

IL PRINCIPIO DELLA MASSIMA POTENZA EMERGETICA

come base per una

TERMODINAMICA della QUALITÀ

Corrado Giannantoni



**Pubblicazione a cura dell'Ordine degli Ingegneri di Pescara
Edizioni Sigraf 2006**

A Howard T. Odum,

in particolare (ma non esclusivamente)
per il *fascino* della sua umanità:
quella particolare *qualità*
in grado di suscitarti un assenso
ancor prima di una esplicita richiesta

TITOLO ORIGINALE

*The Maximum Em-Power Principle
as the basis for
Thermodynamics of Quality*

Traduzione di Maurizio Orlando

© 2002

Prima Edizione S.G.E. Padova
Novembre 2002

© 2006

Edizione Italiana Edizioni Sigraf Pescara
Luglio 2006

Indice

Prefazione all'Edizione Italiana.....	IX
Prefazione.....	XI
Ringraziamenti.....	XV
Capitolo 1.....	1
Introduzione.....	1
1. Struttura e finalità del libro	1
2. Sintetico “panorama” del contesto culturale della Termodinamica negli ultimi due secoli.....	6
3. Fondamentali Aspetti Epistemologici e Gnoseologici. Cos'è l'Energia?.....	9
Capitolo 2.....	13
Definizione Matematica di Energia.....	13
1. Definizione matematica di Energia.....	13
2. Analisi di dettaglio della definizione matematica di Energia	14
3. Relazione diretta fra il Fattore Strutturale $c(x, y, z, \tau)$ e la Trasformità (Tr).....	19
4. <i>La definizione di Energia e i suoi correlati aspetti epistemologici</i>	20
Capitolo 3.....	23
L'Equazione di Bilancio Energetico	23
1. L'Equazione di Bilancio Energetico (in regime permanente e in condizioni variabili)	23
1.1 Bilanci Energetici dei Sotto-Sistemi.....	24
1.2 Equazione di Bilancio Energetico per Sistemi Complessi.....	27
1.3 Equazione di Bilancio Energetico in condizioni variabili	27
2. Elementi di base dell'Equazione di Equilibrio Energetico.....	31
3. Le Regole di Algebra Energetica e il loro Fondamento Fenomenologico.....	32
4. <i>Dall'Algebra Energetica ai Termini Sorgente: verso una interiorità “sorgiva”</i>	35
Capitolo 4.....	37
Cos'è propriamente “Massimo” nel Maximum Em-Power Principle?.....	37
1. Introduzione	37
2. Che cosa è, specificamente, Massimo?.....	39
3. Energia <i>utile</i> ed Energia <i>processata</i>	40
4. Progressiva evoluzione verso il concetto di Massimizzazione della Potenza Energetica.....	41
5. L'evoluzione del concetto di “utilità”: dall'Efficienza all'Efficacia.....	42
6. <i>“Libertà” e “Necessità” alla luce dei precedenti Principi di Massimizzazione</i>	43
Capitolo 5.....	47
Formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle	47
1. Introduzione	47
2. Formulazione Matematica del Maximum Em-Power Principle	48
3. Considerazioni generali sulla formulazione matematica del Maximum EP Principle.....	48
4. Aspetti fondamentali riguardanti la formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle.....	49
5. <i>Formulazioni dei Principi Classici della Termodinamica e relative Interpretazioni</i>	51
6. <i>Una nuova possibile prospettiva suggerita dal Maximum Em-Power Principle</i>	53
Capitolo 6.....	57
Il Primo Principio alla Luce del Maximum Em-Power Principle.....	57
1. Il Primo Principio “ottenuto” a partire dal Maximum Em-Power Principle.....	57
2. Analisi retrospettiva delle basi teoriche e sperimentali del Primo Principio	59
3. <i>Considerazioni sulla “riduzione” della Qualità a sola Quantità</i>	63
3.1 Procedura di “riduzione” e procedura di “deduzione”	64
3.2 <i>Assenza di necessità nella procedura di “riduzione” precedentemente seguita</i>	64

4.	<i>Risposte preliminari al Problema degli Universali</i>	66
5.	<i>Formalizzazione dei concetti precedenti</i>	67
6.	<i>“Compatibilità” del Primo Principio con il Maximum Em-Power Principle</i>	68
7.	<i>“Indipendenza” del Primo Principio dal Maximum Em-Power Principle</i>	69
Capitolo 7	.....	71
Il Principio di <i>Minima</i> Azione alla Luce del <i>Maximum Em-Power Principle</i>		
1.	Brevi richiami sulla formulazione matematica del Principio di <i>Minima</i> Azione	71
2.	Il Principio di <i>Minima</i> Azione e il <i>Maximum Em-Power Principle</i>	72
3.	Il Principio di <i>Minima</i> Azione come “eccezione” nella storia dei Principi di “Conservazione”	73
4.	Il Principio di M. A. : <i>primo tentativo</i> di ricerca di un “ <i>Principio Tendenziale</i> ” nella Fisica Moderna	75
5.	<i>La ricerca di “costanti” e sua negativa influenza in relazione all’emergere della Qualità</i> ..	76
6.	<i>Varietà di livelli gerarchici fra diverse tipologie di “costanti”</i>	77
7.	<i>Il Principio di <i>Minima</i> Azione come un’ “opportunità persa” per l’emergere della Qualità</i>	77
8.	<i>La novità rappresentata dal Maximum EP Principle come Principio “tendenziale”</i>	78
9.	<i>Consequenziale Ricerca di ulteriori Principi di “tendenziali”</i>	78
Capitolo 8	.....	81
Il Secondo Principio alla Luce del <i>Maximum Em-Power Principle</i>		
1.	Considerazioni preliminari sul concetto di Trasformità	81
2.	Il Secondo Principio “ottenuto” dal <i>Maximum Em-Power Principle</i>	83
3.	Analisi retrospettiva delle basi teoriche e sperimentali del Secondo Principio	85
4.	<i>Un'altra importante occasione persa per l’ “emergere” della Qualità in tutta la sua pienezza.</i>	91
Capitolo 9	.....	95
<i>Ordine e disordine</i> alla luce del <i>Maximum Em-Power Principle</i>		
1.	Andamenti della Trasformità e dell’Exergia in condizioni normali ed estreme	95
2.	<i>Indipendenza</i> reciproca fra Exergia (<i>Ex</i>) e Trasformità Sorgiva (Tr_{ϕ}).....	97
3.	Analisi retrospettiva dei concetti di “ <i>ordine</i> ” e “ <i>disordine</i> ” nelle Scienze Fisiche.....	98
4.	<i>Ordine e Ordinalità alla luce del <i>Maximum Em-Power Principle</i></i>	100
4.1	<i>Misurabilità della Qualità e misurabilità dell’Ordinalità</i>	100
4.2	<i>Il diverso concetto di Ordine nel passaggio dai Sistemi non-Viventi ai Sistemi Viventi.</i> 101	
4.3	<i>L’Ordine in termini di Qualità come essenzialmente intrinseco al <i>Maximum Em-P. Principle</i></i>	101
4.4	<i>Considerazioni generali sul concetto di Ordinalità</i>	104
4.5	<i>Disordine e caos</i>	104
5.	<i>“Causalità” e “Necessità” alla luce del <i>Maximum Em-Power Principle</i></i>	105
5.1	<i>“Causalità” e “Necessità” nelle tradizionali quattro Scuole di pensiero</i>	106
5.2	<i>Causalità “Sorgiva”, “Logica” speculare, “Linguaggio” matematico aderente</i>	107
5.3	<i>Prospettiva unificante offerta dal <i>Maximum Em-Power Principle</i></i>	109
5.4	<i>Sintesi degli elementi fondativi della citata prospettiva unificante</i>	110
Capitolo 10	.....	111
Il Quinto Principio alla Luce del <i>Maximum Em-Power Principle</i>		
1.	Il Quinto Principio come <i>coronamento</i> del <i>Maximum Em-Power Principle</i>	111
2.	Il Quinto Principio è un Principio <i>Termodinamico</i> ?	113
3.	Analisi retrospettiva delle basi teoriche e sperimentali del Quinto Principio	113
4.	<i>Prospettiva unificante dell’Universo (e delle sue Leggi) in termini di Qualità</i>	115
4.1	<i>Le tradizionali concezioni Statiche dell’Universo</i>	115
4.2	<i>Prime concezioni di un Universo evolutivo</i>	116
4.3	<i>Basi innovative per una prospettiva unificante dell’Universo suggerita dal Quinto Principio</i>	117

