lôbasépiski sẽ biến thành các công thức lượng giác của hình học Ơclít quen thuộc khi cho R trong các công thức ấy trở nên vô cực.

Thực chất của các cấu trúc không gian của các hình học là mối quan hệ rất trừu tượng, với nghĩa là hoàn toàn tách rời vật chất, do đó trình độ khái quát rất cao, phạm vi ứng dụng rất rộng rãi. Nhưng cũng vì thế, đưa các cấu trúc trừu tượng đó trở về hiện thực với những biểu hiện muôn màu muôn vẻ của vật chất, phải trải qua nhiều mức, trước hết là qua các mô hình, bao gồm những cái cụ thể (tất nhiên cũng chỉ là cụ thể tương đối, chưa phải là cụ thể trong hiện thực) thoả mãn hệ tiên đề của hình học tương ứng. Bằng cách đó, các hình học đã có những ứng dụng thực tế trong nhiều ngành khoa học nói chung và vật lý học nói riêng.

Trong vật lý học cổ điển, khái niệm không gian có hai giai đoạn phát triển (xem chương II) giai đoạn đầu, khi chưa có khái niệm trường (trường hấp dẫn tuy biết đã lâu, nhưng khái niệm trường chưa có, người ta chỉ nghiên cứu hiệu ứng của sự hấp dẫn, qua lực hút của trái đất), trong

các hệ thống vật lý chỉ có "chất" thì không gian được hiểu là khoảng trống không, không có bất cứ cái gì có thể ảnh hưởng đến trạng thái tồn tại và vận động của con người và các sự vật trong đó. Cấu trúc vĩ mô (hình học) của không gian hình học Ôclít được ứng dụng trong việc mô hình hoá các sự vật, đưa về những dạng thuận lợi cho việc nghiên cứu về mặt vật lý.

Đến khi phát hiện ra trường điện từ, qua thực nghiệm người ta biết không gian (thực tế) có một thực thể có tính chất là truyền sóng điện từ sau khi được sinh ra thì truyền đi với vận tốc không đổi và không phụ thuộc gì vào các yếu tố chất. Ở đây cấu trúc vi mô (điểm) của không gian hình học Ôclít đã giúp ích cho vật lý học để nghiên cứu cấu trúc của trường. Thông qua bộ máy toán học với những phương tiện có thể diễn tả cấu trúc điểm, Mácxoen đã diễn tả được sự thay đổi cấu trúc (điểm) của trường khi có sự truyền sóng điện từ. Đó là một định luật về cấu trúc, khác hẳn các định luật của cơ học cổ điển.

Trong TTĐ rộng, trường hấp dẫn luôn luôn gắn với "chất" (khối lượng), phụ thuộc vào sự phân bố và vận động của nó trong không gian (thực tế) nên cấu trúc của không gian (trường hấp dẫn) cũng thay đổi và không đều. Nói cách khác, không gian của trường hấp dẫn là cong, do các cấu trúc điểm của nó, một mặt vừa khác với cấu trúc điểm tương ứng trong không gian Ôclít, mặt khác lại thay đổi từ nơi này qua nơi khác, tùy thuộc vào

sự phân bố của "chất" (khối lượng). Do đặc điểm đó, nên ở đây hình học Rơman nghĩa rộng (có độ cong thay đổi) đã giúp ích cho việc nghiên cứu sự thay đổi cấu trúc trường hấp dẫn trong mối quan hệ với sự phân bố của khối lượng trong không gian (thực tế). Không gian (cấu trúc) của trường hấp dẫn đã thay đổi thì thời gian, vốn là sự vận động của không gian được so sánh với vận động chuẩn - trái đất, tất nhiên cũng thay đổi tùy thuộc vào trường hấp dẫn.

CHƯƠNG IV

CƠ HỌC LƯỢNG TỬ

I. MỘT SỐ VẤN ĐỀ CHUNG VỀ CƠ HỌC LƯỢNG TỬ (CHLT)

1. Cơ học lượng tử là gì?

Có nhiều định nghĩa khác nhau về CHLT:

- Đó là cơ học của thế giới vi mô, cơ học về sự chuyển động của các vi hạt trong các vi trường trong nguyên tử, phân tử và tinh thể.

- Đó là một lý thuyết vật lý vạch ra các tính chất của vật chất ở tầm vi mô, nghiên cứu sự vận động của các đối tượng vi mô (phân tử, nguyên tử, các hạt sơ cấp).

- CHLT là cơ sở lý thuyết của các khoa học nghiên cứu về cấu trúc và tính chất của vật chất.

- CHLT là một khoa học vạch ra một tập hợp đặc biệt những quy tắc tính toán về một số tính chất vật lý của vật chất.

Các định nghĩa nói trên phản ánh sự phát triển của CHLT (các định nghĩa từ 1 đến 3) và tính chất lý thuyết

rất cao của nó (định nghĩa 4). Lúc đầu nhiệm vụ của CHLT chỉ hạn chế ở sự nghiên cứu sự vận động của điện tử trong nguyên tử, vì thế mà có tên là cơ học; còn lượng tử là thuật ngữ đặc trưng cho một tính chất nhận thấy ở sự truyền năng lượng một cách gián đoạn ở các mức năng lượng cao, theo từng lượng tử (do Plăng phát hiện năm 1900). Tên gọi "cơ học lượng tử" lần đầu tiên do nhà khoa học M.Boóc đưa ra, trong tình hình sau đây: N. Bo xây dựng mô hình nguyên tử dựa trên lý thuyết lượng tử và vẫn sử dụng các phương trình cơ học cổ điển có chọn lọc theo một số quy tắc lượng tử, tuy được nghiệm đúng trong trường hợp xem xét sự chuyển động của hệ một điện tử như nguyên tử Hyđrô nhưng nếu mở rộng ra cho hệ nhiều điện tử thì lại không đúng. Các nhà khoa học hồi đó cho rằng cần có một sự thay đổi căn bản trong nền tảng của vật lý học, nghĩa là cần có một thứ cơ học mới mà M. Boóc gọi là CHLT. Sự phát triển về sau của CHLT đã làm cho nó trở thành một khoa học có đối tượng và nhiệm vụ rộng rãi hơn rất nhiều so với ý tưởng lúc đầu của người đã đặt tên cho nó.

Đặc điểm của đối tượng nghiên cứu của CHLT, không chỉ là sự chuyển động của các vi thể, mà là cấu trúc và tính chất của thế giới vi mô, làm cho con đường nhận thức đối tượng ấy phải rất khác thường so với con đường nhận thức các đối tượng của thế giới vĩ mô, đồng thời cũng đặt ra nhiều vấn đề về triết học. Một điều đáng chú ý là: mặc

dù về mặt khoa học, lý thuyết CHLT đã rất hoàn chỉnh và được kiểm nghiệm trong thực tế, nhờ đó đã là cơ sở lý thuyết của nhiều ngành khoa học và kỹ thuật, các ngành này đã đem lại những thành tựu rực rỡ cho nền văn minh nhân loại trong gần một thế kỷ, nhưng cuộc đấu tranh về mặt triết học xung quanh các phương pháp và kết luận của CHLT vẫn tiếp tục, chưa kết thúc. Cũng từ đó, việc giải thích ý nghĩa vật lý của nhiều hiện tượng của CHLT cũng chưa được giải quyết. Nhà triết học và khoa học xôviết Phốc đã nhận xét: "Bộ máy toán học không tương đối tính, không có mâu thuẫn nội tại, đã được áp dụng có kết quả trong việc giải quyết các bài toán khác nhau của vật lý học nguyên tử, nhưng việc giải thích ý nghĩa vật lý của CHLT đã từ lâu vẫn không rõ ràng"¹.

Để có thể đề cập đến các vấn đề triết học, trên cơ sở đó xem xét ý nghĩa vật lý của các lý thuyết của CHLT, bên cạnh sự hiểu biết các quan điểm, tư tưởng cơ bản, còn phải nắm được các cơ sở vật lý và một số vấn đề về cơ sở lý thuyết toán học có liên quan, trên những nét chính. Thực ra, ngày nay để bàn về các vấn đề triết học của CHLT cũng như các lý thuyết khoa học hiện đại, nghiên cứu vật chất ở các tầng sâu, sự hiểu biết sâu rộng lý thuyết chuyên môn tương ứng ngày càng trở nên cần thiết.

1. L. Tarasxốp. Vật lý lượng tử và các toán tử tuyến tính. NXB MIR, Matxcơva, 1984, tr.5 (tiếng Pháp).

2. Tóm tắt quá trình xây dựng CHLT

CHLT là một lý thuyết vật lý được xây dựng do công sức của nhiều nhà lý thuyết và thực nghiệm, làm việc liên tục và khẩn trương trong gần ba mươi năm đầu của thế kỷ XX. quá trình xây dựng có thể được chia ra ba giai đoạn:

Giai đoạn 1 (cuối thế kỷ XIX - 1912): Những thí nghiệm đầu tiên và những cố gắng để giải thích những hiện tượng mới lạ về vật lý.

Cơ sở xuất phát của CHLT là những kết quả thực nghiệm về vật lý học trong các lĩnh vực: quang phổ các nguyên tử, bức xạ của vật đen, hiện tượng quang điện, vật lý chất rắn, các nghiên cứu về cấu trúc nguyên tử.

Có thể nêu tóm tắt những diễn biến chính như sau:

Đầu tiên là các thí nghiệm quang phổ học cho thấy một hiện tượng lạ, là khí đốt nóng phát ra những quang phổ, là tập hợp các vạch được sắp xếp theo một thứ tự rất xác định, mỗi vạch ứng với một tần số có thể xác định được bằng một công thức kinh nghiệm:

$$\omega_n = 2\pi c R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

ω_n tần số của sóng ứng với vạch n

c tốc độ ánh sáng

R hằng số Rydberg = $1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

n là các số nguyên $> K$ với

$K = 2$ tương ứng với dãy Balmer (ánh sáng nhìn thấy được)

$K = 1$ tương ứng với dãy Lyman (bức xạ tử ngoại).

$K = 3$ tương ứng với dãy Paschen (bức xạ hồng ngoại).

Cho đến năm 1913, người ta vẫn không thể giải thích được hiện tượng quang phổ với các vạch được sắp xếp một cách có quy luật như nói ở trên, và tại sao trong công thức kinh nghiệm lại có hai hằng số c (tốc độ ánh sáng) và R (một hằng số được rút ra từ thực nghiệm trong lĩnh vực quang phổ học), tuy người ta cũng cảm thấy phải có một nguồn gốc sâu xa nào đó từ trong nguyên tử của các chất phát bức xạ.

Vào khoảng từ 1896 đến 1900 trong vật lý học lại xảy ra cuộc "khủng hoảng vùng tử ngoại" mà nội dung là như sau: nghiên cứu sự bức xạ của các vật đen. Wien thiết lập được một công thức phù hợp với các bức xạ có tần số cao. Năm 1900, Rayleigh và Jeans, lại thiết lập được một công thức khác chỉ phù hợp với các bức xạ có tần số thấp. Người ta cố gắng tìm cách thống nhất hai công thức nói trên thành một công thức chung, nhưng không được. Cuối năm 1900, Plăng với giả thiết táo bạo là năng lượng truyền đi bằng những lượng gián đoạn chứ không phải là liên tục như lâu này vật lý học cổ điển vẫn quan niệm, ông đã thiết lập được một công thức kinh nghiệm đúng với tất cả các bức xạ dù là tần số cao hay thấp, nhờ đó khắc phục được

cuộc khủng hoảng. Trong công thức của Plăng có một hằng số mới, ký hiệu là h , được ông gọi là lượng tử tác dụng sơ cấp, có trị số cực bé ($6,62 \cdot 10^{-34}$ jun/gy). Nhưng giả thuyết của Plăng là chỉ khi phát ra, bức xạ mới có tính gián đoạn, còn khi truyền đi và bị hấp thụ, vẫn là liên tục.

Dựa trên quan niệm về sự lượng tử hoá, nhưng với sự bổ sung là năng lượng không chỉ là gián đoạn khi phát ra, mà cả khi truyền đi và hấp thụ, năm 1905 Anhstanh đã giải thích đúng hiện tượng quang điện, trong đó các lượng tử ánh sáng được ông gọi là photon. Về sau (năm 1917) ông còn xác định được rằng lượng tử ánh sáng không chỉ có một năng lượng xác định, mà còn có một động lượng xác định, có trị số bằng $h\nu/c$, ν là tần số, còn c là tốc độ ánh sáng.

Vận dụng quan niệm về sự lượng tử hoá, năm 1907 Anhstanh còn giải quyết thành công một vấn đề quan trọng của vật lý chất rắn (sự thay đổi nhiệt dung của các chất rắn khi nhiệt độ thay đổi).

Cũng trong những năm đầu của thế kỷ XX, người ta cố gắng vạch ra mô hình cấu tạo nguyên tử. Sau khi Thomson phát hiện ra điện tử (1897) và Rutherford phát hiện ra hạt nhân nguyên tử, mẫu hành tinh của nguyên tử, cũng do Rutherford đề xuất, ra đời. Mẫu này hình dung nguyên tử như là một thái dương hệ, trong đó hạt nhân đóng vai trò như mặt trời, còn các điện tử quay xung

quanh như các hành tinh. Mẫu này được xây dựng hoàn toàn dựa trên các quan niệm và nguyên lý của vật lý học cổ điển, đã bộc lộ rất nhiều nhược điểm, không phù hợp với các hiện tượng được quan sát, và người ta không thể hiểu được nguyên nhân vì sao.

Những thành tựu cũng như những thất bại nói ở trên, gắn liền với những công trình nghiên cứu tiến hành độc lập với nhau, và ở trong phạm vi của các quan niệm cổ điển người ta thấy chúng cũng chẳng có quan hệ gì với nhau cả. Công lao to lớn của N.Bo chính là, nhờ thuyết lượng tử của ông, đã vạch ra được cái nguồn gốc chung của các hiện tượng rời rạc nói trên, và từ đó mở ra một giai đoạn mới trong quá trình xây dựng CHLT.

Giai đoạn II: Lý thuyết lượng tử của N.Bo (1913-1922)

Năm 1913 N.Bo viết tác phẩm "Về cấu trúc của các nguyên tử và các phân tử" trong đó ông nêu ra ba giả thuyết rất táo bạo, để từ đó vạch ra một mẫu nguyên tử khác, liên kết được các thành tựu rời rạc của vật lý học thời kỳ đó và phù hợp với các hiện tượng đã được quan sát.

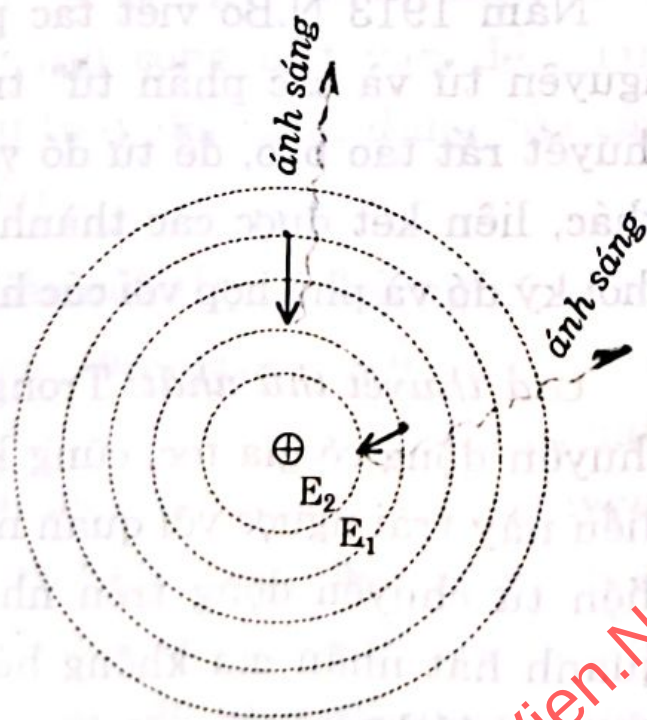
Giả thuyết thứ nhất: Trong nguyên tử, các điện tử dù chuyển động có gia tốc, cũng không thể bức xạ ánh sáng, điều này trái ngược với quan niệm cổ điển. Trạng thái của điện tử chuyển động trên những quỹ đạo xác định bao quanh hạt nhân mà không bức xạ ánh sáng, được gọi là trạng thái dừng.

Giả thuyết thứ hai: Trong nhiều quỹ đạo có thể có ở quanh hạt nhân, điện tử chỉ có thể ở trên quỹ đạo nào mà mômen động lượng m bằng một số nguyên lần hằng số Plăng, nghĩa là $M = n\hbar$ ($\hbar = h/2\pi$, được gọi là hằng số Dirac); n là một số nguyên $= 1, 2, 3...$ Giả thuyết này đã mở rộng quan niệm lượng tử hoá năng lượng của Plăng sang cả mômen động lượng của điện tử.

Bây giờ, điện tử bỗng dưng chuyển từ quỹ đạo này sang quỹ đạo khác có năng lượng nhỏ hơn thì sao? Phần năng lượng thừa ra biến đi đâu? Vì năng lượng phải được bảo toàn, nên để trả lời câu hỏi đó, N.Bo đề ra giả thuyết thứ ba.

Giả thuyết thứ ba: Điện tử chỉ bức xạ khi nó chuyển từ quỹ đạo có năng lượng lớn E_1 , sang quỹ đạo có năng lượng nhỏ hơn E_2 . Phần năng lượng thừa thoát ra khỏi nguyên tử dưới dạng một lượng tử năng lượng mà Anhstanh gọi là photon có tần số γ và mang năng lượng $h\gamma = E_1 - E_2$.

Chính các hạt photon này đã bay đến mắt ta, gây ra cảm giác về màu sắc và độ chói của ánh



Những hạt này cũng có thể đi qua lăng kính bằng thủy tinh để tạo ra quang phổ trên màn ghi hoặc trên kính ảnh. Mỗi loại photon có tần số xác định sẽ cho ta một vạch màu xác định ứng với tần số đo. Số photon ứng với vạch màu nào càng nhiều thì vạch đó càng sáng chói. Nói cách khác, năng lượng do một luồng ánh sáng mang theo tùy thuộc vào tần số, tức năng lượng của các photon, còn cường độ lại tùy thuộc vào số photon nhiều hay ít.

Trong mỗi nguyên tử có thể có những bước nhảy của điện tử giữa những cặp quỹ đạo khác nhau, cho nên nguyên tử có thể phát ra nhiều loại photon khác nhau về năng lượng, do đó có nhiều vạch màu khác nhau trên quang phổ.

Ba giả thuyết của N.Bo - ông gọi là tiên đề vì không chứng minh được, đó là nhiệm vụ của CHLT ở giai đoạn sau - đã vạch rõ bí ẩn của sự phân bố các quang phổ mà nguồn gốc chính là ở các trạng thái tồn tại của các điện tử trong nguyên tử, mở ra con đường mới để đi vào nghiên cứu nguyên tử. Tuy các giả thuyết của N.Bo chỉ mới có thể giải thích quang phổ Hydro phát ra - đối với các nguyên tố khác thì không được - nhưng lý thuyết lượng tử của ông được xây dựng từ các giả thuyết ấy vẫn được đánh giá cao, coi là một công lao lịch sử trong quá trình xây dựng CHLT.

Năm 1918, N.Bo đưa ra nguyên lý tương ứng - ông đã ứng dụng từ năm 1913 trong khi xây dựng lý thuyết lượng tử - theo đó các quy luật lượng tử sẽ quy về các quy luật

của cơ học cổ điển, khi các số lượng tử của hệ thống có trị số lớn, cũng có nghĩa là giá trị tương đối của lượng tử tác dụng h có thể bỏ qua. Đây là một nguyên lý phương pháp luận quan trọng đối với việc nghiên cứu vật lý, sẽ được trình bày riêng trong chương VII.

Lý thuyết lượng tử đã mở đường cho vật lý học đi vào thế giới vi mô, nhưng dần dần nó đã gặp phải những mâu thuẫn không thể vượt qua được. Cần có một quan niệm mới về tính chất của các hạt: đó là quan niệm về lưỡng tính sóng - hạt của các vi thể, bổ sung vào lý thuyết lượng tử.

Giai đoạn III: Xây dựng CHLT (1923-1927)

Năm 1923, Compton đã phát hiện ra một hiệu ứng mang tên ông, chứng minh rằng ánh sáng, bên cạnh tính sóng còn có tính hạt - đó là các lượng tử ánh sáng, tức là các hạt photon đã được Anhstang phát hiện từ năm 1905. Ánh sáng là sóng điện từ, nhưng trong nhiều trường hợp cũng thể hiện tính hạt, tuy hạt photon ở đây không có khối lượng nghỉ ($m_0 = 0$).

Năm 1923-1924, De Broglie nhà khoa học người Pháp đã gợi ý mở rộng quan niệm về lưỡng tính sóng - hạt cho cả các hạt chất tức là các hạt có khối lượng nghỉ $m_0 > 0$, nghĩa là các hạt này cũng gắn liền với sóng. Và để phân biệt với sóng điện từ, ông gọi các sóng này là sóng vật chất, được đặc trưng bởi hàm sóng.

Giả thuyết về lưỡng tính sóng - hạt của các hạt chất đã được thực nghiệm xác định là đúng đắn (năm 1927).

Sự phát hiện ra lưỡng tính sóng - hạt là một thành tựu có ý nghĩa quyết định trong việc tạo ra cơ sở để xây dựng CHLT, cùng với quan niệm về sự lượng tử hoá. Những người có công đầu trong việc xây dựng ngành khoa học mới này là Haidenbéc với cơ học ma trận và Srodinơ với cơ học sóng, là hai lý thuyết khác nhau, nhưng có giá trị tương đương trong việc mô tả chuyển động của các vi thể. Năm 1927, dựa trên cơ học ma trận, Haidenbéc đã vạch ra được hệ thức bất định, chỉ ra một nhận thức mới rất quan trọng trong việc sử dụng các khái niệm năng lượng, xung lượng toạ độ, v.v... và là một trong các hệ thức cơ bản nhất của CHLT. Từ hệ thức bất định, người ta có thể rút ra nhiều hệ quả quan trọng cho phép giải thích được nhiều hiện tượng mà lâu nay dựa trên quan niệm cổ điển, không thể nào làm được.

Cũng vào khoảng năm ấy, N.Bo đã đưa ra nguyên lý bổ sung, một nguyên lý rất quan trọng trong việc nhận thức các hiện tượng vi mô, là cơ sở lôgic của hệ thống các quan niệm CHLT (nguyên lý bổ sung sẽ được trình bày cụ thể hơn trong chương VI).

Trên đây chỉ mới kể đến một số nhà khoa học chủ yếu và những đóng góp của họ trong việc xây dựng nền tảng của CHLT trong những năm 20 của thế kỷ này. Xây dựng

CHLT còn là sự đóng góp của nhiều nhà khoa học khác nữa như Pauli, Bose, Born, Jordan, Dirac, Fermi, v.v...

3. Đặc điểm của thế giới vi mô

So sánh với thế giới vĩ mô, thế giới vi mô có rất nhiều điểm khác trên nhiều mặt. Sau đây, chỉ nêu lên một số đặc điểm về lượng và chất, từ đó sẽ vạch ra một số đặc điểm của các định luật CHLT và gắn liền là đặc điểm của quá trình nhận thức đối với thế giới vi mô.

Về mặt *lượng*, tất cả các đại lượng nói về yếu tố cấu thành thế giới vi mô đều rất bé hoặc rất lớn; có thể nêu lên đây một số số liệu chính:

Đường kính của nguyên tử vào khoảng 10^{-8} cm, của hạt nhân 10^{-13} cm.

Khối lượng của điện tử $m = 1,1 \cdot 10^{-28}$ g, của proton bằng 1836 lần khối lượng của điện tử.

Số phân tử trong một phân tử gam chất khí là $6,022169 \cdot 10^{23}$.

Thời gian sống của các hạt cơ bản phần lớn là rất ngắn, có nghĩa là sau thời gian đó, các hạt tự phân rã thành các hạt bền hoặc các bức xạ: hạt nơtron ở trạng thái tự do tồn tại trong 10^3 gy, các hạt khác sống trong khoảng thời gian là $10^{-6} - 10^{-16}$ gy, những hạt được gọi là cộng hưởng chỉ sống trong khoảng 10^{-23} gy. Ngược lại, thời gian bền của hạt proton theo lý thuyết lại cực lớn: 10^{29} năm.

Tốc độ chuyển động của hạt photon (ánh sáng) là cực lớn (300.000 km/gy), của các hạt chất, tuy nhỏ thua tốc độ ánh sáng, nhưng cũng có thể đạt những tốc độ rất lớn so với tốc độ thường gặp trong thế giới trung bình.

Các lực tương tác giữa các hạt có cường độ khác nhau rất lớn về lượng. Nếu chỉ số gán cho cường độ tương tác mạnh (liên kết các hạt nucleon trong hạt nhân nguyên tử) là 1, thì các chỉ số tương ứng với tương tác yếu (làm phân rã các hạt), tương tác điện từ và tương tác hấp dẫn, theo thứ tự là 10^{-10} , 10^{-2} và 10^{-38} .

Về *chất*, có thể nêu lên một số đặc điểm sau:

Về cấu trúc, trước hết phải nói đến lưỡng tính sóng - hạt, một đặc điểm rất cơ bản mà sau này chúng ta sẽ còn phải phân tích thêm.

Tiếp đến, spin là một trong các đặc tính rất lạ của các vi hạt. Nó không giống bất kỳ một đặc tính nào của các hạt vĩ mô, nhưng người ta hay gọi đó là mômen động lượng bên trong. Dựa vào từ spin - tiếng Anh có nghĩa là con quay, nên mới có sự giải thích spin là mômen động lượng của sự quay của vi hạt xung quanh trục của nó. Spin là một đại lượng về hình thức giống như mômen động lượng nên có khi còn gọi là mômen spin để chỉ sự giống nhau đó. Nhưng tất cả những quan niệm ấy đều không đúng, vì theo CHLT thì vi hạt không có một trục quay nào thật xác định, và điện tử cũng không phải là một quả cầu quay

xung quanh hạt nhân. Spin là một đại lượng có giá trị gián đoạn, bình phương của nó có trị số $\hbar^2 s(s+1)$, $\hbar$ là hằng số Dirac và bằng $1.05 \cdot 10^{-34}$ j/g, s là một số dương nguyên hay bán nguyên, khác nhau tùy theo loại vi hạt. Chẳng hạn, spin của photon là 1, của electron... (và của các vi hạt thuộc cùng họ, gọi là lepton) là $1/2$. Spin của một nucleon (tức proton hay nơtron) cũng bằng $1/2$, các hạt pion và kaon không có spin. Spin là một đặc tính không phụ thuộc gì vào sự chuyển động và các điều kiện bên ngoài của các hạt (ngoại trừ các nguyên tử là một tập hợp các hạt cơ bản thì spin có thay đổi khi trạng thái nguyên tử thay đổi do các tác động bên ngoài).

Trị số spin của một vi hạt có thể cho biết cách "xử sự" của nó ở trong một tập hợp các vi hạt cùng loại: các vi hạt có spin là một số nguyên hoặc không có spin, có thể tập hợp thành số lượng vô cùng ở cùng một trạng thái; các vi hạt có spin bán nguyên chỉ có thể chiếm các trạng thái riêng của mình nó có, có nghĩa là nếu ở một trạng thái nào đó đã có một vi hạt chiếm thì không có vi hạt nào khác được có trạng thái đó. Các hạt thuộc nhóm trên được gọi là các boson (vì tuân theo thống kê Bose - Anhstam), thuộc nhóm dưới được gọi là các fermion (vì tuân theo thống kê Fermi-Dirac).

Một đặc tính khác cũng chỉ nhận thấy ở các vi hạt là ở những hạt hiện đang tồn tại, ẩn chứa những hạt khác ở trạng thái khả năng. Thí dụ: hạt nơtron được tạo thành

bởi 3 hạt quác, mặt khác ở trong nó lại coi như đồng thời tồn tại 3 hạt ở trạng thái khả năng, vì khi ở ngoài hạt nhân nguyên tử, nó tự phân rã ra 3 hạt là proton, electron và phản neutrino.

Do có cấu trúc bên trong phức tạp như vậy nên trong sự tương tác giữa các vi hạt thường có nhiều sơ đồ biến hoá khác nhau, đem lại những kết quả rất đa dạng. Thí dụ, sự tương tác giữa hạt photon năng lượng cao (ký hiệu là γ) với proton, có thể diễn ra theo các sơ đồ:

$$\gamma + p \rightarrow n + \pi^+$$

$$\gamma + p \rightarrow p + \pi^0$$

$$\gamma + p \rightarrow p + \pi^+ + \pi^-$$

$$\gamma + p \rightarrow p + p + \bar{p}$$

(π là một loại vi hạt có thể có điện tích dương π^+ , âm π^- hay trung hoà π^0 ; còn $\bar{p}$ là phản proton).

Một điều đáng chú ý là, trừ một số rất ít hạt gọi là bền (electron, proton, các neutrino và photon), các hạt khác là không bền, có nghĩa là tự nó phân rã thành những hạt khác mà không cần có sự tác động nào từ bên ngoài. Sự phân rã này là hoàn toàn bất kỳ, không thể nào tiên đoán được trước lúc nào một hạt riêng lẻ sẽ phân rã, tuy rằng đối với một số rất lớn, thì có thể tiên đoán được theo quy luật thống kê. Chẳng hạn, đối với mọi neutron riêng lẻ, người ta không thể nào tiên đoán trước lúc nào nó phân rã.

nhưng chẳng hạn ở thời điểm $t = 0$, ta có N_0 nơtron (N_0 là một số rất lớn) thì đến thời điểm t , do có một số nơtron đã tự phân rã, nên số nơtron còn lại chỉ là $N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$, τ là một hằng số đặc trưng cho sự phân rã của nơtron, người ta gọi đó là thời gian sống của hạt nơtron, có trị số là 10^3 gy. Còn đại lượng $e^{-t/\tau}$ đặc trưng cho xác suất phân rã của một nơtron sau thời gian t .

Ngoài những đặc điểm về lượng và chất nói trên, các vi thể còn có nhiều thuộc tính khác, sẽ được nói đến khi cần thiết.

II. VỀ CÁC QUAN NIỆM CƠ BẢN VÀ CÁC CƠ SỞ VẬT LÝ CỦA CHLT

Sau khi đã điếm qua quá trình xây dựng CHLT và các đặc điểm của thế giới vi mô, giúp chúng ta có một cái nhìn chung về một ngành khoa học quan trọng và thường được coi là khó hiểu, chúng ta cần nói kỹ hơn về các quan niệm cơ bản và các cơ sở vật lý của nó. Việc này là cần thiết để có thể hiểu được các tư tưởng và khái niệm của CHLT trong các lý thuyết chính của nó, từ đó mới có cơ sở để bàn đến các vấn đề triết học có liên quan.

1. Về các quan niệm cơ bản của CHLT

Việc xây dựng CHLT, như đã giới thiệu ở các tiểu mục của mục I, phải dựa trên hai quan niệm cơ bản là sự lượng tử hoá và lưỡng tính sóng - hạt.

1.1. Sự lượng tử hoá có nghĩa là một số đại lượng vật lý đặc trưng của vi thể, trong những điều kiện nhất định, chỉ có những giá trị gián đoạn và xác định. Chẳng hạn năng lượng của các vi thể bị ràng buộc thì lượng tử hoá, nhưng của các vi thể chuyển động tự do thì không lượng tử hoá.

Nhờ quan niệm lượng tử hoá, N.Bo đã xây dựng được lý thuyết lượng tử, áp dụng trong việc xây dựng mô hình nguyên tử, tuy chưa hoàn chỉnh, nhưng có giá trị lớn về mặt phương pháp luận.

Quan niệm lượng tử hoá được bắt đầu từ giả thuyết của Plăng, với hằng số h , áp dụng đối với năng lượng, về sau được mở rộng sang các đại lượng vật lý khác, có thể kể ra:

- Lượng tử khối lượng (khối lượng của điện tử là lượng tử khối lượng bé nhất).

- Lượng tử điện tích (điện tích của điện tử là lượng tử điện tích âm bé nhất, trước khi phát hiện ra điện tích phân số - $1/3$ của hạt quác d).

- Lượng tử ánh sáng (photon) có trị số năng lượng thay đổi tùy theo bước sóng của ánh sáng tương ứng, tính theo công thức $h\nu$, ν là tần số.

Các đại lượng đặc trưng cho chuyển động của các điện tử ở trong nguyên tử cũng được lượng tử hoá, thể hiện ở các lượng tử số của quỹ đạo của điện tử:

- Mức năng lượng của điện tử ở trong nguyên tử là gián đoạn, được xác định bởi lượng tử số n , n là các số nguyên 1, 2, 3...

- Mômen động lượng quỹ đạo xác định bởi lượng tử số j có các giá trị gián đoạn $lh/2\pi$ trong đó l là số nguyên dương tùy ý, kể cả số không.

Không chỉ mômen động lượng được lượng tử hoá mà phương của mômen động lượng cũng được lượng tử hoá, thường được gọi là sự lượng tử hoá không gian mômen động lượng. Phương này được cho bằng một số lượng tử ký hiệu là m , có thể nhận giá trị số nguyên bất kỳ trong khoảng từ $-l$ đến $+l$. Ý nghĩa vật lý của m là ở chỗ $mh/2\pi$ là giá trị của hình chiếu vectơ mômen động lượng trên một phương cho trước (thường được gọi là trục z).

Ba lượng tử số n , l , m (theo thứ tự được gọi là lượng tử số chính, phụ và từ) xác định hàm sóng ba chiều (hay quỹ đạo) của điện tử trong nguyên tử. Ở đây chúng ta chưa bàn đến xuất xứ của các lượng tử số này, nhưng có thể nói ngay rằng trong cơ học cổ điển cũng có những đại lượng tương ứng xác định chuyển động của một chất điểm trên quỹ đạo tròn, sự khác nhau chủ yếu là ở chỗ các đại lượng này là liên tục.

1.2. Lương tính sóng - hạt của các vi thể là một đặc tính rất lạ của vật chất, có tính phổ biến, nhưng chỉ có những biểu hiện rõ rệt ở các vi thể.

Để hiểu rõ đặc tính này, trước hết cần nhắc lại các khái niệm hạt và sóng trong vật lý học cổ điển.

Hạt được gắn với những đối tượng trực quan được như hạt cát, hạt bụi... có những đặc tính như:

- Tính định xứ, có nghĩa là mỗi lúc vị trí của nó trong không gian được xác định bởi một hệ các tọa độ x, y, z .

- Khi chuyển động, hạt vạch ra một đường xác định gọi là quỹ đạo.

- Mỗi lúc, trạng thái của hạt ở trên quỹ đạo được xác định bởi hệ tọa độ của nó, vận tốc v và xung lượng $p = mv$, m là khối lượng của hạt.

Sóng thường được gắn với hình ảnh quen thuộc là sóng nước, lan truyền trên mặt nước. Sóng nói chung có những đặc tính sau:

- Sóng là sự lan truyền trong không gian của một năng lượng gây ra sự dao động của các phần tử vật chất của môi trường tương ứng (như sóng âm truyền đi trong không khí, trong chất rắn, chất lỏng; sóng điện từ truyền đi trong không gian, v.v...), do đó không có tính định xứ, không có quỹ đạo xác định như đối với hạt.

Số chu kỳ trong một đơn vị thời gian (giây) được gọi là tần số.

