

Teoria e Realtà

Concezioni sbagliate del comitato di valutazione della Società Tedesca di Fisica e che cosa si può imparare da esso

Friedrich Herrmann , KIT , Karlsruhe

Corrado Agnes , Scuola di Dottorato , Politecnico , Torino

Il Corso di Fisica di Karlsruhe (KPK), dopo essere stato utilizzato con successo nell'insegnamento per 20 anni, viene scoperto! dalla Società Tedesca di Fisica (DPG). La DPG installa una commissione che ha il compito di trovare errori nel KPK. Gli „errori“, che loro credono di avere trovato, e che usano come giustificazione per una campagna senza precedenti contro il KPK, non sono errori. Al contrario, il rapporto rivela alcuni concetti di fisica sbagliati dei periti. Questi sono discussi nella comunicazione.

Comincio con alcune osservazioni preliminari sulla scelta del mio argomento.

Forse avete sentito parlare del corso di Fisica di Karlsruhe. Lo chiamerò KPK. Il KPK rappresenta un approccio moderno all'insegnamento della fisica. Esiste da più di 3 decenni. Nel 2000 nel congresso dell'AIF a Milazzo ho tenuto una presentazione dal titolo:

Vent'anni del Corso di Fisica di Karlsruhe

Il corso stesso ha trovato una certa diffusione, non molto grande, soprattutto nel sud della Germania. Ma ancora più importante è che ha influenzato i curricula tedeschi ed i concetti del KPK hanno trovato la loro strada in testi molto diffusi di altri autori.

Nel periodo iniziale avevo molte discussioni interessanti e controverse, ma poi tutto si era calmato. Fino a che, circa un anno fa, la Società Tedesca di Fisica DPG, ovvero l'analogo della SIF, ha scoperto il KPK. Ha notato che qualcosa accade nella didattica della fisica, che non è sotto il suo controllo. Da 30 anni hanno attivamente ignorato il KPK. Erano convinti che la ricerca didattica in ogni caso non ha nulla da aggiungere all'insegnamento della fisica.

Ora improvvisamente si accorgono che il KPK è un pericolo. Una minaccia per le dottrine ortodosse dell'insegnamento, e ha adottato misure inusuali per sopprimere il corso, sradicarlo nel mondo intero, eliminare ogni minima traccia. Quindi, per prima cosa il consiglio direttivo della DPG ha ordinato una perizia. E ha nominato una commissione. Ma il compito della commissione non era una valutazione del corso. Fin dall'inizio il compito era di cercare errori nel KPK. Per questo motivo tre membri del consiglio direttivo sono stati nominati nella commissione, e senza indugi anche il consulente etico della DPG, cioè la persona al di sopra di ogni sospetto incaricata di mediare tra le parti in conflitto, è diventato uno degli accusatori.

Ora, i cosiddetti esperti credono di aver trovato errori fondamentali. Tuttavia c'è un ampio consenso nella comunità dei fisici in Germania e in altri paesi sul fatto che non sia il KPK a contenere errori, ma la perizia. Frattanto, la Commissione dei periti e il Consiglio della DPG hanno dovuto sopportare molta derisione.

Parlerò dei dettagli delle misure della DPG, così come delle reazioni della comunità dei fisici tedeschi e internazionali stasera.

Qui voglio solo commentare le conclusioni e le asserzioni sbagliate della DPG.

Il rapporto è abbastanza lungo e una dettagliata analisi richiederebbe più tempo di quello che ho. Ora si può notare che i vari rimproveri che si ripetono per molte pagine, sono basati essenzialmente sullo stesso equivoco: una idea ingenua e oscurantista del concetto di grandezza fisica. Questo è interessante, perché non è solo un problema degli autori della perizia. La questione è anche interessante per tutti noi, insegnanti di fisica.

In breve le idee considerate sbagliate sono le seguenti :

1. Si ritiene che le grandezze fisiche si trovano in natura, nel mondo reale. Tutto ciò che si deve fare è scoprirle e studiare le loro proprietà.
2. Si confondono tra loro i concetti di „grandezza fisica“ e di „sistema fisico“ o in altri termini: la misura con l'oggetto a cui tale misura si riferisce.

Scelgo tre accuse della perizia, dove si vedono queste idee sbagliate in modo più chiaro.

A. La carica magnetica

La perizia dice: Non esiste la carica magnetica. La ragione è che non ci sono particelle caricate magneticamente, i cosiddetti monopoli magnetici.

Ma il ragionamento è sbagliato.

La carica magnetica è una grandezza fisica. Le grandezze fisiche sono oggetti matematici. Si impiegano per la descrizione della natura. Sono introdotte dagli umani se sono utili e appropriate. Invece di chiedere se esiste una grandezza fisica o no, si deve chiedere se sia opportuno introdurla. Questa domanda è già stata posta e risolta in senso affermativo.

Abbiamo bisogno solo di guardare alla letteratura. Qui alcuni esempi.