4.4	<i>Il Quinto Principio come Principio tendenziale unificante per l'Intero Universo</i>	118
5.	<i>Un nuovo concetto di "Principio" conforme alla "Causalità Sorgiva" e alla "Logica Aderente"</i>	119
6.	<i>"Libertà" e "necessità" alla luce della "Causalità Sorgiva"</i>	120
Capitolo 11	.....	123
L'Energia è una Variabile di Stato?	.....	123
1.	L'Energia come Variabile di Stato	123
2.	Analisi retrospettiva del concetto di "variabile di stato"	125
2.1	Il concetto di "variabile di stato" nella Termodinamica Classica	125
2.2	Il concetto di "variabile di stato" nella Teoria dei Sistemi Dinamici	126
2.3	Rappresentazione Ingresso-Stato-Uscita dei Sistemi <i>differenziali lineari</i>	127
3.	<i>Duplica modalità</i> secondo cui l'Energia è in grado di soddisfare le quattro proprietà summenzionate	128
4.	<i>Il concetto di "variabile di stato" alla luce del Maximum Em-Power Principle</i>	129
5.	<i>Prospettive epistemologiche tradizionali riguardanti i Sistemi Complessi</i>	132
6.	<i>Nuove prospettive epistemologiche suggerite dall'Energia intesa come "variabile di stato"</i> 134	
Capitolo 12	.....	139
Il Maximum Em-Power Principle come Principio Termodinamico	.....	139
1.	Principali risultati in favore del M. Em-P. Principle come Principio <i>Termodinamico</i>	139
2.	Associato contesto "Termodinamico" per una definitiva risposta in <i>sensu affermativo</i>	140
3.	Analisi Retrospettiva sulle fondamentali differenze rispetto ai tradizionali Principi Termodinamici.....	140
4.	<i>Il Maximum Em-Power Principle come Principio Termodinamico</i>	142
4.1	<i>Dal "calore" al "donatore"</i>	142
5.	<i>Possibile Quinta Prospettiva ed elementi di base per una sua correlativa "Weltanschauung"</i> 145	
5.1	"Obiettività" del nuovo processo di conoscenza.....	147
5.2	<i>Distanza "topologica" e "prossimità" intensiva</i>	148
5.3	<i>Quinta Prospettiva. Sintesi dei fondamenti per una sua correlativa Weltanschauung</i>	149
6.	<i>Cos'è l'Energia alla luce della quinta prospettiva?</i>	149
7.	<i>Energia "incipiente" e conseguenze sul concetto di Energia precedentemente adottato</i> ...	152
8.	<i>Previste (e prevedibili) conseguenze del M. Em-P. Principle come Principio Termodinamico</i> 155	
Capitolo 13	.....	159
Conclusioni	.....	159
1.	Formulazione Matematica del Maximum Em-P. Principle e sue principali conseguenze...	159
2.	Sintetico panorama retrospettivo sulle differenze fondamentali introdotte dal M. Em-P. Principle.....	161
3.	<i>Principali risultati in campo gnoseologico ed epistemologico</i>	163
4.	<i>Conclusioni Generali. Tutti i Principi Fisici sono Principi "Termodinamici" di Qualità</i> ...	168
Capitolo 14	.....	171
Appendici	.....	171
Appendice 1.	Valore di Riferimento dell'Energia (E_{m_0}) e della Trasformità Solare (1 seJ/J)	171
Appendice 2.	Valore di riferimento della Trasformità ed effetti sul M. Em-Power Principle.....	173
Appendice 3.	Equazione di Bilancio Dinamico di una qualsiasi grandezza fisica	173
Appendice 4.	Il Teorema di Leibnitz	175
Appendice 5.	Descrizione Euleriana e Descrizione Lagrangiana	176
Appendice 6.	Il Teorema di Green.....	178
Appendice 7.	<i>Sistemi generativi e genesi delle funzioni "binarie"</i>	179
Appendice 8.	<i>Dinamica dei Sistemi Generativi e co-aderenti derivate "incipienti"</i>	180
Appendice 9.	<i>Definizione di derivata "incipiente" o "sorgiva" (di ordine intero o frazionario)</i>	181
Appendice 10.	<i>Ordinalità Gerarchica e Trasformità</i>	183

10.1	<i>Genesi delle funzioni “em-etto”</i>	183
10.2	<i>Esempi di Trasformità progressivamente sempre più “auto-strutturate”</i>	184
	<i>Appendice 11. Ordinalità Gerarchica e “prodotto cerchio”</i>	184
	Bibliografia	189

Prefazione all'Edizione Italiana

Questa pubblicazione nasce per esplicita iniziativa dell'Ordine degli Ingegneri di Pescara. Essa rappresenta la versione Italiana dello stesso lavoro pubblicato originariamente in Inglese, intitolato "*The Maximum Em-Power Principle as the basis for Thermodynamics of Quality*", co-finanziato dal Center for Environmental Policy dell'Università della Florida (Ed. S.G.E., Padova, Novembre 2002).