- Sự chuyển động của sóng mang tính chu kỳ, nghĩa là đối với một chất điểm của môi trường truyền sóng, cứ sau một khoảng thời gian nhất định - gọi là chu kỳ - thì nó lại

trở lại trạng thái hoàn toàn như trước (giả thuyết không mất mát năng lượng và sóng không tương tác với một vật nào khác ở trên đường truyền của nó).

- Chuyển động của một chất điểm trong môi trường trong một chu kỳ là một dao động; độ lệch ra khỏi vị trí trung bình của chất điểm khi dao động, khi có trị số cực đại được gọi là biên độ (xét trị số tuyệt đối, vì các độ lệch có các trị số ngược dấu).

- Có hai loại sóng là sóng dọc và sóng ngang. Trong sóng ngang phương chuyển động của các phân tử trong môi trường thẳng góc với phương truyền đi của sóng (như sóng nước hay sóng điện từ) còn trong sóng dọc thì phương này trùng với phương truyền đi của sóng (như sóng trong sự dao động của một lò xo ruột gà hay trong sự dao động của các phân tử không khí khi truyền âm).

- Đã là sóng, dù thuộc loại nào, cũng là sự chuyển động, không có sóng đứng yên (trừ khi có sự so sánh giữa hai sóng hoàn toàn giống nhau, một trong hai sóng được coi là hệ quy chiếu; trong vật lý học chỉ có hệ quy chiếu là chất, nên sóng bao giờ cũng vận động). Tuy vậy trong vật lý học có hiện tượng sóng đứng mà ta sẽ nói đến sau khi giới thiệu hiện tượng giao thoa. Nhưng cần nói ngay là trong sóng đứng vẫn có sự vận động.

- Trong các dạng sóng, người ta chú ý đến dạng trong đó có các dao động điều hoà, là dao động có độ dời x của

vật ra khỏi vị trí cân bằng phụ thuộc vào thời gian theo định luật hình sin:

$$x = a \cos(\omega t + \varphi)$$

a - biên độ sóng ($|x|$ cực đại)

ω - mạch số của dao động = tần số góc của dao động.

t - thời gian.

$\omega t + \varphi$ - pha của dao động. Khi $t = 0$ thì pha gọi là pha ban đầu và bằng φ .

- Hiện tượng giao thoa là một hiện tượng đặc trưng cho chuyển động sóng. Đó là hiện tượng có thể xảy ra khi ở một điểm của môi trường có nhiều sóng từ những nguồn khác nhau truyền tới và thỏa mãn một số điều kiện nhất định. Sự giao thoa có thể xảy ra là do có *nguyên lý chồng chất*, nói rằng: dao động của mỗi điểm ở trong môi trường có nhiều sóng truyền tới sẽ là tổng của các dao động độc lập mà mỗi sóng gây ra tại điểm ấy. -

Lý thuyết và thực nghiệm chứng tỏ rằng trong trường hợp hai sóng truyền tới một điểm M của môi trường, nếu có cùng chu kỳ và pha bằng nhau hay có hiệu pha không đổi, thì tại M sẽ có giao thoa. Tùy theo vị trí của điểm M đến hai nguồn phát sóng, ở đó biên độ dao động sẽ cực đại hay cực tiểu. Gọi a là biên độ của dao động hợp thành, ta sẽ có:

$$\text{lúc cực đại: } a = a_1 + a_2$$

$$\text{lúc cực tiểu: } a = |a_1 - a_2|$$

trở lại trạng thái hoàn toàn như trước (giả thuyết không mất mát năng lượng và sóng không tương tác với một vật nào khác ở trên đường truyền của nó).

- Chuyển động của một chất điểm trong môi trường trong một chu kỳ là một dao động; độ lệch ra khỏi vị trí trung bình của chất điểm khi dao động, khi có trị số cực đại được gọi là biên độ (xét trị số tuyệt đối, vì các độ lệch có các trị số ngược dấu).

- Có hai loại sóng là sóng dọc và sóng ngang. Trong sóng ngang phương chuyển động của các phân tử trong môi trường thẳng góc với phương truyền đi của sóng (như sóng nước hay sóng điện từ) còn trong sóng dọc thì phương này trùng với phương truyền đi của sóng (như sóng trong sự dao động của một lò xo ruột gà hay trong sự dao động của các phân tử không khí khi truyền âm).

- Đã là sóng, dù thuộc loại nào, cũng là sự chuyển động, không có sóng đứng yên (trừ khi có sự so sánh giữa hai sóng hoàn toàn giống nhau, một trong hai sóng được coi là hệ quy chiếu; trong vật lý học chỉ có hệ quy chiếu là chất, nên sóng bao giờ cũng vận động). Tuy vậy trong vật lý học có hiện tượng sóng đứng mà ta sẽ nói đến sau khi giới thiệu hiện tượng giao thoa. Nhưng cần nói ngay là trong sóng đứng vẫn có sự vận động.

- Trong các dạng sóng, người ta chú ý đến dạng trong đó có các *dao động điều hoà*, là dao động có độ dời x của

vật ra khỏi vị trí cân bằng phụ thuộc vào thời gian theo định luật hình sin:

$$x = a \cos(\omega t + \varphi)$$

a - biên độ sóng ($|x|$ cực đại)

ω - mạch số của dao động = tần số góc của dao động.

t - thời gian.

$\omega t + \varphi$ - pha của dao động. Khi $t = 0$ thì pha gọi là pha ban đầu và bằng φ .

- Hiện tượng giao thoa là một hiện tượng đặc trưng cho chuyển động sóng. Đó là hiện tượng có thể xảy ra khi ở một điểm của môi trường có nhiều sóng từ những nguồn khác nhau truyền tới và thỏa mãn một số điều kiện nhất định. Sự giao thoa có thể xảy ra là do có *nguyên lý chồng chất*, nói rằng: dao động của mỗi điểm ở trong môi trường có nhiều sóng truyền tới sẽ là tổng của các dao động độc lập mà mỗi sóng gây ra tại điểm ấy. -

Lý thuyết và thực nghiệm chứng tỏ rằng trong trường hợp hai sóng truyền tới một điểm M của môi trường, nếu có cùng chu kỳ và pha bằng nhau hay có hiệu pha không đổi, thì tại M sẽ có giao thoa. Tùy theo vị trí của điểm M đến hai nguồn phát sóng, ở đó biên độ dao động sẽ cực đại hay cực tiểu. Gọi a là biên độ của dao động hợp thành, ta sẽ có:

lúc cực đại: $a = a_1 + a_2$

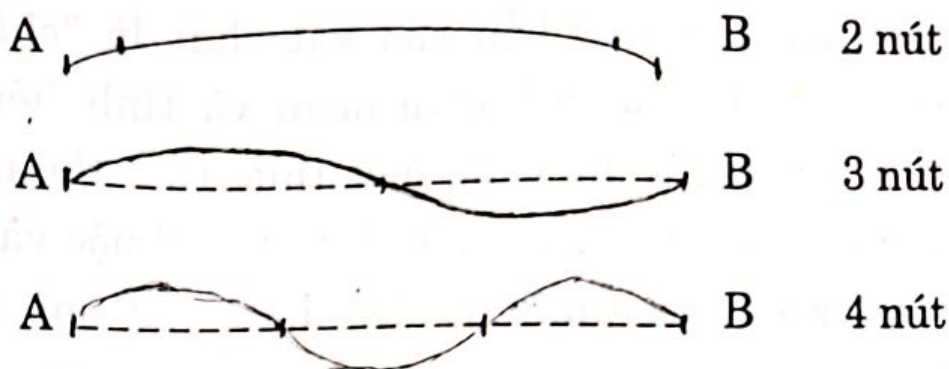
lúc cực tiểu: $a = |a_1 - a_2|$

Đường nối các điểm có cùng biên độ dao động cực đại và cực tiểu, tạo thành các vân giao thoa.

Sóng đứng là trường hợp đặc biệt của sự giao thoa, trong đó có sự chồng chất của một sóng truyền đi - gọi là sóng tới - với sóng phản xạ là sóng được tạo ra sau khi sóng tới gặp một vật cản, truyền theo phương ngược lại.

Trong sóng đứng, do biên độ của sóng tới và sóng phản xạ bằng nhau ($= a$) nên biên độ cực đại $A = 2a$, tại điểm gọi là *bụng* của dao động, còn tại điểm cực tiểu $A = 0$, gọi là *nút* của dao động. Có thể dễ dàng tạo ra sóng đứng ở trên một dây đàn được căng thẳng giữa hai điểm A và B cố định. Tùy theo vị trí của điểm gảy (điểm tạo ra sự dao động của dây đàn) có thể tạo ra những dạng sóng đứng khác nhau, đặc trưng bởi số nút, có thể là ba (kể cả hai điểm A, B ở đó biên độ dao động luôn luôn bằng không), bốn, năm hay nhiều hơn. Trong mỗi trường hợp, bước sóng của sóng đứng phụ thuộc vào số nút, số đó chỉ có thể là số nguyên.

- Trong vật lý học cổ điển, khi nói về các hiện tượng của sóng, cần chú ý thêm đến hiện tượng nhiễu xạ của ánh sáng, vốn là những sóng điện từ. Đó là hiện tượng khi ánh sáng đi qua một lỗ nhỏ hay gặp một vật cản nhỏ trên đường truyền của nó, sẽ tạo ra trên màn hứng đặt sau đó những vân tối sáng hình tròn đồng tâm, (tâm là giao điểm của đường thẳng nối nguồn sáng với lỗ hay vật cản nhỏ với màn hứng).



Sóng đứng trên dây đàn

Hiện tượng sóng trong vật lý học cổ điển còn có nhiều biểu hiện khác, trên đây chỉ nêu lên vắn tắt một số trường hợp mà sau này trong lý thuyết của CHLT cũng có những biểu hiện tương tự.

Sau khi đã nói về các khái niệm hạt và sóng trong vật lý học cổ điển, phản ánh hai đối tượng rất khác biệt, chúng ta nói đến lưỡng tính sóng- hạt của các vi hạt. Sự khác biệt đến mức đối lập giữa sóng và hạt, làm cho việc hình dung lưỡng tính sóng - hạt của vi hạt thật là khó khăn. Với tính cách là một trong hai quan niệm cơ bản của CHLT, lưỡng tính sóng - hạt chứa đựng trong nó nguồn gốc của mọi bí ẩn, dẫn dắt đến những nghịch lý làm cho quá trình nhận thức thế giới vi mô gặp rất nhiều khó khăn. Không thể chỉ qua vài câu mà nói rõ được lưỡng tính sóng - hạt, việc này có thể tiến hành thuận lợi hơn phần nào sau khi phân tích một thí nghiệm sẽ nói ở tiểu mục tiếp theo. Bây giờ, ở một trình độ khái quát hơn, chúng ta có thể nói rằng: lưỡng tính sóng- hạt có nghĩa là hai

hình thức biểu hiện cơ bản của vật chất là "chất" và "trường", cũng tức là tính gián đoạn và tính liên tục, đồng thời tồn tại, trong cùng một thực thể, thông qua các trạng thái khả năng và hiện thực, tùy thuộc vào môi trường xung quanh. Cũng do đặc điểm này mà trong CHLT, ngoài các cặp phạm trù khác đã quen thuộc trong vật lý học cổ điển, cặp phạm trù khả năng - hiện thực sẽ có vai trò quan trọng.

1.3. Mối quan hệ giữa hai quan niệm cơ bản của CHLT

Tuy chưa đi vào nội dung các lý thuyết của CHLT, nhưng sự phân tích nội dung và mối quan hệ giữa hai quan niệm của CHLT - sự lượng tử hoá và lưỡng tính sóng - hạt - cũng đã bước đầu giúp chúng ta hình dung được những đặc điểm chung của ngành khoa học này.

Sự lượng tử hoá nói lên tính gián đoạn của vật chất trong thế giới vi mô. Thực ra, trong vật lý học cổ điển cũng có sự gián đoạn, nhưng mang tính chất khác. Đó là sự gián đoạn giữa các sự vật vĩ mô, được coi là cô lập với nhau, chỉ có quan hệ với nhau thông qua sự tương tác, nhờ đó mới có sự truyền lực và gây ra sự vận động. Tuy vậy, đối với từng sự vật, và sau này khi phát hiện ra trường, người ta chỉ quan niệm có tính liên tục, biểu hiện ở chỗ các đại lượng đặc trưng cho các sự vật - tức là "chất" - và "trường", cũng như các chuyển động của chúng, có thể có trị số bất kỳ, với những lượng thay đổi bé bao nhiêu cũng được. (Chẳng hạn

các số đo khối lượng, diện tích, năng lượng... lực, vận tốc, gia tốc của các chuyển động). Nhưng trong thế giới vĩ mô, quan niệm liên tục có ý nghĩa tương đối: khi nói đến khối lượng của đồng cát, người ta có thể nói đó là một đại lượng liên tục; nhưng khi đo khối lượng của một nhúm nhỏ cát với một cái cân thật nhạy, sẽ thấy rằng độ biến thiên khối lượng không phải là liên tục, mà là gián đoạn, vì phải bằng một trị số là bội số của khối lượng một hạt cát (được coi là có khối lượng bằng nhau giữa các hạt). Ở đây, tính liên tục hay gián đoạn tùy thuộc vào nhiệm vụ nghiên cứu và phương tiện đo lường có độ nhạy đến mức độ nào để có thể phát hiện ra lượng tử của đại lượng đưa ra xem xét (chẳng hạn đối với nước, thì không thể có cái cân nào có thể đo trực tiếp khối lượng của một phân tử nước). Nhưng điều quan trọng là ở đây, tính chất của cái toàn bộ (liên tục) là do tập hợp các lượng tử (gián đoạn) tạo thành, và những thuộc tính của "chất" thì dù ở từng lượng tử hay toàn bộ đều như nhau. Cũng như vậy, nếu thực thể đưa ra nghiên cứu là "trường" thì những thuộc tính của trường ở điểm nào cũng như nhau (trong vật lý học cổ điển chưa có khái niệm lượng tử của trường). Như vậy, gắn với tính liên tục, trong vật lý học cổ điển, người ta nghiên cứu những đối tượng hoặc là "chất", hoặc là "trường" tồn tại ở những thực thể khác nhau. Cái chung giữa hai loại đối tượng này là cấu trúc "sóng" tồn tại ở cả "điểm" (đối với sóng điện từ) và ở cả các đối tượng vĩ mô.

Khi xuống đến cấu trúc vi mô, với phần nhiều các đại lượng được lượng tử hoá và với lưỡng tính sóng - hạt, vật chất đã có những biểu hiện khác hẳn về chất, làm cho vật lý học cổ điển và vật lý lượng tử khác nhau về cơ bản. Tuy vậy, giữa hai vật lý học đó lại có thể chuyển hoá lẫn nhau, do sự chi phối của quy luật lượng - chất của phép biện chứng. Chúng ta có thể lấy cả đoạn văn sau đây của Anhstanh để nói rõ điều đó: "Cho đến bây giờ chúng ta đã xét electron trong một trường bên ngoài nào đó. Nhưng nếu đó không phải là electron, điện tích khả dĩ nhỏ nhất mà là điện tích lớn đáng kể nào đó chứa hàng triệu triệu electron, thì chúng ta có thể vứt bỏ lý thuyết lượng tử và giải bài toán theo vật lý cũ tiền lượng tử của chúng ta. Khi nói về dòng điện trong một dây dẫn, về các vật dẫn tích điện, về các sóng điện từ, chúng ta có thể áp dụng vật lý cũ đơn giản chứa đựng các phương trình Mácxoen. Nhưng chúng ta không thể làm điều đó, khi nói đến hiệu ứng quang điện, cường độ của các vạch quang phổ, độ phóng xạ, sự nhiễu xạ của sóng electron và nhiều hiện tượng khác, trong đó tính chất lượng tử của vật chất và năng lượng được biểu hiện"¹. Tính lượng tử làm cho các quy luật lượng tử khác cơ bản với các quy luật cổ điển. Nội dung của sự khác nhau đó, đồng thời cũng là nguồn gốc của các khó khăn trong việc nhận thức các quy luật lượng tử, phải

1. A. Anhstanh - L. Infen. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr.281.

tìm ở lưỡng tính sóng - hạt. Ở cùng một đối tượng nghiên cứu - chẳng hạn electron mà có khi biểu hiện như là sóng (trường), có khi biểu hiện như là hạt (chất), có nghĩa là các trạng thái sóng hay hạt có khi là hiện thực, có khi là khả năng, là một đặc điểm hoàn toàn không có ở các đối tượng nghiên cứu của vật lý học cổ điển. Các nhà khoa học đã đi theo con đường nào để khắc phục các khó khăn do tính lưỡng tử và lưỡng tính sóng - hạt trong thế giới vi mô, chúng ta sẽ phân tích ở các mục sau, nhưng hiểu rõ nguồn gốc gây ra các khó khăn đó là một bước đầu quan trọng.

2. Cơ sở vật lý của CHLT

CHLT là một ngành khoa học rất lý thuyết nhưng các tư tưởng, khái niệm cũng như các quy luật của nó đã được hình thành gắn liền với một khối lượng khổng lồ các thí nghiệm, từ cuối thế kỷ XIX đến hết nửa đầu thế kỷ XX. Các kết quả thí nghiệm được chọn lọc, kiểm tra kỹ lưỡng không phải một lần mà nhiều lần, không phải do một người mà nhiều người... là cơ sở vật lý của CHLT. Các thí nghiệm cơ sở của CHLT có nhiều, ở đây chỉ xin giới thiệu một loại thí nghiệm, thường được gọi là thí nghiệm hai lỗ, có thể giúp chúng ta hiểu được những bí ẩn cơ bản của CHLT. Người ta thường nói đây là những "thí nghiệm nguyên tắc" (chú ý: không phải là thí nghiệm tưởng tượng), với nghĩa là sự trình bày khái quát hoá rất nhiều thí nghiệm khác nhau trong thực tế. Vì vậy, trong các thí nghiệm nói sau đây, các thiết bị, cơ cấu để làm thí nghiệm

được sơ đồ hoá (những cái chính) mọi hiện tượng có tính cá biệt, ngẫu nhiên xảy ra trong thực tế được bỏ qua, người ta chỉ giữ lại những gì đã được khái quát hoá, coi là có tính nguyên tắc, tồn tại phổ biến, trong rất nhiều thí nghiệm trong thực tế. Chúng ta hãy theo dõi cẩn thận các thí nghiệm sau đây (trên các hình vẽ, chú ý phân biệt các thiết bị thí nghiệm được sơ đồ hoá và trình bày theo mặt cắt nằm ngang; còn sơ đồ biểu diễn sự phân bố của các đại lượng liên quan đến các hạt hay sóng đập lên màn hứng, lại ở trong một mặt phẳng thẳng góc với mặt phẳng cắt các thiết bị; trên hình vẽ, cả hai mặt này cùng nằm trên mặt phẳng của trang giấy).

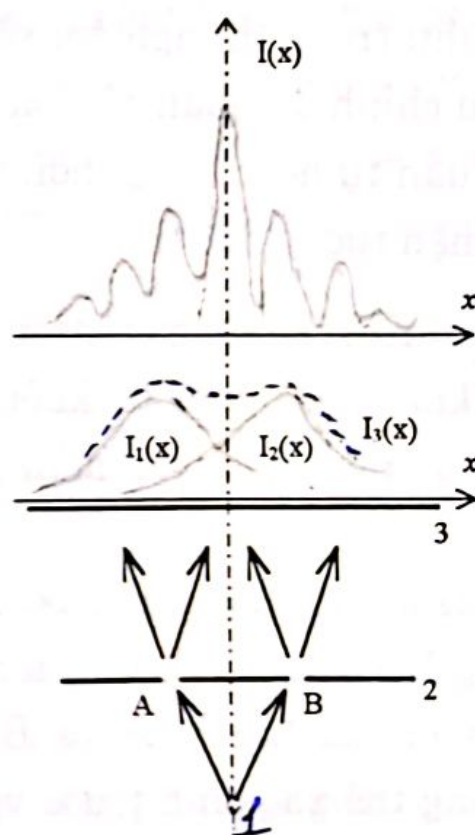
Thí nghiệm thứ nhất (h.a)

Trên hình vẽ, 1 là một nguồn sáng đơn sắc, 2 là một màn chắn có hai lỗ nhỏ A và B, 3 là màn hứng hay màn phát hiện, có tác dụng ghi lại cường độ của ánh sáng tới từ 1, sau khi đi qua hai lỗ A và B. Đây là thí nghiệm quen thuộc của vật lý học cổ điển nói về sự giao thoa: nguồn sáng đi từ 1, qua hai lỗ A và B sẽ trở thành hai nguồn sáng đồng pha nên khi đến, màn hứng sẽ chồng chất lên nhau và tạo ra các vân giao thoa, với cường độ được phân bố theo đường cong $I(x)$.

Nếu bây giờ, lần lượt bịt lỗ A, để hở lỗ B và ngược lại, thì vân giao thoa sẽ biến mất và thay vào đó là các vân nhiễu xạ, với sự phân bố cường độ sáng theo thứ tự bởi các

đường cong $I_2(x)$ và $I_1(x)$. Nếu trên sơ đồ, ta cộng hai đường cong này lại, sẽ được đường cong chấm chấm $I_3(x)$, khác xa đường cong biểu diễn sự giao thoa, khi hai lỗ A và B được mở đồng thời.

Vật lý học lượng tử đi xa hơn trong thí nghiệm nói trên. Bằng cách giảm dần cường độ nguồn sáng phát ra từ 1, các kết quả thu được, xét về dạng các đường cong biểu diễn vẫn không thay đổi, trừ cường độ tất nhiên cũng yếu dần. Người ta đã thử giảm cường độ nguồn sáng tới, yếu đến mức có thể coi không phải là tia sáng, mà là một luồng các photon, và để ghi được sự va chạm của chúng lên màn phát hiện - lúc này là những tấm



Hình a

kính ảnh - người ta phải kéo dài thời gian ghi để có thể có hình nhìn thấy được, nhưng kết quả vẫn không khác gì so với lúc nguồn sáng được coi là sóng điện từ. Điểm mới mà vật lý học lượng tử phát hiện được là ánh sáng, dù coi là sóng hay hạt, đều xử sự như nhau trong thí nghiệm 2 lỗ.

Thí nghiệm thứ hai (cũng dựa trên h.a)

Cách bố trí như trong thí nghiệm thứ nhất, chỉ khác là ở 1 là nguồn phát ra các electron mà người ta có thể phát ra đồng thời rất nhiều hay điều chỉnh cho từng electron phát đi tuần tự từng đơn vị một. Các kết quả thu được khi bật từng lỗ A hay B và khi mở cả hai lỗ A và B đều tương tự như trong thí nghiệm với nguồn sáng. Ở đây, do có thể điều chỉnh để quan sát các trường hợp từng electron phát đi tuần tự hoặc đồng thời, người ta đã ghi nhận thêm một số hiện tượng đặc thù.

a) Khi cho từng electron đi qua một trong hai lỗ A hay B (lỗ kia bật), người ta không có cách gì để biết nó sẽ rơi xuống điểm nào trên màn phát hiện 3; nhưng nếu cho rất nhiều electron đi qua tuần tự hay đồng loạt, thì các electron sẽ được phân bố một cách xác định theo đường cong $I_1(x)$ hay $I_2(x)$, thành những vân nhiễu xạ. (Nếu đồng thời mở cả hai lỗ A và B thì tình hình cũng tương tự: không thể xác định trước vị trí rơi của từng electron riêng lẻ, nhưng cuối cùng, với một số lượng cực lớn, các điểm rơi của chúng sẽ tạo thành vân giao thoa).

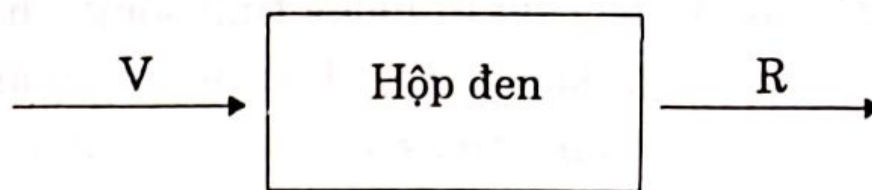
b) Khi đồng thời mở cả hai lỗ A và B, người ta thu được các vân giao thoa ở màn phát hiện; còn nếu mở mỗi lần chỉ một lỗ A hoặc B, thì chỉ có vân nhiễu xạ, được biểu diễn bởi các đường $I_1(x)$ và $I_2(x)$, và phép cộng hai đường này lại không cho đường biểu diễn vân giao thoa $I(x)$ mà là đường

$I_3(x)$. Để tìm nguyên nhân gây ra sự khác nhau này, các nhà khoa học đã tìm mọi cách để biết được electron đã qua hai lỗ A và B như thế nào, lúc cả hai lỗ đều mở, nhưng không đạt được kết quả mong muốn. Nói chung, đó là những máy dò, đặt ở gần các lỗ A và B ở phía sau. Máy dò phát ra tia sáng thường xuyên chiếu vào các lỗ A và B. Nếu electron đi qua lỗ nào thì do tương tác với hạt photon của tia sáng của máy dò, lập tức sẽ có tín hiệu báo cho người làm thí nghiệm biết. Nhưng có điều lạ là những electron đã bị "dò" (đã tương tác với photon của máy dò) thì lại rơi xuống màn phát hiện theo đường $I_1(x)$ hoặc $I_2(x)$, tùy theo nó đã qua lỗ A hay B, và như vậy nó xử sự như là những hạt (chất). Nhưng nếu bỏ máy dò đi, nghĩa là không có photon nào tương tác, thì electron lại rơi xuống màn phát hiện tạo thành vân giao thoa, nghĩa là xử sự như sóng, nhưng người ta lại không biết là electron đã đi qua hai lỗ A và B như thế nào. Người ta đã nghĩ ra nhiều cách để giải thích (electron lúc thì qua lỗ A, lúc qua lỗ B; nó chia đôi ra để một nửa qua lỗ A, một nửa qua lỗ B, khi đến màn phát hiện lại nhập lại làm một, hoặc qua lỗ A một đoạn rồi quay lại vòng qua lỗ B, v. v...) nhưng cách giải thích nào cũng đều có mâu thuẫn, không chấp nhận được. Đây là điều bí ẩn, *không thể nào phát hiện được về mặt vật lý*, khi xảy ra sự tương tác giữa electron với màn chắn hai lỗ, là một vật vĩ mô. Suy rộng ra, trong việc đo lường đối với các vi thể, bao giờ cũng có những dụng cụ là những vật

vĩ mô tương tác với các vi thể, nhiều khi đã xảy ra sự bí ẩn, không thể nào phát hiện được về mặt vật lý, như trong trường hợp electron tương tác với màn chắn hai lỗ vừa nói ở trên. Trong thế giới vi mô, không chỉ sự tương tác giữa vật vĩ mô với vi thể, mà những quá trình tiếp diễn sau sự tương tác của vi thể với vi thể, nhiều khi cũng không thể nào phát hiện được về mặt vật lý (chẳng hạn quá trình sau khi một photon tương tác với một electron ở trong nguyên tử làm cho nó chuyển từ mức năng lượng E_1 lên E_2 chẳng hạn).

c) Sau khi đi qua màn chắn hai lỗ bằng cách nào đó mà người ta gọi là cách dịch chuyển lượng tử không phát hiện được về mặt vật lý, vẫn tất là "*dịch chuyển không phát hiện được*" electron lại rơi xuống màn phát hiện, tạo thành những vân giao thoa nhìn thấy được (do rất nhiều electron rơi xuống - tất nhiên người ta không thể nhìn thấy trực tiếp electron, mà là những hạt vĩ mô xuất hiện do sự tác động lên các nguyên tử và gây ra những phản ứng dây chuyền lôi kéo một số cực lớn các phân tử tham gia, cuối cùng mới tạo thành các hạt nhìn thấy được; toàn bộ quá trình đó, tuy con người cũng không quan sát được nhưng là quá trình phát hiện được về mặt vật lý, vì người ta có thể giải thích dựa trên các khái niệm và quy luật vật lý). Chúng ta thấy trong thí nghiệm màn 2 lỗ có một quá trình có thể chia ra ba giai đoạn: (hình b)

- Giai đoạn 1, phát hiện được về mặt vật lý: electron đi tới màn 2 lỗ gọi là đầu vào V.



Hình b

- Giai đoạn 2, không phát hiện được về mặt vật lý: electron đi qua 2 lỗ và những quá trình vận động nào đó mà người ta chưa biết được, gọi là hộp đen.

- Giai đoạn 3, phát hiện được, biểu hiện ở các vân giao thoa nhìn thấy được, gọi là đầu ra R.

3. Vi hạt là gì?

Đến đây chúng ta có thể tạm sơ kết những đặc tính cơ bản của vi hạt, qua các đặc tính của electron được coi là tiêu biểu.

a) Electron là một hạt vật chất không thể chia cắt được, có khối lượng, diện tích, spin xác định. Tuy vậy, do có lưỡng tính sóng - hạt, nên trong sự vận động, có khi nó xử sự như hạt, có khi như sóng.

- Các đại lượng đặc trưng cho trạng thái của nó như năng lượng, tọa độ, xung lượng, mômen xung lượng... không có trị số xác định, được chi phối bởi hệ thức bất định (sẽ nói đến sau).

- Không thể xây dựng một mô hình xác định về electron như đối với các hạt vĩ mô.

b) Từ "sóng" trong cụm từ lưỡng tính sóng - hạt chỉ có ý nghĩa tượng trưng, không được hiểu nó với toàn bộ nội hàm của khái niệm "sóng" trong vật lý học cổ điển.

- "Sóng" gắn với hạt, được gọi là sóng vật chất, để phân biệt với sóng điện từ, có hạt đối ứng là hạt photon, không có khối lượng nghỉ ($m_0 = 0$).

- Sóng vật chất giống sóng cổ điển ở tính tuần hoàn biểu hiện ở chu kỳ, bước sóng và có mang năng lượng.

- Sóng điện từ có thể có thiết bị để phát ra và thu vào, nhưng sóng vật chất chỉ gắn với hạt chuyển động, không có nguồn nào phát ra được, cũng không có máy nào thu vào được.

- Tuy có tính chất khác nhau, nhưng cả sóng vật chất và sóng điện từ đều thuộc về hình thái vật chất "trường" và có tính liên tục.

c) Qua thí nghiệm nhiễu xạ cũng như thí nghiệm hai lỗ, người ta thấy rõ một đặc tính rất quan trọng của electron: đó là sự vận động tuân theo định luật thống kê ngay đối với từng electron riêng lẻ - đây là điểm khác so với các hạt vĩ mô. Nhưng trong vật lý học cổ điển cũng có những thuyết, như thuyết động học phân tử, mang tính thống kê, và liên quan với những tập hợp lớn các phân tử, vậy sự khác nhau được biểu hiện ở những điểm nào? Có hai điểm:

- Đối với một hạt vĩ mô, do có thể xác định chính xác đến mức tùy ý trạng thái ban đầu (tọa độ, xung lượng) nên dựa vào các định luật cơ học, người ta có thể xác định trước với độ chính xác tương ứng, trạng thái tương lai ở thời điểm bất kỳ của hạt ấy; các định luật chi phối ở đây được gọi là *định luật động lực*. Đối với vi hạt, do lưỡng tính sóng - hạt, nên không thể xác định với độ chính xác đồng thời các tọa độ và xung lượng đặc trưng cho trạng thái của hạt lúc ban đầu, do đó chỉ có thể xác định trạng thái tương lai của nó một cách xác suất, theo định luật thống kê.

- Đối với các hạt vĩ mô, các định luật thống kê chi phối các tập hợp, thu được dựa trên các định luật riêng áp dụng được cho từng cá thể. Còn trong vật lý lượng tử, các định luật thống kê chi phối các tập hợp được thiết lập trực tiếp, bỏ qua các định luật chi phối từng cá thể trong tập hợp (nói đúng ra là không thiết lập được). Chẳng hạn, người ta có thể thiết lập quy luật phân rã của hàng tỷ tỷ nguyên tử trong một hạt nguyên tố phóng xạ, nhưng không có cách gì để biết trước được một nguyên tử nào đó trong hạt phân rã vào lúc nào.

Hai điểm nói trên thực ra là biểu hiện một tính chất vốn có của các vi hạt, một tính chất mà người ta cho là *vốn có, bản chất* của tự nhiên, nghĩa là xét cho cùng thì tự nhiên diễn biến một cách thống kê theo các định luật xác suất, mà không thể nào giải thích được là vì sao. Tuy nhiên, kết luận này chưa phải đã được mọi người đồng

tính. Có nhà khoa học cho rằng tính chất thống kê - xác suất là đặc trưng cho lớp cấu trúc vi mô đã biết, nếu xuống một lớp cấu trúc sâu hơn của vật chất, thì tính quy luật động lực lại xuất hiện. Các cách đoán nhận trên đây của các nhà khoa học liên quan đến những vấn đề triết học lớn, hiện đang được nhiều người quan tâm nghiên cứu và tranh luận. Ở đây, sơ bộ chúng ta vận dụng các quan điểm và phạm trù của phép biện chứng duy vật để nhận thức lưỡng tính sóng - hạt, dựa trên các kết luận của vật lý học về các biểu hiện của nó.

Để nhận thức đúng lưỡng tính sóng - hạt, cần phải dựa trên logic biện chứng và vận dụng cặp phạm trù khả năng - hiện thực.

Dựa vào các thí nghiệm vật lý, có người nói rằng: Trong những điều kiện nào đó, vi thể là hạt (như khi electron rơi xuống màn phát hiện trong thí nghiệm 2 lỗ), trong những điều kiện khác nó là sóng (như khi gặp hai lỗ ở thí nghiệm nói trên, sau đó xuất hiện vân giao thoa - đặc trưng của tính sóng), hạt và sóng ở đây được ngầm hiểu là hạt và sóng cổ điển. Nói như vậy thực ra cũng không chuẩn, vì vi thể không khi nào là hạt hoặc là sóng, cũng không phải là sự kết hợp của hạt và sóng (theo nghĩa cổ điển). Thực ra đó là một thực thể rất đặc biệt, mang trong mình nó những khả năng biểu hiện một số thuộc tính của hạt và của sóng (cổ điển) và do đó nó có thể biểu hiện tính hạt hay tính sóng nhiều hay ít tùy hoàn cảnh. Điều đó có

nghĩa là, trong lúc có những biểu hiện dù rất rõ rệt của tính hạt thì trong nó vẫn hàm chứa *tính sóng dưới hình thức khả năng*, vì vậy khi tương tác với môi trường thích hợp, tính sóng trở thành hiện thực, thì *tính hạt từ trạng thái hiện thực lại biến thành khả năng*. Ở đây vai trò của môi trường rất quan trọng trong việc làm xuất hiện nhiều hay ít tính hạt hay tính sóng. Khi nghiên cứu các dịch chuyển electron giữa các bờ của băng bị cấm của một chất bán dẫn, chúng ta có thể coi đó là những hạt thực hiện các bước nhảy dọc theo các thang năng lượng; một thí dụ cụ thể hơn: trong một ống phóng các tia điện tử, nếu $U = 20\text{kv}$ đường kính của một tia $d = 10^{-3}\text{cm}$, khoảng đường đi của electron là $L = 10^2\text{cm}$, thì độ bất định về tọa độ của electron $\Delta x = 10^{-5}\text{cm}$ (tính theo hệ thức bất định), nghĩa là từng electron vẫn chuyển động thẳng trong phạm vi của tia, và trong trường hợp này tính hạt bộc lộ rất rõ đến mức có thể nghiên cứu chuyển động của các electron bằng các phương pháp cổ điển. Nhưng khi nghiên cứu sự truyền các electron qua một mạng tinh thể hoàn chỉnh, người ta lại phải sử dụng quan niệm sóng, vì lúc này tính sóng thể hiện rõ hơn, v.v... Nói tóm lại, vi thể không giống với bất cứ cái gì, mà con người đã nhìn thấy trong thế giới vĩ mô, nếu có dùng mô hình này khác để miêu tả thì cũng chỉ là tương đối, tạm thời mà thôi (chẳng hạn coi electron chuyển động trên quỹ đạo ở trong nguyên tử như là đám mây hay đám khói thuốc...)