1. Wikipedia: in analogia all'elettrostatica ρ_m è chiamata la densità della carica magnetica.
2. *Maxwell* [1] : “la quantità di magnetismo, che si trova in un polo di un magnete è sempre di uguale quantità e di segno opposto del magnetismo nell'altro polo. Più generalmente: In tutti i magneti la quantità totale di magnetismo è algebricamente uguale a zero.”

Si vede che lui chiama questa grandezza quantità di magnetismo.

Ovviamente è conveniente introdurre questa grandezza. Perché è utile? Lo vediamo già nella formulazione di Maxwell. Aveva bisogno di questa grandezza per esprimere che un magnete è magneticamente neutro. Il magnete porta su un polo una carica che è di quantità uguale e di segno opposto a quella dell'altro polo. In realtà molti libri di testo, in particolare libri scolastici, cercano di cavarcela senza la carica magnetica [2]. Tipicamente dicono: Ogni magnete ha due poli. Se lo rompi, appaiono due nuovi poli. Ma non si possono esprimere questi fatti quantitativamente. Parlano di due poli, ma non dicono niente di che cosa c'è sui poli: La loro carica magnetica.

Vediamo: le due asserzioni

- „non esistono particelle con carica magnetica“
- „non esiste una grandezza carica magnetica“

sono affermazioni diverse.

La prima frase è corretta, la seconda è sbagliata.

Abbiamo bisogno della grandezza „carica magnetica“ anche per formulare la prima frase, la frase corretta. Se non c'è la grandezza, come posso dire che ha il valore zero per le particelle elementari?

B. L'entropia come calore

Il KPK impiega una bella interpretazione dell'entropia [3], [4,] che ormai ha più di 100 anni:

Le proprietà dell'entropia corrispondono in un ottimo modo a quello che nel linguaggio comune è chiamato il calore o la quantità di calore, e le sue proprietà sono proprio quelle che anche un fisico o un chimico si aspetterebbe da una misura quantitativa del calore.

Se il nome della grandezza S fosse „calore“, invece di entropia, la corrispondenza tra il nome e il significato sarebbe molto migliore che nel caso della grandezza Q , che porta il nome calore. Per questa ragione il KPK dice testualmente:

“Per ciò che viene comunemente chiamato quantità di calore, in fisica si usa un termine tecnico: è detta entropia, il simbolo per questa grandezza è S ...”

Ora la DPG critica il procedimento del KPK, sostenendo che il KPK identifica la grandezza Q , che nella fisica si chiama calore, con l'entropia. Ma questa è una accusa infondata.

Non la si identifica affatto.

Qui l'accusa della DPG letteralmente: „Ma non si può identificare l'entropia con il calore, neanche con quello che comunemente si chiama calore. Essi hanno diverse unità, quindi già per questa ragione non possono essere uguali. Il calore si misura in Joule; l'entropia in Joule/Kelvin.“

Che casino! Così il calore colloquiale ha l'unità Joule? Questo è davvero sorprendente.

Cerco di mettermi nei pensieri dei cosiddetti periti.

A quanto pare, credono che il calore è qualcosa dato dal buon Dio; esiste nella realtà, era sempre lì. Gli uomini dovevano solo scoprirlo e indagare le sue proprietà. E anche se si utilizza la parola calore colloquialmente, secondo i periti, si riferisce a ciò che il buon Dio ci ha dato.

Si vede: Anche qui abbiamo un caso di confusione tra grandezza e cosa. Il calore non è una cosa o una roba che esiste nel mondo reale e che dobbiamo solo indagare. Il calore è in primo luogo una parola del linguaggio colloquiale. Il suo significato coincide più o meno con diverse grandezze fisiche, che sono tutti concetti matematici, e che sono stati inventati dall'uomo.

Alcuni candidati sono: U , H , Q , S

L'assegnazione del nome calore è avvenuta verso la metà del 19° Secolo. Il vincitore è stata la grandezza Q . Le altre grandezze hanno ricevuto i nomi seguenti: energia interna, entalpia e entropia. Peraltro, il nome entalpia non è altro che l'espressione “bruciare dentro” in greco.

Scegliere la grandezza di processo Q come portatore del nome calore non era una scelta fortunata, ma nel 1850 il problema non era così chiaro come lo è oggi.

L'entropia sarebbe stata una scelta molto migliore. Oggi è troppo tardi per cambiare. Pertanto nel KPK questa frase: “Per ciò che viene comunemente chiamato quantità di calore, in fisica si usa un termine tecnico: è detta entropia...”

C. Correnti e Correnti di Quantità di Moto

L'idea di corrente di quantità di moto ha illustri precedenti: *Planck* [5]. In seguito è stata utilizzata nella letteratura fisica a livello avanzato: *Landau e Lifshitz* [6], *Fuchs* [7]. La sua utilità in didattica è stata riconosciuta indipendentemente dal KPK e da *DiSessa* [8].