L'iniziativa nasce dal fatto che l'Ordine degli Ingegneri di Pescara, nella sue molteplici attività di carattere culturale, si era in precedenza fatto promotore di un Convegno Internazionale ("*Dalla Matematica Andina Precolombiana alla Calcolatrice Atahualpa*") in cui ero stato invitato per mostrare come gli sviluppi matematici associati alla formulazione del *Maximum Em-Power Principle* (o Quarto Principio della Termodinamica) presentassero alcune particolari "coincidenze" e sorprendenti "analogie" con gli sviluppi matematici derivanti dalla decifrazione di un famoso Abaco Inca, avvenuta nel 2001, per opera dell'Ing. Nicolino De Pasquale di Pescara.

La presentazione di alcune novità di carattere matematico (come ad esempio le derivate *incipienti*, sia di ordine *intero* che *frazionario*) e le associate potenzialità descrittive in vari ambiti scientifici, suggerì all'Ordine degli Ingegneri di promuovere, in collaborazione con la Facoltà di Economia dell'Università "Gabriele D'Annunzio" di Pescara, un Incontro-Dibattito dal titolo "*Il Quarto Principio della Termodinamica e il concetto di Qualità nelle Discipline Scientifiche e Umanistiche*", tenutosi presso l'Aula Magna della Facoltà di Economia il 4 Aprile 2003.

Mi si offrì così l'occasione di poter presentar un sintetico panorama del volume da poco pubblicato in Inglese e, nel contempo, di fornire alcune anticipazioni sulle conseguenze del *Principio della Massima Potenza Emergetica* (o *Maximum Em-Power Principle*) sia in ambito Termodinamico che in svariate altre discipline, sia scientifiche che umanistiche.

A seguito di quest'ultima iniziativa, che aveva riscontrato un buon successo di pubblico e di partecipazione al dibattito (che ne era susseguito), l'Ordine degli Ingegneri ebbe l'idea di realizzare la traduzione del volume in Italiano, e la correlativa pubblicazione, per una diffusione di queste novità verso un pubblico più ampio, e non solo squisitamente specialistico.

L'impresa, a prima vista, poteva sembrare abbastanza "agevole". In realtà essa presentava alcune intrinseche difficoltà. Prima di tutto perché il volume, concepito direttamente in Inglese (cioè senza una previa versione Italiana) richiedeva di essere "letteralmente" tradotto in un'altra lingua. Vi erano poi le difficoltà associate ad una terminologia completamente nuova che, coniata direttamente in Inglese, non offriva una facile ed immediata "corrispondenza" in Italiano. Infine vi era la novità della materia, per cui la traduzione del testo avrebbe richiesto, al potenziale "traduttore", anche uno "studio" approfondito della materia stessa, per realizzare così una versione Italiana particolarmente curata (per questo il termine "traduttore" è indubbiamente da ritenersi alquanto riduttivo).

A questo punto l'Ing. Maurizio Orlando, Professore di Sistemi Automatici presso l'Istituto ITIS Volta di Pescara, ideatore della calcolatrice *Atahualpa* precedentemente ricordata, con cui si era già instaurato non solo un clima di attiva collaborazione, ma anche una sincera amicizia, si offrì di portare a termine l'"impresa" della (cosiddetta) traduzione.

Senza dubbio vi fu indotto solo per il *fascino* dell'argomento. Non certo per altro. Infatti, le intrinseche difficoltà avrebbero scoraggiato chiunque. Ma l'Ing. Orando prese la cosa davvero sul serio. Ne è riprova (fra l'altro) il fatto che abbia addirittura deciso di seguire un corso di perfezionamento in Analisi Emergetica (Maggio 2005), per poter entrare ancor meglio nell'argomento, così straordinariamente nuovo in campo Termodinamico (e non solo).

Il responsabile di questo corso, poi, oltre al Prof. Ulgiati di Siena, era il Prof. Mark Bown, Direttore del Center for Environmental Policy dell'Università della Florida che, fra l'altro, si era

volentieri offerto di scrivere la Prefazione (integralmente riportata più oltre) alla versione Inglese di questo lavoro.

Dopo questa doverosa premessa di carattere storico, vorrei sinceramente ringraziare il Presidente dell'Ordine degli Ingegneri, l'Ing. Antonio Bellizzotti e, suo tramite, tutti i membri del Consiglio dell'Ordine, che così entusiasticamente hanno sostenuto questa iniziativa, nonostante (o forse proprio) per le svariate novità proposte in questo lavoro, con il loro conseguente notevole impatto Scientifico e Culturale. Fra queste novità vorrei solo ricordare (a titolo di esempio) una diversa interpretazione del Principio di "conservazione" dell'Energia, che ha da sempre rappresentato uno dei pilastri fondamentali della Termodinamica e della Scienza in generale.

Senza l'iniziativa dell'Ordine degli Ingegneri, infatti, quest'opera non avrebbe mai visto la luce.

Devo anche ringraziare, in modo particolare, l'Ing. Maurizio Orlando, carissimo amico e valido collega, per il lungo impegno profuso nell'impresa, fatta di: studio, approfondimento, abnegazione e, infine, *anche* di "traduzione".

Con l'occasione vorrei anche ringraziare tutti coloro che direttamente e indirettamente hanno favorito la realizzazione di questa Edizione Italiana, soprattutto per l'apertura (culturale) che hanno dimostrato dinanzi alle molteplici novità in ambito scientifico di cui essa si fa strumento di diffusione.

E per fare ciò, mi piace ricordare in proposito quel famoso aforisma di Schopenhauer (richiamato anche da C. Lanczos, nel suo lavoro intitolato "Cosa ha veramente detto Einstein") che dice:

"Una verità scientifica passa attraverso tre fasi di sviluppo.

Nella prima fase è rifiutata come assurda.

Nella seconda è ammessa come possibile ipotesi che era stata suggerita molto tempo prima.

Nella terza è accettata come evidente".

Occorre pertanto riconoscere che, in questo caso, l'aforisma è stato "violato".

L'iniziativa dell'Ordine degli Ingegneri, infatti, mostra chiaramente che "la novità scientifica è stata subito accolta come possibile", ed anche come qualcosa di "originale" ed affascinante.

Se la "novità" scientifica sia poi anche una "verità" scientifica (come noi tutti crediamo), "ai posteri l'ardua sentenza".

Prima di lasciare il Lettore alla piacevole lettura del testo (come ci auguriamo), vorrei aggiungere solo alcune note:

a) La prefazione del Prof. Mark Brown è stata intenzionalmente lasciata nella originaria versione Inglese. Essa infatti è caratterizzata da alcune sfumature linguistiche che, per evidenti ragioni di fedeltà, è preferibile gustarle direttamente nella versione originale;

b) Nei Ringraziamenti alla precedente Edizione, più oltre fedelmente riprodotti in Italiano, viene indirettamente riportata anche una breve storia dell'origine di questo lavoro, sin dalle sue primissime fasi. Sono state omesse solo alcune righe che erano di particolare interesse per la versione precedente (come la specificità dell'Inglese adottato o la genesi di un paio di figure). Aspetti questi che non rivestono una particolare rilevanza per la presente versione Italiana.