4. Sự "thông ước" giữa sóng và hạt trong vi thể: công thức của D. Broglie

Ở trên chúng ta đã biết, khi chuyển sang nghiên cứu thế giới vi mô, với lưỡng tính sóng - hạt của vi thể, vật lý học đã gặp một khó khăn lớn là: nghiên cứu những đối tượng mà trong đó đồng thời tồn tại hai hình thái vật chất là "chất" và "trường", lại ở dưới hình thức khả năng - hiện thực tùy theo từng hoàn cảnh. (Đối tượng nghiên cứu của vật lý học cổ điển thì chỉ hoặc là "chất" hoặc là "trường"). Trước khi D. Broglie đưa ra giả thuyết về lưỡng tính sóng - hạt đối với các hạt chất, sóng đối ứng là sóng vật chất, thì người ta đã biết đến lưỡng tính sóng - hạt đối với sóng điện từ, với hạt đối ứng là photon, nhưng vì photon có khối lượng nghỉ $m_0 = 0$, nên coi như không có hình thái "chất" trong trường điện từ; vì vậy sóng điện từ vẫn thuộc phạm vi nghiên cứu của vật lý học cổ điển. Trong vật lý học cổ điển, hạt được đặc trưng bởi năng lượng E và xung lượng p ($=mv$), còn sóng bởi tần số γ và bước sóng λ , Anhstang đã đưa ra quan niệm các lượng tử ánh sáng (photon) tuy không có khối lượng nghỉ ($m_0=0$) nhưng vẫn mang năng lượng và cũng có xung lượng, được xác định bởi các công thức:

$$E (\text{năng lượng}) = h\gamma$$

$$p (\text{xung lượng}) = h\gamma/c$$

h : hằng số Plăng

γ : tần số sóng ánh sáng

c : tốc độ ánh sáng

Trong các công thức trên, chúng ta không thấy hình thái "chất" dưới dạng khối lượng m , nhưng thực ra hình thái ấy đã được biểu hiện dưới một hình thức, được coi là ở một chiều sâu hơn của vật chất, là hạt không có khối lượng nghỉ, vận động theo cấu trúc sóng, biểu hiện ở tần số γ . Các thí nghiệm đã chứng tỏ các sóng điện từ tác động lên các hạt vi mô và cả vĩ mô như là những hạt chất có xung lượng. Trước đây, chúng ta đã thấy cấu trúc vận động sóng là chung cho cả "trường" và "chất", ngay trong các hiện tượng cổ điển, thì ở một tầng cấu trúc sâu hơn, và dưới một hình thức khác, "chất" vẫn tồn tại trong sóng điện từ (vận động của trường). Cái mẫu số chung của "chất" và "trường" là năng lượng, thông qua năng lượng (là lượng vật chất) mà "chất" và "trường" có quan hệ với nhau, dưới những hình thức khác nhau tùy theo chiều sâu của cấu tạo vật chất. Như vậy là ở sóng điện từ Anhstang đã phát hiện và thiết lập được mối liên hệ đó một cách định lượng.

Ở sóng vật chất đối ứng với hạt vật chất (có khối lượng nghỉ). D.Broglie đã đưa ra ý tưởng táo bạo là hạt cũng có tính sóng và xung lượng của hạt có thể được biểu hiện thông qua một đặc trưng của sóng là bước sóng λ , còn năng lượng E cũng là một hàm số của tần số γ :

$$E = h\gamma \quad p = h/\lambda$$

Giả thuyết về lưỡng tính sóng - hạt và nhất là công thức thiết lập mối liên hệ định lượng đơn giản đến mức

đáng ngạc nhiên giữa xung lượng của một hạt chất với bước sóng của sóng đối ứng đã được thí nghiệm xác minh. Cũng trên mẫu số chung là năng lượng (lượng vật chất) công thức $p = h/\lambda$ (công thức D. Broglie) đã vạch ra được mối liên hệ giữa "sóng" và "hạt" cùng tồn tại ở trong một thực thể, hay có thể nói, vạch ra sự "thông ước" giữa hai biểu hiện bên ngoài rất khác nhau giữa "chất" và "trường". Nhờ phát minh này mà các công trình lý thuyết nghiên cứu về các vi hạt mới phát triển được: nhờ sự thay thế "hạt" bằng cái tương đương là "sóng", nên trong các phương trình chỉ còn lại một đối tượng là "sóng" để xử lý nên việc giải mới thực hiện được. Trên một ý nghĩa nào đó, công thức D. Broglie cũng có tác dụng như nguyên lý tương đương đặt cơ sở cho TTĐR của Anhstanh.

Tất nhiên, với sự thay thế "hạt" bằng "sóng" tương đương, không phải là người ta có thể trở về các phương trình cổ điển, vì với các tính chất của lưỡng tính sóng - hạt đã nói ở trên, các phương trình của vật lý lượng tử phức tạp hơn rất nhiều và có nhiệm vụ xác định sóng xác suất, cũng như các phương trình Mácxoen xác định trường điện từ và các phương trình Anhstanh xác định trường hấp dẫn, và các định luật của vật lý lượng tử cũng là định luật cấu trúc. Do nghiên cứu các đối tượng ở tầng khá sâu của vật chất so với trường điện từ và trường hấp dẫn nên, như Anhstanh đã nhận xét: "... ý nghĩa của các khái niệm vật lý xác định bởi các phương trình của vật lý lượng tử trừu

tượng hơn rất nhiều so với trường hợp trường điện từ và trường hấp dẫn: chúng chỉ cung cấp các công cụ toán học để trả lời các câu hỏi có bản chất thống kê"¹.

III. BIÊN ĐỘ XÁC SUẤT VÀ GIAO THOA BIÊN ĐỘ

Những điều vừa trình bày ở trên đã có thể giúp chúng ta hình dung được sự khác nhau cơ bản giữa đối tượng nghiên cứu của vật lý học cổ điển và vật lý học lượng tử, nguồn gốc của các sự khác nhau giữa hai vật lý học ấy, đồng thời cũng từ đó thấy trước những sự khó khăn và phức tạp mà CHLT phải đương đầu. Một trong những vấn đề đầu tiên phải giải quyết là bí ẩn của thí nghiệm 2 lỗ với các electron. Có mấy câu hỏi:

- Vì sao electron khi đi qua từng lỗ (A hoặc B) lại rơi xuống màn phát hiện một cách ngẫu nhiên, chỉ có thể tiên đoán một cách xác suất, nhưng khi có một số rất lớn đi qua lỗ, tuân tự từng hạt hay đồng thời cùng một lúc, chúng lại xuất hiện ở trên màn phát hiện một cách xác định (theo đường biểu diễn $I_1(x)$ hay $I_2(x)$)?

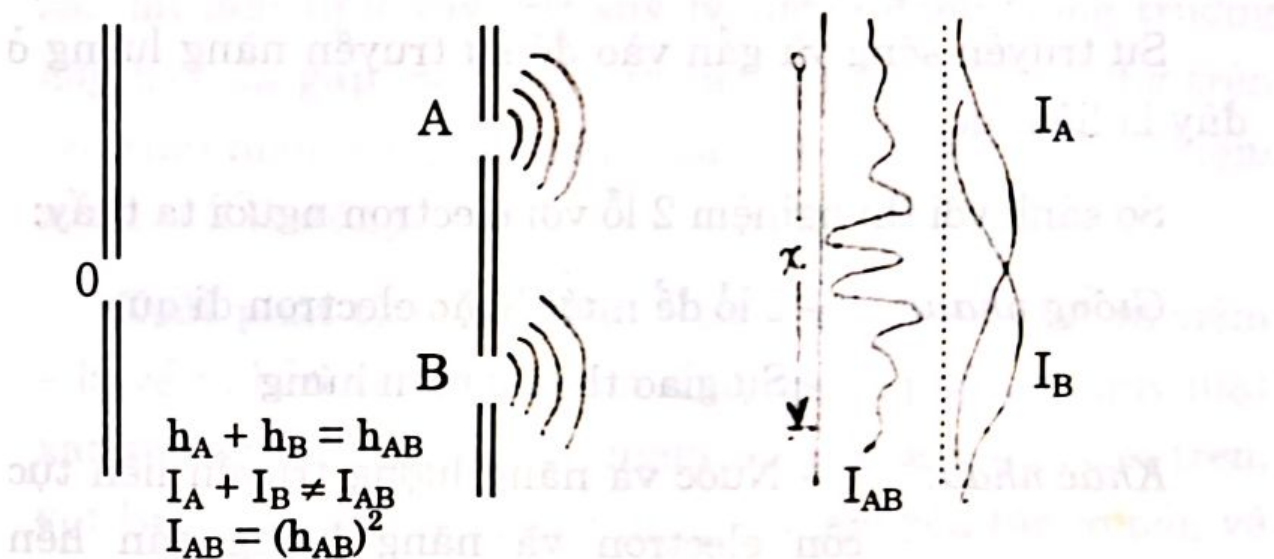
- Khi để mở cả hai lỗ A và B, thì các electron sau khi đi qua, lại rơi xuống màn phát hiện tạo thành các vân giao thoa rất xác định, nhưng không có cách gì để biết được là từng electron đã qua lỗ A hay B; nếu bố trí thiết bị để biết được điều đó, thì lập tức các vân giao thoa biến mất, và sự

1. A. Anhstanzh - L. Infen. Sự tiến triển của vật lý. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972, tr. 280 - 281.

phân bố lại giống như khi mở một lỗ A hoặc B. Vì sao có sự khác nhau đó?

Để giải thích, các nhà khoa học, dựa vào sự tương tự giữa hai hiện tượng giao thoa, xảy ra trong sóng nước và trong thí nghiệm 2 lỗ với electron, để đưa ra các khái niệm *biên độ xác suất và giao thoa biên độ*, là những khái niệm rất quan trọng và đặc trưng của CHLT. Trước hết, cần nói qua về thí nghiệm 2 lỗ, nhưng lần này với sóng nước. Trên một mặt nước phẳng lặng, người ta nhúng vào theo phương thẳng đứng theo thứ tự: một tấm gỗ có một lỗ 0, tiếp theo là một tấm gỗ có hai lỗ A và B, cuối cùng là một tấm gỗ không có lỗ, có tác dụng là màn hứng hay màn phát hiện. Các lỗ 0 và A, B nằm ngang mặt nước (hình b). Sau đó dùng một thiết bị rung để tạo ra sóng nước đều đặn sau tấm thứ nhất. Sóng qua lỗ 0, truyền đi đến tấm thứ hai, qua các lỗ A và B, tạo thành hai nguồn phát sóng đồng pha. Các sóng này gặp nhau sẽ tạo ra giao thoa, có thể quan sát mặt cắt của các vân giao thoa ở màn hứng. Sóng nước truyền đi năng lượng, được biểu hiện ở cường độ sóng I tại mỗi điểm ở trên mặt nước có sóng đi qua. Cường độ sóng mỗi lúc tỷ lệ với bình phương của chiều cao h của sóng nước tại điểm ấy. Để dàng đo chiều cao ấy bằng cách để một vật nổi ở đó. Nếu bây giờ bịt lỗ A, để hở lỗ B, thì ở màn hứng không có giao thoa và sự phân bố cường độ sóng I_B được biểu diễn bởi đường cong I_B , tương ứng với các chiều cao h_B của sóng. Nếu bịt lỗ B, để hở lỗ A, ta lại được

đường cong I_A , tương ứng với các chiều cao h_A của sóng. Khi mở đồng thời cả hai lỗ A và B, sẽ có giao thoa, lúc này đường cong biểu diễn là I_{AB} , không phải là do hai đường cộng lại, nghĩa là $I_{AB} \neq I_A + I_B$ tuy rằng nếu đo chiều cao của các sóng thì ta có $h_{AB} = h_A + h_B$.



h = Biên độ sóng nước

Hình b

Có thể tóm tắt các mối quan hệ ở trên như sau, nói về sự phân bố năng lượng do sóng nước truyền đi trong các trường hợp:

Sóng	Chiều cao	Bình phương	Cường độ I
	sóng (h)	chiều cao sóng (h^2)	(tỷ lệ với h^2)
Sóng A (bịt lỗ B)	h_A	h_A^2	I_A
Sóng B (bịt lỗ A)	h_B	h_B^2	I_B
Sóng giao thoa (mở cả A và B)	$h_A + h_B$	$(h_A + h_B)^2$	I_{AB}

Sự truyền sóng và gắn vào đó sự truyền năng lượng ở đây là liên tục.

So sánh với thí nghiệm 2 lỗ với electron người ta thấy:

Giống nhau:

- 2 lỗ để nước hoặc electron đi qua
- Sự giao thoa ở màn hứng

Khác nhau:

- Nước và năng lượng truyền liên tục còn electron và năng lượng gắn liền truyền đi gián đoạn.

- Sự phân bố theo đường I_{AB} của nước là năng lượng còn của electron (trên $h.a$ là $I(x)$) là xác suất rơi.

Áp dụng sự suy lý tương đồng, các nhà khoa học đã cho rằng, ở trong hộp đen, electron cũng có một đại lượng tương tự như chiều cao h ở sóng nước và họ gọi là *biên độ xác suất* thường ký hiệu là a . Còn sự phân bố năng lượng ở sóng nước được biểu hiện ở cường độ sóng I , mà I lại tỷ lệ với bình phương của chiều cao h , vậy sự phân bố xác suất

rơi của electron trên màn phát hiện cũng tỷ lệ với *bình phương của biên độ xác suất tức là với $|a|^2$* .

Nguồn gốc xuất hiện khái niệm biên độ xác suất a là như vậy, do đó nó *chẳng có ý nghĩa vật lý gì cả*; và để có xác suất rơi của một electron lên màn hứng, người ta cũng lấy bình phương của a , tức bằng a^2 mà cũng không biết vì sao lại làm như vậy. Sự suy lý tương đồng trong trường hợp này đã gặp *may mắn*, vì các lý thuyết xây dựng trên các khái niệm và quan niệm nói trên đã được thực nghiệm xác minh là đúng.

Xuất phát từ quan điểm – được rút ra từ thực nghiệm – là về cơ bản thế giới vi mô chịu sự chi phối của quy luật xác suất, và dựa vào khái niệm biên độ xác suất nói trên, vật lý học lượng tử đã xây dựng các nguyên tắc cơ bản về các biên độ xác suất của các dịch chuyển lượng tử. Dịch chuyển lượng tử là sự dịch chuyển của một vi thể từ một trạng thái s sang trạng thái f , sự dịch chuyển này chỉ diễn ra một cách xác suất. Người ta ký hiệu *xác suất của sự dịch chuyển* này là ω_{s-f} ; lúc này *biên độ xác suất* của sự dịch chuyển ký hiệu là $\langle f/s \rangle$, bình phương của nó bằng xác suất dịch chuyển $\omega_{s-f} = |\langle f/s \rangle|^2$.

Dựa trên mối quan hệ cơ bản này và một số định lý của lý thuyết xác suất của toán học, người ta đã xây dựng được các quy tắc để xử lý các trường hợp dịch chuyển lượng tử khác nhau, trong đó đáng chú ý có trường hợp *sự giao thoa*

biên độ, xảy ra khi các cách dịch chuyển trong một thí nghiệm là không phát hiện được về mặt vật lý (như khi cả hai lỗ A và B trong thí nghiệm 2 lỗ với electron đều được mở, người ta không biết electron đi qua lỗ nào). Khái niệm giao thoa biên độ rất quan trọng, vì nó cho phép giải thích rất nhiều kết quả thực nghiệm liên quan đến cách xử sự của các vi thể. Nó còn liên quan mật thiết với một trong các nguyên lý cơ bản nhất của vật lý lượng tử là nguyên lý về sự *chồng chất các trạng thái* (do tính phức tạp của nó, ở đây không trình bày). Điều cần nói ở đây là nguyên lý này phản ánh tính chất đặc biệt trong các mối liên hệ lẫn nhau giữa các trạng thái của một vi thể. Trong vật lý cổ điển, sự chồng chất trạng thái cũng diễn ra phổ biến, chẳng hạn trong các sóng cổ điển, khi có sự giao thoa là có sự chồng chất của các sóng, trong đó biên độ của sóng tổng hợp bằng *tổng cộng* biên độ của các sóng hợp thành. Trong các trường hợp có sự chồng chất của những đối tượng mà sự xuất hiện được quy định bởi những xác suất, thì xác suất của sự xuất hiện tổng hợp, được quy định bởi *phép cộng các xác suất* hợp thành.

Trong vật lý lượng tử, trong trường hợp tổng quát nhất, không phải chỉ liên quan đến thí nghiệm 2 lỗ, sự chồng chất trạng thái dẫn đến sự giao thoa diễn ra trong điều kiện như sau:

- Xác suất của một sự kiện, trong một thí nghiệm lý tưởng, tức là thí nghiệm trong đó mọi cái được xác định.

chính xác đến mức có thể, thì bằng bình phương của biên độ xác suất a (tức $= a^2$).

- Nếu sự kiện đó có thể xảy ra trong một vài trường hợp loại trừ nhau, thì *biên độ xác suất* a bằng tổng các giá trị của *biên độ xác suất* trong từng trường hợp có thể, thí dụ a_1 và a_2 . Cụ thể $a = a_1 + a_2$. Và *xác suất của sự kiện* $N = a^2 = (a_1 + a_2)^2$ và lúc này có *sự giao thoa*.

- Nếu trong mỗi lần thí nghiệm có thể nói rõ được là sự kiện xảy ra trong trường hợp nào, với biên độ xác suất là a_1 thì hiện tượng giao thoa biến mất, và *xác suất của sự kiện* $N = a_1^2 + a_2^2$.

Như vậy đặc trưng của sự giao thoa lượng tử là *xác suất xuất hiện bằng bình phương của tổng các biên độ xác suất* chứ không phải là *tổng của các xác suất* hợp thành. Người ta thường nói vắn tắt: để có giao thoa các biên độ xác suất, cần phải cộng các biên độ xác suất, chứ không phải cộng các xác suất. Với quan niệm này của sự giao thoa, không còn liên quan đến "sóng" cổ điển mà ít nhiều chúng ta dễ có biểu tượng của sóng nước. Như vậy, tuy đi từ sự giao thoa trong sóng cổ điển, nhiều khi nhìn thấy được, vật lý học lượng tử đi đến sự giao thoa, không có quan hệ gì đến những quá trình sóng, với đặc trưng là sự cộng biên độ xác suất chứ không phải là sự cộng xác suất, với những khái niệm rất trừu tượng, không có ý nghĩa vật lý, đã giúp con người đi sâu hơn vào cấu tạo vật chất để

nhận thức nó. Chính vì thế mà người ta coi sự giao thoa biên độ là khái quát hơn sự giao thoa cổ điển, đến mức có thể lật ngược một quan niệm: trước đây khi chưa có vật lý lượng tử, người ta coi hiện tượng giao thoa là do các quá trình sóng tạo ra, nói cách khác, quá trình sóng là thực thể sơ cấp còn sự giao thoa như là một kết quả thứ cấp; với quan niệm lượng tử, bây giờ phải đảo ngược lại thứ tự đó. Điều này phù hợp với một quan niệm chung hơn: về cơ bản mọi hiện tượng của thế giới diễn biến một cách xác suất.

Quan niệm giao thoa biên độ mở ra một hướng mới cho các nhà nghiên cứu trong việc tìm tòi những thuộc tính mới của vật chất trong thế giới vi mô, và cũng đã thu được những kết quả đáng khích lệ, có những ứng dụng trong kỹ thuật.

Để kết thúc, chúng ta nêu lên một nhận xét: trong khoa học, như đã thấy ở trên, quan niệm về giao thoa biên độ đã ra đời một cách khó khăn, nhưng thực ra trong các hiện tượng xã hội, quan niệm ấy đã tồn tại từ lâu và cũng thường xảy ra trong cuộc sống thường ngày: có một tác động A gây ra ở một đối tượng một kết quả là a; một tác động khác B, gây ra kết quả là b; A và B trong trường hợp nói trên tác động một cách riêng rẽ. Nếu cho A và B đồng thời tác động lên đối tượng thì ai cũng biết kết quả thường không phải là $a + b$, mà khác $a + b$, có thể lớn hơn hay nhỏ hơn, tùy tình hình cụ thể của A và B và các điều kiện của sự tác động. Đó chính là một biểu hiện của giao thoa biên độ.

IV. CÁC VẤN ĐỀ TRIẾT HỌC CỦA CHLT

Với những nội dung rất phong phú và mới lạ như đã giới thiệu ở trên, CHLT đã đặt ra nhiều vấn đề về triết học. Một số trong các vấn đề này sẽ được trình bày trong những chương riêng (như vấn đề nhân quả, vấn đề mâu thuẫn trong vật lý học vi mô...), ở đây chỉ giới thiệu một số vấn đề liên quan đến việc nhận thức thế giới vi mô.

Vấn đề nhận thức thế giới vi mô có thể được đề cập từ nhiều góc độ khác nhau, ở đây chúng ta sẽ căn cứ vào quá trình thực tế của việc xây dựng CHLT trong lịch sử khoa học để phân tích một số vấn đề về lôgic - phương pháp luận và về nhận thức luận.

1. Vai trò của suy lý tương đồng và sự trực giác

CHLT là một ngành khoa học lý thuyết, rất trừu tượng, nhưng các kết luận của nó đã được thực nghiệm xác minh tính đúng đắn và đã là cơ sở cho việc nghiên cứu của nhiều ngành khoa học kỹ thuật, đem lại nhiều ứng dụng có lợi ích to lớn cho loài người.

Đối tượng nghiên cứu của CHLT là hoàn toàn không thể trực quan được, dù là gián tiếp bằng cách phóng đại lên như đối với các phân tử hay một vài nguyên tử. Với nếp nghĩ thông thường, quả thật khó hình dung được trong cái thế giới "vô hình" đó, lại có những sự vận động biến hoá phong phú, đa dạng và phức tạp đến như vậy. Nhưng cũng từ đó, mới thấy rõ cái khả năng nhận thức tuyệt vời của trí

tuệ con người. Con người đã làm thế nào để nhận thức được thế giới đó? Bắt đầu từ đâu, đi theo con đường nào, con đường ấy có tuân theo quy luật nhận thức phổ biến của con người không... Để trả lời được các câu hỏi đó, chúng ta hãy phân tích quá trình hình thành lý thuyết CHLT.

Lý thuyết của CHLT được trình bày dưới hai hình thức toán học khác nhau, do hai nhà khoa học xây dựng một cách độc lập. Năm 1925, Haidenbec xây dựng cơ học ma trận và năm tiếp theo Srôđingơ công bố cơ học sóng. Hai cách nghiên cứu có logic hoàn toàn khác nhau, nhưng cuối cùng đều dẫn tới một sự phát minh. Về mặt toán học, người ta đã chứng minh được sự tương đương của hai lý thuyết, nhưng thực ra ở đây cũng còn những vấn đề cần bàn về mặt logic - phương pháp luận, nhưng vì cần đi sâu vào các vấn đề toán học, nên chúng ta không có điều kiện xem xét ở đây. Chúng ta sẽ bàn một số vấn đề chung về lý thuyết của CHLT.

Mọi lý thuyết vật lý là sự tổng hợp của một số ý tưởng vật lý (được rút ra hoặc do thí nghiệm gợi ý) và bộ máy toán học. Việc xây dựng một lý thuyết vật lý luôn luôn là một quá trình phức tạp, vất vả, trong đó luôn luôn xuất hiện những mâu thuẫn phải được giải quyết dần dần. Tuy vậy, nhìn chung người ta nhận thấy có một cấu trúc logic xác định, bao gồm 3 giai đoạn trong quá trình này.

- *Giai đoạn 1*: hình thành và làm rõ ý nghĩa những tư tưởng cơ bản để đặt nền móng vật lý cho lý thuyết.

- *Giai đoạn 2*: tìm một bộ máy toán học phù hợp với các tư tưởng vật lý và cho phép phát triển tư tưởng đó một cách định lượng; và để làm được việc đó, cần phải làm cho một số ký hiệu toán học nhất định có ý nghĩa vật lý.

- *Giai đoạn 3*: vận hành bộ máy toán học đã mang ý nghĩa vật lý cụ thể; các kết quả lý thuyết mới cần được kiểm nghiệm bằng thực nghiệm và việc này còn có tác dụng giúp cho việc tinh chỉnh và cải tiến bộ máy toán học.

Khi bắt đầu xây dựng một lý thuyết vật lý, bộ máy toán học phù hợp với các tư tưởng vật lý có thể đã có hay chưa có. Khi Niuton xây dựng cơ học cổ điển, ông phải tự xây dựng lấy bộ máy toán học phù hợp, đó là phép vi tích phân. Còn đối với các tác giả của CHLT, họ đã có sẵn một bộ máy toán học khá hoàn chỉnh là lý thuyết toán tử tuyến tính. Tất nhiên nói đến CHLT với tính cách là một lý thuyết vật lý chung, chúng ta phải nói đến các giai đoạn từ cuối thế kỷ XIX trở đi (mục 2.I). Các tư tưởng vật lý chính đã xuất hiện từ giai đoạn thứ nhất, với các thí nghiệm có những hiện tượng không thể giải thích được trên cơ sở các quan niệm cổ điển.

Nếu nói rằng, về mặt lôgic, suy lý quy nạp được áp dụng phổ biến trong vật lý học cổ điển, suy lý diễn dịch trong toán học, thì trong việc hình thành các ý tưởng vật lý hiện đại, *suy lý tương đồng và sự trực giác* đã có vai trò rất quan trọng.

Trước hết nói về sự vận động của các điện tử trong nguyên tử. So sánh hiện tượng sóng đứng ở trên một dây đàn, trong trường hợp phức tạp có thể là sự hỗn hợp của rất nhiều sóng với hai, ba, bốn và nhiều nút, và đó là hỗn hợp của các bước sóng khác nhau. Vật lý học có thể phân tích hỗn hợp như vậy thành những sóng đứng đơn giản đã tạo thành hỗn hợp ấy. Người ta nói sợi dây dao động có phổ của mình, cũng tương tự như phổ bức xạ của các nguyên tử phát ra, được ghi ở quang phổ. Từ sự tương tự giữa hai phổ này, xuất hiện một bên từ một đối tượng vĩ mô quan sát trực tiếp được (sóng trên dây đàn) và một bên từ bên trong lòng nguyên tử hoàn toàn chỉ có thể có trong tưởng tượng, người ta đã phác ra được mô hình của sự vận động của điện tử trong nguyên tử, sau khi kết hợp với một số nhận xét khác (điện tử luôn luôn bị giữ lại trong một vùng hữu hạn của không gian, không phát ra năng lượng và không bị rơi vào hạt nhân...).

Mô hình của nguyên tử đơn giản nhất là hydro được phác ra một cách thô sơ như sau:

Do có tính sóng - hạt, lại bị "cầm tù" trong một cái hộp có chiều dài là L (đường kính nguyên tử) nên điện tử phải biểu hiện giống một sóng âm trên dây đàn, lan truyền lúc thì về phía này, lúc thì về phía kia trong hộp có các vách phản xạ tuyệt đối (như sóng của dây đàn bị giới hạn bởi hai đầu dây được giữ cố định). Giả thiết sóng điện tử dao động giữa hai vách phản xạ tuyệt đối là một sự trừu tượng

hoá để đơn giản hoá việc nghiên cứu; trường hợp này ứng với điều kiện động năng của điện tử không thay đổi ở bất kỳ điểm nào của hộp. Về sau người ta mới nghiên cứu trường hợp tổng quát hơn, với động năng thay đổi, và lúc này người ta nói đến vách phản xạ xấp.

Cũng giống như trên dây đàn, do bị phản xạ ở hai đầu cố định, sẽ xuất hiện các sóng đứng, với điều kiện là trên chiều dài L đặt được một số nguyên lần các bán sóng, có nghĩa là $n \lambda/2 = L$, với λ là bước sóng của điện tử. Hình bên là hình dạng ba sóng đứng cấp thấp trong "hộp" có kích thước L (chúng ta thấy sự tương tự với các sóng đứng trên dây ở hình vẽ mục 1.2.II). Chúng ta thấy chỉ các hàm sóng xác định là cho phép. Theo công thức D.Broglie (mục 4.II) điện tử chỉ có thể có các giá trị xung lượng xác định $p_n = h/\lambda$. Từ công thức $n \lambda/2 = L$ đã nói ở trên, có thể rút ra $\lambda = 2L/n$. Dem thay trị số này của λ vào công thức tính xung lượng p_n , ta sẽ có $p_n = h/2L$. Kết hợp với công thức cho năng lượng của điện tử khi chuyển động, tức là động năng theo quan niệm cổ điển là $W_n = 1/2mv^2$, dễ dàng tính ra được công thức cho bộ các mức năng lượng, tương ứng các quỹ đạo cho phép của điện tử xung quanh hạt nhân.

$$W_n = \frac{h^2}{8mL^2} n^2$$

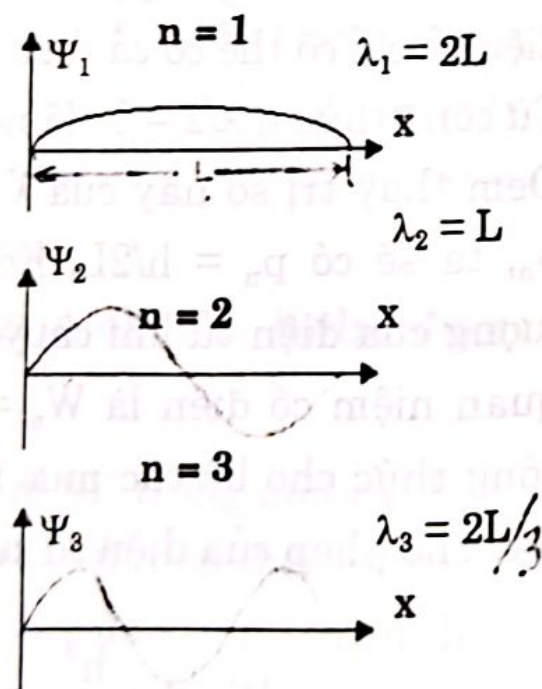
n là số lượng tử, có thể là một số nguyên bất kỳ trừ số 0.

Từ công thức trên, bằng cách thay n bằng các số nguyên, người ta dễ dàng tính ra được phổ bức xạ của nguyên tử. Tất nhiên trên đây chỉ là những sự tính toán đơn giản hoá và còn dựa vào những quan niệm cổ điển, nhưng qua đây chúng tôi chỉ muốn giới thiệu về sự hình thành một ý tưởng vật lý vi mô dựa vào sự tương tự với các hiện tượng vĩ mô, và may mắn là ý tưởng ấy về cơ bản là đúng đắn.

Một thí dụ khác về sự hình thành một khái niệm vật lý vi mô rất quan trọng là khái niệm biên độ xác suất đã giới thiệu ở mục III. Dựa vào tính tương tự của sự giao thoa cổ điển vào giao thoa lượng tử, người ta suy ra rằng trong giao thoa lượng tử

cũng phải có một biên độ tương tự như trong giao thoa cổ điển, mặc dù biên độ ở đây chẳng có ý nghĩa vật lý gì cả, và được gọi là biên độ xác suất.

Và cũng dựa vào tính tương tự là trong giao thoa cổ điển cường độ sóng bằng bình phương của biên độ, ở đây người ta



Ba sóng đứng electron cấp thấp trong hộp có kích thước L

cũng cho rằng xác suất dịch chuyển lượng tử bằng bình phương của biên độ xác suất... và may mắn, các suy lý này cũng đúng.

Có thể kể ra những dẫn chứng khác trong đó nhờ dựa vào suy lý tương đồng mà đưa ra được ý tưởng vật lý, những giả thuyết đúng. Nhưng sự suy lý tương đồng luôn luôn phải gắn với sự trực giác, mới rút ra được suy lý. Bởi lẽ trong suy lý tương đồng, người ta dựa vào một số *biểu hiện bên ngoài* giống nhau, để suy ra những mối quan hệ bên trong, nên kết quả suy lý không có tính xác định, có thể có nhiều suy lý khác nhau, trong đó có suy lý đúng hay không là một việc không thể nào nhận thức được bằng tư duy lôgic, mà phải bằng trực giác. Giả thiết có hai đối tượng A và B có tính chất và biểu hiện khác nhau; người ta đã nhận thức được các mối quan hệ bên trong của A, còn của B thì chưa. Nay do nhận thấy giữa A và B có một vài biểu hiện bên ngoài giống nhau, người ta suy ra rằng trong B cũng có những mối quan hệ nào đó giống như của A. Rõ ràng chỉ dựa vào tư duy lôgic, không thể nào chỉ ra được trong B có mối quan hệ nào giống với một mối quan hệ đã biết ở trong A. Lúc này phải dùng đến trực giác - tất nhiên không phải trực giác của người nào cũng tìm ra câu trả lời đúng, mà trong nhiều trường hợp phải có sự trực giác "thiên tài". Lượng tính sóng - hạt, một quan niệm cơ bản của CHLT ngày nay đã trở thành quen thuộc, nhưng lúc mới là giả thuyết, đã gây ra biết bao sự ngỡ ngàng, ngạc

nhiên do tính "lạ đời" của nó. Trước đó, người ta đã biết đến lưỡng tính sóng - hạt của sóng điện từ, thuộc về hình thái "trường", ai dám nghĩ rằng hình thái "chất", một hình thái khác hẳn "trường" cũng có tính chất đó. D. Broglie đã dựa vào một số đặc điểm tương tự, để rút ra suy lý về lưỡng tính sóng - hạt ở các hạt chất. Ông đã lập luận như sau: "Sự xác định chuyển động bên của các electron trong nguyên tử đã đưa vào một số nguyên; và cho tới điểm này, các hiện tượng duy nhất có liên quan đến các số nguyên trong vật lý học là các hiện tượng về sự giao thoa và các kiểu chuẩn tắc của dao động. Sự kiện này đã gợi ý cho tôi ý tưởng là các electron cũng không thể xem một cách đơn giản như những hạt, mà phải gán cho chúng tính tuần hoàn"¹.

Về sự trực giác, Haidenbec, một trong những người sáng lập ra CHLT đã nói về quá trình nhận thức của N.Bo như sau: "... sự nhận thức của ông về cấu trúc của lý thuyết không phải chỉ là kết quả của một sự phân tích toán học các giả thuyết cơ sở, mà chính là một sự quan tâm mạnh mẽ đến các hiện tượng thực tế, đến mức là ông có thể cảm nhận được mối quan hệ một cách trực giác hơn là suy ra chúng một cách hình thức. Như vậy, tôi đã hiểu: sự nhận thức về tự nhiên đã đạt được trước hết là theo cách đó và chỉ ở bước tiếp theo ta mới có thể

1. Trích dẫn của Otto Oldenberg và Norman C. Rasmussen trong "Vật lý học hiện đại dùng cho kỹ sư". Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1977, tr. 183. (tiếng Việt).

thành công trong việc cố định nhận thức của mình dưới dạng toán học và đặt nó trước sự phân tích hoàn toàn duy lý"¹.