Semplificando si descrive un corpo in quiete non come il risultato di due forze uguali e contrarie, ma di una corrente di quantità di moto che entra ed esce dal corpo; inoltre viene esplicitamente fatta l'analogia con una corrente d'acqua che entra ed esce da un contenitore. Questa è la critica: “Il terzo problema essenziale riguarda le correnti di quantità di moto ed è la ricerca di analogie con correnti di materia anche in situazioni in cui è evidente che non scorre nulla” [9].

Sembra la stessa critica di prima e lo stesso errore commesso dai periti, ma questa volta c'è di più da imparare. Infatti la confusione comincia con il concetto di corrente, identificato con il movimento collettivo di particelle materiali. Questo non è sbagliato, ma è così limitato da non permettere ai periti (e a molti loro studenti) di accorgersi che la corrente di particelle che entra in un volume e poi ne esce, se analizzata con precisione, risulta essere costituita da due correnti di direzione diversa!

Per un fisico la direzione di una qualsiasi corrente (acqua, elettricità ...) è quella del vettore densità di corrente, che deve obbedire a una equazione di bilancio per la quantità considerata. D'altra parte il cambiamento della direzione di una corrente in conseguenza del cambiamento delle coordinate o

del sistema di riferimento è del tutto comune in fisica, ed è una difficoltà didattica che è meglio non ignorare [10] ,[11]. Come fanno i periti distinguendo tra corrente fisica e corrente "tecnica" ovvero ausilio matematico: "... la costruzione matematica di una grandezza fisica che in senso generalizzato potrebbe senz'altro essere chiamata corrente di quantità di moto...ma non corrisponde ad alcuna corrente materiale...pertanto non esprime alcuna proprietà dinamica della materia" [12]. Confondere in questo modo l'astratto, cioè le grandezze fisiche "matematiche", ed il concreto, cioè le grandezze fisiche "fisiche", è molto grave per chi pretende di insegnare Fisica, una "Teoria", cioè un insieme di concetti tutti egualmente astratti, che ha procedure di confronto con la "Realtà" molto più precise del ricorso ad aggettivi come "fisico" e "materiale". Inoltre non si accorgono che veramente F (la forza) e dP/dt (la variazione della quantità di moto nel tempo) sono grandezze fisiche diverse, l'una riferita ad una superficie e l'altra ad un volume, e sono uguali per legge di natura e non per identità matematica.

Riassumendo, questo atteggiamento realistico ingenuo ha come conseguenza la confusione tra la direzione della corrente e la direzione di ciò che la corrente trasporta, che nel caso della quantità di sostanza non danneggia, nel caso della carica elettrica provoca piccole ambiguità superabili, ma che nel caso della quantità di moto (e del momento angolare, se avessero letto i libri più avanti) impedisce di vedere la semplificazione concettuale della meccanica operata da questo modello.

Concludo e riassumo:

Per quanto riguarda i fondamenti concettuali della fisica i membri della Commissione DPG non sono stati "esperti". E non sono stati accurati. Non fanno distinzione tra i concetti di grandezza e di sistema, e si comprende che credono che le grandezze fisiche si trovano nella realtà.

Bibliografia

Sito in italiano del KPK dove sono reperibili quasi tutte le pubblicazioni citate.

Herrmann, F; Job, G. Concezioni Inadatte per l'Insegnamento della Fisica trad *Agnes, C*

http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/publication/pub_fremdsprachen/italienisch.html

[1] *Maxwell, J. C.*: Lehrbuch der Electricität und des Magnetismus, Verlag von Julius Springer 1883, zweiter Band, pagina 7, 377.

[2] *Herrmann, F; Job, G.*: Altlasten der Physik trad. *Agnes, C* ; N 56 Poli Magnetici

[3] *Calendar, H. L.*: The caloric theory of heat and Carnot's principle, Proc. Phys. Soc. London 23, p. 153 (1911)

[4] *Herrmann, F; Job, G.*: Altlasten der Physik trad. *Agnes, C* ; N 28 Entropia

[5] *Planck, M.*: Physikalische Zeitschrift, 9. Jahrgang, Nr. 23 (1908), p. 828

[6] *Landau, L. D., Lifshitz, E.*: M.: Teoria dell'Elasticità Capitolo1, 2 Edizioni MIR 1959

[7] *Fuchs, H.*: The Dynamics of Heat, 2nd edition, Springer, New York, 2010, S. 75.

[8] *DiSessa, A.*: Momentum flow as an alternative perspective in elementary mechanics, Am. J. Phys., Volume 48 365-369 (1980)

[9] Appendici della Perizia Aprile 2013 , pag 5

[10] *Herrmann, F; Job, G.*: Altlasten der Physik trad. *Agnes, C* ; N 51 Due Tipi di Carica Elettrica

[11] *Herrmann, F; Job, G.*: Altlasten der Physik trad. *Agnes, C* ; N 52 La Direzione della Corrente

[12] Appendici della Perizia Settembre 2013 , pag 2