Roma 29 Giugno 2006

Corrado Giannantoni

Prefazione¹

The Maximum Power Principle, first enunciated by A. J. Lotka [1,2,3] but possibly drawing on the earlier statements of Boltzman [4], has been a major focus, and in many respects, a conceptual underpinning of the work of H.T. Odum regarding the energetics of systems. Recalling Lotka's statement "natural selection will operate so as to increase the total mass of the organic system, and to increase the rate of circulation of matter through the system, and to increase the total energy flux through the system so long as there is present an unutilized residue of matter and available energy [2]..." Odum has long believed and worked within a systemic framework that recognized a link between power, efficiency, and maximum performance of systems [5].

In his book *Systems Ecology* [6], Odum stated that "maximization of useful power may be the most general principle of self organizing systems" and proposed "...it may be time to recognize the maximum power principle as the fourth thermodynamic law as suggested by Lotka." Probably his most eloquent statement of the Maximum Power Principle was also in *Systems Ecology*... "In time, through the process of trial and error, complex patterns of structure and processes have evolved...the successful ones surviving because they use materials and energies well in their own maintenance, and compete well with other patterns that chance interposes."

Over the years Odum suggested corollaries to the maximum power principle [7] and in the early 1990's referred to the principle as the Maximum Empower Principle, reflecting his belief that systems maximize empower (emergy per unit time) rather than just power. His simplest statement of the Maximum Empower Principle, was in his in 1996 book *Environmental Accounting*... "In competition among self-organizing processes, network designs that maximize empower will prevail." [8]. In the following years several publications refined his definition and added possible fifth and sixth laws of thermodynamics [9].

Always grounded in real, ecological systems, far from equilibrium, Odum did not have difficulty in redefining energy into emergy and developing the concept of "energy quality" that lead to transformity as the basis for defining usefulness and effectiveness or that availability was more than mere quantity of energy. On the other hand, many traditional engineers and scientists have had much difficulty in following this train of thought and reasoning, suggesting at times that these concepts were hearsay. What may have been needed to bring a wider group of engineers and scientists along was a more mathematical treatment of the subjects. Odum, however, trying to reach the broadest audience possible, moved forward with his often "common sense" approach and powers of over-viewing and aggregation to make his observations visible to others through his "macro-scope." His reasoning was always that to understand anything required viewing it from the next larger scale system, within which it was embedded [10].

The Center for Environmental Policy

In 1991, H.T. Odum founded the Center for Environmental Policy which was an outgrowth of over 20 years of work at the University of Florida in developing methods of planning, designing, and quantitatively measuring sustainable patterns of human and ecological systems. The Center's main thrusts have been to conduct research, sponsor conferences, and aid in publishing and teaching principles of energy systems, systems ecology, ecological economics, and ecological engineering that are the basis for sustainable environmental policy. The Center, under the direction of H.T. Odum has had a policy of fostering creative projects that further the Center's objectives. In the mid 1990's Odum made several trips to Italy to interact with scientists at the University of Siena and at ENEA (The National Agency for New Technologies, Energy, and

¹ La prima parte, dovuta al Prof. M. Brown, viene intenzionalmente ripresentata nell'originale versione Inglese per evidenti ragioni di fedeltà.

Environment). The seeds planted during those earlier meetings are still bearing fruit, as collaborative efforts continue between the University of Siena (Dr. Sergio Ulgiati and his collaborators and students) and the Center for Environmental Policy at the University of Florida have resulted in continuing joint research initiatives, joint sponsorship of several conferences and their proceedings published [11,12,13, and 14].

In many respects this book is also fruit of those earlier visits. Corrado Giannantoni was inspired by the possibilities of the mathematics of the Maximum Empower Principle and suggested to Odum on one of the visits that a more rigorous, mathematical definition of the Principle was needed. Odum responded “and you should do it”. Thus began a several year labor of love for Giannantoni that has culminated in this book. The Center for Environmental Policy, through a generous gift from H.T. Odum has made funds available to help with the book’s publication

I am very fortunate to have been a part of the evolution of this book. As a long time collaborator of Odum’s and now Acting Director of the Center for Environmental Policy, I have been aware of Giannantoni’s labors. Over the years I have marveled at his attention to the systematics, thermodynamics, “emergetics” and mathematics of his undertaking, as well as gnosiological and epistemological details. I, barely able to keep up with his unwavering ascent toward the synthesis that culminates in this work, can pay tribute only by saying... “It has been an honor and privilege to have been a small part in seeing to its publication.” It is profound. It is not for the light hearted, nor is it for the closed minded. It cannot be read easily, or taken lightly. It may well be the beginnings of a new understanding of thermodynamics, of a reinterpretation of energy. It provides a mathematical formulation for the Maximum Empower Principle, but in fact might be much more. Giannantoni has promised that yet another book is in the works, that will be devoted to various applications of the Maximum Empower Principle in several different scientific fields. I look forward to reading it.

Giannantoni has said on several occasions that H.T. Odum was the inspiration for this book, and that it was Odum saying “...and you should do it” that caused him to begin. Odum agreed to help fund its publication under his long held belief that shared information is the most powerful and lasting form of energy there is. Unfortunately, Odum, died on September 11, 2002, before the publication of this book. During his last months, we discussed this work, and his feeling was that it represents a major contribution to the field, and that it was a very important next step in the formulation of his life work.

November 7, 2002

Mark T. Brown, Acting Director
Center for Environmental Policy
University of Florida

Literature Cited

- [1] Lotka, A.J. 1922a. Contribution to the Energetics of Evolution. Proc. National Academy of Sciences, 8:147-150.
- [2] Lotka, A.J. 1922b. Natural Selection as a Physical Principle. Proc. National Academy of Sciences, 8:151-155.
- [3] Lotka, A.J. 1925. Elements of Physical Biology, Williams and Wilkins, Inc. New York. 465 pp.
- [4] Boltzman, L. 1905. Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärme Theorie. Almanach der K. Acad. Wiss. Mechanische, Wien 36:255-299 (printing of a lecture given by Boltzman in 1886).
- [5] Odum, H. T. and R. C. Pinkerton. 1955. Time's speed regulator: the optimum efficiency for maximum power output in physical and biological systems. Am. Scientist 43(2):331-343.
- [6] Odum, H. T. 1983. Systems Ecology: An Introduction. John Wiley, NY. 644 pp.
- [7] Odum, H. T. and E.C. Odum. 1976. Energy Basis for Man and Nature. McGraw-Hill, NY. 297 pp.
- [8] Odum, H. T. 1996. Environmental Accounting: EMERGY and Decision Making. John Wiley, NY. 370 pp.
- [9] Odum, H. T. 2001. An energy hierarchy law for biogeochemical cycles. pp. 235-248 in Emery Synthesis: Theory and Applications of the Emery Methodology, Proceedings of the International Workshop on Emery and Energy Quality, Gainesville, FL, Sept. 1999, ed. by M.T. Brown. Center for Environmental Policy, Univ. of Florida, Gainesville, 328 pp.