Nhận thức luận duy vật biện chứng không coi nhận thức bằng trực giác là nhận thức có tính tiên thiên, duy tâm, mà là một hình thức nhận thức đặc biệt, do sự tích lũy nhiều kinh nghiệm, do sự tập trung suy nghĩ trong một thời gian dài về một vấn đề nào đó, kết hợp với một số yếu tố tâm lý cá nhân.

2. Các tiên đề trong vật lý học lượng tử

Như đã giới thiệu ở trên (mục 1; 2II) sau khi có những ý tưởng vật lý và tìm được bộ máy toán học thích hợp để xây dựng lý thuyết còn có một việc làm quan trọng nữa là gán cho một số ký hiệu và kết luận toán học các ý nghĩa vật lý nhất định. Trong vật lý lượng tử, việc này cũng không thể dùng các phương pháp lôgic để giải quyết, mà phải dùng *phương pháp tiên đề*. Phương pháp tiên đề ở đây có nhiều điểm khác với phương pháp tiên đề của toán học, nhưng có một điểm giống nhau là các tiên đề là những mệnh đề không thể chứng minh được, người ta phải công nhận nó; ở đây tính đúng đắn của các tiên đề được chứng minh bởi các thực nghiệm tiến hành trên cơ sở các kết luận toán học đã được "vật lý hoá". Trong vật lý lượng tử, có hai

1. Trích dẫn của Đặng Mộng Lân trong "Câu chuyện các hằng số vật lý cơ bản". Nxb Khoa học và kỹ thuật, 1976, tr. 227.

tiên đề, nhưng do tính phức tạp của nó, ở đây không trình bày. Đã gọi là tiên đề nên nó có tính "độc đoán", chúng tôi sẽ giới thiệu qua một thí dụ tương đối đơn giản để bạn đọc hình dung được phần nào tính "độc đoán" đó.

Để có phương pháp cơ bản của CHLT (phương trình Srôđingơ), có những cách khác nhau; cách trình bày sau đây là đi từ hàm sóng cổ điển với trường hợp đơn giản là sóng phẳng. Các phép tính toán ở đây cũng không phức tạp, nhưng điều quan trọng là chúng ta sẽ chú ý theo dõi cách chuyển từ một hàm sóng cổ điển với biên độ ứng với sóng đơn thuần sang biên độ xác suất ứng với hạt có lưỡng tính sóng - hạt.

Một sóng lan truyền từ 0, dọc theo một trục nằm ngang 0y. Tại điểm M cách 0 một khoảng là y, ở thời điểm t, ly độ của một điểm N trong môi trường có sóng truyền đi là x (khi ly độ của sóng có trị số cực đại được gọi là biên độ a). Hàm sóng xác định sự thay đổi của x theo thời gian t. được xác định bởi phương trình quen thuộc.

$$x = a \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y}{\lambda} \right)$$

a: Biên độ

T: Chu kỳ = $1/\gamma$, γ là tần số

λ : Bước sóng

Để chuẩn bị chuyển sang sóng lượng tử, người ta thay một số ký hiệu:

x thay bằng ψ

a thay bằng ψ_0

và dùng ký hiệu vectơ để diễn đạt khoảng cách $y = \vec{r} \cdot \vec{n}$, $\vec{r} = \overrightarrow{ON}$ còn n là vectơ đơn vị trên phương truyền sóng. Với những thay đổi đó, và thay $T = 1/\gamma$, phương trình sóng cổ điển có dạng:

$$\psi = \psi_0 \cos 2\pi \left(\gamma\tau - \frac{\vec{r} \cdot \vec{n}}{\lambda} \right)$$

Để chuyển phương trình sóng cổ điển sang phương trình sóng lượng tử, trong đó hạt vừa có tính sóng vừa có tính hạt, các tính này lại có thể ở trạng thái khả năng hoặc hiện thực, người ta phải làm hai việc:

- Đưa số ảo của toán học vào để phản ánh tính khả năng của hạt và sóng trong lưỡng tính.

- Đưa các công thức của D.Broglie vào để giải quyết sự "thông ước" giữa hai tính chất khác hẳn nhau là hạt và sóng trong lưỡng tính của hạt (qua h).

Qua công thức $E = h\gamma$ rút ra $\gamma = E/h$ và qua $\lambda = h/p$, đưa xung lượng p (đặc trưng tính hạt) vào. Các đại lượng γ và λ trong phương trình sóng cổ điển sẽ được thay thế bằng các hệ thức vừa nêu (γ bằng E/h và λ bằng h/p).

Để cho gọn, người ta gọi cả cụm

$$2\pi\left(\mathcal{H} - \frac{\vec{r} \cdot \vec{n}}{\lambda}\right) = 2\pi\left(\frac{E}{h}t - \frac{\vec{r} \cdot \vec{n}}{h}p\right) \text{ là } u$$

và ta có phương trình sóng lượng tử

$$\psi = \psi_0 \cos u$$

$$\text{với } u = 2\pi\left(\frac{E}{h}t - \frac{\vec{r} \cdot \vec{p}}{h}\right)$$

Trong đó

$$\vec{n} \cdot \vec{p} = \vec{p}$$

Trong toán học
có một công thức về
số phức như sau:

$$\cos u + i \sin u = e^{-iu}$$

(i là số ảo với trị số $i^2 = -1$; e là một số vô tỷ có trị số là 2,7828...; biểu thức $\cos u + i \sin u$ là một số phức, trong đó $\cos u$ gọi là phần thực).

Khi thay u trong lũy số $-iu$ của số e bằng biểu thức của nó ta sẽ có:

$$e^{-iu} = e^{\frac{-2\pi i}{h}(Et - \vec{r} \cdot \vec{p})}$$

và vì $\psi = \psi_0 \cos u$, mà $\cos u$ là phần thực của đại lượng phức

$$e^{\frac{-2\pi i}{h}(Et - \vec{r} \cdot \vec{p})}$$

nên cuối cùng: Ψ = phần thực của

$$\Psi_0 e^{\frac{-2\pi i}{h}(Et - \vec{r} \cdot \vec{p})}$$

Chỉ lấy phần thực, vì sóng lượng tử là sóng có thực, tuy rằng trong phương trình diễn tả nó vẫn có số ảo. Thường để cho gọn, người ta bỏ "phần thực của" trong phương trình ở trên và còn lại:

$$\psi = \psi_0 e^{\frac{-2\pi i}{h}(Et - \vec{r} \cdot \vec{p})}$$

Nhưng cần hiểu ngầm đây là phần thực của một số phức và được gọi là hàm sóng. Theo tính chất của số lũy thừa, hàm sóng có thể viết dưới dạng:

$$\psi = \psi_0 e^{\frac{2\pi i}{h} \vec{r} \cdot \vec{p}} \times e^{\frac{-2\pi i}{h} Et}$$

Dưới dạng này, coi $\vec{r}$ và $\vec{p}$ là không đổi tức là ta xét biến thiên của sóng ψ tại điểm M cố định thì ψ chỉ thay đổi thời gian t , ở thừa số thứ hai

$$e^{\frac{-2\pi i}{h} Et}$$

và chính thừa số không đổi

$$\psi_0 e^{\frac{2\pi i}{h} \vec{r} \cdot \vec{p}}$$

biểu diễn biên độ của sóng lượng tử thường gọi là "biên độ xác suất", từ "biên độ" để nói là nó tương tự với biên độ a trong hàm sóng cổ điển; còn "xác suất" để chỉ sự tương tự với biên độ a ở chỗ "bình phương biên độ a tỷ lệ với cường

độ sóng" còn "bình phương biên độ xác suất lại tỷ lệ với xác suất tìm hạt trong sóng".

Nhưng về mặt toán học, nếu lấy bình phương biên độ xác suất

$$\psi_0 e^{\frac{2\pi i}{h} \vec{r} \cdot \vec{p}}$$

thì sẽ được một số cũng là số phức, trong lúc xác suất lại phải là một số thực; vì vậy tuy nói là bình phương biên độ nhưng thực ra người ta phải nhân biên độ xác suất với lượng liên hợp của nó tức là

$$\psi_0 e^{\frac{-2\pi i}{h} \vec{r} \cdot \vec{p}}$$

(luỹ thừa của số e có dấu -) lúc này sẽ có kết quả là

$$\psi_0 e^{\frac{2\pi i}{h} \vec{r} \cdot \vec{p}} \times \psi_0 e^{\frac{-2\pi i}{h} \vec{r} \cdot \vec{p}} = \Psi_0^2$$

cũng gọi là bình phương biên độ sóng, là một số thực để phản ánh một xác suất.

Bây giờ người ta lại coi biên độ sóng là một hàm số ψ , với biến số là vectơ $\vec{r}$ nối 0 đến các điểm N bất kỳ nằm trên mặt phẳng thẳng góc với trục Oy. Từ đây, thuận tuý bằng các phép đạo hàm cấp 1 và cấp 2, người ta sẽ thiết lập được phương trình Srôđingơ là một phương trình vi phân thoả mãn biên độ sóng ψ , cho phép tính xác suất tìm hạt tại các điểm của không gian nằm trong mặt phẳng thẳng góc với trục Oy tại một điểm xác định.

Bỏ qua các tính toán đã trình bày ở trên, chúng ta chú ý đến cách làm để gán ý nghĩa vật lý cho các ký hiệu và kết luận toán học, một cách làm mà nhiều khi rất "độc đoán", nghĩa là không ai giải thích được vì sao làm như thế, một cách lôgic. Nhưng đây cũng là một cách làm rất sáng tạo, nhờ đó con người mới nhận thức được các tầng sâu của vật chất mà với sự trừu tượng hoá cấp I không bao giờ đạt được.

3. "Hộp đen", đầu vào, đầu ra và các vấn đề triết học liên quan

Có thể nói rằng các vấn đề triết học chủ yếu của CHLT bắt nguồn từ "hộp đen" và đầu vào, đầu ra của nó. Vì vậy, để hiểu rõ các vấn đề triết học đó, cần nói thêm về nội dung vật lý của "hộp đen" và đầu vào đầu ra, tức là vấn đề quan sát và đo lường.

3.1. Nội dung vật lý của "hộp đen"

"Hộp đen", hiểu một cách đơn giản, có nghĩa là những gì diễn ra trong đó là không thể nhận biết được bằng quan sát và đo lường *trực tiếp* được, mà phải thông qua kết quả quan sát, đo lường của đầu vào đầu ra. Về mặt vật lý, nội dung của các diễn biến trong hộp đen bao gồm những gì? Có hai yếu tố có quan hệ với nhau, nhưng có nội dung khác nhau.

Thứ nhất, là các dịch chuyển lượng tử *không phát hiện được về mặt vật lý*: đó là hiện tượng được rút ra từ thí

thí nghiệm 2 lỗ với electron (ngoài thí nghiệm 2 lỗ, còn có những thí nghiệm khác trong đó cũng có các dịch chuyển không phát hiện được về mặt vật lý, nhưng thường chỉ nói đến thí nghiệm 2 lỗ vì tính đơn giản và tiêu biểu của nó): *không thể biết được, bằng thực nghiệm hay suy luận logic, là electron đã đi qua 2 lỗ A và B (mục 2.II) như thế nào để có sự giao thoa.* Nhưng vật lý học đã đưa ra một *khái niệm trừu tượng, không có ý nghĩa vật lý* để đặc trưng cho sự dịch chuyển đó: khái niệm *biên độ xác suất*. Đây là một trong những khái niệm cơ bản, từ đó người ta xây dựng CHLT.

Bên cạnh những dịch chuyển hoàn toàn không phát hiện được về mặt vật lý, có những dịch chuyển có thể được phát hiện được hoàn toàn hay một phần. Những dịch chuyển này cũng được coi là ở trong hộp đen, nhưng với ý nghĩa là không thể trực tiếp quan sát được đối với từng vi hạt.

Thứ hai, trong thí nghiệm 2 lỗ, khi mở cả hai lỗ hay chỉ mở lần lượt từng lỗ, và dùng thiết bị dò, người ta sẽ biết là electron đi qua lỗ nào và lúc nào, nhưng:

- Khi mở cả 2 lỗ, người ta không thể bằng thực nghiệm và suy luận logic để biết được một cách chắc chắn là electron sẽ đi qua lỗ nào, mà chỉ biết được một cách xác suất.

- Khi mở cả 2 lỗ hoặc lần lượt từng lỗ, sau khi đã biết electron đi qua lỗ nào rồi, thì lại không thể biết trước, dù

bằng thực nghiệm hay suy luận, là electron sẽ rơi xuống điểm nào trên màn phát hiện, và cũng chỉ có thể biết một cách xác suất. Tuy vậy, với một số lượng lớn các electron bay qua các lỗ, tuần tự hay đồng thời, thì việc tiên đoán sự phân bố các điểm rơi lại có tính xác định.

Nói chung, trong sự diễn biến của electron vừa nói ở trên, người ta cũng đứng trước một tình hình là *không thể nào nhận thức được một cách chắc chắn diễn biến của từng electron*, mà chỉ có thể nhận thức được một cách xác suất (cũng tức là không thể nào giải thích được vì sao lại có tình hình đó).

Như vậy là từ hộp đen, về mặt triết học, có hai vấn đề lớn được đặt ra:

- Con người có nhận thức được thế giới hay không? Ngoài sự nhận thức qua con đường "trực quan sinh động", có phải còn có con đường "tiên thiên" hay không...

- Có phải trong thế giới vi mô không có sự hoạt động của nguyên lý nhân quả, không có quyết định luận như lâu nay người ta vẫn quan niệm đối với thế giới vĩ mô...

3.2. Về sự quan sát và đo lường (ở đầu vào và đầu ra).

Mặc dù là một đối tượng "vô hình", các nhà khoa học vẫn quan sát và đo lường được một cách gián tiếp các đối tượng của thế giới vi mô, nhờ đó đã xác định được định tính và định lượng nhiều thuộc tính của vi hạt (khối lượng,

điện tích, năng lượng, xung lượng, spin...), đặt cơ sở cho các nghiên cứu lý thuyết các hiện tượng vi mô.

Quan sát và đo lường trong vật lý học vi mô có nhiệm vụ thông qua các thiết bị, dụng cụ vĩ mô để đo lường các đại lượng vật lý vi mô và thu thập những thông tin cần thiết cho việc nghiên cứu nhằm phát hiện các quy luật vận động của các vi thể. Đây là một nhiệm vụ rất phức tạp và có nhiều khó khăn cả về lý thuyết và thực hành. Riêng về lý thuyết, cho đến nay cũng đang tồn tại những vấn đề chưa được giải quyết trọn vẹn.

Tuy vậy, có thể nêu lên một số đặc điểm của việc quan sát và đo lường trong vật lý học vi mô - nói gọn là quan sát đo lường vi mô:

- Những gì con người đã nhận biết được qua quan sát đo lường vi mô là có *tính xác định* mặc dù các vi hạt, do lưỡng tính sóng - hạt, trong nhiều trường hợp diễn biến theo hệ thức bất định và vận động theo định luật thống kê.

- Những gì đã tạo ra được cảm giác ở con người đều là những tập hợp của một số lớn các vi hạt tạo thành đối tượng vật lý có đủ năng lượng để gây ra cảm giác (như tương kính ảnh, tia chớp, giọt hơi nước cực nhỏ...). Đó là kết quả của một chuỗi nhân quả, mà điểm khởi đầu là sự tương tác giữa các vi hạt của dụng cụ vĩ mô và các vi hạt là đối tượng quan sát, đo lường.

- Sự tương tác giữa dụng cụ đo lường vĩ mô - nói đúng ra là giữa các vi hạt cấu thành dụng cụ - với các vi hạt là đối tượng nghiên cứu, là rất phức tạp đến mức mà nhiều nhà khoa học và triết học phái thực chứng quan niệm là "không thể kiểm tra được về nguyên tắc". Sự phức tạp ấy là do đặc tính của các cửa các vi hạt, ngoài những yếu tố động lực học đặc trưng cho trạng thái hiện thực, còn hàm chứa những yếu tố ở trạng thái khả năng và luôn luôn có những tương tác không động lực học (tức là tương tác giữa các khả năng) với môi trường xung quanh - vật lý học gọi đó là quá trình ảo và những hạt ảo. Đặc tính đó làm cho vi hạt, sau khi tương tác động lực học (có sự trao đổi năng lượng) với dụng cụ, có những biến đổi rất phức tạp, nhiều khi không thể theo dõi đến cùng được về mặt vật lý (chẳng hạn khi một photon tương tác với một electron trong nguyên tử để hấp thụ hay phóng xạ một bức xạ điện từ). Sau đó, mọi khả năng ở vi hạt biến mất, chỉ còn lại một chuỗi nhân quả diễn ra trong dụng cụ để dẫn đến kết quả trực quan được (khi có một số lớn hạt).

Những đặc điểm nói trên của các quá trình quan sát đo lường đặt ra mấy vấn đề có ý nghĩa triết học.

- Các kết quả thu được qua quan sát đo lường có giá trị như thế nào và đến đâu, trong việc phản ánh thế giới vi mô?

- Quan niệm rằng có sự "không thể kiểm tra được" về nguyên tắc tương tác giữa dụng cụ đo lường và vi

hạt, có nghĩa là ở đây cũng có vấn đề "không thể biết", có đúng không?

- Những thông tin do các dụng cụ cung cấp là có tính xác định, chứng tỏ chuỗi nhân quả bắt đầu từ sự tương tác giữa vi hạt và dụng cụ, đến kết quả có thể trực quan được, cũng có tính xác định. Từ đó có thể kết luận là trong thế giới vi mô, các chuỗi nhân quả cũng có tính xác định?

Nói chung, các vấn đề triết học được đặt ra ở đây cũng xoay quanh hai vấn đề mà "hộp đen" đặt ra, là các vấn đề về nhận thức luận và về tính phổ biến hay không của nguyên lý nhân quả.

Các vấn đề về nguyên lý nhân quả sẽ được bàn ở một chương riêng, sau đây chúng ta chỉ phân tích vấn đề thứ nhất.

4. Mấy vấn đề nhận thức luận trong CHLT

Sự phát triển của CHLT, về mặt triết học vẫn nằm trong xu hướng chung của cuộc đấu tranh mà thực chất đã được V.I.Lênin vạch ra, khi xảy ra cuộc khủng hoảng của vật lý học vào đầu thế kỷ XX, lúc CHLT chưa hình thành. Đó là sự gạt bỏ thực tại khách quan ở bên ngoài ý thức, tức là sự thay thế chủ nghĩa duy vật bằng chủ nghĩa duy tâm và chủ nghĩa bất khả tri; và điều kiện để thoát ra khủng hoảng là phải thay thế chủ nghĩa duy vật siêu hình bằng chủ nghĩa duy vật biện chứng. Trong thời kỳ sau cuộc

khủng hoảng, vật lý học đã có những bước phát triển nhanh, mà đỉnh cao là sự hình thành CHLT. Tuy vậy, cuộc đấu tranh triết học giữa chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa duy tâm, chủ nghĩa bất khả tri vẫn tiếp diễn gay gắt. Đại diện cho chủ nghĩa duy tâm, bất khả tri trong thời kỳ sau khủng hoảng là chủ nghĩa thực chứng mới.

Chủ nghĩa thực chứng mới là một trong các trào lưu của triết học tư sản được truyền bá rộng rãi nhất, cả trong một số lớn các nước phương Tây, dưới nhãn hiệu là triết học khoa học (triết học của khoa học tự nhiên). Một trong những nguyên lý cơ bản của chủ nghĩa thực chứng mới, cho rằng khoa học chỉ là một hệ thống những mệnh đề được suy diễn theo những quy tắc của lôgic hình thức, xuất phát từ những nguyên lý "có tính chất công thức" hoặc những nguyên lý "tuyệt đối đơn giản", có tính chất như những hệ tiên đề của toán học, chỉ khác là trong đó ghi những kết quả của sự quan sát, của những tri giác trực tiếp. Nhưng các kết quả của sự quan sát, của những tri giác ấy lại được coi như là không phù hợp với những đối tượng và hiện tượng của thế giới thực tại, mà chỉ có tính chất chủ quan, chỉ là những ảo ảnh.

Một trong những nguyên lý có tính chất tiên đề của phái thực chứng là "nguyên tắc khả quan sát". Đây là biểu hiện của chủ nghĩa duy tâm, mà về mặt nhận thức luận được biểu hiện ở thuyết "bất khả tri" của hai phái Hium và Canto.

Chúng ta đều biết, phái thứ nhất phủ nhận không những tính "không thể biết" được thế giới bên ngoài, mà còn phủ nhận cả sự tồn tại của thế giới khách quan; họ cho rằng cái tồn tại thực tế mà ta nói tới chỉ là những cảm giác, những biểu tượng của con người, mà con người thì không thể vượt ra khỏi phạm vi của cảm giác và biểu tượng của cái "tôi" được; phái thứ hai thừa nhận sự tồn tại khách quan của vật chất, nhưng cho rằng vật chất "vật tự nó" là không thể nhận thức được, con người chỉ nhận thức được thế giới hiện tượng và thế giới này thì hoàn toàn phụ thuộc vào hoạt động tâm lý của chủ thể. Tuy vậy, trong việc phân loại nhận thức, Cantor có nói đến nhận thức khoa học là loại nhận thức tuyệt đối chính xác, phổ biến, tất yếu; nhận thức toán học thuộc loại này, và sở dĩ như vậy là do các luận đề toán học là tiên thiên, có trước kinh nghiệm và ngoài kinh nghiệm.

Chúng tôi nhắc đến sự khác nhau của hai phái Hium và Cantor - là nhị nguyên, nhưng thực chất cũng là duy tâm - trong vấn đề nhận thức luận là vì nguyên tắc khả quan sát thường được giải thích với những khía cạnh khác nhau, tùy theo đối tượng áp dụng là khoa học lý thuyết (phái Hium) hay khoa học thực nghiệm (phái Cantor), mặc dù nguyên tắc khả quan sát, theo tuyên bố của phái thực chứng, là được xây dựng dựa trên các kết luận của CHLT. Một biểu hiện rõ nhất của nguyên tắc khả quan sát, và cũng là một trong các căn cứ để nguyên tắc khả quan sát

được xây dựng, là quan niệm của Haidenbéc khi xây dựng lý thuyết CHLT của ông (cơ học ma trận): ông khẳng định là chỉ cần nghiên cứu cái gì có thể đo được. Do đó, ông chỉ đưa vào các ma trận những số liệu đo lường cung cấp, và sau đó hoàn toàn dựa vào sự vận hành của bộ máy toán học rất trừu tượng, để xây dựng lý thuyết của mình, lý thuyết ấy đã được thực nghiệm chứng minh là đúng. Như vậy là ông đã vượt qua "hộp đen", với rất nhiều điều "không thể biết" trong đó, và nối liền đầu vào với đầu ra một cách hợp quy luật. Phải chăng cái "vật tự nó" trong hộp đen đã được nhận thức bằng các cấu trúc toán học, mà các luận đề toán học, theo Cantor là tiên thiên. Nói cách khác, sự việc đã diễn ra ở đây phù hợp với quan điểm duy tâm của phái Cantor, và phái thực chứng đã tìm thấy ở đây cơ sở của nguyên tắc khả quan sát. Tuy vậy, chính Haidenbe lại có quan điểm nhận thức luận duy vật khi ông nói rằng: "Triết học tự nhiên ngày nay và trong thời đại chúng ta chỉ có trọng lượng nếu mọi chi tiết của nó có thể chịu đựng được sự kiểm tra ngặt nghèo của thực nghiệm"¹. Ngoài sơ đồ xây dựng lý thuyết của Haidenbéc, các nhà thực chứng còn dựa vào các tình hình diễn ra ở các đầu vào, đầu ra và các vấn đề thuộc về "hộp đen" đã nói ở trên, để củng cố các quan điểm duy tâm, bất khả tri của mình. Cũng cần nói thêm một sự kiện khác có liên quan đến

1. Trích dẫn của *Đặng Mộng Lân* trong "Câu chuyện các hằng vật lý cơ bản". Nxb Khoa học kỹ thuật, Hà Nội 1976, tr.227.

nguyên tắc khả quan sát, mà những người thực chứng - những người theo chủ nghĩa giao ước - quy về quan điểm chủ quan của người quan sát. Vấn đề đặt ra là: nếu các kết quả quan sát là căn cứ để từ đó suy ra bằng logic các lý thuyết, thì trong thực tế các phương pháp đo lường khác nhau và ngay trong một phương pháp đo lường thường cho những kết quả khác nhau; vậy làm thế nào để từ đó có thể xây dựng được những khái niệm xác định, làm phương tiện cho việc xây dựng lý thuyết. Chủ nghĩa giao ước cho rằng sự lựa chọn bất kỳ một khái niệm nào đều cần tiến hành trên cơ sở thoả hiệp, giao ước giữa những người quan sát. Thực ra thì vật lý học đã giải quyết vấn đề này - vấn đề dung hoà các kết quả khác nhau khi đo lường một đối tượng vật lý - bằng cách áp dụng một phương pháp gọi là phương pháp "bình phương tối thiểu" do Logiăngđơơ đề ra. Với phương pháp này, người ta có thể "dung hoà" các kết quả đo lường khác nhau về một đối tượng, nhờ đó đạt đến một kết quả tốt nhất, gần sự thật nhất. Nhưng điều quan trọng là phương pháp ra đời đã hơn một thế kỷ rồi, nhưng chưa được chứng minh, do đó người ta vẫn không giải thích được vì sao áp dụng phương pháp ấy lại thực hiện được sự "dung hoà" các kết quả đo lường, đưa đến một giá trị tốt nhất để làm cơ sở cho việc xây dựng khái niệm hoặc các tính toán tiếp theo.

Tóm lại, chủ nghĩa thực chứng mới đã dựa vào phương pháp xây dựng CHLT, vào cách giải quyết các khó khăn cụ

thể của các nhà khoa học trong quá trình xây dựng lý thuyết để vừa củng cố, vừa chứng minh cho quan điểm duy tâm, bất khả tri của mình.

Để phê phán những sự sai trái của phái thực chứng trong việc giải thích CHLT nói chung và trong các vấn đề về phương pháp nhận thức, cần có những chuyên khảo; ở đây chỉ có thể nêu lên những vấn đề chung thông qua việc phân tích quan điểm nhận thức luận duy vật biện chứng, đã được V.I. Lênin tóm gọn trong câu: "Từ trực quan sinh động đến tư duy trừu tượng, và từ tư duy trừu tượng đến thực tiễn - đó là con đường biện chứng của sự nhận thức chân lý, của sự nhận thức thực tại khách quan"¹.

Mặc dù đối tượng nghiên cứu của CHLT nằm trong "hộp đen", là "vô hình", nhưng vẫn là thực tại khách quan, và quá trình nhận thức nó tuy có những khó khăn, phức tạp như thế nào, nhưng không nằm ngoài con đường nhận thức nói trên. Để chứng minh điều đó, phải đồng thời nắm vững quan điểm duy vật và phép biện chứng; nếu chỉ có lập trường duy vật mà không biện chứng - tức siêu hình - cũng không làm được, mà trái lại như V.I. Lênin đã nhận định (chương I), từ siêu hình sẽ trượt sang duy tâm và bất khả tri.

Trước hết, xét về mặt lịch sử thì ba giai đoạn trong quá trình xây dựng CHLT (mục 2.1) đã phản ánh rõ con đường nhận thức biện chứng. Xét cụ thể, các bước trong

1. V.I. Lênin toàn tập. T.29. Nxb Tiến bộ, Matxcova, 1981, tr.179.

phương pháp nghiên cứu để xây dựng lý thuyết CHLT của Haidenbe, cũng là các bước của quá trình nhận thức, mà bước đầu cũng chính là "trực quan sinh động" với các kết quả của quan sát đo lường. Tuy các nhà thực chứng cho rằng các tài liệu do quan sát, đo lường do trực quan đem lại, chỉ mang tính chủ quan, không phản ánh một thực tại khách quan nào cả (phái Hium) hay chỉ là hiện tượng của "vật tự nó" không thể biết được, nhưng cuối cùng, để chứng minh tính đúng đắn của lý thuyết, họ lại phải dựa vào thực nghiệm. Chính Haidenbéc cũng đã nói lên điều đó trong câu phát biểu vừa dẫn ở trên.

Khi chuyển sang giai đoạn tư duy trừu tượng mà các nhà thực chứng coi là giai đoạn sáng tạo tự do của trí tuệ, còn "hộp đen" không thể cho biết điều gì cả, họ đã sai lầm, do quan điểm duy tâm siêu hình, biểu hiện ở:

- Họ không biết rằng vật chất là vô cùng tận với tính muôn vẻ trong các hiện tượng, nhưng lại thống nhất ở các bản chất, và các bản chất cũng là tương đối, có nhiều cấp, như V.I.Lênin đã nói: "Tư tưởng của người ta đi sâu một cách vô hạn, từ hiện tượng đến bản chất, từ bản chất cấp một, nếu có thể nói như vậy, đến bản chất cấp hai, v.v, cứ như thế mãi"¹. Xét về tính chất, bản chất có hai loại: loại *quan hệ*, bao gồm một số mối quan hệ không phức tạp và loại *cấu trúc* bao gồm một hệ thống quan hệ phức tạp và có

1. V.I.Lênin toàn tập. T.29. Nxb Tiến bộ, Matxcơva, 1981, tr.268.

thể quy về một điểm. Con người chỉ có thể nhận thức các cấp và các loại bản chất nhờ sự trừu tượng hoá. Có hai cấp trừu tượng hoá: cấp I là sự trừu tượng hoá tự nhiên hay chức năng ở mọi người bình thường đều có (tuy khả năng thì khác nhau), để nhận thức các bản chất loại quan hệ; cấp II là sự trừu tượng hoá toán học. Các bản chất loại cấu trúc ở tầng sâu chỉ có thể nhận thức được nhờ trừu tượng hoá toán học. Vì vậy, trong giai đoạn tư duy trừu tượng của quá trình nhận thức thế giới vi mô, nhất thiết phải sử dụng toán học, mà toán học dù trừu tượng đến đâu, cũng phải bắt nguồn từ thực tế. Nhưng những người thực chứng như Rút-xơn, quy toán học về lôgic học, coi toán học là một khoa học tiên thiên, là sản phẩm hoàn toàn của ý thức, không có quan hệ gì với thực tại khách quan. Từ đó, họ quan niệm khoa học chỉ là một hệ thống những mệnh đề được suy diễn theo những quy tắc của lôgic hình thức từ những nguyên lý có tính chất là những tiên đề, trong đó có nguyên tắc khả quan sát.

- Họ không hiểu được cặp phạm trù khả năng - hiện thực theo quan điểm biện chứng duy vật, nên quan niệm khả năng không tồn tại khách quan, chỉ có trong tưởng tượng. Vì vậy, họ không biết rằng trong thế giới vi mô, lưỡng tính sóng - hạt trong một hạt là sự biểu hiện tính hạt và tính sóng ở những trạng thái khả năng và hiện thực loại trừ nhau, tùy thuộc môi trường và cấu trúc bên trong của vi hạt. Cho nên họ không quan niệm được các hạt ảo và quá trình ảo, coi đó là những sáng tạo tự do của nhà

khoa học trong quá trình xây dựng lý thuyết. Thực ra các hạt và quá trình ảo, tuy không thể phát hiện được bằng thực nghiệm, đôi khi sự tồn tại của chúng là không được phát hiện về mặt vật lý, nhưng vẫn tồn tại khách quan.

- Do không hiểu được phép biện chứng giữa những mặt đối lập như liên tục - gián đoạn, tất yếu - ngẫu nhiên, ... quy luật lượng - chất nên đối với họ, các khái niệm của vật lý vì mô tách biệt nhau, chứa đầy nghịch lý không thể giải quyết được.

Những hạn chế nói trên làm cho những người thực chứng không biết rằng giai đoạn trừu tượng hoá trong quá trình nhận thức là sự đi xa các hiện tượng trực quan để đi sâu vào nhận thức bản chất, quy luật của sự vật sau đó mới trở về kiểm chứng kết quả và ứng dụng trong thực tiễn, ở giai đoạn ba.

Tuy vậy, đối với những người duy vật biện chứng, lâu nay có một vấn đề chưa có sự giải đáp rõ ràng: vì sao nhiều nhà khoa học phương Tây không nói đến, không vận dụng triết học duy vật biện chứng, nhưng họ vẫn nghiên cứu khoa học có kết quả, thu được nhiều thành tựu rực rỡ. Sự phân tích ở trên cho thấy: các nhà khoa học đó đã hành động không tự giác phù hợp với các quan điểm duy vật biện chứng, họ đã xuất phát từ vật chất (quan sát, đo lường) trở về vật chất (thực tiễn), còn phép biện chứng đã nằm ngay trong bộ máy toán học hiện đại mà họ đã sử dụng.

CHƯƠNG V

LÝ THUYẾT TRƯỜNG LƯỢNG TỬ

I. CÁC THÀNH TỰU VÀ HẠN CHẾ CỦA CHLT

Ngay sau khi ra đời, CHLT đã nhanh chóng phát huy tác dụng của mình đối với sự phát triển của nhiều ngành khoa học khác như hoá học, sinh vật học, quang phổ học, vật lý chất rắn..., từ đó đã ra đời nhiều công nghệ mới như công nghệ điện tử, vi điện tử, laser, sinh học... đem lại những lợi ích to lớn cho loài người.

Sau khi nắm vững vỏ nguyên tử, các nhà vật lý học đã mở rộng và cải tiến lý thuyết CHLT để nghiên cứu hạt nhân nguyên tử, cũng có kết quả tốt. Chẳng hạn vẫn dùng phương trình Srodinger để tìm hàm sóng của các hạt trong hạt nhân, vẫn dùng hệ thức bất định để xác định trị số có thể có của động lượng, năng lượng, thời gian sống của các hạt. Năng lượng, spin của các hạt cũng bị lượng tử hoá; các hạt có trong hạt nhân cũng tuân theo nguyên lý Pauli; trong hạt nhân cũng có hiệu ứng đường ngầm... Đặc biệt, thuyết lượng tử kết hợp với thuyết tương đối đã chứng minh được hiện tượng hạt khối và năng lượng liên kết là cơ

sở của công nghệ năng lượng hạt nhân. Ngoài ra đã giải thích được hiện tượng phóng xạ, các hạt đồng vị, các hạt và phản hạt; các quan niệm hạt ảo và quá trình ảo cũng đã xuất hiện và được kiểm chứng.

Tuy nhiên phạm vi ứng dụng của CHLT còn có những hạn chế ở tính không tương đối tính của nó. Nó không thể áp dụng được đối với quá trình vật lý xảy ra ở vùng năng lượng rất lớn (khi tốc độ của hạt không còn là rất bé với tốc độ ánh sáng nữa). Ngoài ra vì hàm sóng Ψ trong CHLT là một hàm thông thường (không phải là toán tử) nên chỉ cho biết xác suất tìm hạt ở các điểm của không gian, còn *xác suất tồn tại* của nó luôn luôn bằng 1, có nghĩa là CHLT cũng nghiên cứu các hạt cơ bản, nhưng chỉ xem các hạt đó như có sẵn và tồn tại mãi trong quá trình nghiên cứu, không có sự biến hoá chuyển sang các hạt khác.

Từ năm 1937, trong việc nghiên cứu các tia vũ trụ và với các máy gia tốc có công suất ngày càng lớn, người ta đã phát hiện ra nhiều loại hạt cơ bản, với những quá trình biến hoá lẫn nhau rất đa dạng và phức tạp. Để nghiên cứu các sự biến hoá ấy và qua đó hiểu rõ hơn cấu trúc của vật chất, đã xuất hiện một ngành vật lý mới: vật lý học các hạt cơ bản.

II. LÝ THUYẾT TRƯỜNG LƯỢNG TỬ RA ĐỜI

Cơ sở lý thuyết của vật lý học các hạt cơ bản là lý thuyết trường lượng tử (LTTLT). Trong vật lý các hạt cơ

bản, LTTLT phải giải quyết vấn đề chính là nghiên cứu phát hiện các quy luật của sự chuyển hoá giữa các hạt.

Thông thường sự chuyển hoá giữa các hạt cơ bản ứng với năng lượng rất cao (cỡ GeV), tốc độ rất lớn (có thể so với tốc độ ánh sáng) nên phải áp dụng TTĐH để xem xét. Mặt khác, do lưỡng tính sóng - hạt của các hạt cơ bản, các kết quả của CHLT vẫn cần được áp dụng. Do đó, cơ sở đầu tiên của LTTLT là sự vận dụng tổng hợp CHLT và TTĐH, mà người đầu tiên đã thực hiện là Dirac, với kết quả là tiên đoán được bằng lý thuyết sự tồn tại của hạt positron, phản hạt của electron, về sau được xác nhận là đúng.

CHLT chỉ mới giải quyết được *xác suất tìm hạt*, mà chưa giải quyết được vấn đề *xác suất tồn tại của hạt*, do quá trình biến hoá của nó, không chỉ là hạt - hạt mà còn có cả sóng - hạt qua lại nhau, đặt ra. LTTLT đã phải giải quyết bằng biện pháp *lượng tử hoá lần thứ hai*, biến hàm sóng thành toán tử trường.

CHLT đã khắc phục khó khăn của lưỡng tính sóng - hạt khi nghiên cứu quy luật chuyển động của các hạt bằng cách tập trung nghiên cứu tính sóng, trong đó tính hạt đã được đưa vào thông qua các hệ thức về mối quan hệ giữa sóng và hạt do D.Broglie đưa ra. Nhờ đó mà phương trình Srôđingơ cho phép tìm được hàm sóng mô tả hạt. Việc đó được gọi là sự lượng tử hoá lần thứ nhất, đã được áp dụng có kết quả tốt trong CHLT. Nhưng với đặc điểm của các

biến hoá trong các hạt cơ bản như đã nói trên, cần phải có sự lượng tử hoá lần thứ hai, với nhiệm vụ là: làm sao cho lý thuyết mô tả được những hệ có số hạt thay đổi, mô tả được sự biến hoá của hạt, sự sinh và hủy cặp, thể hiện được cả tính hạt của sóng và tính sóng của hạt.

Công cụ của toán học dùng trong sự lượng tử hoá lần thứ hai là rất phức tạp, nhưng khả năng dùng toán học để diễn tả hết các quá trình diễn biến muôn vẻ trong các biến hoá của các hạt cơ bản cũng rất hạn chế. Vì vậy, các nhà khoa học thường phải kết hợp nhiều phương pháp khác nhau, cả trong lý thuyết và thực nghiệm. Ngày nay trong lĩnh vực các hạt cơ bản, thực nghiệm đang đi trước so với lý thuyết, phát hiện ra nhiều vấn đề chờ lý thuyết giải thích. Mặt khác, lý thuyết thì cố gắng đưa ra những tiên đoán mà thực nghiệm phải cố gắng tạo ra được cơ sở kỹ thuật để xác minh sự đúng sai.

III. NỘI DUNG CỦA LTTLT

1. Điện động lực học lượng tử (ĐDLHT)

LTTLT là lý thuyết tổng quát nhất về vật chất mà các nhà vật lý đã bắt tay xây dựng ngay sau khi hoàn thành CHLT. Người ta hy vọng lý thuyết này sẽ bao hàm được tất cả các tương tác, kể cả tương tác hấp dẫn, mặc dù đây là vấn đề rất khó khăn vì sự khác thường về tính chất và cường độ quá bé của nó. LTTLT đang ở trong giai đoạn phát triển, với bộ phận đã được xây dựng thành công nhất

là điện động lực học lượng tử (ĐDLHLT). Đó là lý thuyết hiện đại mô tả tương tác giữa các electron và photon đã đem lại nhiều kết quả tốt đẹp, với cách trình bày chính xác và gọn nhẹ. Chẳng hạn các tính chất từ của electron đã được xác lập đúng đến 10 số thập phân - giới hạn hiện nay của sự chính xác thực nghiệm. Tuy vậy ĐDLHLT không phải là một lý thuyết đầy đủ của vật lý học các hạt cơ bản vì nó không mô tả cấu trúc của hạt nhân nguyên tử.

Các dự đoán của ĐDLHLT đã được chứng minh là phù hợp rất tốt với dữ kiện thực nghiệm rất tinh vi. Trong quá trình để đi đến các kết quả đó, các nhà khoa học đã phải khắc phục rất nhiều khó khăn, trong đó có "tai họa phân kỳ" là khó khăn xảy ra khi một số đại lượng theo tính toán có giá trị vô hạn. Để loại trừ tai họa này người ta phải áp dụng phương pháp "tái chuẩn hoá" nhằm khắc phục sự phân kỳ khi áp dụng phương pháp nhiễu loạn là phương pháp cơ bản để giải các bài toán của ĐDLHLT.

Phương pháp "Tái chuẩn hoá" đã đem lại kết quả rất tốt cho ĐDLHLT, nhưng người ta nghi ngờ tính đúng đắn của ĐDLHLT ở những kích thước rất bé, vì các tai họa phân kỳ đã xuất hiện khi người ta cho khoảng cách tiến dần đến không. Để giải quyết sự tăng vọt đến vô hạn rất phi lý của một số đại lượng theo các tính toán của lý thuyết, các nhà khoa học đã có những hướng giải quyết khác nhau, trong đó có ý tưởng về sự lượng tử hoá

không gian và thời gian, nhưng đây không phải là một hướng hấp dẫn.

2. Sắc động lực học lượng tử (SDLHLT)

Là một bộ phận khác của LTTLT, mô tả tương tác cơ bản giữa các hạt quác đã ràng buộc chúng từng bộ ba để tạo thành các nucleon (các proton, nơtron và nói chung các hadron). ĐDLHLT và SDLHLT mô tả những loại lực rất khác nhau: một bên là để liên kết các electron và hạt nhân tạo thành nguyên tử, một bên là để liên kết các quác tạo thành nucleon.

Đại lượng giống như điện tích của ĐDLHLT ở SDLHLT gọi là "màu sắc". Mỗi loại quác đều có ba "màu sắc" khác nhau. Từ "màu sắc" ở đây mang tính quy ước, không phải là màu sắc thông thường, nhưng vẫn dùng các tên màu để phân biệt, chẳng hạn là xanh, đỏ, vàng. Đến nay người ta biết có 6 loại quác, được gọi là u, d, c, s, t, b. Song song với khái niệm màu sắc, người ta còn dùng khái niệm "hương vị" để phân biệt giữa 6 loại quác nói trên. Có nghĩa là một hạt quác có thể có 6 hương vị và ba màu sắc. Khái niệm màu sắc ở hạt quác có ý nghĩa vật lý sâu sắc: lực tương tác giữa các hạt quác mang màu sắc chính là thực chất của tương tác mạnh, cũng như lực tương tác giữa các hạt mang điện tích, chính là thực chất của tương tác điện từ. Qua tương tác mạnh, quác thay đổi màu sắc nhưng không thay đổi hương vị. Ngược lại qua tương tác điện từ hay tương tác yếu, quác thay đổi hương vị chứ

không thay đổi màu sắc. Điều đó có nghĩa là ở hạt quác cũng có đồng thời sự tương tác của các lực mạnh, điện từ hay yếu, như là ở các nucleon, nhưng do ở một tầng cấu trúc sâu hơn nên sự biểu hiện tương tác giữa các hạt quác lại mang tính chất khác hẳn: đó là tính tiệm cận tự do. Đặc tính này có nghĩa là khi khoảng cách ngắn dần thì tương tác giữa các hạt mang màu sắc trở nên yếu dần, và đến một lúc, có thể xem chúng như là các hạt tự do, không tương tác gì với nhau. Do đó, có thể ngoại suy ngược lại rằng khi khoảng cách tăng dần thì lực tương tác giữa các quác trở nên lớn dần. Điều này dẫn đến kết quả là rất khó tách các quác ra khỏi các hadron được. Hiện tượng này gọi là sự "cầm tù" các quác.

Cũng như tương tác điện từ giữa các hạt có điện tích được thực hiện qua các photon làm trung gian, tương tác mạnh giữa các hạt quác có màu sắc được thực hiện qua các hạt làm trung gian là gluon (tức là hạt lực trong tương tác mạnh) photon thì không có điện tích, còn gluon thì có màu sắc, nhưng gluon không tồn tại riêng rẽ, mà ghép thành những tập hợp gọi là các "quả bóng", các màu pha trộn theo tỷ lệ thích hợp để toàn quả bóng không có màu - nghĩa là không phát hiện được. Các quác cũng có khối lượng, điện tích và spin, nhưng về điện tích thì có một điểm khác hẳn điện tích của các hạt cơ bản đã được biết từ trước đến nay: đó là điện tích phân số $\frac{2}{3}$ và $-\frac{1}{3}$. Từ đó, chẳng hạn một proton được cấu tạo bởi 2 quác u (điện tích

$2 \times \frac{2}{3} = \frac{4}{3}$) và một quác d (điện tích $-\frac{1}{3}$), làm cho điện tích tổng cộng là $\frac{4}{3} - \frac{1}{3} = 1$.

Từ những quan sát thiên văn gần đây, người ta đã đưa ra giả thuyết là sau vụ nổ lớn (big bang), vũ trụ giống như một "bát cháo đặc" gồm hai loại hạt là quác và gluon. Dưới tác dụng của tương tác mạnh truyền bằng các gluon, các hạt quác đã liên kết lại tạo thành các proton, nơtron rồi thành nguyên tử, phân tử, các nguyên tố hoá học và dần dần tạo thành vũ trụ.

3. Lý thuyết thống nhất các loại tương tác

Trong lịch sử vật lý học, những thời điểm đánh dấu các ước phát triển lớn là những lúc thống nhất được các lý thuyết, các quan niệm hoặc liên hệ được với nhau các hiện tượng thoạt đầu tưởng chừng như chẳng có liên quan gì với nhau. Thí dụ: sự thống nhất hiện tượng rơi của các vật với hiện tượng chuyển động của các hành tinh quanh mặt trời, trong khuôn khổ của lý thuyết hấp dẫn Niuton; sự thống nhất điện trường và từ trường trong khuôn khổ điện động lực học dựa trên các phương trình Mácxoen; sự thống nhất không gian và thời gian trong khuôn khổ lý thuyết tương đối Anhstanh; sự thống nhất hai tính sóng và hạt trong cơ học lượng tử...

Ngày nay vật lý học đã phát hiện 4 loại tương tác: hấp dẫn, điện từ, yếu và mạnh với những biểu hiện về tính chất và cường độ rất khác nhau. Liệu 4 tương tác này có

thể thống nhất được với nhau không? Các nhà vật lý học các hạt cơ bản phối hợp với các nhà vật lý học vũ trụ, trong nửa sau của thế kỷ XX đang ra sức tìm cách chứng minh tính thống nhất đó.

Công việc này được tiến hành từng bước, với bước đầu là tìm sự thống nhất giữa các tương tác điện từ và yếu. Năm 1967, A.Salam và S.Weinberg đưa ra giả thuyết cho rằng ngoài photon, còn có ba hạt spin 1 khác gọi là các hạt boson vectơ nặng, mang lực yếu. Đó là các hạt W^+ , W^- và Z^0 , mỗi hạt có khối lượng 100 GeV. Lý thuyết Weinberg - Salam đã đưa ra một tính chất gọi là sự phá vỡ đối xứng tự phát. Điều này có nghĩa là một số hạt tương như hoàn toàn khác nhau ở năng lượng thấp, thực tế lại là cùng một loại hạt, tuy ở các trạng thái khác nhau, ở năng lượng cao hơn. Cụ thể ở năng lượng lớn hơn 100 GeV, ba hạt W^+ , W^- , Z^0 (tương tác yếu) và photon (tương tác điện từ) xử sự hoàn toàn như nhau. Điều đó có nghĩa là trong điều kiện của mức năng lượng cao đó (100GeV), tương tác yếu và tương tác điện từ là thống nhất, thuộc cùng một loại. Khi ở mức năng lượng thấp hơn, điều mà ta hay gặp trong các tình huống bình thường, sự đối xứng này - tức là sự thống nhất giữa hai tương tác - giữa các hạt sẽ bị phá vỡ. Lúc này các hạt W^+ , W^- và Z^0 sẽ có khối lượng lớn và làm cho các lực mà chúng mang - tương tác yếu - có tầm tác dụng ngắn, còn photon có tầm tác dụng dài. Tuy chưa có những máy gia tốc đạt tới năng lượng 100 GeV để làm thực nghiệm,

nhưng những tiên đoán khác của lý thuyết ấy ở năng lượng thấp phù hợp rất tốt với thực nghiệm.

Tiếp theo thành công của việc thống nhất được tương tác điện từ và tương tác yếu, các nhà khoa học đã xây dựng một lý thuyết gọi là lý thuyết thống nhất lớn, thường gọi tắt là GUT (ba chữ đầu của cụm từ tiếng Anh Grand Unified Theory), nhằm giải quyết sự thống nhất các tương tác điện từ, yếu và mạnh. Căn cứ giải quyết cũng dựa trên sự tương ứng của năng lượng với biểu hiện của tương tác: lực mạnh sẽ trở nên yếu đi ở một mức năng lượng cao nào đó, còn lực điện từ và yếu lại mạnh hơn lên ở mức năng lượng ấy. Như vậy ở một mức năng lượng cao nào đó - gọi là năng lượng thống nhất lớn - cả 3 lực này sẽ có cường độ như nhau và có thể là những mặt khác nhau của cùng một lực duy nhất. Tuy vậy, giá trị của năng lượng thống nhất lớn còn chưa được biết một cách chính xác, có lẽ ít nhất cũng phải cỡ 10^{15} GeV (các máy gia tốc hiện đang hoạt động có công suất cỡ 100 GeV, những máy dự định sẽ xây dựng có thể nâng công suất lên cỡ vài nghìn GeV. Máy gia tốc có công suất 10^{15} GeV phải có đường kính cỡ gần bằng cả hệ mặt trời (!), là điều sẽ không bao giờ có). Để kiểm chứng lý thuyết ở mức năng lượng lớn như vậy là không thể được. Các nhà khoa học đã tránh khó khăn này bằng cách kiểm chứng hệ quả của lý thuyết ở mức năng lượng thấp có thể tạo ra được. Một trong các hệ quả lý thuyết tiên đoán rằng hạt proton có thể tự phát phân rã thành

các hạt nhẹ hơn như các phản electron, bởi vì ở năng lượng thống nhất lớn, không có sự khác nhau cơ bản giữa quác và electron. Ba quác trong proton thường không đủ năng lượng để biến đổi thành các phản ứng electron, nhưng có xác suất tuy rất bé, là một trong ba quác đó có đủ năng lượng để gây ra biến đổi nói trên, vì nguyên lý bất định nói rằng năng lượng của các quác trong proton không có trị số cố định, mà có thể xê dịch một lượng đến mức có thể làm proton phân rã. Xác suất để có sự phân rã này bé đến mức người ta phải chờ đợi một khoảng thời gian chừng 10^{30} năm, lớn hơn cả thời gian tính từ khi xảy ra vụ nổ lớn đến bây giờ - mới có 10^{10} năm. Nhưng bằng cách tăng số lượng proton đưa ra thử nghiệm, thì có thể quan sát được sự phân rã của proton trong khoảng thời gian không dài lắm. Theo tính toán, nếu theo dõi 10^{30} proton trong một năm thì có khả năng quan sát được sự phân rã của trên một proton. Người đã làm một số thí nghiệm để theo dõi dự đoán này nhưng chưa phát hiện được một sự phân rã nào, nên có lý thuyết tinh xảo hơn tiên đoán thời gian sống đó có thể còn dài hơn 10^{30} năm.

Từ sự tồn tại của các proton, lý thuyết lại tiên đoán ngược lại về quá trình tạo ra proton tức là tạo ra các quác. Lý thuyết này giúp vào việc lý giải quá trình hình thành vũ trụ trên cơ sở vận dụng các định luật bảo toàn và dựa trên các dữ kiện thu được qua các quan sát thiên văn. Tuy nhiên tất cả hiện nay vẫn còn là giả thuyết.

Các GUT chưa bao hàm được lực hấp dẫn, bởi vì lực hấp dẫn là quá yếu, nên các hiệu ứng của nó thường có thể bỏ qua khi đề cập đến các hạt cơ bản trong nguyên tử. Nhưng bù lại, lực hấp dẫn lại có tầm tác dụng rất lớn và lại là lực hút nên các tác dụng của nó được cộng lại. Vì vậy đối với một số lượng hạt chất đủ lớn, lực hấp dẫn có thể lấn át tất cả các lực khác. Điều này giải thích tại sao hấp dẫn là lực quyết định sự tiến hoá của vũ trụ. Thậm chí đối với các vật thể kích thước như ngôi sao thôi, lực hấp dẫn đã có thể thắng tất cả các lực khác và làm cho ngôi sao co lại.

Trong các xu hướng nghiên cứu để xây dựng lý thuyết thống nhất toàn bộ các lực hấp dẫn, điện từ, yếu, mạnh, gần đây đã có những tiến bộ quan trọng trong bước đầu, là bước lượng tử hoá trường thống nhất đã thành công, mà nội dung là phải kết hợp CHLT với thuyết tương đối rộng. Và một ý tưởng cơ bản cho sơ đồ thống nhất toàn bộ các lực tương tác trong vũ trụ là: càng đi vào cự ly càng ngắn thì các lực điện từ, yếu và hấp dẫn càng mạnh hơn, còn lực mạnh càng yếu hơn (chú ý ở đây là cự ly tác dụng, còn trong lý thuyết GUT thì yếu tố cơ bản cho sự thống nhất các lực điện từ, yếu và mạnh lại là năng lượng).

IV. CÁC ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN VÀ TÍNH ĐỐI XỨNG CỦA CÁC ĐỊNH LUẬT VẬT LÝ

Vấn đề được nêu lên trong đề mục này, vật lý học đã biết từ lâu, ngay trong thời kỳ cổ điển - nhưng đối với vật

lý học hiện đại, cụ thể là đối với vật lý học hạt cơ bản, vấn đề lại càng trở nên quan trọng vì nó quyết định một phương hướng phương pháp luận trong việc nghiên cứu một đối tượng hết sức trừu tượng và biến hoá cũng rất phức tạp.

Khác với các định luật chi phối sự vận động hoặc cấu trúc của các sự vật, các định luật bảo toàn chỉ nói rằng một đại lượng, một tính chất nào đó không phải của một sự vật, mà của một nhóm, loại đối tượng vật lý... là luôn luôn không thay đổi trong không gian và thời gian. Các định luật bảo toàn có giá trị bao trùm lên các định luật khác, tuy nó không vạch ra cái gì cụ thể, nhưng vạch ra hành lang trong đó cho phép mọi sự biến hoá tuân theo các định luật khác, được xảy ra, cũng có nghĩa là cấm mọi sự biến hoá dù theo định luật nào, được diễn ra ở ngoài hành lang đó.

Việc tìm ra các định luật bảo toàn là kết quả của quá trình khái quát có khi rất lâu dài từ nhiều hiện tượng vật lý và được các nhà khoa học nhất trí. Điều đáng chú ý là các định luật bảo toàn thực chất là kết quả của một sự quy nạp không đầy đủ, cho nên việc sử dụng chúng phải đặt dưới một cách nhìn biện chứng, không tuyệt đối. Ngay khi nói một định luật bảo toàn là đúng trong mọi không gian và thời gian, thì điều này cũng đã phải hiểu với nghĩa tương đối của các từ không gian và thời gian. Hơn nữa tính đúng đắn của định luật bảo toàn năng lượng là định luật lâu nay được coi là đúng tuyệt đối, nhưng không ai chứng minh được. Nếu như phát hiện được dù chỉ một sự vi phạm

duy nhất định luật này thôi thì điều đó cũng đã là một bằng chứng tuyệt đối nói rằng định luật bảo toàn năng lượng là sai. Thực tế cũng đã có những định luật bảo toàn tưởng là phổ biến, nhưng về sau trở thành hạn chế. Thí dụ năm 1956, 1957 người ta đã phát hiện sự vi phạm định luật bảo toàn tính chẵn lẻ đối với các tương tác yếu, trước đó tưởng là phổ biến đối với mọi tương tác. Ngoài định luật bảo toàn, để tạo ra những định hướng trong nghiên cứu, người ta nói đến tính đối xứng của các định luật vật lý. Trong hình học ở trường phổ thông, chúng ta đã biết thế nào là sự đối xứng của một hình, một vật (qua điểm, đường hay mặt) và người ta đã đưa ra một định nghĩa tổng quát về *tính đối xứng* của một vật là: một vật được gọi là đối xứng nếu như sau khi biến đổi nó như thế nào đó thì ta lại được kết quả giống như ban đầu. Tính đối xứng của các định luật vật lý có nghĩa là: có thể biến đổi các định luật vật lý hay các cách biểu diễn của chúng như thế nào tùy ý, nhưng không được làm ảnh hưởng đến các hệ quả của chúng. Trong TTD chúng ta đã làm quen với tính đối xứng của các định luật vật lý đối với chuyển động thẳng đều của HTD quán tính (trong cơ học cổ điển là tính đối xứng của các định luật cơ học). Trong vật lý học, để diễn tả tính đối xứng người ta dùng một công cụ toán học gọi là lý thuyết nhóm và đưa ra khái niệm nhóm đối xứng. Giữa các tính chất của các hạt trong một nhóm có những mối liên hệ theo những quy luật đối xứng nhất định. Tính đối xứng giữa các hạt thể hiện ở chỗ: các quy luật vật lý của các quá

trình xảy ra ở đây bất biến dưới tác dụng của các phép biến đổi thuộc nhóm đang xét.

Ngày nay vật lý học các hạt cơ bản đang đứng trước một bản thống kê với 500 loại hạt (kể cả các hạt cộng hưởng) với những thuộc tính rất khác nhau và chuyển hoá qua lại rất phức tạp. Thông qua việc phân loại, sắp xếp theo từng cụm, từng nhóm, người ta cố gắng, phát hiện những sự bảo toàn, những đối xứng và suy ra từ đó những quy tắc đối xứng, tiến đến những quy luật có tính hiện tượng luận - nghĩa là chỉ mới phản ánh những biểu hiện bên ngoài, chưa đi hẳn vào cơ chế vi mô của hiện tượng - nhưng cũng rất quý. Sau đây là bản kê các định luật bảo toàn, một số trong đó được phát biểu dưới dạng các nguyên lý đối xứng. Tuy nhiên trong cơ học lượng tử luôn luôn có thể tìm được một định luật bảo toàn tương đương về mặt toán học với mỗi một nguyên lý đối xứng.

1/ Sự bảo toàn năng lượng toàn phần, kể cả khối lượng nghỉ.

2/ Sự bảo toàn xung lượng toàn phần.

3/ Sự bảo toàn mômen động lượng toàn phần.

4/ Sự bảo toàn điện tích.

5/ Sự bảo toàn các hạt nặng (hay các barion).

Các nucleon và các hyperon ứng với bariôn tích +1. Các phản hạt của chúng ứng với barion tích -1. Định luật này khẳng định rằng số barion tổng cộng phải giữ không đổi.

6/ Sự bảo toàn các lepton. Định luật này có nội dung tương tự với định luật trên đối với các hạt nhẹ.

7/ Tính độc lập điện tích (thường được gọi là sự bảo toàn spin đồng vị). Định luật này chỉ đúng cho các tương tác mạnh. Do có các tương tác điện từ, các dự đoán dựa trên định luật này chính xác tới 1%.

8/ Sự bảo toàn số lạ (sự sinh kết hợp các hạt lạ). Định luật này đúng với tất cả các tương tác mạnh và điện từ, nhưng bị vi phạm bởi các tương tác yếu.

9/ Tính đối xứng phản hạt. Định luật này cũng đúng đối với tất cả các tương tác mạnh và điện từ nhưng bị vi phạm bởi các tương tác yếu.

10/ Sự bảo toàn tính chẵn lẻ. Định luật này cũng đúng với tất cả các tương tác mạnh và điện từ nhưng bị vi phạm bởi các tương tác yếu.

11/ Tính bất biến CP. Định luật này khẳng định rằng, nếu phản chiếu một thí nghiệm bất kỳ qua gương và thay tất cả các hạt bằng phản hạt tương ứng thì thí nghiệm mới này cũng sẽ đúng luật. Định luật này chắc là đúng cho các tương tác mạnh và điện từ, nhưng quan sát thấy những vi phạm nhỏ trong phân rã của các kaon trung hoà.

12/ Tính bất biến CPT. Định luật này khẳng định rằng nếu phản chiếu một thí nghiệm bất kỳ qua gương, thay đổi cả các hạt bằng phản hạt tương ứng, đảo ngược phương

của tất cả các vận tốc và các phương quay thì thí nghiệm mới này sẽ đúng luật. Người ta cho rằng định luật này đúng đối với tất cả các tương tác.

13/ Tính bất biến đối với phép quay ngược thời gian. Trong một thí nghiệm bất kỳ, quay ngược phương của tất cả các vận tốc và phương quay thì thí nghiệm mới này sẽ đúng luật. Có lẽ nó đúng cho các tương tác mạnh và điện từ, nhưng phải bị vi phạm chút ít trong các tương tác yếu vì tính bất biến CP bị vi phạm một chút, còn tính bất biến CPT thì tuyệt đối đúng.

Chúng ta không đi vào nội dung vật lý của các định luật bảo toàn và nguyên lý đối xứng nói trên, nhưng qua bản kê chúng ta hình dung được một cách cụ thể các định luật bảo toàn và nguyên lý đối xứng trong vật lý học các hạt cơ bản, thấy mức độ phổ biến của chúng (chỉ các định luật từ 1 đến 6 cho đến nay vẫn có giá trị phổ biến, còn lại thì ít nhiều bị vi phạm ở tương tác này hay khác, có trường hợp ở trong một loại tương tác cũng có giá trị không phổ biến; cũng có trường hợp chưa thật khẳng định). Qua đây cũng hình dung được một phần con đường nhận thức các hạt cơ bản của vật lý học.

V. VẬT LÝ HỌC HIỆN ĐẠI VÀ TRIẾT HỌC DUY VẬT BIỆN CHỨNG

Qua các thành tựu của vật lý học hiện đại, cụ thể là của TTD, của CHLT và lý thuyết vận dụng tổng hợp của

hai lý thuyết này là LTTLT, chúng ta có thể rút ra một số nhận xét chung sau đây:

1/ Vật lý học hiện đại đề cập đến những đối tượng ở tầng sâu nhất được biết hiện nay của cấu tạo vật chất, trong thế giới vi mô - nguyên tử và cả trong thế giới vĩ mô - vũ trụ. Do đó nó đã đụng đến những vấn đề được gọi là tận cùng của thế giới, đến điểm xuất phát của vũ trụ, đến sự chết và sinh ra của vật chất... Vì vậy đã có người coi vật lý học và triết học đã hoà nhập vào nhau, và để giải đáp các vấn đề đặt ra nói trên, chỉ có vật lý học mới giải quyết được, thông qua bộ máy toán học và hệ thống kỹ thuật đồ sộ. Và triết học chỉ còn lại nhiệm vụ là phân tích lôgic của khoa học, tức là sự phân tích ngôn ngữ của khoa học. Đó là một quan niệm sai lầm, có hại cho cả vật lý học và triết học, xuất phát từ chỗ không hiểu rõ đối tượng, nhiệm vụ của mỗi bên và mối quan hệ giữa triết học và khoa học nói chung, vật lý học nói riêng, bao giờ cũng là mối quan hệ giữa cái chung và cái riêng. Những điều gọi là cái tận cùng của thế giới, điểm xuất phát của vũ trụ, v.v.. nói ở trên là những khái niệm của vật lý học, không phải là của triết học.

2/ Các phát hiện của vật lý học hiện đại đã chứng minh tính đúng đắn của quan điểm duy vật biện chứng về tính vô cùng tận của vật chất thể hiện ở tính đa dạng của các loại hạt và sự biến hoá muôn vẻ của chúng, và người ta không thể nói rằng sẽ có thực thể vật chất nào là bất biến

và cuối cùng cả, kể cả đối với hạt quác hiện đang được coi là cơ bản hơn cả. "Thừa nhận những nguyên tố bất biến nào đó, "thực chất bất biến của sự vật" nào đó, v.v, ... như thế không phải là chủ nghĩa duy vật, mà là chủ nghĩa duy vật siêu hình, nghĩa là phản biện chứng"¹. Mặt khác, sự phân tích các con đường và phương pháp nhận thức của các nhà khoa học khi đi vào thế giới vi mô "vô hình", mặc dù có những sự khác biệt so với khi nghiên cứu thế giới vĩ mô, cũng cho thấy đó chỉ là những biểu hiện khác của con đường nhận thức biện chứng "từ trực quan sinh động đến tư duy trừu tượng, và từ tư duy trừu tượng đến thực tiễn". Ở đây sự trừu tượng hoá phải có cả cấp I và cấp II (trừu tượng toán học), và do tính trừu tượng rất cao của các khái niệm khi đi sâu vào thế giới vật chất, nên khi đi từ trừu tượng đến thực tiễn, phải qua những mức trung gian khác nhau, không thể trực tiếp được.

3/ Quan điểm biện chứng về vận động và đứng yên, trong đó vận động là tuyệt đối và là phương thức tồn tại của vật chất, không do ai sinh ra và cũng không bị tiêu diệt, được chứng minh rất rõ. Cơ học lượng tử đã kết luận rằng dù ở nhiệt độ "không" tuyệt đối, năng lượng của các dao động của các nguyên tử trong tinh thể không bị triệt tiêu, nghĩa là vẫn có vận động; dự đoán của GUT về sự phân rã của proton - một hạt mà sự bền vững theo lý thuyết thật quá sức tưởng

1. V.I.Lênin toàn tập. T.18. Nxb Tiến bộ, Matxcơva, 1981, tr.321.

tượng: 10^{31} năm, tuy việc thực nghiệm chưa kết thúc để có kết luận khẳng định, nhưng căn cứ lý thuyết thì chắc chắn, vì nguồn gốc là ở hệ thức bất định đã được rất nhiều thực nghiệm xác nhận tính đúng đắn.

4/ Nguyên lý về mối liên hệ phổ biến nói rằng mọi vật thể "đều có liên hệ qua lại với nhau đã có nghĩa là các vật thể này tác động lẫn nhau và sự tác động qua lại ấy chính là sự vận động"¹ được biểu hiện rất rõ ở thế giới vi mô. Mỗi vi hạt luôn luôn nằm trong sự tác động qua lại với các vi hạt ở xung quanh, nên có thể có biểu hiện tính sóng là trội hay tính hạt là trội, do đó không thể xây dựng một mô hình xác định của vi hạt được. Mọi sự biến hoá xảy ra trong thế giới vi mô đều do sự tác động lẫn nhau giữa các vi hạt mà có. Điều này khẳng định nguyên lý nhân quả hoạt động ở đây, với nguyên nhân là sự tác động lẫn nhau, theo quan niệm biện chứng thì có tác động lẫn nhau, tất yếu sẽ có kết quả. Nhưng cách thức xuất hiện kết quả thì ở trong thế giới vi mô - với sự liên hệ phổ biến xảy ra không thể bỏ qua được như trong thế giới vi mô - khác với trong thế giới vĩ mô: một bên có tính thống kê (vĩ mô) một bên có tính đơn trị (vĩ mô).

5/ Lượng tính sóng - hạt cũng như sự biến hoá đa dạng, phong phú của các vi hạt phản ánh sự chuyển hoá qua lại một cách biện chứng giữa khả năng và hiện thực.

1. Ph.Ăngghen. Biện chứng của tự nhiên. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971, tr.94.

Có sự tồn tại của những hạt và quá trình ở trạng thái khả năng - vật lý học gọi là các hạt và quá trình ảo. Đó là những đối tượng không thể phát hiện được về mặt vật lý, nhưng vẫn là vật chất, tồn tại khách quan và có tác động đến các hạt và quá trình thực, tuy không có tính động lực học (sự tác động lẫn nhau giữa các hạt thực mới là nguyên nhân của các biến đổi có tính động lực học).

Tính sóng và hạt tồn tại trong các vi hạt cũng luôn luôn ở hai trạng thái khả năng và hiện thực, loại trừ nhau, và là nguồn gốc của tính thống kê trong xử sự của nó trong thế giới vi mô.

6/ Luận điểm nói rằng không gian, thời gian là hình thức tồn tại của vật chất vận động là một cách nhìn rất sâu sắc và khái quát về thế giới của triết học duy vật biện chứng. Nó được thể hiện ở các vận động cơ học đơn giản của các sự vật có cấu trúc "chất" và ở các vận động thuộc mọi hình thức khác, với tốc độ rất cao, cỡ tốc độ ánh sáng, của cả "chất" và "trường" - hai thực thể rất khác nhau - xét riêng cũng như trong cùng một hệ thống. TTĐ đã chứng minh tính đúng đắn của luận điểm trong các trường hợp hết sức phức tạp và phong phú, so với chuyển động cơ học chỉ là một trường hợp đơn giản nhất.

7/ Các quy luật của phép biện chứng, nhất là các quy luật mâu thuẫn, lượng - chất đã có những biểu hiện rất phong phú trong các hiện tượng do TTĐ, CHLT và LTTLT nghiên cứu.

CHƯƠNG VI

VẤN ĐỀ MÂU THUẦN TRONG VẬT LÝ HỌC HIỆN ĐẠI

Bàn về vấn đề mâu thuẫn trong vật lý học hiện đại, chúng ta có thể đề cập đến các loại mâu thuẫn sau:

- Mâu thuẫn giữa lý thuyết, quan niệm cũ với các hiện tượng mới được phát hiện. Đây là động lực thúc đẩy các nhà khoa học tìm cách khắc phục, làm cho khoa học không ngừng phát triển.

- Sự biểu hiện của quy luật mâu thuẫn của phép biện chứng ở các hiện tượng vật lý cổ điển và hiện đại.

Liên quan đến loại mâu thuẫn thứ hai vừa nêu, có các vấn đề:

+ Quan điểm siêu hình và biện chứng về trạng thái của thế giới và về cách tiếp cận nhận thức.

+ Mối quan hệ giữa các khái niệm của vật lý học cổ điển và hiện đại.

+ Mối quan hệ giữa các lý thuyết của vật lý học cổ điển và hiện đại.

Vấn đề thứ nhất đã được phân tích trong chương 1. Ở đây sẽ chủ yếu bàn về vấn đề thứ hai, vấn đề thứ ba sẽ được đề cập trong chương tiếp theo.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật lý học cổ điển đã trải qua một thời kỳ khủng hoảng khi chuyển sang vật lý học hiện đại. Về mặt khách quan, nguồn gốc của cuộc khủng hoảng đó là do thế giới vi mô - đối tượng nghiên cứu của vật lý học hiện đại, có những cấu trúc và thuộc tính khác hẳn so với thế giới vĩ mô. Tuy vậy, để xây dựng các lý thuyết vật lý học hiện đại, các nhà khoa học phải đi từ vật lý học cổ điển, với hệ thống khái niệm cơ bản của nó như: khối lượng, năng lượng, không gian, thời gian, hạt, trường...