- [10] Odum, H. T. 1971. Environment, Power and Society. John Wiley, NY. 336 pp.
- [11] Ulgiati, S. 1998. Advances in Energy Studies: Energy Flows in Ecology and Economy. Proceedings of the International Workshop in Porto Venere, Italy, Musis, Museo della Scienza e dell'informazione Scientifica, Rome, Italy. 642 pp.
- [12] Brown, M. T., S. Brandt Williams, D. Tilley and S. Ulgiati (eds.), 2001. Emergy Synthesis: Theory and Applications of the Emergy Methodology, Proceedings of the International Workshop on Emergy and Energy Quality, Gainesville, FL, Sept. 1999. Center for Environmental Policy, Univ. of Florida, Gainesville, 328 pp.
- [13] Ulgiati, S.(ed) 2001. Advances in Energy Studies. Exploring Supplies, Constraints, and Strategies. Proceedings of the International Workshop in Porto Venere, Italy, SGE Publisher, Padova, Italy,.
- [14] Brown, M.T, H.T. Odum, D. Tilley, and S. Ulgiati (eds) 2002. Emergy Synthesis 2: Theory and Applications of the Emergy Methodology. Proceedings of the Sept. 2001 Second Biennial Emergy Analysis Research Conference, Gainesville, FL, Center for Environmental Policy, Univ. of Florida, Gainesville. (in press)

O O

Parafrasando G. K. Chesterton potremmo dire: "Tutto ciò che abbiamo imparato l'abbiamo dimenticato; tutto ciò che sappiamo l'abbiamo inventato".

Infatti, come fanciulli vivaci e intraprendenti, siamo stati tuffati in una stanza piena di giochi smontati: una moltitudine di pezzi si agita nella ricerca del più adatto.

Quanti sono i blocchi in questa stanza di giochi?

La stanza è molto grande e i pezzi sembrano infiniti.

Ce la faranno i fanciulli ad utilizzarli tutti?

Forse sì. Ma, di quali blocchi, questi pezzi, sono le parti?

Ho il piacere di aver vissuto, sino ad oggi, in compagnia di Corrado Giannantoni, "compagno di giochi", amico pregevole. Mi son reso conto da subito del divario di intelligenza e preparazione che c'era tra me e lui e questo ha facilitato le cose: non ho mai sofferto di quella sorta di invidia che, purtroppo, può far capolino in quel particolare lavoro che è il nostro, a volte inutile, a volte creativo.

Il mio compito è stato (ed è) quello di ascoltarlo. E capitava spesso, quando mi partecipava le sue idee nella ricerca di nuovi paradigmi della conoscenza o le sue dimostrazioni matematiche, che io perdessi il "filo" del suo tecnicismo algebrico. Ma non mi turbavo più di tanto. Ciò che cercavo di capire era quel tanto sufficiente a definire le coordinate del punto e la natura del "campo" che lo attraeva.

Ora, come dire (e non dire) che, accettata l'idea dell'emergere della Qualità nei processi fisici e chimici, insorge anche una sorta di finalismo in tutti questi fenomeni? Cosa rappresentano i tentativi e le "conquiste" dell'intelligenza umana (soprattutto nell'ambito della scienza del "benessere") alla luce di una "spiegazione" di un divenire finalistico?

In altre parole, quale sorta di messaggio dobbiamo ritenere dai frammenti di blocchi di questa stanza di giochi che, provando e riprovando, manipoliamo continuamente in questo, quasi nevrotico, processo di assemblaggio? E se c'è un messaggio, quali informazioni contiene?

E' forse tempo di pensare ad una *iper-Fisica*, secondo il pensiero di Teilhard de Chardin?

Per ora il messaggio (se c'è un messaggio) sembra privo di significato. Ma se, per ipotesi, ammettiamo l'esistenza di un significato, la ricerca di nuovi metodi di decodifica delle informazioni è davvero un nobile impegno; e non solo nobile, ma anche doveroso, specialmente se vogliamo riportare la scienza, dal suo attuale stato di "prostituzione", a quello di più autentica conoscenza.

In questo genere di impresa (forse in tutte?) la formula *step by step* è il solo modo possibile all'Uomo? In ogni caso, un insieme di passi è sempre un percorso, e questo si evolve verso una direzione. Ma quale?

Evidentemente, se facciamo prevalere l'assioma dell'utile, la direzione è scontata. Il massimo profitto filtra la luce agli occhi e polarizza la mente: il cosiddetto *homo sapiens* troverà solamente ciò che cerca; il "resto" è una sorta di scoria della conoscenza che, al più, va ammucciata per dopo. Ma non è detto. Il "dopo" può essere tardi.

Infatti siamo ormai così soddisfatti e confinati in quella sorta di "ignoranza dotta", sterile ramo nell'evoluzione della conoscenza, che non si ha più né voglia né fantasia per andare oltre.

Il nostro ambiente, infatti, si è, in un certo modo, definito: i ninnoli sono tutti a posto, la casa sembra ordinata; seducente e garbata, soddisfa tutte le nostre necessità. Perché allora scompagnarla? Perché dovremmo conferirle un più fastoso arredo? Proprio perché, come diceva F. Fénelon, l'Uomo sanamente educato ha lo stesso gusto di Dio. Di conseguenza, gli orizzonti limitati non si addicono al Cristiano né, tanto meno, all'Uomo di scienza, Cristiano o no.

Pertanto l'audacia, in particolare nel campo della conoscenza, esprime sempre il meglio dell'Uomo, anche se porta alla sconfitta. Perché questa audacia, se pur sconfitta, ha in sé quella sublime purezza di spirito che la più pura vittoria non ha.

26 Ottobre, 2002

Lorenzo Falzetti, Ricercatore Senior
ENEA — Centro Ricerche della Casaccia
S. Maria di Galeria — Roma

o o o

Ogni soluzione ad un problema gnoseologico si delinea sempre come elemento che pretende continuità rispetto ad esso. Infatti, in tanto è soluzione, in quanto è tolta ogni discontinuità.

Ma il problema nasce soltanto come eccedenza. La realtà, infatti, non è problematica: semplicemente c'è, e il suo esser presente è la sua stessa ragion d'essere.

Tuttavia, invece di essere sedotti ed appagati da ciò che c'è e perciò essere invitati a vivere la realtà, noi siamo attratti da ciò che manca, da ciò che, in quanto assente, non è visibile, né sperimentabile, ma si rivela ugualmente. Il problema infatti nasce dalla Qualità, inizialmente percepita come mancanza: "un di più" che non c'è. Per questo ci stupiamo. Ogni forma di conoscenza sorge precisamente dalla scoperta di questa eccedenza assente che, percepita come un'assenza eccedente la linearità, è perciò interpretata come problema.

La scienza, in tale prospettiva, dovrebbe supplire questo "di più" (ordine, misurabilità, prevedibilità, etc.) ricostituendo una continuità a quegli eventi che si erano presentati come discontinui. Con essa, è come se volessimo ripristinare quella linearità continua, cioè senza problemi, che ci rassicura mediante il dominio della conoscenza (che è, nel contempo, conoscenza in forma di dominio).