Đặc điểm của đối tượng nghiên cứu của vật lý học cổ điển (thuộc thế giới vĩ mô) cho phép vận dụng các quan điểm siêu hình trong việc xem xét các trạng thái của thế giới vật lý và áp dụng lôgic hình thức để xây dựng các khái niệm, và từ đó xây dựng các lý thuyết khoa học. Các khái niệm của vật lý học cổ điển được hình thành từ khi cơ học ra đời, là nền móng của lâu đài kiến thức vật lý. Các khái niệm đó ăn sâu vào ý thức các thế hệ các nhà khoa học, cũng có nghĩa là các quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới đã thống trị trong vật lý học cổ điển, tạo ra một niềm tin vững chắc vào tính đúng đắn của các quan niệm và khái niệm cổ điển. Chẳng hạn quan niệm về tính liên tục

là một trong các quan niệm cơ sở của vật lý học cổ điển đã làm cho Plăng rất băn khoăn khi ông thấy cần phải đưa ra giả thuyết về tính gián đoạn của việc truyền năng lượng. Lúc đầu ông chỉ mới dám đưa ra một quan niệm "lai", theo đó nhiệt chỉ truyền gián đoạn trong khi bức xạ (phát ra) còn sự lan truyền và hấp thụ thì vẫn phải là liên tục. Sau đó 5 năm, A.Anhstanh qua thuyết quang tử mới đi đến kết luận dứt khoát là ánh sáng bức xạ, truyền đi và hấp thụ đều bằng những lượng tử gián đoạn, phá vỡ một quan niệm lâu đời trong đầu óc các nhà vật lý học.

Các phát hiện ngày càng nhiều về các hiện tượng vi mô chứng tỏ quan điểm siêu hình về trạng thái thế giới là không phù hợp, trong lúc các nhà khoa học vẫn phải sử dụng các khái niệm cổ điển, vốn là nơi biểu hiện tập trung, cô đọng các quan điểm siêu hình. Và đây chính là mâu thuẫn lớn mà vật lý học hiện đại phải giải quyết. Mâu thuẫn này bộc lộ rõ trước hết ở TTĐ với các kết luận về tính tương đối của không gian và thời gian (trước đây được coi là những khái niệm tuyệt đối), của khối lượng (trước đây coi là bất biến), của sự tương đương giữa khối lượng và năng lượng (trước đây hai khái niệm này được coi là biệt lập). Nhưng một thời gian dài, trước khi CHLT ra đời, TTĐ chưa được kiểm nghiệm và có ứng dụng, mâu thuẫn nói trên chưa được quan tâm và cũng chưa gây ra trở ngại lớn. Chỉ từ khi phát hiện ra lưỡng tính sóng, hạt, đòi hỏi phải kết hợp vào trong một thực thể hai tính chất mâu

thuần nhau mà trong vật lý học cổ điển chỉ tồn tại ở những đối tượng khác nhau. Tiếp theo, hệ thức bất định của Haidenbéc chỉ ra một cách cụ thể mâu thuẫn giữa các khái niệm cổ điển với một hiện tượng vi mô: trong vật lý học cổ điển, một hạt ở trong không gian luôn luôn có một tọa độ và một xung lượng hoàn toàn xác định, có thể đo lường để có các giá trị đạt độ chính xác cần thiết (theo khả năng của các dụng cụ đo). Các khái niệm tọa độ, xung lượng đều được định nghĩa một cách rõ ràng và xác định. Nhưng theo hệ thức bất định - một hệ thức được tìm ra hoàn toàn bằng lý thuyết, nói rằng một vi hạt không thể có tọa độ và xung lượng đồng thời được xác định với độ chính xác tùy ý: nếu tọa độ được xác định với độ chính xác càng cao, thì xung lượng lại chỉ có thể được xác định với độ chính xác càng thấp, và ngược lại. Như vậy, phải chăng các khái niệm tọa độ và xung lượng của một hạt trong vật lý học cổ điển không còn phù hợp với hạt ở trong thế giới vi mô, vì hạt ở đây có tính chất khác. Có nên dùng những từ khác để chỉ khái niệm tương đương, dùng cho các hạt vi mô, chẳng hạn như "tựa tọa độ", "tựa xung lượng" (nghĩa là giống như tọa độ, xung lượng). Nhưng làm như thế cũng không được, vì hạt vi mô không phải lúc nào cũng có tính chất nói trên. Như chúng ta đã biết (chương IV), vi hạt có khi biểu hiện tính sóng là trội hay tính hạt là trội, những lúc đó thì các khái niệm cổ điển vẫn áp dụng được. Hơn nữa, những vi hạt có khối lượng lớn thì lưỡng tính sóng - hạt cũng không

bộc lộ rõ lắm. Cuối cùng, người ta vẫn dùng chung các từ khái niệm (tức là từ chỉ khái niệm) cơ bản của vật lý học cổ điển để nghiên cứu các hiện tượng vật lý hiện đại, chỉ đặt thêm những khái niệm mới cho các thuộc tính không có ở các hạt vi mô như Spin chẳng hạn. Vấn đề đặt ra là phải hiểu nội hàm của các khái niệm "mềm" hơn, linh hoạt hơn, không cố định, cứng nhắc như trong vật lý học cổ điển. Nói theo ngôn ngữ của phép biện chứng thì phải hiểu các khái niệm theo quan điểm của lôgic biện chứng. Đó là cách giải quyết mâu thuẫn giữa các khái niệm cổ điển, quán triệt quan điểm siêu hình, với sự diễn biến một cách biện chứng của các đối tượng vi mô. Còn lại là vấn đề giải thích như thế nào hệ thức bất định của Haidenbéc, một hệ thức mà dựa vào đó, người ta giải thích và tiên đoán rất tốt nhiều hiện tượng vật lý nên được coi như là một trong các nguyên lý cơ bản của CHLT, cho phép tiên đoán nhiều tính chất chưa biết của các đối tượng vật lý. Tất nhiên, dù giải thích theo cách nào thì hệ thức bất định vẫn là một hệ thức đúng, phản ánh một đặc tính của thế giới khách quan, và vật lý học vẫn dựa vào đó để phát triển công tác nghiên cứu và tiếp tục đạt được những kết quả tốt.

Giải thích hệ thức bất định (HTBĐ) có nghĩa là vạch ra được bản chất, nguồn gốc của mối quan hệ diễn tả bởi hệ thức, nhờ đó tạo ra được một quan điểm nhận thức có ý nghĩa khái quát, làm cơ sở cho việc nhận thức các hiện tượng khác. Có thể có nhiều cách giải thích khác nhau, sau

đây sẽ giới thiệu hai cách giải thích, một của phái thực chứng theo quan điểm duy tâm và một của N.Bo, theo quan điểm duy vật. Trước khi trình bày, cần nhắc lại những nội dung chính và phạm vi ứng dụng của HTBĐ.

II. HỆ THỨC BẤT ĐỊNH

Trong vật lý học cổ điển cũng như hiện đại, trạng thái của một hạt được xác định bởi một tập hợp các đại lượng như khối lượng, xung lượng, năng lượng, tọa độ v.v. Trong vật lý học cổ điển, tất cả các đại lượng ấy đối với một hạt xác định có thể đồng thời đo lường được tới độ chính xác cần thiết.

Trong vật lý học hiện đại, tình hình có khác. Các đại lượng đặc trưng cho một vi hạt được chia ra các nhóm, mỗi nhóm bao gồm những đại lượng có thể đồng thời xác định, nghĩa là có thể đồng thời đo lường được tới độ chính xác cần thiết, tương tự như ở hạt cổ điển, mỗi nhóm ấy được gọi là một "tập hợp đầy đủ".

Thí dụ sau đây là ba tập hợp đầy đủ:

x, y, z, σ

p_x, p_y, p_z, σ

E, l, m, σ

x, y, z là các tọa độ của vi hạt

p_x, p_y, p_z , hình chiếu các xung lượng của hạt trên 3 trục tọa độ Ox, Oy, Oz .

E, l, m, σ theo thứ tự là năng lượng, các số lượng tử quỹ đạo, từ và spin của vi hạt (ở đây là electron trong nguyên tử).

Nhưng giữa các đại lượng thuộc các nhóm đầy đủ khác nhau thì không có tính chất như thế, nghĩa là không thể đồng thời được xác định chính xác, và các đại lượng này mới chịu sự chi phối của hệ thức bất định, diễn tả bởi những mối quan hệ đơn giản chẳng hạn như:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar \quad (\hbar = h/2\pi = \text{hằng số})$$

Δx : độ bất định về tọa độ trên trục x

Δp_x : độ bất định về xung lượng trên trục x

h: hằng số Plăng.

Giữa các đại lượng thuộc các tập hợp đầy đủ khác nhau, trong những điều kiện đặc biệt (hạt biểu lộ trội về tính sóng hay tính hạt, hạt có khối lượng tương đối lớn), không chịu sự chi phối của HTBĐ.

III. CÁCH GIẢI THÍCH HTBĐ CỦA PHÁI THỰC CHỨNG

Khi Haidenbéc qua cơ học ma trận, phát minh ra các định luật của CHLT, bao gồm HTBĐ, ông đã lưu ý rằng các định luật mới đó của thế giới là phi mâu thuẫn khi thừa nhận rằng trong thí nghiệm không thể đạt được theo ý muốn một độ chính xác cao tùy ý. Trên tinh thần đó, nguyên lý bất định của ông áp dụng vào thí nghiệm 2 lỗ (chương IV) có thể được hiểu là: không thể chế tạo được bất

kỳ một dụng cụ nào, nhờ đó có thể xác định được electron bay qua lỗ nào mà lại không thay đổi chuyển động của nó đến mức phá vỡ sơ đồ giao thoa.

Người ta đã nghĩ ra một thí nghiệm tưởng tượng về sự xác định tọa độ và xung lượng của electron, bằng cách dùng ánh sáng - là một bức xạ điện từ - chiếu vào electron rồi quan sát ánh sáng phản xạ qua một kính hiển vi. Nếu dùng ánh sáng bước sóng lớn tức năng lượng nhỏ, thì độ bất định về vị trí sẽ lớn, bù lại độ bất định về xung lượng lại bé (vì ánh sáng có năng lượng bé sẽ làm cho xung lượng của electron thay đổi ít, qua tương tác của photon trong ánh sáng với electron). Ngược lại, nếu dùng bức xạ có bước sóng ngắn thì việc xác định vị trí của electron được chính xác hơn, nhưng lúc này năng lượng của bức xạ - qua hạt photon - lại lớn, làm cho sự biến đổi về xung lượng của electron cũng lớn, tức độ bất định tăng lên. Đó là cách giải thích HTBĐ của những người thực chứng, dựa trên thí nghiệm tưởng tượng mà mới xem qua, người ta có thể nghĩ là hợp lý. Dựa trên thí nghiệm này, họ đã đề ra "nguyên tắc bổ sung" để giải thích nguồn gốc sâu xa của sự bất định khi người ta không thể xác định với độ chính xác cao, đồng thời, giá trị của một "cặp biến bổ sung" (hai đại lượng thuộc hai "tập hợp đầy đủ" khác nhau).

Nguyên tắc bổ sung được đề ra dựa trên hai căn cứ sau đây:

- Hành động đo lường đối với vi hạt về nguyên tắc là không thể kiểm soát được, vì sự tương tác của dụng cụ lên vi hạt đã làm cho nó biến đổi, không còn là bản thân nó nữa.

- Sự diễn biến của vi hạt sau khi tương tác với dụng cụ như vậy là do sự "bổ sung" của chủ quan (hành động của người đo) và khách quan (vi hạt "tự nó").

Theo nguyên tắc "bổ sung", điều mà chúng ta nhận biết được về vi hạt, không phản ánh cái thực sự tồn tại khách quan. Nói cách khác, không thể nói đến những đặc tính và trạng thái của các vi hạt "tự nó", mà là các vi hạt trong đó có dấu ấn của chủ quan người đo lường chúng.

Những căn cứ nói trên của nguyên tắc bổ sung của phái thực chứng đã thể hiện rõ nhận thức luận duy tâm bất khả tri (phái Cantor) và toàn bộ lý luận về nguyên tắc khả quan sát đã dựa trên quan niệm về tính bổ sung nói ở trên.

Ngoài ra, về trạng thái của thế giới, phái thực chứng còn giữ quan điểm siêu hình, vì:

- Trong thí nghiệm tưởng tượng họ vẫn coi electron là hạt cổ điển.

- Họ chỉ quan tâm đến những gì quan sát, đo lường được, mà kết quả bao giờ cũng là những biểu hiện vĩ mô ở những dụng cụ vĩ mô, nên có tính xác định, phù hợp với quan điểm siêu hình.

IV. CÁCH GIẢI THÍCH HTBĐ CỦA N.BO

Lúc đầu N.Bo cũng có quan điểm như phái thực chứng, nhưng về sau ông đã có sự chuyển biến sang lập trường duy vật trong việc giải thích HTBĐ và đề ra nguyên tắc bổ sung, có ý nghĩa là cơ sở logic của cả hệ thống các quan niệm cơ - lượng tử. Tuy cũng dùng từ "bổ sung", nhưng nội dung nguyên tắc bổ sung của N.Bo khác hẳn nguyên tắc bổ sung của phái thực chứng, và về mặt nhận thức luận thì một bên là duy vật và một bên là duy tâm.

Theo quan niệm của N.Bo, trong mọi thí nghiệm với các vi hạt, người quan sát nhận được các thông tin không phải về chính các đối tượng nghiên cứu, mà là các thuộc tính của chúng tương đối với một hoàn cảnh, môi trường cụ thể - trong đó bao gồm cả dụng cụ đo lường.

Các thông tin liên quan đến vi hạt thu được trong các điều kiện xác định cần được xem như là bổ sung cho các thông tin thu được cũng từ vi hạt đó nhưng ở trong những điều kiện khác. Các thông tin đó có thể khác nhau, thậm chí mâu thuẫn với nhau, cần được bổ sung, chứ không phải là cộng lại, kết hợp lại, để phản ánh các mặt khác nhau của đối tượng nghiên cứu.

N.Bo viết: "Thuật ngữ "bổ sung" có nghĩa là khi chúng ta đứng trước các hiện tượng mâu thuẫn nhau, là chúng ta đã tiếp cận với các mặt khác nhau, nhưng đều

quan trọng của một tập hợp các dữ kiện gắn với đối tượng nghiên cứu"¹.

"Trong vật lý lượng tử, người ta sử dụng thuật ngữ "bổ sung" để đặc trưng các mối liên hệ tồn tại giữa các dữ kiện có thật, thu được trong các điều kiện thực nghiệm khác nhau, và chỉ có thể giải thích một cách cụ thể bằng cách sử dụng những quan niệm loại trừ nhau"².

"Các dữ kiện mà người ta có thể thu được trong các điều kiện thực nghiệm khác nhau không thể được xếp trong cùng một bảng, mà phải được coi là bổ sung lẫn nhau"³.

"Trong vật lý lượng tử các dữ kiện nói về các vi hạt đạt được nhờ các thiết trí thí nghiệm khác nhau, là ở trong những mối quan hệ khá đặc biệt. Người ta phải thừa nhận là các dữ kiện ấy tỏ ra mâu thuẫn với nhau khi định ghép chúng lại với nhau, chứa đựng tất cả các thông tin mà chúng ta có thể rút ra từ việc nghiên cứu đối tượng"⁴.

Chúng tôi trích dẫn nhiều ý kiến của chính N.Bo nói về khái niệm "bổ sung" để chúng ta hiểu rõ hơn tư tưởng của ông khi xây dựng nguyên tắc bổ sung và cách vận dụng vào việc nghiên cứu các khái niệm cơ - lượng tử.

Một vi hạt không phải là một sóng, không phải là một hạt, cũng không phải là một sự "cộng sinh" của sóng và

1, 2, 3, 4. Do L.Tarassov trích dẫn trong cuốn Physique quantique et opérateurs linéaires. Nxb Mir, Matxcova, 1980, tr.144, 145.

hạt, nhưng người ta lại sử dụng một trong hai khái niệm, hạt hoặc sóng, để mô tả nó, như vậy rõ ràng nội hàm của khái niệm không phù hợp với đối tượng mà nó phản ánh. Nguyên lý bổ sung giúp giải quyết khó khăn đó về mặt logic.

Nguyên lý bổ sung của N.Bo đã thể hiện một lập trường duy vật, vì ở đây là sự bổ sung của những biểu hiện khác nhau, thậm chí đối lập nhau của cùng một đối tượng, khi tương tác với môi trường xung quanh. Những biểu hiện đó hiện thực hoá những khả năng vốn tồn tại khách quan ở trong đối tượng nghiên cứu, cho nên cần được bổ sung lẫn nhau để phản ánh đối tượng được đầy đủ hơn. Cách hiểu này cũng loại trừ quan niệm của phái thực chứng, cho rằng về nguyên tắc không thể kiểm tra được tương tác đo lường. Vào thời đó, nguyên tắc bổ sung của N.Bo đã có một vai trò to lớn trong việc giải thích vấn đề nhận thức các mâu thuẫn thường gặp trong vật lý học vì mô do vẫn dựa trên các khái niệm cổ điển như:

- Sóng và hạt (trong thí nghiệm 2 lỗ).
- Xung lượng và tọa độ (trong HTBĐ).
- Gián đoạn và liên tục (trong hiện tượng dịch chuyển mức năng lượng của electron trong nguyên tử).

Thực ra, với nhiều nhà khoa học vào những năm 30 của thế kỷ này, còn chịu ảnh hưởng nặng nề của quan điểm siêu hình và chưa biết logic biện chứng thì để hiểu

được những biểu hiện mâu thuẫn diễn ra ở cùng một đối tượng, cũng là một khó khăn. Nhưng nếu đã hiểu được phép biện chứng (quy luật mâu thuẫn, các khái niệm khả năng - hiện thực) và áp dụng lôgic biện chứng, thì yêu cầu vừa nói trên cũng dễ thực hiện. Các mặt khả năng và hiện thực là những mặt đối lập, mâu thuẫn loại trừ nhau, nhưng lại thống nhất ở trong cùng một đối tượng: khi biểu hiện là sóng thì trong đó vẫn tiềm ẩn khả năng hạt, còn khi biểu hiện là hạt thì trong đó vẫn tiềm ẩn khả năng sóng. Tùy theo sự tương tác với môi trường xung quanh mà khả năng sóng hay hạt sẽ trở thành hiện thực với những mức độ nhiều hay ít.

CHƯƠNG VII

NGUYÊN LÝ TƯƠNG ỨNG

I. NGUYÊN LÝ TƯƠNG ỨNG LÀ GÌ?

Nguyên lý tương ứng do N.Bo xây dựng và ứng dụng vào việc nghiên cứu của mình từ năm 1913, nhưng đến năm 1918 mới công bố. Đó là nguyên lý biểu hiện dưới dạng cụ thể mối liên hệ nội tại và tính kế thừa trong sự phát triển của các lý thuyết vật lý.

Cơ sở khách quan của nguyên lý này là sự hoạt động của quy luật lượng - chất của phép biện chứng. Từ một dạng vật chất này, do sự tích lũy "lượng" đến một mức nào đó, sẽ chuyển sang một dạng vật chất khác, khác về chất, nhưng giữa hai dạng đó vẫn là thống nhất. Sự thống nhất ấy bắt nguồn từ tính thống nhất của vật chất, được biểu hiện ở những bản chất nằm ở các tầng sâu của các dạng vật chất, tuy khác nhau về chất và có những biểu hiện bề ngoài đa dạng, muôn vẻ.

Chúng ta hãy khảo sát các bảng sau đây:

Bảng 1: Sự thay đổi tính chất của các đại lượng vật lý

Các đại lượng, thực thể vật lý	Tính chất, theo		Yếu tố chi phối sự thay đổi tính chất (khi vượt quá "độ")
	Vật lý học cổ điển	Vật lý học hiện đại	
Khối lượng	Không đổi	Thay đổi	Vận tốc v (thực chất là năng lượng)
Năng lượng	Truyền liên tục	Truyền gián đoạn	Năng lượng của bức xạ
Không gian + Thời gian	Tuyệt đối, tách rời, không phụ thuộc vận động	Tương đối, gắn liền, phụ thuộc vận động	Vận tốc v
Không gian	Đồng chất, đẳng hướng	Có độ "cong" khác nhau	Cường độ trường hấp dẫn
Thời gian	Trôi như nhau	Trôi khác nhau	
Thực thể vật lý	Sóng hoặc hạt	Sóng - hạt	Độ lớn (vĩ mô, vi mô) khối lượng.

Ở Bảng 1: Sự chi phối của quy luật lượng - chất thể hiện rất rõ khi "lượng của yếu tố chi phối vượt quá "độ", làm cho tính chất của đại lượng thay đổi hẳn về "chất", mâu thuẫn với "chất" cũ. Do đó đã xảy ra tình hình cùng một từ khái niệm (khối lượng, năng lượng...) nhưng phản ánh những tính chất mâu thuẫn nhau của cùng một đối tượng. Nguyên tắc bổ sung của N.Bo đã giúp giải quyết khó khăn này về mặt logic. Về mặt thực tế, tình hình đó chứng tỏ rằng tuy giữa các biểu hiện bên ngoài mâu thuẫn nhau, nhưng bên trong phải có một cái bản chất thống nhất.

Bảng 2: Sự chuyển hoá các định luật, lý thuyết

Định luật, lý thuyết ban đầu	Định luật, lý thuyết chuyển thành	Yếu tố chi phối
- Cơ học cổ điển	Cơ học tương đối	$v \ll c; h = 0$
- Cơ học tương đối	Cơ học lượng tử	$c \rightarrow \infty; h = \text{hằng số}$
- Cơ học lượng tử	Vật lý hạt cơ bản	$v \ll c; h = \text{hằng số}$
- Lý thuyết hấp dẫn Niuton	Lý thuyết hấp dẫn A.Anhstanh	Trường hấp dẫn mạnh
- Phương trình trạng thái $PV = RT$	Quy luật xác suất	Thể tích khí rất bé, gần điểm tới hạn
(c - tốc độ ánh sáng; h = hằng số Plăng)		

Ở Bảng 2: Chúng ta thấy các định luật, lý thuyết tuy biểu hiện ở bên ngoài khác nhau, nhưng lại có thể chuyển hoá qua lại tùy thuộc vào một "lượng" nào đó (v, h, cường độ hấp dẫn...) nghĩa là ở đây cũng có sự chi phối của quy luật lượng - chất. Điều đó chứng tỏ ở bên trong, các quy luật, lý thuyết ấy phải có những cấu trúc thống nhất, mà do sự chuyển biến về lượng của một mặt, bộ phận nào đó vượt quá "độ", làm cho cấu trúc thay đổi, được biểu hiện ra ngoài thành những định luật, lý thuyết khác nhau.

Qua phân tích các bảng nói trên, chúng ta hiểu rõ hơn nghĩa của khái niệm "tương ứng": đó là sự tương ứng giữa các định luật, lý thuyết cổ điển và lượng tử về cùng một hệ thống đối tượng; do phản ánh một bản chất chung, nên tuy

có những biểu hiện bên ngoài khác nhau, có thể chuyển hoá qua lại, và ở điểm nút, có biểu hiện giống nhau.

Như vậy, nguyên lý tương ứng cũng giải thích vì sao sự suy lý tương đồng (chương IV) cũng có giá trị lôgic, tuy sự đúng đắn của nó còn phụ thuộc những điều kiện khác. Có nhiều hiện tượng ở bên ngoài rất khác nhau, nhưng cấu trúc bên trong lại giống nhau. Chúng ta có thể thấy rõ tình hình đó qua xem xét các đối tượng nghiên cứu của các phương trình vật lý toán. Chẳng hạn, các phương trình loại eliptic dùng để nghiên cứu các quá trình dòng khác nhau như điện tĩnh học, từ tĩnh học, chuyển động thể của chất lỏng không nén, v.v... Các phương trình loại parabolic thích hợp để nghiên cứu các hiện tượng dẫn nhiệt, thẩm thấu, sự truyền sóng điện từ trong môi trường dẫn, chuyển động của các chất lỏng nhớt... còn các phương trình loại hyperbolic, dao động của các môi trường liên tục, dao động điện từ...

Cách giải thích nguyên lý tương ứng trình bày ở trên là dựa trên quan điểm của triết học duy vật biện chứng, còn thực tế quá trình N.Bo nghiên cứu vạch ra được nguyên lý tương ứng là từ thực tiễn.

II. QUÁ TRÌNH N.BO XÂY DỰNG NGUYÊN LÝ TƯƠNG ƯNG

Lúc đầu N.Bo đưa ra nguyên lý tương ứng không phải như là một nguyên lý phương pháp luận chung của việc

xây dựng những lý thuyết mới, mà chỉ là một thủ pháp tìm tòi nhằm kết hợp các tính quy luật cổ điển với các tính quy luật mới, lượng tử để phản ánh những quá trình diễn ra trong nguyên tử. Cụ thể là, trong khi tìm cách cải tiến mô hình nguyên tử hành tinh của Rudopho hoàn toàn dựa trên các quy luật cổ điển, để giải thích được hiện tượng phát ánh sáng của nguyên tử và tính quy luật trong việc phân bố các vạch quang phổ, N.Bo đã phải đề ra ba giả thuyết, cả ba giả thuyết này đều không thể suy ra được từ vật lý học cổ điển (chương IV). Áp dụng các giả thuyết này coi là sự mở đầu của thuyết lượng tử, để giải thích quang phổ do Hydro phát ra, người ta thấy sự phù hợp hoàn toàn giữa lý thuyết và thực nghiệm: các tần số của vạch quang phổ tính theo lý thuyết lượng tử của N.Bo hoàn toàn trùng với tần số đo được theo vị trí của vạch quang phổ trên kính ảnh. Nhưng đối với các vạch ứng với *các số lượng tử lớn*, ông nhận thấy nếu áp dụng lý thuyết cổ điển để tính toán, thì kết quả cũng rất gần với kết quả tính được từ lý thuyết lượng tử. Điều đó chứng tỏ có một sự tương ứng giữa lý thuyết lượng tử và lý thuyết cổ điển ở những số lượng tử lớn (bán kính quỹ đạo điện tử rất lớn), ở đó các tần số tiên đoán bởi cả hai lý thuyết trở nên trùng nhau. Nhận xét này gợi cho ông tư tưởng cho rằng có một định luật mới nào đó của tự nhiên, chi phối mối quan hệ giữa các định luật cổ điển và lượng tử, và ông gọi đó là nguyên lý tương ứng, có ý nghĩa phương pháp luận phổ biến trong việc

ngiên cứu xây dựng các lý thuyết vật lý mới: mặc dù các hiện tượng của vật lý học hiện đại, có khác nhau so với vật lý học cổ điển xét ở một hệ thống nào đó, thì về bản chất bên trong, chúng có thể có cùng một cấu trúc. Đó là một dây dẫn lối mới giúp các nhà khoa học trong công tác nghiên cứu.

Haidenbéc khi lập ra lý thuyết CHLT được gọi là cơ học ma trận, ngoài những sự kiện kinh nghiệm và tư duy riêng của ông, thì nguyên lý tương ứng cũng đã góp phần định hướng một số thủ thuật. Ban đầu ông đề nghị biểu diễn các biến số động lực học lượng tử dưới dạng một ma trận với các phần tử chéo là những giá trị thu được bằng thực nghiệm. Nhưng để thiết lập được mối liên hệ tương hỗ giữa các ma trận khác nhau, ông đã sử dụng mối liên hệ tương hỗ cổ điển giữa các biến số động lực học tương ứng, chẳng hạn như giữa tần số và biên độ trong các chuyển động của điện tử trong nguyên tử.

Srôđingơ, khi xây dựng cơ học sóng cũng có sự gợi ý của nguyên lý tương ứng, sự tương ứng ở đây là giữa các quá trình hạt và quá trình sóng ở ánh sáng. Khi tính sóng là trội (bước sóng dài) quang học có lý thuyết quang sóng, còn khi tính hạt là trội (bước sóng ngắn) lại có lý thuyết quang hình. Từ đó có thể suy ra giả thuyết là cơ học cổ điển áp dụng cho chuyển động của các hạt vi mô có thể được thay bằng một cơ học tổng quát hơn là cơ học sóng, vì theo công thức D.Broglie, hạt vĩ mô cũng có tính sóng,

nhưng bước sóng cực bé so với hạt vi mô. Đặc trưng của tính vi mô là hằng số Plăng, nên khi $h = 0$ (ứng với hạt vĩ mô) thì lý thuyết cơ lượng tử - sóng trở về cơ cổ điển.

Từ nguyên lý tương ứng cũng thấy rằng không thể xây dựng vật lý học hiện đại mà không đi từ vật lý học cổ điển. Hơn nữa, người ta còn đi đến khái niệm *hệ thống vật chất*. Một hệ thống vật chất do nhiều phần tử hợp thành theo một cấu trúc nào đó và thường có nhiều thuộc tính (chung của hệ thống). Nếu xét về một thuộc tính nào đó của hệ thống, thì sự vận động và vai trò của các phần tử trong hệ thống không phải là như nhau: đối với một số có vai trò quyết định, không thể bỏ qua được, nhưng có một số lại không đáng kể, có thể bỏ qua khi nghiên cứu mà không ảnh hưởng đến thuộc tính chung của hệ thống. Do đó, trong các lý thuyết vật lý hiện đại, phản ánh một hệ thống vật chất nào đó, thường vẫn chứa đựng những yếu tố cổ điển, và lý thuyết vẫn được kiểm nghiệm là đúng đắn trong một phạm vi nhất định của các hiện tượng do lý thuyết nghiên cứu. Chẳng hạn trong mô hình nguyên tử của N.Bo, tương tác giữa hạt nhân và điện tử được xem xét trong khuôn khổ của vật lý học cổ điển, các quan niệm về không gian, thời gian, vận tốc, quỹ đạo... vẫn giữ nguyên như trước. Trong TTD hẹp, không gian vẫn được coi là đồng chất và đẳng hướng như quan niệm cổ điển, v.v...

III. NGUYÊN LÝ TƯƠNG ỨNG TRONG NHỮNG HỆ THỐNG VẬT CHẤT CÙNG MỘT "CHẤT"

Nguyên lý tương ứng của N.Bo xuất hiện từ nhu cầu giải quyết mâu thuẫn giữa các lý thuyết, định luật phản ánh những hệ thống vật chất có biểu hiện về "chất" khác nhau. Giữa lý thuyết, định luật phản ánh những hệ thống vật chất vĩ mô, người ta đã nhận thấy từ lâu mối quan hệ giữa cái chung và cái riêng. Nếu nói đến nguyên lý tương ứng, thì ở đây sự tương ứng là giữa cái chung và cái riêng, khác với nguyên lý tương ứng của N.Bo.

Thí dụ: Trong cơ học các môi trường liên tục, lý thuyết chung nhất là *động lực học chất khí* - động lực học của môi trường bị nén có tính đến tính chịu nén của môi trường.

Nếu lấy tính chịu nén bằng không, chúng ta có lý thuyết bộ phận hơn - *thủy động lực học cổ điển*, là lý thuyết nghiên cứu chi tiết chuyển động của các chất lỏng khi vận tốc nhỏ so với tốc độ truyền âm trong đó.

Một lý thuyết bộ phận hẹp hơn là *thủy lực học*, nghiên cứu các dòng chảy theo ống của các chất lỏng. Nếu hạn chế phạm vi nghiên cứu là trạng thái chất lỏng đứng yên, lại có lý thuyết *thủy tĩnh học*.

Mỗi lý thuyết khoa học nói trên với các nguyên lý và quy luật của nó đều được thực nghiệm chứng minh và có nhiều áp dụng trong kỹ thuật, có nghĩa đều là chân lý. Lý

thuyết của những ngành chung hơn không làm thay đổi hay phủ định lý thuyết của ngành hẹp hơn.

Trong lịch sử phát triển của cơ học các môi trường liên tục thì thứ tự lại đi từ cái riêng đến cái chung: thủy tĩnh học, thủy lực học, thủy động lực học và khí động học (động lực học chất khí).

Trong ngành điện, chúng ta cũng thấy có tình hình tương tự.

Chung nhất là điện động lực Mácxoen, nếu bước sóng lớn hơn rất nhiều so với hệ thống nghiên cứu thì áp dụng những tổng hợp đơn giản hơn các định luật về điện từ trường (định luật Culông, Ôm, Biôxava, Pharadây...); nếu hẹp hơn, nghiên cứu các dòng điện không đổi thì dùng lý thuyết dòng không đổi và hẹp hơn nữa là tĩnh điện học.

Trong các lý thuyết có phạm vi chung - riêng của đối tượng nghiên cứu khác nhau, nội hàm các khái niệm cơ bản là giống nhau, có thể được khái quát, hoàn chỉnh nhưng không có sự thay đổi về chất. Sự khác nhau giữa các lý thuyết là: trong hệ thống vật chất được nghiên cứu, những lý thuyết càng có tính chung thì càng có ít phần tử bị cố định, nghĩa là có giá trị không đổi.

IV. NGUYÊN LÝ TƯƠNG ỨNG VÀ VẤN ĐỀ CHÂN LÝ

Như đã phân tích ở chương I, khi chuyển từ thời kỳ cổ điển sang hiện đại, vật lý học đã trải qua một cuộc khủng

hoảng, mà nội dung về mặt vật lý là ở "sự đảo lộn của những quy luật cũ và những nguyên lý cơ bản" biểu hiện ở chỗ các khái niệm và quy luật của vật lý học cổ điển không còn phù hợp với các hiện tượng của thế giới vi mô, người ta phải đi tìm những loại quy luật mới, khác hẳn về chất so với các quy luật cũ... Trước tình hình đó, các trường phái duy tâm đã lợi dụng thời cơ để tuyên truyền chủ nghĩa tương đối, phủ nhận chân lý khách quan và qua đó củng cố lập trường duy tâm, bất khả tri. Nguyên lý tương ứng của N.Bo ra đời, không chỉ có ý nghĩa phương pháp luận quan trọng đối với công tác nghiên cứu, tìm tòi các lý thuyết, định luật mới phản ánh đúng đắn thế giới vi mô, mà còn có ý nghĩa đối với việc đấu tranh chống các quan điểm nhận thức luận duy tâm bất khả tri (mặc dù đạt ý nghĩa thứ hai này không nằm trong mục đích của ông khi xây dựng nguyên lý tương ứng).

Theo nguyên lý tương ứng, các lý thuyết cũ và mới không phải là những tri thức loại trừ và phủ nhận nhau, mà là kết quả của sự vươn lên dần dần và có tính quy luật của tư duy nhân loại, đi từ những đối tượng và những định luật có tính chất bộ phận ít hay nhiều, đến những đối tượng và định luật ngày càng chung hơn. Như vậy, mỗi một lý thuyết bộ phận mang trong nó một phần nào đó của chân lý khách quan và mỗi lý thuyết tiếp theo, không phủ định mà chỉ là vạch rõ phạm vi ứng dụng hạn chế của nó trong một lĩnh vực đối tượng nhất định mà thôi.

Trong các căn cứ mà N.Bo dựa vào để xây dựng lý thuyết lượng tử của mình, có cái thuộc về quan niệm cổ điển, có cái thuộc về quan niệm hiện đại, nhưng tất cả đều là chân lý với nghĩa chúng đều được thực tiễn chứng minh, tuy chỉ là ở trong một phạm vi và trong những điều kiện nhất định. Sự kết hợp của các quan niệm đó tạo nên một hệ thống (lý thuyết) tất nhiên chỉ có thể phản ánh đúng được một bộ phận của hệ thống vi mô rộng lớn thực sự tồn tại khách quan (mẫu nguyên tử và thuyết lượng tử của N.Bo chỉ phản ánh đúng những hiện tượng ở nguyên tử hydro). Những sự điều chỉnh và bổ sung dần dần các yếu tố trong hệ thống (lý thuyết) bởi nhiều nhà khoa học sẽ làm cho nó phản ánh ngày càng đúng và đầy đủ hơn hệ thống vi mô. Các lý thuyết, định luật phản ánh đúng từng bộ phận trong cả hệ thống, rõ ràng là chân lý khách quan, nhưng là chân lý tương đối. Nhiều chân lý tương đối cộng lại làm cho con người nhận thức thế giới ngày càng rộng, càng sâu, nhưng do tính vô cùng tận của vật chất, quá trình nhận thức không bao giờ có kết thúc, và vì vậy con người chỉ tiến gần hơn chân lý tuyệt đối với một số lượng ngày càng lớn các chân lý tương đối.

Phép biện chứng về mối quan hệ giữa chân lý khách quan, chân lý tương đối và chân lý tuyệt đối cũng chưa được chứng minh đầy đủ, khi chưa giải thích được các mâu thuẫn tồn tại giữa những chân lý tương đối, biểu hiện ở "sự đảo lộn của những quy luật cũ và những nguyên lý cơ

bản" khi vật lý học từ cổ điển chuyển sang hiện đại. Ở đây phải vận dụng quy luật lượng - chất của phép biện chứng để giải thích các biểu hiện bên ngoài là mâu thuẫn khi chuyển từ một hệ thống vật chất này sang hệ thống vật chất khác (vĩ mô sang vi mô), nhưng bên trong vẫn là những bản chất thống nhất. Nhờ đó ở những giá trị ranh giới giữa các "độ", tức là xung quanh các điểm "nút" - trong thực tế các điểm "nút" này đối với nhiều đại lượng vật lý là không có tính xác định - các biểu hiện mâu thuẫn sẽ không còn nữa, và đó chính là một nội dung mà nguyên lý tương ứng đã chỉ ra.

CHƯƠNG VIII

VẤN ĐỀ NHÂN QUẢ TRONG VẬT LÝ HỌC HIỆN ĐẠI

I. CÁC NGUYÊN LÝ NHÂN QUẢ TRONG VẬT LÝ HỌC

Có nhiều cách tiếp cận nghiên cứu vấn đề nhân quả, tùy theo mục đích và nhiệm vụ nghiên cứu. Sau đây sẽ giới thiệu cách tiếp cận được áp dụng trong việc nghiên cứu các mối quan hệ nhân quả ở các hiện tượng vật lý.

Trong lịch sử phát triển của vật lý học đã hình thành hai nguyên lý nhân quả: nguyên lý nhân quả (I), áp dụng phổ biến trong giai đoạn cơ học, và tiếp tục sang giai đoạn sau cơ học ở những trường hợp thích hợp; sau đó là nguyên lý nhân quả (II) được áp dụng cả ở thời kỳ vật lý học hiện đại.

1. Nguyên lý nhân quả (I)

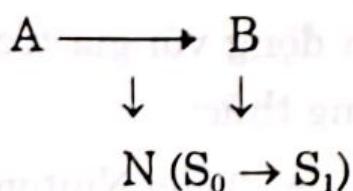
Trong cơ học cổ điển, sự tác động của vật A, được thể hiện ở một lực F , tác động lên một vật B, có khối lượng m , sẽ làm cho vật B chuyển động với gia tốc a . Mối quan hệ này được diễn tả bằng công thức:

$F = ma$, theo định luật 2 của Niuton.

Trong mỗi quan hệ này, F (sự tác động của A lên B) được gọi là nguyên nhân, còn gia tốc a được tạo ra ở vật B - kết quả. Mỗi quan hệ giữa F và a là mỗi quan hệ nhân quả, diễn ra phổ biến trong mọi hiện tượng cơ học, thường được gọi là nguyên lý nhân quả cơ giới.

Mở rộng nguyên lý nhân quả cơ giới sang các hiện tượng vật lý cổ điển khác, nguyên lý nhân quả cơ giới có tên là nguyên lý nhân quả cổ điển, tức nguyên lý nhân quả (I). Ở đây, nguyên nhân vẫn là sự tác động của vật A lên B , có thể không được biểu hiện bằng lực F , mà là một sự tác động khác, chẳng hạn lượng nhiệt A tác động lên một khối nước B (đựng trong một cái ấm). Còn kết quả là một sự thay đổi trạng thái S của B , chẳng hạn từ S_0 đến S_1 (nước trong ấm nóng lên từ nhiệt độ t_0 đến t_1 ; nếu là chuyển động cơ học, thì trạng thái S_0 tương ứng với trạng thái vật B có gia tốc $a = 0$, và S_1 ứng với gia tốc có trị số a).

Mối liên hệ giữa các trị số khác nhau của trạng thái S , được gọi là *mối liên hệ trạng thái S* . Sự biến đổi của trạng thái S chính là kết quả của sự tác động của A lên B , tức là nguyên nhân N . Mối liên hệ giữa nguyên nhân và kết quả, trong trường hợp chung - có kết quả là sự thay đổi trạng thái S - được biểu diễn trong sơ đồ sau:



Nếu gọi sự thay đổi trạng thái là S , thì giữa nguyên nhân N và kết quả S có những mối liên hệ như sau:

a) Mối quan hệ nhân quả N diễn ra giữa 2 sự vật là A và B , còn mối liên hệ trạng thái S diễn ra trong một sự vật là B .

b) Mối liên hệ nhân quả N cho biết nguồn gốc của sự thay đổi trạng thái S , còn mối liên hệ trạng thái mô tả chính sự thay đổi đó.

c) Mối liên hệ nhân quả N là bản chất bên trong của hiện tượng diễn ra giữa A và B , còn mối liên hệ trạng thái S là sự phản ánh bản chất ấy ở bên ngoài. Do đó, tính tất yếu của mối liên hệ nhân quả N cũng được phản ánh ở tính tất yếu của mối liên hệ trạng thái S .

Tính tất yếu của mối liên hệ trạng thái ở trong các hiện tượng cơ học được gọi là quyết định luận cơ giới hay máy móc. Trong ngôn ngữ của vật lý học, người ta còn nói đến quyết định luận Lapolát (chính xác là phương diện nhận thức luận của quyết định luận Lapolát) với nghĩa là về nguyên tắc, có thể tiên đoán chính xác trạng thái tương lai của một hệ cô lập, nếu biết được trạng thái của nó ở một thời điểm bất kỳ và loại lực tác dụng. Trong cơ học, điều đó có nghĩa là, nếu biết được chính xác tọa độ và xung lượng của một chất điểm, ở thời điểm t_0 và lực tác dụng, người ta có thể tiên đoán qua một phương trình toán học, trạng thái của chất điểm ấy ở bất kỳ thời điểm nào trong

tương lai. Và điều đó là biểu hiện của sự hoạt động của nguyên lý nhân quả, với tính xác định, đơn trị của trạng thái tương lai, là một trong các đặc điểm của nguyên lý nhân quả. Vì vậy quyết định luận cơ giới còn có tên là quyết định luận đơn trị.

Ở giai đoạn sau cơ học của vật lý học cổ điển, khi nghiên cứu các hiện tượng điện từ, tuy bản chất rất khác so với các hiện tượng cơ học - một bên đối tượng là sóng, một bên là hạt - nhưng người ta cũng thấy có một sự tương tự: nếu biết được trạng thái S_0 của sóng điện từ ở thời điểm t_0 người ta có thể tiên đoán, qua phương trình diễn tả sóng, trạng thái S_1 ở thời điểm t_1 , sát ngay sau t_0 của sóng. Như vậy, giữa S_0 và S_1 cũng có mối liên hệ trạng thái có tính xác định, đơn trị như trong hiện tượng cơ học. Điều khác là sự tiên đoán ở hiện tượng sóng điện từ chỉ có thể thực hiện được ở một điểm không gian và thời gian sát ngay sau đó, tất nhiên, đối với một điểm ở xa hơn, cả về không gian và thời gian, người ta cũng có thể tiên đoán bằng cách tìm dần dần các trạng thái liên tiếp từ S_0 trở đi. Sở dĩ có sự khác nhau giữa các hiện tượng cơ học và điện từ như vừa nói trên, là do các định luật chi phối sự truyền sóng điện từ là định luật cấu trúc. Nhưng sự giống nhau là ở khả năng tiên đoán có tính xác định, đơn trị và điều đó chứng tỏ ở đây vẫn có sự hoạt động của nguyên lý nhân quả và quyết định luận như trong cơ học, nhưng nay được gọi chung là nguyên lý nhân quả cổ điển tức nguyên lý

nhân quả (I) và quyết định luận cổ điển. Trong các nghiên cứu của vật lý học cổ điển không phải lúc nào cũng xác định được dễ dàng lực F như trong các hiện tượng cơ học, nên thường người ta dùng khái niệm mối liên hệ trạng thái thay vì mối liên hệ nhân quả; sự thay đổi trạng thái chính là kết quả của một nguyên nhân được biểu hiện ở những đại lượng khác nhau.

Cũng như mối liên hệ nhân quả, mối liên hệ trạng thái có tính phổ biến, tất yếu, xác định (đơn trị), là đối tượng nghiên cứu của các nhà khoa học nói chung, dưới sự chỉ đạo của quyết định luận, là tư tưởng cho rằng bất cứ hiện tượng nào trên thế giới cũng đều có nguyên nhân. Nhờ đó, rất nhiều định luật của vật lý học cổ điển đã được phát hiện.

Tuy vậy, nguyên lý nhân quả (I) cũng có những hạn chế, ngay đối với các hiện tượng vật lý cổ điển. Lý do là nguyên lý nhân quả (I) đã phản ánh hiện thực khách quan không đầy đủ, nhiều yếu tố đã được trừu tượng hoá để đơn giản hoá việc nghiên cứu. Tất nhiên việc trừu tượng hoá đã được thực hiện đối với những yếu tố có ảnh hưởng không nhiều, có thể bỏ qua đối với diễn biến chung của hiện tượng. Chẳng hạn, khi một hòn bi bằng thép A tác động lên một hòn bi khác cũng bằng thép B, có khối lượng tương đương, sẽ làm cho B có một gia tốc a . Trong việc tính toán để xác định chuyển động của B, người ta đã bỏ qua các yếu tố sau đây, xuất hiện trong quá trình nói trên:

- Phản lực $-F$ mà B tác động trở lại lên A khi A truyền vào nó một lực F .

- Các sự biến dạng và lượng nhiệt xuất hiện ở cả hòn bi A và hòn bi B. Nói cách khác, các hòn bi đã được giả thuyết là cứng tuyệt đối, và trong trường hợp này, qua sự tương tác giữa A và B, người ta chỉ thấy có sự truyền vận động, một hiện tượng rất phù hợp với quan điểm siêu hình tách rời vật chất với vận động.

Trong vật lý học cổ điển, đã có nhiều hiện tượng mà người ta không thể áp dụng nguyên lý nhân quả (I). Chẳng hạn, 2 hòn đá va vào nhau, cả hai hòn đều bị vỡ ra nhiều mảnh. Hai phân tử va vào nhau thì cả hai đều bật trở lại, có thể theo những phương khác nhau, v.v...

Trong các hiện tượng vật chất diễn ra trong cuộc sống hàng ngày, người ta cũng thường vận dụng quan niệm nhân quả cổ điển để phân tích, nhận định mà cũng không "sai", với nghĩa là các kết luận rút ra có thể giúp họ hoạt động đạt được mục đích mong muốn. Chẳng hạn, một ngọn gió thổi mạnh vào túp lều (tác động một lực F), làm cho túp lều đổ. Người ta nhận định: gió thổi mạnh là nguyên nhân, túp lều đổ là kết quả. Ở đây việc phân tích xem túp lều đã có phản lực $-F$ như thế nào, và ngọn gió sau khi tác động lên túp lều bị yếu đi bao nhiêu là không cần thiết.

2. Nguyên lý nhân quả (II)

Nguyên lý nhân quả (I) vẫn có vai trò trong suốt thời kỳ vật lý học cổ điển, đối với những hiện tượng có các tính chất phù hợp. Nhưng các hiện tượng vật lý giai đoạn sau cơ học ngày càng có những đặc điểm khác xa các hiện tượng cơ học, không còn phù hợp với những sự trừu tượng hoá như đã được thực hiện ở nguyên lý nhân quả (I), đòi hỏi phải áp dụng nguyên lý nhân quả (II), là trường hợp tổng quát hơn nguyên lý nhân quả (I).

Gọi A và B là các đối tượng (có thể là các mặt, các bộ phận, các khuynh hướng thuộc một sự vật, hay ở các sự vật khác nhau) tác động lẫn nhau, thuộc hệ thống (A, B). Trạng thái của hệ thống (A, B) đúng lúc bắt đầu sự tác động lẫn nhau là $S_{(A, B)}$ và sau khi xảy ra sự tác động lẫn nhau là $S_{(A, B)'}$. Gọi sự tác động lẫn nhau giữa A và B là $N_{(A \leftrightarrow B)}$, tức là nguyên nhân. Chúng ta có sơ đồ biểu diễn mối liên hệ nhân quả trong trường hợp tổng quát như sau:

$$N_{(A \leftrightarrow B)} \Rightarrow S_{(A, B)} \rightarrow S_{(A, B)'}$$

(Nguyên nhân N tức là sự tác động lẫn nhau giữa A và B làm cho trạng thái $S_{(A, B)}$ của hệ thống (A, B) chuyển sang trạng thái $S_{(A, B)'}$)

Nguyên lý nhân quả (II) có mấy đặc điểm chính sau đây:

a) Các đối tượng tham gia nguyên nhân (A và B) có những tính chất rất khác nhau nên ở đây không thể xây dựng một mô hình chung cho mọi mối liên hệ nhân quả.

b) Kết quả ở đây là sự thay đổi trạng thái của cả hệ thống, bao gồm những sự thay đổi đáng kể ở cả A và B, cả về chất và lượng gắn liền với sự truyền và chuyển hoá hình thức vận động, chuyển hoá thực thể của các đối tượng tham gia nguyên nhân (tức A và B, sau này nói gọn là các yếu tố nguyên nhân).

Từ các đặc điểm nói trên, người ta nhận thấy điểm chung nhất của nguyên lý nhân quả (II) cũng là nguyên lý nhân quả phổ biến đối với mọi hiện tượng trên thế giới: *nguyên nhân của mọi sự biến hoá là sự tác động lẫn nhau*. Nói cách khác, nguyên nhân là sự tác động lẫn nhau, kết quả là các sự biến hoá diễn ra ở các yếu tố nguyên nhân. Muốn nghiên cứu tính quy luật của các biến hoá ở trong tự nhiên, phải tìm ở nguyên nhân, cụ thể là ở: - Tính chất, đặc điểm của các yếu tố nguyên nhân.

- Động lực gây ra sự tác động lẫn nhau.

- Điều kiện, tính chất, cơ chế của sự tác động lẫn nhau.

Mỗi ngành khoa học, tùy theo đặc điểm của đối tượng nghiên cứu của mình, phải xác định rõ các vấn đề nói trên.

Tuy các mối liên hệ nhân quả trong trường hợp chung là rất phức tạp, nhưng người ta vẫn nhận thấy có mấy tính chất chung sau đây:

- Tính tất yếu, có nghĩa là nếu nguyên nhân (các yếu tố nguyên nhân và các điều kiện của sự tác động lẫn nhau) là như nhau, thì kết quả cũng như nhau.

- Cách xuất hiện kết quả là có tính xác định, đơn trị, nếu các yếu tố của nguyên nhân là đối tượng nghiên cứu của vật lý học cổ điển (thuộc thế giới vĩ mô). Nói một cách khác, trong trường hợp chung, khi nguyên lý nhân quả (II) phản ánh đầy đủ hơn quá trình biến hoá trong thế giới khách quan, mối liên hệ trạng thái trở nên rất phức tạp, thì quyết định luận cổ điển vẫn có giá trị. Sau này, khi nói đến nguyên lý nhân quả (II) trong thế giới vi mô, chúng ta thấy cách xuất hiện kết quả sẽ khác và quyết định luận cổ điển cũng phải thay đổi hình thức.

II. ĐIỀU KIỆN CỦA NGUYÊN NHÂN - SỰ XÂM NHẬP CỦA NGẪU NHIÊN VÀO MỐI LIÊN HỆ NHÂN QUẢ

1. Điều kiện của nguyên nhân

Khi hai yếu tố nguyên nhân tác động vào nhau $N_{(A \leftrightarrow B)}$ tạo ra kết quả là sự thay đổi trạng thái của hệ thống từ $S_{(A,B)}$ sang $S_{(A,B)}$, thì nguyên nhân được gọi là tác động hay hiện thực. Nhưng khi hai yếu tố nguyên nhân đã có những lực tạo cho chúng khả năng tác động lẫn nhau, nhưng do cản trở nào đó, chúng chưa tác động được lẫn nhau, thì chưa có biến hoá nào xảy ra cả, tức là chưa có kết quả. Lúc này, người ta nói nguyên nhân là khả năng, ký hiệu là $N_{(A-B)}$. Muốn cho nguyên nhân khả năng trở thành nguyên nhân

hiện thực, cần thiết phải có một yếu tố vật chất K để loại trừ cản trở, yếu tố đó được gọi là *điều kiện của nguyên nhân*.

Trong thực tế, ở mỗi sự vật, hoặc giữa các sự vật thường tồn tại nhiều nguyên nhân khả năng, nhưng vì thiếu những điều kiện của nguyên nhân - sau này chỉ nói là điều kiện - nên chưa có biến hoá nào xảy ra, do nguyên nhân khả năng không biến thành hiện thực.

Thí dụ: Có một sợi dây móc ở trần nhà, phía dưới buộc một quả dọi A. Gọi quả đất là B, như vậy A và B tạo thành một hệ thống (A,B), giữa chúng tồn tại một nguyên nhân khả năng, do lực hấp dẫn luôn luôn có xu hướng làm cho A và B tác động lẫn nhau (trong thực tế là A rơi xuống đất). Nhưng sự tác động lẫn nhau không xảy ra được là vì có sợi dây cản trở. Nếu lấy dao cắt sợi dây, loại bỏ sự cản trở, thì nguyên nhân khả năng trở thành hiện thực: quả dọi rơi xuống đất và gây ra những sự biến hoá nhất định, tùy hoàn cảnh cụ thể (chẳng hạn nếu quả dọi treo khá cao và bằng chì, nền đất lún xi măng cứng thì kết quả quả dọi bị biến dạng, nền xi măng có xây xát một ít và gần liền là các quá trình nhiệt, tuy có thể không nhận thấy rõ rệt). Trong trường hợp này, việc cắt sợi dây là điều kiện K của nguyên nhân làm cho $N_{(A-B)}$ trở thành $N_{(A \leftrightarrow B)}$.

Chúng ta lưu ý rằng bản thân điều kiện của nguyên nhân lại chính là kết quả của chuỗi nguyên nhân khác.

Sự tác động lẫn nhau giữa các yếu tố nguyên nhân A, B và vai trò của điều kiện, K trong thí dụ nói trên là có tính tất yếu và cách xuất hiện kết quả cũng có tính xác định, có thể tiên đoán trước. Chúng ta có thể lặp đi lặp lại thí nghiệm bao nhiêu lần, nếu các yếu tố nguyên nhân và điều kiện giống nhau thì kết quả cũng giống nhau.

2. Sự xâm nhập của ngẫu nhiên vào mối liên hệ nhân quả

Trong cuộc sống hàng ngày, chúng ta thường thấy những hiện tượng ngẫu nhiên, xảy ra mà không thể nào tiên đoán trước được. Một người đi đường trong lúc có gió to, bị một cành cây gãy, rơi xuống đầu nên bị thương. Cành cây nặng, rơi xuống đập vào đầu, gây thương tích: đó là kết quả của một nguyên nhân, có tính tất yếu, có nghĩa là hiện tượng ấy xảy ra bất cứ lúc nào và nạn nhân là ai thì kết quả cũng là như nhau. Nhưng điều ngẫu nhiên là vì sao cành cây lại gãy và rơi đúng đầu người ấy mà không phải là người khác.

Phân tích hiện tượng này, chúng ta thấy:

- Mọi người đi đường, dưới các cành cây đều tạo thành với các cành cây những nguyên nhân khả năng, nghĩa là có khả năng cành cây rơi xuống đầu. Nhưng khả năng ấy không thành hiện thực là vì các cành cây có độ cứng vững, cản trở sự rơi của nó. Luồng gió mạnh làm một cành cây nào đó gãy, chính là điều kiện của nguyên nhân, làm cho nó từ khả năng trở thành hiện thực.

- Bản thân luồng gió mạnh là điều kiện của nguyên nhân làm cành cây gãy, bản thân nó lại là kết quả của một chuỗi nhân quả khác mà không ai có thể nhận thức được, vì nó phụ thuộc quá nhiều yếu tố (về khí tượng thủy văn, về địa hình, v.v...), có thể nói về lý thuyết là vô cùng.

Người ta nói: mỗi liên hệ nhân quả bao giờ cũng có tính tất yếu, có nghĩa là:

- Có nguyên nhân tác động thì tất yếu có kết quả.

- Nếu nguyên nhân và điều kiện giống nhau thì kết quả tất yếu giống nhau.

Nhưng về *cách xuất hiện kết quả* thì có hai trường hợp.

- Kết quả xuất hiện một cách xác định, có thể tiên đoán trước.

- Kết quả xuất hiện một cách ngẫu nhiên, không thể tiên đoán trước.

Trong trường hợp thứ nhất, người ta khống chế, làm chủ được điều kiện của nguyên nhân, còn trong trường hợp thứ hai thì ngược lại. Như vậy, ngẫu nhiên xâm nhập vào các mối liên hệ nhân quả là do con người không khống chế, làm chủ được đối với các điều kiện của nguyên nhân.

3. Quy luật số lớn, tính tất yếu với các kết quả của số lớn

Do Tự nhiên, xét toàn bộ là vận động có quy luật, nên tuy ở từng bộ phận, từng cá thể có những hiện tượng ngẫu

nhiên, nhưng ở một số lớn các hiện tượng cùng loại, lại xuất hiện tính tất yếu, tuy tính tất yếu ở đây không hoàn toàn xác định như trong các hiện tượng tất yếu cá thể. Một gia đình sinh bao nhiêu con trai, bao nhiêu con gái, là hiện tượng ngẫu nhiên; nhưng xét trong một cộng đồng hàng vạn gia đình thì tỷ lệ con trai, con gái bao giờ cũng xấp xỉ trên dưới 50%. Ở đây có sự chi phối của cái toàn bộ đối với các cá thể, cũng tức là giữa các cá thể có những mối liên hệ mà người ta chưa nhận thức được. Đặc điểm vừa nói trên làm cho người ta chỉ có thể tiên đoán sự xuất hiện kết quả, trong trường hợp có ngẫu nhiên xâm nhập vào mối liên hệ nhân quả, *một cách xác suất* đối với từng cá thể của tập hợp; đối với cả tập hợp thì sự tiên đoán có tính xác định.

Như vậy, nguyên lý nhân quả (II) có giá trị phổ biến, hoạt động trong bất kỳ trường hợp nào, chỉ cần lưu ý là khi có ngẫu nhiên xâm nhập, cách xuất hiện của kết quả mang tính xác suất đối với cá thể, nhưng là tất yếu, xác định đối với số lớn. Để phản ánh đặc điểm ấy, quyết định luận trong trường hợp này được gọi là quyết định luận thống kê.

Trong vật lý học cổ điển và vật lý học hiện đại đều có vấn đề thống kê. Nhưng do đặc điểm của các vi hạt, thống kê cổ điển và thống kê lượng tử cũng có điểm khác nhau.

III. VỀ TÍNH CHẤT THỐNG KÊ CỦA CHLT

Trong chương IV chúng ta đã biết CHLT là một lý thuyết thống kê, vì ở đó người ta chỉ có thể tiên đoán một

cách xác suất về diễn biến của các vi hạt. Tình hình đó đã đưa đến những cuộc tranh luận kéo dài và không kết thúc về nguồn gốc của tính thống kê đó. Các quan điểm khác nhau được thể hiện xung quanh việc giải thích có hay không, sự hoạt động của nguyên lý nhân quả trong xử sự của electron trong thí nghiệm nhiễu xạ. Một electron đi qua một lỗ nhỏ ở một màn chắn, sau đó rơi xuống một màn phát hiện (có lắp một tấm kính ảnh chẳng hạn). Hiện tượng xảy ra như sau:

- Mặc dù người ta sử dụng những thiết trí kỹ thuật rất tinh vi để xác định chính xác trạng thái ban đầu của electron (lúc đi qua lỗ ở màn chắn), thì cũng không có cách gì để tiên đoán chính xác điểm rơi của electron trên màn phát hiện; chỉ có thể tiên đoán một cách xác suất dựa trên lý thuyết cơ - lượng tử. Hiện tượng này là khác hẳn so với cơ - cổ điển (có thể tiên đoán chính xác điểm rơi của hạt, theo quyết định luận cổ điển).

- Nếu cho rất nhiều electron đi qua lỗ, lần lượt hay cùng một lúc, thì các electron rơi xuống màn phát hiện một cách xác định, tạo thành các vân nhiễu xạ (vòng trắng, vòng đen đồng tâm ở trên kính ảnh).

Sau đây là cách giải thích của các trường phái khác nhau:

- *Những người siêu hình*: Phủ nhận sự hoạt động của nguyên lý nhân quả trong thế giới vi mô. Có hai cách giải thích tương đương nhau, nhưng một bên dựa trên hiện tượng nhiễu xạ, một bên dựa trên hệ thức bất định.

- Dựa trên thí nghiệm nhiễu xạ: Người ta coi các electron cũng như là những hạt cổ điển, nên khi thấy các electron không vận động tuân theo quyết định luận cổ điển, họ kết luận là không có sự hoạt động của nguyên lý nhân quả, và nói rằng electron có "tự do ý chí". Điều đó cũng có nghĩa là trong thế giới vi mô, không có quyết định luận mà là vô định luận.

- Dựa trên hệ thức bất định: chính Haidenbe, một trong những người sáng lập ra CHLT đã dựa trên hệ thức bất định, để phủ nhận sự hoạt động của nguyên lý nhân quả trong thế giới vi mô. Ông đã lập luận như sau:

Tiên đề lớn: Nếu biết được trạng thái của một hệ thống vật lý nào đó tại một thời điểm cho sẵn, thì chúng ta sẽ biết được trạng thái của hệ thống tương lai ở thời điểm bất kỳ.

Tiên đề bé: Chúng ta không thể đồng thời xác định được chính xác tọa độ và xung lượng của các hạt vi mô, thành thử không biết được trạng thái ban đầu của nó.

Kết luận: Định luật nhân quả không thể ứng dụng vào vận động của hạt vi mô.

Sai lầm của những người siêu hình là ở chỗ:

- Coi các hạt vi mô cũng giống như cổ điển, không thấy sự khác nhau về chất giữa thế giới vi mô và vĩ mô nên đã đem quyết định luận cổ điển áp dụng vào sự vận động của các electron.

- Không xem xét toàn bộ quá trình vận động của electron từ khi qua lỗ ở màn chắn đến khi rơi xuống màn hứng nhìn thấy được (gián tiếp), của từng cá thể và của cả tập thể. Quá trình đó bao gồm một chuỗi các mối liên hệ nhân quả kế tiếp nhau, chứ không phải chỉ có một mối liên hệ nhân quả.

- *Phái thực chứng*: Những người thực chứng do quan điểm duy tâm, đã phủ nhận tính khách quan của các mối liên hệ nhân quả không chỉ trong vật lý học hiện đại mà cả trong vật lý học cổ điển. Để giải thích nguồn gốc của tính thống kê trong CHLT, họ cho là do đặc điểm của quá trình tương tác giữa các vi hạt với dụng cụ vĩ mô, mà quá trình này về nguyên tắc là không thể kiểm tra được. Gắn liền với sự thừa nhận tính không thể kiểm tra của các quá trình đo lường, là quan niệm cho rằng các quy luật thống kê của CHLT là có tính vô định (do không thể có cách nào để tiên đoán được chính xác diễn biến của electron), có nghĩa là vi hạt có một sự tự do lựa chọn bẩm sinh, và như vậy không có sự hoạt động của nguyên lý nhân quả, như đối với các hạt vĩ mô.

- *Cách giải thích dựa trên các "tham số ẩn"*

Những người ủng hộ cách giải thích này đứng trên quan điểm duy vật, cho rằng nguyên nhân thâm nhập của thống kê vào CHLT cũng giống như trong vật lý học cổ điển là do:

a) Sự tồn tại của một sự phân phối thống kê trong trạng thái ban đầu của tập hợp các hạt, và mỗi một hạt của tập hợp đó đều tuân theo những định luật chuyển động động lực chặt chẽ.

b) Sự tồn tại của một loạt tương tác về bản chất có tính chất động lực, tác động lên chuyển động của từng đối tượng riêng lẻ.

Căn cứ trên các quan niệm này, người ta coi thống kê là cái cố hữu của chính các trạng thái ban đầu các vi hạt trong thí nghiệm nhiễu xạ. Khi tương tác với màn có lỗ, các hạt vi mô thay đổi trạng thái như thế nào để trong kết quả của thí nghiệm, tính chất thống kê mới trở nên rõ rệt. Điều đó có nghĩa là tính thống kê trong trạng thái ban đầu của các vi hạt được chuyển sang trạng thái cuối, thông qua các thống kê trong các tham số xác định các thuộc tính sóng, nên cuối cùng thể hiện ở sự rơi ngẫu nhiên của các hạt ở màn phát hiện. Như vậy, sự xuất hiện của bức tranh nhiễu xạ trong CHLT là do các hạt vi mô có những thuộc tính sóng đặc biệt, hàm chứa một sự phân phối thống kê trong những tham số xác định các thuộc tính ấy. Nhưng các tham số ấy là gì, người ta chưa biết được nên gọi là "tham số ẩn". Để tìm các "tham số ẩn". Bôm đề nghị xem xét cấu tạo vật chất ở một mức sâu hơn mức CHLT, mức dưới - CHLT. Theo ông, có thể tính thống kê của CHLT là do những chuyển động của những thực thể ở mức ấy gây ra, tương tự như sự chuyển động hỗn loạn của các hạt

phân hoa trong chuyển động Braonơ, mà người ta không thể giải thích được. Để giải thích chuyển động hỗn loạn đó, người ta phải tìm nguồn gốc ở các thực thể thuộc một cấu tạo vật chất thấp hơn là các phân tử.

Nói chung cách giải thích theo "tham số ẩn" chưa được nhiều người ủng hộ, cả phía duy tâm (phái thực chứng) cũng như duy vật, bởi vì thực sự đó chưa phải là một sự giải thích, mà là một phương hướng để đi tìm sự giải thích, dựa trên quan niệm cấu tạo vật chất không chỉ dừng lại ở mức CHLT, mà có thể còn có mức sâu hơn; ở mức đó tính thống kê của CHLT có thể sẽ được giải thích bằng tính động lực, xác định của sự vận động của vật chất.

- Cách giải thích dựa trên quan điểm duy vật biện chứng

Trong mục II ở trên đã nói rằng nguyên lý nhân quả có tính *phổ biến, tất yếu* và về cách xuất hiện của kết quả, có thể là xác định (đơn trị) hay có tính xác suất. Người ta nói đó là tính *nhiều vẻ*. Với các tính chất đó, nguyên lý nhân quả hoạt động cả trong thế giới vi mô.

Để giải thích tính thống kê của CHLT, cần phải phân tích các mối liên hệ nhân quả trong chuỗi nhân quả từ sau khi electron qua lỗ ở màn chắn đến khi rơi xuống màn phát hiện, mà người ta nhận biết được là nhờ một chuỗi nhân quả, đưa đến một kết quả vĩ mô, nhìn thấy được.

+ Mối liên hệ nhân quả thứ nhất: electron tác động lên màn chắn có lỗ là nguyên nhân; kết quả là electron chuyển

sang trạng thái sóng (được biểu diễn bởi hàm sóng theo phương trình Srodinger, trong đó hạt tồn tại dưới dạng tiềm năng, không có tính xác định về vị trí).

+ Mối liên hệ nhân quả thứ hai: đầu sóng của electron tác động với một số lượng rất lớn các vi hạt trong kính ảnh của màn phát hiện. Hạt tiềm năng trong sóng electron qua đó tương tác với vô số vi hạt trong màn phát hiện, các vi hạt này luôn luôn ở trong tình trạng chuyển động hỗn loạn, tạo ra vô số nguyên nhân khả năng. Trong các nguyên nhân khả năng này, cái nào có điều kiện thích hợp, mới chuyển thành nguyên nhân hiện thực, gây ra kết quả là sự thay đổi về mặt vật lý và hoá học của vi hạt trên kính ảnh, từ đó gây ra một phản ứng hoá học dây chuyền lan ra một số cực lớn các nguyên tử, nhờ đó mà người quan sát nhận thấy được vị trí rơi của electron (từ trạng thái tiềm năng không thể xác định, trở thành hiện thực ở vị trí nhất định, nhưng không thể tiên đoán được).

Nhưng khi có sự ra đời của rất nhiều electron lên kính ảnh, theo cơ chế nói trên, thì quy luật số lớn sẽ phát huy tác dụng để làm cho các điểm rơi được sắp xếp theo một trật tự xác định, tạo thành vân nhiễu xạ.

Tóm lại, tính thống kê của CHLT là do sự phân phối có tính xác suất trong hàm sóng, xuất hiện sau mối liên hệ nhân quả thứ nhất, cộng với sự chi phối của điều kiện của nguyên nhân, khi đầu sóng tiếp xúc với các vi hạt của màn phát hiện.

IV. CÁC BIẾN HOÁ TRONG CÁC HẠT CƠ BẢN

Mặc dù các biến hoá trong các hạt cơ bản là rất phong phú, đa dạng, nhưng tất cả vẫn tuân theo nguyên lý nhân quả. Tuy vậy, do tính phức tạp, nhiều vẻ của các mối liên hệ nhân quả, nên trước hết cần nói rõ thêm một số quan niệm và khái niệm, được rút ra từ các quy luật của phép biện chứng, trực tiếp là các quy luật mâu thuẫn và quy luật lượng - chất.

1. Các trạng thái tồn tại và vận động của các vi hạt

Trong thế giới vi mô, người ta phân biệt ba trạng thái tồn tại và vận động của các vi hạt.

a) Trạng thái ổn định lâu dài: giả thiết là vi hạt hoàn toàn cô lập với xung quanh, bên trong vi hạt tạm thời có sự thống nhất nên vì thế tiếp tục tồn tại ở một trạng thái ổn định lâu dài, trong đó năng lượng toàn bộ E (lượng vật chất) và các cấu trúc đều không thay đổi.

b) Trạng thái vận động do mâu thuẫn bên trong: vi hạt vẫn được giả thiết là hoàn toàn cô lập, nhưng do lịch sử phát triển của bản thân để lại, trong vi hạt hình thành mâu thuẫn, mâu thuẫn này phát triển đến khi xuất hiện sự tác động lẫn nhau, làm cho vi hạt đi vào vận động, phá vỡ cấu trúc vốn có, đồng thời hình thành những cấu trúc mới. Quá trình vận động diễn ra theo hướng giải quyết mâu thuẫn đã phát sinh, bằng cách tạo ra những vi hạt

mới, ở trạng thái ổn định (trường hợp của các hạt cơ bản không bền, các nguyên tố phóng xạ). Đây là trường hợp nguyên nhân bên trong.

c) Trạng thái vận động do mâu thuẫn bên ngoài: trong vi hạt giả thiết không có mâu thuẫn, nhưng do tác động với một vi hạt khác (hoặc là môi trường xung quanh) nên xuất hiện mâu thuẫn bên ngoài, làm cho ở cả hai vi hạt đều có sự sắp xếp lại cấu trúc, nhằm giải quyết mâu thuẫn đã phát sinh. Đây là trường hợp nguyên nhân bên ngoài.