C'è come una nascosta paura che ci spinge a vanificare ogni eccedere problematico: la nostra relazione con l'oggetto, che dovrebbe perdere la sua problematicità, non scaturisce da una nostra libera adesione, ma dall'obbligatorietà incontrovertibile del numero.

Più forte l'obbligatorietà, più inattaccabile sembrerebbe una "legge" scientifica. E in questo dobbiamo ammettere che la scienza si è alimentata del suo desiderio di ap-pianare tutto, facendo del surplus di Qualità non una ricchezza (il "di più") che si rivela e ci comunica, ma, appunto, un problema da eliminare.

Per far ciò, si è fatto ricorso ad una Logica della necessità, della consequenzialità, della coerenza, una sorta di costrizione che riflettesse l'incontrovertibile fattualità dei fenomeni naturali e la loro (supposta) conseguente necessità. Insomma, avremmo desiderato vivere la continuità della realtà ma, a causa di quel sur-plus che si è manifestato, abbiamo scelto di eliminarlo sistematicamente. Quasi disturbati dalla rilevanza che rompe l'equilibrio naturale, rilevanza che il nostro pensare non riesce a sradicare all'interno di se stesso e con il quale riveste e legge i fatti della natura, abdichiamo a questa nostra specificità per as-simil-are il pensiero alle cadenze necessarie dei fenomeni, ap-piat-tendo la discontinuità alla continuità, la differenza all'identità, l'eccedente novità alla ripetitività prevedibile. In sostanza, fondiamo la relazione cognitiva solo per difenderci.

La contraddizione, anche se celata, è forte: la scienza nasce e si giustifica esattamente per eliminare ciò che la fa nascere e la giustifica.

La sua consapevole dignità, invece, le dovrebbe consigliare di mantenere relazioni discrete con i fenomeni, per alimentarsi di ciò che l'ha fondata, per orientarsi esattamente secondo il proprio

statuto epistemologico: è la differenza che la dovrebbe guidare, non quell'omogeneità che cancella l'ulteriore, e così facendo, cancella la sua stessa progressione e il suo sviluppo.

Il prius, l'incipit, l'avvio è molto semplice e costituisce una convinzione trimillenaria, sulla base della quale il pensiero occidentale ha costruito la sua civiltà: la totalità è molto superiore alla somma delle sue singole parti o, più analiticamente, "ogni cosa è più legata col tutto che con la propria forma". In altre parole, persino la nostra stessa identità (cioè ciò che realmente si è) è esclusivamente acquisita solo in quanto relazionata al tutto. La "liquidità" dell'acqua, ad esempio, è un di più che va oltre la somma dei suoi componenti chimici: al punto che né i due atomi di Idrogeno né quello di Ossigeno prevedono, in se stessi o nella loro sommatoria, tale nuova qualità, una proprietà eccedente rispetto a tutto ciò che è misurabile.

Ma non è necessario entrare in tanti casi particolari: basti il riferimento alla vita: quel quid che va ben al di là della somma degli elementi che, pure, la compongono. Questi elementi, infatti, la compongono senza però riuscire a dare vita alla vita.

Questo libro è un problema:

- i) perché vuole offrirsi come un sur-plus che rompe la continuità di una visione scientifica dogmaticamente imposta come fosse unica;*
- ii) perché sceglie di evidenziare la Qualità come rivelantesi;*
- iii) perché definitivamente risolve aprendo ancora una volta all'ulteriore, benché problematico; rispettando, in tal modo, la causa sorgiva di ogni forma di conoscenza: la meraviglia.*

Ma proprio perché libro-problema, il lettore può reagire ad esso cercandone l'annullamento per imporre di nuovo la continuità: meglio tornare alla norma-lità, all'omo-logazione.

Allineare pensiero e realtà, nella relazione cognitiva, non deve far prevalere la presunta continuità del reale, ma la discontinuità qualitativa, proprio perché problematica, del pensare umano. Il "de-finire", ad esempio, non può, dunque, pretendere l'obbligo del sapere su basi di "confinamento", di "chiusura" dei limiti concettuali del fenomeno o della cosa. Chiede, invece, l'adesione libera al non minus quam, al suo prossimarsi mediante il cum-prendere, quella comprensione che non si origina dalla contrapposizione problematica da eliminare, ma da qualcosa che eccede, che noi possiamo riconoscere ed accogliere. Il sapere può, in tal modo, superarsi ed inverarsi nell'intus-legere, nell'intelligenza della realtà.

Non bastano soggetto ed oggetto per costruire una conoscenza: è la Qualità della relazione ciò che valorizza entrambi ed essa non deriva né dall'uno né dall'altro. E' un tertium al quale aderire, non certamente da imporre.

La Logica (cioè il pensare secondo le cadenze del pensiero) è precisamente la scelta libera di riconoscere l'eccedere della Qualità. Invece, sino ad oggi, la Logica ha scelto le cadenze necessarie e coercitive dei fatti materiali, rinnegando la sua stessa identità sorgiva. Le catene seducenti del factum hanno, infatti, per secoli, av-vinto il pensiero della scienza e della logica, spingendole al rinnegamento della propria specificità di fronte ai fenomeni naturali.

Com-prendere non è conquista di un sapere esteso o conseguenza di una ripristinata continuità a-problematica con il reale. Com-prendere è una avvenuta aderenza, tanto più vitale quanto più intensiva. Mi si passi l'immagine, ma il Don Giovanni non ha una conoscenza delle donne perché ne ha sviluppato l'estensione e ne ha evitato la problematicità: ciò che trionfa nella sua fenomenicità è, infatti, l'egoità e la solitudine.

Quanto più vera è l'intensità di una relazione, tanto meno necessita di estensione, per dare adesione alla Qualità, irripetibile unicità.

15 Ottobre, 2002

Roberto Rossi, Filosofo
Università Lateranense – Roma

Ringraziamenti

I miei ringraziamenti vanno anzitutto all'ENEA (Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente), l'Istituzione Scientifica per cui ho lavorato per più di 25 anni, perché mi ha offerto la possibilità di occuparmi, contemporaneamente, di tre aspetti della Termodinamica strettamente complementari, l'Energia, l'Exergia e l'Emergia, nel contesto dei suoi Programmi di Attività istituzionali

Al tal riguardo vorrei espressamente ringraziare il Dott. William Mebane, Direttore della Divisione Risparmio Energetico, che nel 1991 fu estremamente favorevole alla mia proposta di aprire un nuovo campo di attività basato sull'Analisi Exergetica. Lo stesso Dott. Mebane prese l'iniziativa di proporre tale nuova linea di attività al Consiglio di Amministrazione dell'Ente, attraverso il Prof. Ugo Farinelli (a quel tempo Consigliere del Presedente dell'ENEA). In tal modo il termine "Exergia" divenne parte integrante del Piano Triennale dell'ENEA 1992-1995.

Devo inoltre ringraziare il Prof. Farinelli perché suggerì tempestivamente che prendessimo in considerazione anche un altro fondamentale approccio all'analisi dei Sistemi Complessi: l'Analisi Emergetica.

Inviò infatti al Dott. Mebane (che poi lo girò direttamente a me) un rapporto scientifico preparato per una sua imminente pubblicazione ufficiale¹, dal quale venni per la prima volta a conoscenza di questa nuova grandezza fisica denominata Emergia.

Durante i successivi 9 mesi ebbi diversi contatti epistolari con il Prof. Sergio Ulgiati (primo Autore del lavoro), a cui ho continuamente richiesto ulteriori articoli e documenti per comprendere meglio l'origine logica e fisica di questo nuovo concetto, insieme con la sua rigorosa definizione. Pertanto la prima ragione per cui vorrei ringraziare il Prof. Ulgiati è la sua disponibilità a "trattare" con un interlocutore così reiteratamente importuno. Tuttavia, la vera ragione del mio ringraziamento apparirà più oltre.

Ciò che mi colpì maggiormente nell'Analisi Emergetica fu la speciale forma di Algebra adottata (denominata "Algebra Energetica"), perché era completamente diversa dall'Algebra tradizionale ma, allo stesso tempo, decisamente "simile" al Calcolo Differenziale Frazionario che avevo iniziato a studiare circa sei anni prima. Infatti, la prima volta che incontrai personalmente il Prof. Ulgiati non persi l'occasione per chiedergli: "Perché in Algebra Emergetica non adottate il Calcolo Differenziale Frazionario?".

La risposta e l'evoluzione di una così curiosa sequenza di circostanze e di eventi è fedelmente rappresentata dal graduale "emergere" di questo lavoro e, soprattutto, da quell'immediata reciproca simpatia che è poi stata la base di una ininterrotta attività di collaborazione, come pure della nostra sempre più profonda amicizia. (*En passant*, il titolo di questo libro l'abbiamo deciso insieme).

Infatti, alcune settimane dopo il Prof. Ulgiati mi invitò a partecipare ad uno speciale corso sull'Analisi Emergetica tenuto dal Prof. Mark T. Brown, a Siena (Settembre 1993), durante il quale ho avuto l'opportunità di conoscere un'altra persona estremamente importante nella mia vita. La mia collaborazione con il Prof. Brown iniziò proprio lì, a Siena: preparammo insieme uno schema generale che riproduceva, attraverso la speciale tecnica dei *System Diagrams* adottata in Analisi Emergetica, il Sistema Energetico Italiano nei suoi aspetti Termodinamici, Economici e Giuridici (Norme e Leggi), successivamente presentato all'International Workshop di Porto Venere (v. Giannantoni, 1998).

Devo ringraziare particolarmente il Prof. Brown anche perché ha sempre incoraggiato i miei tentativi di introdurre, in Analisi Emergetica, i "Termini Sorgente matematicamente Equivalenti",

¹ Ulgiati S., Odum H. T., Bastianoni S. *Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy analysis of Italy*. Ecological Modeling 73 (1994) 215-268 (received 9 December 1992, accepted 10 August 1993).

che hanno rappresentato il passo fondamentale per la successiva formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle.

Nel frattempo, una nuova attività di ricerca, svolta in collaborazione fra l'ENEA e l'Università di Siena, riguardante sette differenti modalità di produzione dell'Energia elettrica, tutti da valutare nel contesto dell'Analisi Energetica, suggerì che, da un punto di vista organizzativo, io seguissi tale ricerca applicativa come membro di una Divisione più sperimentale (la Divisione Ingegneria e Impianti Sperimentali).

Al tal proposito, devo sinceramente ringraziare il suo Direttore, l'Ing. Giorgio Palazzi, che intuì immediatamente il ruolo strategico sia dell'Analisi Exergetica che dell'Analisi Energetica, con particolare riferimento agli Impianti di Cogenerazione. E' questa la ragione per cui mi incoraggiò a procedere in tali ricerche e, grazie al finanziamento del Ministero dell'Industria, suggerì che si analizzasse un Impianto di Cogenerazione, assunto come Sistema di Riferimento, sia in termini di Analisi Energetica (ENEA), sia in termini di Analisi Exergetica (Università di Padova), sia in termini di Analisi Energetica (Università di Siena, con la collaborazione dell'Università della Florida) (ib.).

Tuttavia la persona che vorrei ringraziare maggiormente è il Prof. Howard T. Odum, il quale, invitato dalla nostra Divisione a tenere due splendide *Lectures* presso la Sede Centrale dell'ENEA (24 Maggio 1995), fu così gentile da trascorrere (insieme con la sua Signora, la Prof.ssa Elisabeth Odum, presente anche il Prof. Ulgiati) un'intera giornata insieme con me, per rispondere alle mie domande, dissolvere i miei dubbi, suggerire nuove possibili linee di ricerca (fra l'altro non posso fare a meno di ricordare che, come suo personale omaggio, volle regalarmi cinque tra i suoi più famosi libri).

Alla fine di quella giornata, dopo aver personalmente constatato la profonda disponibilità ampiamente dimostrata dal Prof. Odum, decisi di esprimere francamente le mie perplessità circa il Maximum Em-Power Principle per il fatto che venisse definito come Principio "Termodinamico". Infatti, feci osservare, senza una formulazione matematica del Principio non sarebbe mai stato possibile decidere se il Maximum Em-Power Principle fosse da considerarsi come un Principio "Termodinamico" (oppure no).

Il Prof. Odum, con un dolce e delicatissimo sorriso, immediatamente replicò: "Sono perfettamente d'accordo, ma io credo che tu possa riuscire in questa impresa".

Questa speranza, così apertamente manifestata dal Prof. Odum, segnò indelebilmente la nascita "ufficiale" di questo libro.

Per anni, infatti, il suo sguardo paterno mi ha incoraggiato in questo difficile compito. Il suo fiducioso invito mi ha sostenuto specialmente quando si presentarono le maggiori difficoltà, soprattutto durante le fasi finali della sua formulazione.

Grazie Professor Odum. Questo libro è più merito Suo che mio. Senza quel dolce sorriso e quel fiducioso invito paterno, non avrei mai trovato il coraggio di affrontare un'impresa così ardua.

A tal riguardo, però, non posso dimenticare di ringraziare anche il Dott. Franco Norelli, uno dei migliori Matematici che l'ENEA abbia mai avuto, che, sin dai miei primi anni nell'Ente, ha sempre amichevolmente seguito i miei progressi in Matematica, specialmente nel campo delle equazioni differenziali non-lineari, ed in particolare nella ricerca di possibili soluzioni esplicite. Fu proprio lui ad incoraggiarmi nei miei primi (e necessariamente incerti) tentativi per la definizione di una nuova derivata frazionaria ed apprezzò le mie preliminari (e necessariamente incerte) definizioni con molti suggerimenti e consigli.