2. Phân loại nguyên nhân và kết quả vi mô

Trong thế giới vi mô, nguyên nhân và kết quả có những hình thức biểu hiện khác so với thế giới vĩ mô, nên cần có một số khái niệm để phản ánh các loại nguyên nhân và kết quả đó.

Phân loại nguyên nhân

Trước đây chúng ta đã biết có nguyên nhân khả năng và nguyên nhân hiện thực (tác động). Để nghiên cứu cụ thể hơn các quá trình biến hoá vi mô, người ta phân biệt nguyên nhân khả năng trừu tượng và nguyên nhân khả năng cụ thể. Nguyên nhân khả năng trừu tượng là nguyên nhân khả năng phụ thuộc nhiều điều kiện ràng buộc nên còn phải có nhiều yếu tố tháo gỡ, mới có thể trở thành hiện thực. Nguyên nhân khả năng cụ thể là nguyên nhân khả năng, đã có đủ điều kiện để trở thành hiện thực.

Phân loại kết quả

Có hai loại kết quả:

- Kết quả chỉ bao gồm những thay đổi về cấu trúc biểu hiện của vi hạt, cụ thể là sự biến đổi về tính sóng và hạt; sự biến đổi này không ảnh hưởng đến "chất" của vi hạt (Như electron có thể biểu hiện tính sóng hay hạt với những mức độ khác nhau, nhưng khối lượng, điện tích, spin của nó vẫn không đổi).

- Kết quả là những vi hạt mới, có "chất" riêng và năng lượng E tương ứng. Trong các mối liên hệ nhân quả vi mô, quy luật bảo toàn năng lượng - khối lượng giữa các vi hạt - nguyên nhân và các vi hạt - kết quả chỉ phối một cách tuyệt đối. Ngoài ra còn các quy luật bảo toàn khác, có thể là tuyệt đối hay tương đối (chương V).

Các cấp và bậc nhân quả

Sau khi xuất hiện, một hay một số kết quả bộ phận là những vi hạt mới, do có mâu thuẫn bên trong, lại trở thành nguyên nhân, được gọi là nguyên nhân thứ cấp; kết quả do nguyên nhân thứ cấp sinh ra được gọi là kết quả thứ cấp.

Trong các kết quả thứ cấp, lại có thể có kết quả bộ phận trở thành nguyên nhân và kết quả thứ cấp, người ta dùng "bậc" để phân biệt: nguyên nhân, kết quả thứ cấp, bậc 1, hoặc bậc 2, bậc 3 v.v... Nguyên nhân và kết quả của mối liên hệ nhân quả đầu tiên, từ đó người ta bắt đầu việc nghiên cứu, được gọi là nguyên nhân và kết quả sơ cấp.

3. Các sơ đồ biểu diễn các mối liên hệ nhân quả vi mô

Do đặc điểm của các mối liên hệ nhân quả vi mô, người ta đã sử dụng các sơ đồ sau đây để diễn tả các mối quan hệ đó:

TH1: Hai vi hạt tác động lẫn nhau

A và A' là hai vi hạt tác động lẫn nhau, sinh ra kết quả là B, bao gồm các kết quả bộ phận - có thể là hạt, là bức xạ - ký hiệu là $b_1, b_2...$

$$A \leftrightarrow A' \rightarrow B (b_1 + b_2 + \dots)$$

TH2: Một vi hạt tự phân rã

Một vi hạt A, do sự tác động lẫn nhau giữa các mặt đối lập bên trong a và a', đưa đến kết quả là nó tự phân rã thành kết quả B với các kết quả bộ phận $b_1, b_2...$

$$(a \leftrightarrow a')A \rightarrow B (b_1 + b_2 + \dots)$$

hoặc đơn giản hơn:

$$A \rightarrow B (b_1 + b_2 + \dots)$$

TH3: Các quá trình có nguyên nhân, kết quả thứ cấp

$$(A \leftrightarrow A') \rightarrow B (b_1 + b_2 + \dots)$$

↓

$$C (c_1 + c_2 + \dots)$$

↓

$$D (d_1 + d_2 + \dots)$$

b_2 : kết quả bộ phận sơ cấp, sau khi được sinh ra, tự phân rã sinh ra kết quả thứ cấp bậc 1, $C (c_1 + c_2 \dots)$. Trong các kết quả bộ phận này, có thể có vi hạt, chẳng hạn c_1 lại tự phân rã sinh ra $D (d_1 + d_2 + \dots)$ là kết quả thứ cấp bậc 2... còn c_1 lúc đó lại là nguyên nhân thứ cấp bậc 1.

Cũng có trường hợp, các kết quả bộ phận không tự phân rã, mà sau khi sinh ra lại tương tác với một đối tượng trong môi trường và tạo thành nguyên nhân bên ngoài, sinh ra những kết quả bộ phận, không nằm trong chuỗi nhân quả với nguyên nhân là nguyên nhân sơ cấp.

$$A \rightarrow B(b_1 + b_2 + \dots)$$

$\updownarrow$

$$M \rightarrow N(n_1 + n_2 + \dots)$$

V. CƠ CHẾ CỦA MỘT SỐ QUÁ TRÌNH BIẾN HOÁ NHÂN QUẢ VI MÔ

1. Cơ chế chung

Mọi quá trình biến hoá nhân quả vi mô đều chịu sự chi phối của quy luật lượng - chất, với "lượng" là năng lượng toàn bộ E và "chất" là cấu trúc của vi thể (có thể là hạt hay bức xạ).

Khi "lượng" còn ở trong phạm vi "độ" (cũng tức là "lượng" có thể thay đổi trong phạm vi "độ") thì "chất" chưa thay đổi, tức là vi thể vẫn ở trạng thái ổn định, không có biến hoá nào xảy ra. Khi "lượng" vượt quá "độ", mới xảy ra biến hoá của vi

thể, theo hướng là tạo ra những vi thể mới, sao cho ở từng vi thể có sự thống nhất lượng - chất nhờ đó mà có sự ổn định ở các vi thể này. Đây là mâu thuẫn và thống nhất giữa nội dung (năng lượng E) và hình thức (cấu trúc) của vi thể.

Tuy các biến hoá nhân quả vi mô diễn ra rất đa dạng, nhưng chung quy đều thuộc vào các trường hợp sau đây.

2. Các trường hợp biến hoá nhân quả vi mô

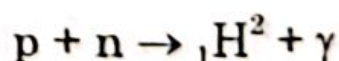
TH1: Hai vi hạt tiếp xúc với nhau

Trước khi tiếp xúc, mỗi vi hạt là ổn định, nghĩa là trong mỗi hạt có sự thống nhất năng lượng - cấu trúc.

Sau khi tiếp xúc, hai hạt tạo thành một hệ có năng lượng bằng năng lượng tổng cộng còn cấu trúc là hệ hai cấu trúc ghép lại, tạo ra mâu thuẫn nội dung - hình thức, đòi hỏi phải có sự sắp xếp lại, tạo ra những vi thể mới.

Nguyên nhân trong trường hợp này được gọi là nguyên nhân vật lý, sự tương tác lẫn nhau ở đây biểu hiện ở sự tiếp xúc.

Thí dụ: Một proton và một neutron tiếp xúc với nhau sẽ sinh ra một đơtêron ${}_1\text{H}^2$, đồng thời phát ra một tia γ 2,23 Mev.



Hoặc một proton bắt một electron, tạo thành một nguyên tử hydro và toả ra một năng lượng 13,6ev dưới dạng động năng của chính nguyên tử vừa mới sinh ra.

TH2: Hai vi hạt va chạm vào nhau và gây ra kết quả. Nguyên nhân lúc này được gọi là nguyên nhân cơ học.

Trường hợp này lại được chia ra hai trường hợp bộ phận:

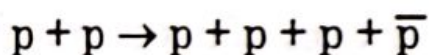
a) Kết quả chỉ là những thay đổi về cấu trúc biểu hiện của vi thể, không có thay đổi về chất.

Thí dụ: sự tương tác của những proton có năng lượng rất lớn từ 10 đến 400 GeV lên một tia Hydro khí (hạt nhân là proton) chỉ làm cho kích thước các hạt proton tăng lên nhiều hay ít tùy theo năng lượng của hạt tương tác, mà không làm thay đổi cấu trúc bên trong.

Sự tương tác của electron với các màn chắn có lỗ, sau đó tính sóng của nó trội lên, cũng thuộc trường hợp bộ phận này.

b) Kết quả là những hạt mới.

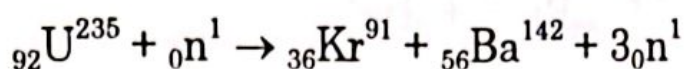
Thí dụ: Dùng các proton có động năng 6 GeV bắn phá các hạt nhân Hydro (tức là các proton), người ta được kết quả là những proton và phản proton:



Trong trường hợp này động năng 6 GeV của các hạt proton đạn đã được chuyển hoá thành khối lượng nghỉ của các cặp proton và phản proton được sinh ra.

TH3: Chuỗi nhân quả trong đó có sự kế tiếp hai loại nguyên nhân cơ học và vật lý

Thí dụ: Sự phân rã của U^{235} khi tương tác với một neutron chậm:



Đây là sơ đồ mô tả kết quả tổng hợp, trong thực tế, đó là kết quả của 3 mối quan hệ nhân quả kế tiếp nhau.

- Mối quan hệ thứ nhất (nhân quả cơ giới): neutron chậm (động năng bé) tác động lên ${}_{92}U^{235}$, kết quả là nó làm thay đổi động lượng của hạt nhân này, và tạo ra sự tiếp xúc với nó, tạo ra nguyên nhân vật lý của mối quan hệ nhân quả tiếp theo.

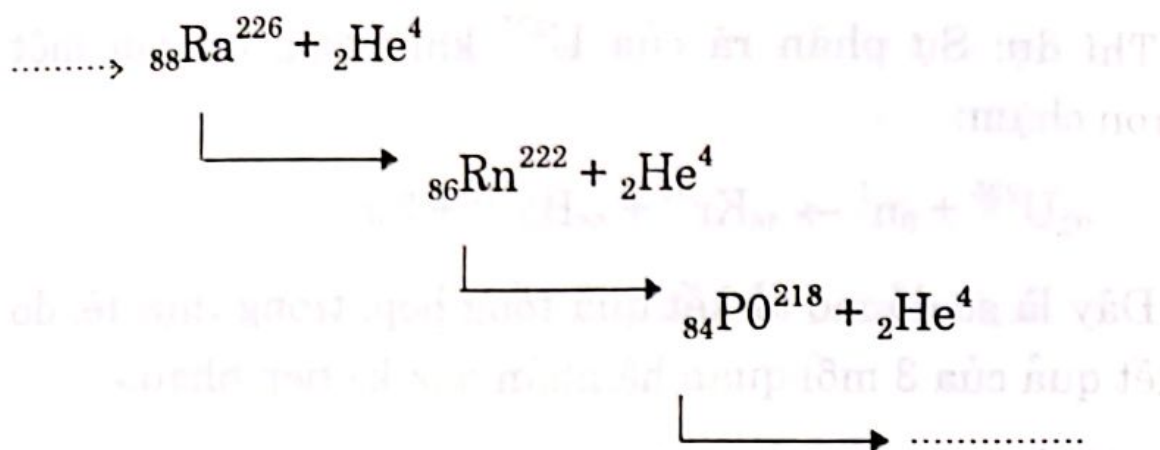
- Mối quan hệ thứ hai (nhân quả vật lý): do sự tiếp xúc, neutron nhập vào uraniom tạo thành hạt nhân ${}_{92}U^{236}$ và một năng lượng là 6,6 Mev được sinh ra.

- Mối quan hệ thứ ba (nhân quả vật lý): năng lượng 6,6 Mev tác động lên ${}_{92}U^{236}$ sinh ra kết quả gồm 3 bộ phận là Kr, Ba và 3 neutron.

TH4: Sự tự phân rã của các hạt.

Người ta biết trong tự nhiên có 4 dãy phóng xạ, bắt đầu từ 4 nguyên tố là ${}_{92}U^{238}$, ${}_{90}Th^{232}$, ${}_{92}U^{235}$ và ${}_{90}Np^{241}$, với sản phẩm kết thúc theo thứ tự là ${}_{82}Pb^{206}$, ${}_{82}Pb^{208}$, ${}_{82}Pb^{207}$, ${}_{83}Bi^{209}$.

Ở mỗi nguyên tố nói trên, từ nguyên tố đầu đến nguyên tố kết thúc, là một chuỗi biến hoá nhân quả, với nguyên nhân bên trong. Chẳng hạn, sau đây là một số mối quan hệ trong chuỗi biến hoá của ${}_{92}U^{238}$.



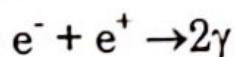
Các nguyên tố Ra, Rn, Po... sau khi xuất hiện, tồn tại ổn định một thời gian dài, ngắn khác nhau (chẳng hạn chu kỳ bán rã của Ra là 1590 năm, của Rn chỉ là 3,82 ngày..) sau đó lại tự phân rã thành những nguyên tố khác.

Cơ chế vận hành của các nguyên nhân bên trong khá phức tạp, phụ thuộc nhiều yếu tố, nhưng nguồn gốc là ở hệ thức bất định.

TH5: Sự huỷ cặp và sinh cặp

Đây là những quá trình biến hoá nhân quả đặc biệt và phức tạp: các yếu tố nguyên nhân và kết quả có tính chất hoàn toàn khác nhau, từ cấu trúc "chất" biến thành "trường" và ngược lại.

Quá trình huỷ cặp: một electron e^- và một positron e^+ tiếp xúc với nhau (nguyên nhân vật lý) lập tức biến thành một chớp bức xạ điện từ, gồm 2 photon:



Quá trình sinh cặp: một photon (bức xạ) tương tác với một trường hạt nhân (nguyên nhân cơ học) thì bị hấp thụ hoàn toàn và sinh ra một cặp positron - electron.

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+$$

Đây là sơ đồ mô tả một phần trong mối quan hệ nhân quả. Dựa trên sơ đồ này có thể cho rằng đây là trường hợp tự phân rã (nguyên nhân bên trong), nhưng thực ra đây là một nguyên nhân bên ngoài, với các yếu tố nguyên nhân là hạt photon γ và một hạt nhân nặng (với trường bao quanh), và kết quả bao gồm, ngoài e^- và e^+ , còn có sự thay đổi động lượng của hạt nhân có trường tương tác với photon.

TH6: Các quá trình ảo trong thế giới vi mô

Các quá trình ảo chỉ được xem xét trong các biến hoá vi mô. Đây là một quan niệm rất quan trọng, nó giúp giải thích cơ chế của các dịch chuyển lượng tử.

Cơ sở để đề ra giả thuyết về quá trình ảo là hệ thức bất định về mối quan hệ giữa năng lượng và thời gian:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$$

Ở một vi thể, độ sai lệch về thời gian Δt càng bé thì độ sai lệch ΔE về năng lượng càng lớn. Nếu một vi thể ở trong trạng thái ổn định hoàn toàn (trong nó có nguyên nhân khả năng trù tượng) thì Δt vô cùng lớn, lúc này $\Delta E = 0$ tức là có giá trị xác định. Nhưng khi có một sự không ổn định trong một khoảng thời gian Δt nào đó, thì năng lượng

của nó có một phạm vi sai lệch ΔE , điều đó có nghĩa là giá trị năng lượng của nó có thể được tăng thêm, mà không cần có sự truyền năng lượng nào từ ngoài vào. Áp dụng vào trường hợp một electron đang ở mức năng lượng E_1 , nó có thể chuyển sang mức E_2 ($E_2 > E_1$) mà không cần có năng lượng tiếp thêm, với điều kiện là nó trở về mức E_1 thật nhanh, trong thời gian Δt , thoả mãn được hệ thức bất định, tức là:

$$\frac{\hbar}{\Delta t} > E_2 - E_1$$

(độ bất định về năng lượng của electron $>$ hiệu của các mức E_2 và E_1)

Như vậy, khi nói electron ở mức E_1 , cũng có thể hiểu là nó liên tục chuyển qua chuyển lại sang các mức năng lượng khác, miễn là ngay sau đó, nó phải trở về mức E_1 . Những dịch chuyển này không đòi hỏi năng lượng và cũng không thể phát hiện được bằng thực nghiệm, được gọi là các dịch chuyển ảo. Khi một electron đang thực hiện các dịch chuyển ảo, tương tác với một bức xạ, qua đó thực sự nó nhận thêm được năng lượng, đủ cho nó chuyển lên mức E_2 , thì nó thực tế ở lại mức E_2 , và ở mức này nó lại có những dịch chuyển ảo. Quá trình dịch chuyển ảo $E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_1$ là một quá trình liên tục, thống nhất, không thể phân chia ra được. Gắn liền với các dịch chuyển ảo là các hạt ảo. Khi electron thực hiện sự dịch chuyển $E_1 \rightarrow E_2$, người ta coi là nó đã hút một photon, và khi nó chuyển từ mức E_2 về E_1 , lại phóng ra một photon, có năng lượng bằng hiệu $E_2 - E_1$.

Nhưng đây là những photon ảo, cũng không thể phát hiện được bằng thực nghiệm.

Quan niệm về các quá trình và hạt ảo phù hợp với quan niệm duy vật biện chứng về tính tuyệt đối của vận động, về mâu thuẫn và thống nhất. Một đối tượng là A ổn định, không có nghĩa là nó tuyệt đối đồng nhất với nó, vĩnh viễn không bao giờ biến hoá sang đối tượng khác, là B chẳng hạn. Nhưng như vậy trong A phải có nguyên nhân khả năng trừu tượng, mà khi có đủ điều kiện, nó sẽ trở thành nguyên nhân khả năng cụ thể, từ đó trở thành nguyên nhân hiện thực, và A trở thành B.

Phân tích sâu hơn, sẽ thấy rằng khi A là ổn định, bên trong nó có sự thống nhất giữa năng lượng E (lượng vật chất) và cấu trúc. Và theo quy luật lượng - chất, lượng vật chất có thể thay đổi trong phạm vi "độ", mà sự thống nhất không bị phá vỡ, và A vẫn ổn định. Chỉ khi có sự bổ sung lượng vật chất để vượt quá "độ", mới xảy ra sự biến hoá của A trở thành B. Đó là ở các đối tượng vĩ mô. Ở các đối tượng vi mô, quy luật lượng - chất vẫn là như vậy, chỉ có điểm khác là, do có tính lượng tử và lưỡng tính sóng - hạt, nên quy luật lượng - chất được thực hiện qua cơ chế của các quá trình và hạt ảo tồn tại khách quan, nhưng ở trạng thái khả năng. Như vậy, một vi thể là A trong lúc tồn tại hiện thực luôn luôn mang trong mình nó vi thể B ở trạng thái khả năng, sẵn sàng phủ định A, khi được tăng thêm lượng vật chất cần thiết.

KẾT LUẬN

Mối quan hệ giữa triết học và vật lý học đã có từ thời xa xưa, nhưng trong một thời gian rất dài, còn mờ nhạt; chỉ từ khi vật lý học trở thành một khoa học thật sự, mối quan hệ ấy mới ngày càng rõ nét, và cùng với sự phát triển của vật lý học, càng mật thiết và phức tạp. Để nghiên cứu sự tác động qua lại giữa triết học và vật lý học, nhằm phục vụ tốt nhất cho sự phát triển của cả hai bộ môn, công tác nghiên cứu các vấn đề triết học của vật lý học đã được các nhà triết học quan tâm ngay từ giai đoạn đầu của vật lý học cổ điển. Và trong thực tế, chủ nghĩa duy vật (siêu hình, biện chứng) qua các giai đoạn phát triển của vật lý học (cổ điển và hiện đại) thông qua thế giới quan và phương pháp luận của mình đã định hướng sự nghiên cứu tìm tòi của các nhà vật lý học và giúp họ trong việc đánh giá các phương pháp nghiên cứu; ngược lại các thành tựu của vật lý học đã góp phần để triết học duy vật cải tiến hình thức, củng cố và phát triển các phạm trù và quy luật của mình.

Trong việc nghiên cứu các vấn đề triết học của vật lý học, đã có hai hướng: hướng *tổng hợp* và hướng *phân tích*.

Theo hướng tổng hợp, nhà triết học cần theo dõi và bám sát các thành tựu của vật lý học, không nhất thiết phải đi sâu vào các học thuyết chuyên môn, nhưng phải biết rút ra từ một số mệnh đề nào đó và từ những phát minh mà mọi người đều biết, những kết luận nhận thức luận, qua đó có thể biết rõ mối liên hệ giữa tư duy khoa học của nhà nghiên cứu với trào lưu triết học nào. Đó là cách làm mà V.I. Lênin đã áp dụng trong cuốn *Chủ nghĩa duy vật và chủ nghĩa kinh nghiệm phê phán*.

Theo hướng phân tích, nhà triết học phải đi sâu vào các lý thuyết chuyên môn, ít nhất là về các tư tưởng, các ý niệm và khi cần thiết có thể phải đi vào các thủ thuật, các phép tính toán học, sau đó vận dụng các quan điểm triết học để phân tích nhằm hai mục đích: 1) giải thích các kết luận của vật lý học. 2) chỉ ra các xu hướng tư tưởng triết học, các kết luận nhận thức luận có thể chi phối nhà vật lý học, giúp họ phòng tránh những xu hướng, những tư tưởng sai lầm. F. Ăngghen đã áp dụng cách làm này khi Người viết tác phẩm *Biện chứng của tự nhiên*. Người cho rằng một quan niệm vừa biện chứng, vừa duy vật về tự nhiên đòi hỏi người ta phải thông thạo toán học và khoa học tự nhiên, và không phải ngẫu nhiên mà F. Ăngghen đã dành phần lớn thời gian trong tám năm liền để nghiên cứu về các khoa học đó, trước khi viết tác phẩm nói trên.

Trong cuốn sách này, chúng tôi theo hướng thứ hai trong việc nghiên cứu một số vấn đề triết học của vật lý

học, chủ yếu là vật lý học hiện đại. Tuy có sự hạn chế về trình độ cả về triết học và vật lý học, nhưng chúng tôi đã cố gắng vận dụng các phạm trù cơ bản, các quy luật và các cặp phạm trù của phép biện chứng duy vật để phân tích các khái niệm cơ bản của vật lý học cổ điển và hiện đại (khối lượng, năng lượng, hạt, trường, không gian, thời gian) sau đó phân tích các vấn đề triết học có liên quan đến đối tượng nghiên cứu của vật lý học và quá trình nhận thức đối tượng ấy, được đặt ra qua các thuyết của vật lý học hiện đại (thuyết tương đối, cơ học lượng tử, lý thuyết trường lượng tử). Ngoài ra, đã giải thích các nguyên lý phương pháp luận của vật lý học (các nguyên lý bổ sung, nguyên lý tương ứng) và chứng minh sự hoạt động của nguyên lý nhân quả theo quan điểm duy vật biện chứng trong các quá trình biến hoá của thế giới vi mô.

Một điều lý thú là khi đi sâu phân tích các khái niệm và các phương pháp nhận thức được áp dụng trong vật lý học hiện đại, bộ máy phương pháp luận của triết học duy vật biện chứng đã tỏ ra rất có hiệu lực. Nhờ sự vận dụng đó, đã có thể giải thích nhiều hiện tượng vật lý hiện đại mà nếu chỉ dựa trên các khái niệm và công thức toán học thì không thể hiểu được ý nghĩa vật lý. Bản chất của các nguyên lý phương pháp luận (nguyên lý bổ sung, nguyên lý tương ứng) cũng đã được vạch rõ. Nguyên lý nhân quả vốn là nguyên lý phương pháp luận rất cơ bản của vật lý học cổ điển, nhưng khi chuyển sang vật lý học hiện đại, đã

làm rất nhiều nhà khoa học lúng túng và cho rằng trong thế giới vi mô không có sự hoạt động của nguyên lý đó. Sự vận dụng các quan điểm của triết học duy vật biện chứng đã giúp chứng minh điều đó là không đúng, không chỉ về nguyên lý chung mà cả trong những quá trình biến hoá cụ thể của các hạt vi mô, được nghiên cứu trong cơ học lượng tử và lý thuyết trường lượng tử.

Mặt khác, qua việc nghiên cứu các vấn đề triết học của vật lý học cũng thấy được rằng nhiều vấn đề của triết học duy vật biện chứng đã được làm sáng tỏ và phong phú thêm về nội dung (các phạm trù cơ bản, các quy luật và các cặp phạm trù). Trong sự vận dụng các nguyên lý của triết học duy vật biện chứng để giải thích bản chất sâu xa của nhiều hiện tượng vật lý, tư tưởng của V.I. Lênin về các bản chất cấp 1, cấp 2... đã tỏ ra rất bổ ích. Và qua việc vận dụng vào phân tích các sự khái quát hoá trong vật lý học, đã phân biệt được hai hướng khái quát hóa trong vật lý học: 1) sự khái quát hoá bằng sự trừu tượng hoá cấp 1, thực hiện nhờ chức năng tư duy tự nhiên của bộ óc, nhằm rút ra những tư tưởng tổng quát (như các nguyên lý trong các ngành vật lý và các nguyên lý tổng quát như các nguyên lý bảo toàn) và 2) sự khái quát hoá bằng sự trừu tượng hoá cấp 2, thực hiện nhờ toán học, nhằm rút ra những lý thuyết toán học phản ánh cấu trúc bản chất thống nhất của rất nhiều hiện tượng cụ thể khác nhau (như các lý thuyết hấp dẫn, thuyết tương đối, lý thuyết điện từ của Mác-xoen v.v...).

Cũng qua sự giải thích các hiện tượng vật lý hiện đại, đã thấy rằng nếu trong vật lý học cổ điển phương pháp quy nạp được áp dụng phổ biến thì trong vật lý học hiện đại phương pháp suy lý tương đồng lại được áp dụng rộng rãi và đã đem lại nhiều kết quả tốt. Điều này không thể được giải thích theo lôgic thông thường, nhưng nếu áp dụng quy luật lượng - chất và cặp phạm trù bản chất - hiện tượng thì sẽ hiểu rõ được cơ sở khách quan của phương pháp suy lý đó.

Một kết quả khác đối với triết học, đó là sự cần thiết phải phân biệt các cấp bậc khác nhau trong các phạm trù và quy luật của phép biện chứng duy vật, khi áp dụng phương pháp nhận thức đi từ trừu tượng đến cụ thể. Điều này có nghĩa là khi nói rằng triết học phản ánh cái chung, còn các khoa học cụ thể phản ánh cái riêng, thì bản thân cái chung ấy cũng có những mức độ khái quát khác nhau, nếu không chú ý phân biệt sẽ dẫn đến những sai lầm lôgic khi vận dụng cái chung vào cái riêng. Vấn đề này còn liên quan đến quan niệm về nhiệm vụ của triết học và sự phân biệt giữa triết học và vật lý học. Vật lý học hiện đại trong đó bao gồm cả vật lý học vũ trụ đang ngày càng tiến đến những sự khái quát hoá rất cao, đã đưa đến một quan niệm không đúng là triết học và vật lý học ở trình độ này sẽ hoà vào nhau. Những người có quan niệm này ở phương Tây, tuy đứng trên quan điểm duy vật, cho rằng khi vật lý học nghiên cứu những vấn đề tận cùng như

nguồn gốc của vũ trụ và gắn vào đó là những cấu trúc vật chất vi mô cũng được coi như là cuối cùng, thì theo quan niệm truyền thống, sự khác nhau giữa triết học và vật lý học vốn là ở trình độ khái quát cao thấp khác nhau, không còn nữa, ranh giới giữa triết học và vật lý học cũng mất đi. Quan niệm sai lầm đó có nguồn gốc một phần ở chỗ không phân biệt các mức khái quát hoá khác nhau trong cái chung của triết học.

Tóm lại, một số kết quả bước đầu trong cuốn sách này, trong việc nghiên cứu một số vấn đề triết học của vật lý học hiện đại, theo hướng phân tích, làm chúng tôi rất phấn khởi và càng tin tưởng ở tính khoa học và sáng tạo của triết học Mác - Lênin. Hơn nữa, nó chỉ ra một con đường rộng rãi để đi vào nghiên cứu triết học: đó là nghiên cứu các vấn đề triết học của khoa học tự nhiên (và tất nhiên cả của khoa học xã hội và khoa học tư duy), qua đó sẽ góp phần thúc đẩy sự phát triển của cả triết học và các khoa học.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ph.Ăngghen. *Biện chứng của tự nhiên*. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971.
2. Ph.Ăngghen. *Chống Duyrinh*. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1971.
3. Ph.Ăngghen. *Lút-vít Phơ-bách và sự cáo chung của triết học cổ điển Đức*. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1957.
4. V.I.Lênin *toàn tập*. T.18, 23, 26, 29, 45. Nxb Tiến bộ, Matxcơva (tiếng Việt).
5. Anhstanh - L.Infen. *Sự tiến triển của vật lý*. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972.
6. Tạ Quang Bửu. *Hạt cơ bản*. Nxb Giáo dục, Hà Nội, 1987.
7. Đào Vọng Đức. *Đi tới đâu trong thế giới vi mô*. T/c Tổ quốc, Hà Nội số 10/1979.
8. Risa Fây-man. *Đặc tính của các định luật vật lý*. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1972.
9. S.Haw King. *Lược sử thời gian*. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1995.

10. Nguyễn Cảnh Hồ. *Về thực chất và các biểu hiện của nguyên lý nhân quả trong vật lý học vi mô* (luận án PTS 1989).

11. Nguyễn Xuân Hy. *Cơ học lượng tử là gì?* Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1976.

12. Phạm Việt Hưng. "*Không gian siêu phi Ơclít*", một tư tưởng kỳ lạ và táo tợn. Chuyên san Tri thức trẻ của báo Tiền Phong, số 20, Hà Nội, 2/1997.

13. Đặng Mộng Lân. *Câu chuyện các hằng số vật lý*. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1976.

14. Nhiều tác giả (VN). *Vai trò của phương pháp luận triết học Mác - Lênin đối với sự phát triển khoa học tự nhiên*. Nxb Khoa học xã hội, Hà Nội, 1977.

15. Nhiều tác giả (VN). *Chủ nghĩa duy vật biện chứng. Lý luận và vận dụng*. Nxb Sách Giáo khoa Mác - Lênin, Hà Nội, 1985.

16. Nhiều tác giả (LX). *Khái lược về lịch sử và lý luận phát triển khoa học*. Nxb Khoa học và xã hội, Hà Nội, 1975.

17. Nhiều tác giả (NN). *Triết học và các khoa học cụ thể*, tập 1. Nxb Khoa học và xã hội, Hà Nội, 1962.

18. Otto Oldenberg và Norman C. Rasmussen. *Vật lý hiện đại cho kỹ sư*. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1977.

19. K.M.Phatalié. *Chủ nghĩa duy vật biện chứng và khoa học tự nhiên*. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1961.

20. Nguyễn Duy Quý. *Nhận thức thế giới vi mô*. Nxb Khoa học xã hội, Hà Nội, 1998.

21. Lê Hữu Tầng. *C.Mác, Ph.Ăngghen, V.I.Lênin nói về mối quan hệ giữa triết học và khoa học tự nhiên*. T/c Triết học số 4/1973.

22. Nguyễn Bá Thái. *Không gian - thời gian với tính cách là những hình thức cơ bản của mọi tồn tại*. Luận án PTS, Hà Nội, 1996.

23. Nguyễn Cảnh Toàn. *Cơ sở hình học*. Nxb Giáo dục, Hà Nội, 1962.

24. Nguyễn Cảnh Toàn. *Không gian vectơ*. Nxb Giáo dục, Hà Nội, 1976.

25. Viện Triết học (Viện Hàn lâm khoa học Liên Xô). *Vấn đề nhân quả trong vật lý học hiện đại*. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1963.

26. B.M. Vun và E.L.Fênbéc. *Từ vật lý học cổ điển đến vật lý lượng tử*. Nxb Khoa học, Hà Nội, 1964.

27. A.I.Ađirovich. *Nguyên tử*. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1974.

28. Nguyễn Đình Cát. *Đã có một hình học Nguyễn Cảnh Toàn*. T/c Giáo dục và thời đại 1/1997.

29. Rume và Rurkin. *Thuyết tương đối*. Nxb Giáo dục, 1974.

30. Đề tài KH.06.08 (chủ nhiệm Hoàng Đình Phú). *Khoa học và Công nghệ với các giá trị văn hoá*. Hà Nội 6/1995.

31. B.Kêđơrốp. - *Phân loại các khoa học*. Nxb Sự thật, Hà Nội, 1960.

32. М.З. Омеляновский. *Диалектика в современной физике*. Изд. Наука, М., 1973.

33. Г. А. Свечников. *Причинность и связь состояний в физике*. Изд. Наука, М., 1971.

34. Б.М. Кедров. *Ленин и диалектика естествования XX века*. Изд. Наука, 1971.

35. В. С. Гост. *Философские вопросы современной физики*. Изд. Высшая школа, 1972.

36. Кол. авт. *Философские проблемы физики элементарных частиц*. Изд. Академии наук СССР, М., 1963.

37. Г.И. Копылов. *Всего лишь кинематика*. Изд. Атомиздат, М., 1969.

38. Кол. авт. *Время и современная физика*. Изд. Мир, 1970.

39. D.Broglie. *Continu et discontinu en Physique moderne* Ed. Albin Michel, Paris, 1941.

40. Col. aut. *L'atome et l'énergie atomique*. Nxb Ngoại
văn, M., 1958.
41. Tarassov L. *Physique quantique et opérateurs
lineaires* Ed. Mir, M., 19...
42. Tchernogorova V. *L'atome monde familier et
mystérieux* Ed. Mir, M., 1979.
43. David Bohm. *Causality and chance in modern
physics*. New edition 1984 Routledge & Kegan Paul London.
44. Lawrence Sklar. *Philosophy of Physics* Oxford
University. Press, 1992.
45. Steven F. Savitt. *The Direction of time* Brit Jan..
Phil Sci 47 (1996).
46. Michael Lockwood. *Many Minds' Interpretations of
Quantum Mechanics* Brit.J.Phil. Sci 47 (1996).
47. Nick Huggett và Robert Weingard. *Critical review
Paul Teller's interpretive introduction to quantum field
theory* Philosophy of Science 63 (6/1996).
48. Rob Clifton. *The Properties of Modal Interpretations
of Quantum Mechanics*. Brit.J.Phil.Sci. 47 (1996).
49. Mara Beller. *The rhetoric of antirealism and the
Copenhagen spirit*. Phil of Sci 63 (6-96).
50. Michael D. Lemonick và J. Madeleine Nash.
Unraveling universe Time 3/1995.

Chịu trách nhiệm xuất bản:

NGUYỄN ĐỨC DIỆU

Biên tập:

VI QUANG THỌ

Trình bày:

KIM ANH

Sửa bản in:

CẢNH HỒ - HỒNG THANH

Bìa:

ĐINH HỒNG HẢI

In 500 cuốn, tại Nhà máy in Quân đội. Số in: 2488. Giấy phép xuất bản số: 01/02/CXB. In xong và nộp lưu chiểu tháng 9/2000.