Potrei dire lo stesso del mio caro amico e collega fraterno Lorenzo Falzetti. Ci incontrammo a causa di un problema sperimentale: un fascio a sette barre progettato per simulare l'ebollizione del sodio nei Reattori Veloci. L'analisi dei vari aspetti coinvolti ci condusse a parlare delle deformate di Eulero e di tutte le loro relative conseguenze. Rimasi davvero strabiliato della sua profonda competenza in quel campo, ma con ciò avevo appena percepito la "punta" dell'iceberg, rappresentato dalla sua cultura enciclopedica (e non solo in campo tecnico). Devo in particolare

ringraziarlo perché è stato il mio “specchio”, intelligente e paziente, dinanzi ad ogni mio tentativo proteso ad affrontare nuovi problemi scientifici.

Come non ringraziare poi l’Ing. Sigfrido Vignati, amico amorevole e valente collega che, con il suo profondo senso della vita e della realtà, mi ha costantemente invitato a rimanere sempre con i piedi per terra, richiedendomi ogni volta ulteriori e più validi supporti a sostegno di qualsiasi nuova acquisizione (suppositivamente) raggiunta.

Un particolare e sincero ringraziamento è inoltre rivolto a tutti i colleghi che ho conosciuto in ENEA. Certo non posso citarli tutti. Voglio solo dire, però, che sono delle persone speciali. Ciò ha sicuramente contribuito (e ancora contribuisce) a fare dell’ENEA un Istituto di Ricerca del tutto *sui generis*.

Un ringraziamento davvero particolare va al Prof. Roberto Rossi, apprezzato e valente Filosofo, ampiamente riconosciuto sia in Italia che all’estero, che è stato uno dei miei più cari amici sin dall’infanzia. Siamo stati entrambi studenti presso il Collegio S. Maria in Roma, nella stessa classe al Liceo Classico, giocatori nella stessa squadra di calcio ai campionati Regionali. La nostra ininterrotta amicizia ci ha arricchito entrambi: lui è diventato un po’ più “Scienziato”, io sono divenuto un po’ più “Filosofo”. Durante questo lungo periodo di tempo la nostra iniziale “dissonante assonanza” (con qualche contrasto di natura teoretica) è diventata progressivamente una “assonante consonanza”. Devo infatti riconoscere che gli elementi fondamentali della “prospettiva sorgiva” secondo cui guardare alle cose che ci circondano è dovuta a lui. La stessa prospettiva che mi ha aiutato a riconoscere come, nelle scoperte di Odum, si parlasse più appropriatamente della Qualità.

Ovviamente non posso dimenticare mia moglie Fernanda e le mie care ragazze, Patrizia e Barbara, come incomparabili “co-autrici” di questo lavoro. Non solo per la loro pazienza, per il rispetto del silenzio in casa, per il tempo loro sottratto, ma anche per il loro entusiasmo e validissimo contributo, in particolare nel tradurre in Inglese gli ultimi quattro versi della Divina Commedia di Dante, citati al termine del capitolo decimo².

Infine, ma non certo di minor conto, il mio ringraziamento va alla cara amica Judith Bolton, Docente presso l’English School di Roma e Professoressa al Liceo Linguistico Seneca, non solo perché ha contribuito alla revisione della preliminare versione in Inglese, ma perché è persino entrata nell’argomento specifico, così da poter suggerire più efficaci espressioni, più appropriate trasposizioni, più eleganti forme nella traduzione di molti concetti.

Vorrei ringraziare anche tutte le persone qui non esplicitamente menzionate. Esse sono tutte riunite in quel pronome “noi” che intenzionalmente (e pressoché sistematicamente) viene adottato nel libro (questa, infatti, è la sola parte dove compare il pronome “io”, perché i Ringraziamenti sono un fatto strettamente personale). E ciò per rispettare quel saggio proverbio che dice: “Quando scrivi un libro, è meglio che tu dica “noi”, piuttosto che “io”, perché il contributo dovuto agli altri è sempre maggiore del tuo”.

Roma, 15 Novembre 2002

Corrado Giannantoni

² I quattro versi citati, nel tentativo di riprodurre il più fedelmente possibile sia il contenuto che la musicalità dell’endecasillabo, come pure la consonanza e la struttura delle rime, nella Edizione Inglese vennero così tradotti:

*My fantasy, just here, its failure proved.
But Love, that stars and the Sun moves as one mill,
Was turning, as one wheel, equally moved,
Both my desire of knowledge and my will.*

Capitolo 1

Introduzione

Sommario. *Questo capitolo introduttivo presenta la struttura generale del libro, il suo contenuto essenziale e le principali finalità. Descrive anche la suddivisione del testo in tre parti sostanzialmente parallele che corrispondono a tre livelli di analisi gerarchicamente diversi (anche se strettamente interconnessi) e fornisce un'analisi sintetica del pertinente contenuto di ogni parte. Lo scopo principale del capitolo è quello di fornire al Lettore, sin dall'inizio, un quadro generale dell'intero libro. Quindi, dopo la presentazione della struttura logica dei risultati più recenti raggiunti nella Termodinamica (I livello), e dopo aver dato una visione sintetica del contesto storico-culturale in cui sono situati come significativo miglioramento qualitativo (II livello), il capitolo conclude con una analisi delle quattro diverse prospettive che sono teoricamente possibili nel campo epistemologico (e anche gnoseologico). Tali prospettive costituiscono di fatto il punto di riferimento fondamentale intorno al quale si sviluppa, in tutti i vari capitoli del libro, il terzo livello di analisi, con l'obiettivo di cercare una possibile prospettiva unificante che sarà delineata gradualmente, e in maniera chiara e definitiva solo alla fine del libro.*

1. Struttura e finalità del libro

Riteniamo che sia particolarmente importante che il Lettore abbia, sin dall'inizio, una visione chiara sia della struttura, sia del contenuto, sia della finalità del libro; ciò infatti consente di collocare ogni fase logica successiva (rappresentata idealmente da ogni capitolo) in un quadro organico in cui ogni parte ha un'intima relazione con le altre.

Da un punto di vista sintetico il *cardine* centrale del libro è chiaramente rappresentato dalla formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle (o Principio della Massima Potenza Emergetica). Infatti tale Principio, dovuto a Lotka-Odum (che riconsiderarono alcune originali idee di Boltzmann, analizzate in dettaglio nel quarto capitolo), è stato generalmente considerato per molto tempo come il "Quarto Principio della Termodinamica" principalmente per la sua *validità pratica* (in relazione ad un'ampia classe di Sistemi fisici e biologici), giacché la sua formulazione generale non è era ancora stata definita in rigorosi termini matematici. In queste condizioni è sempre apparso molto difficile, almeno fino ad ora, rispondere ai seguenti quesiti fondamentali:

Il "Principio della Massima Potenza Emergetica" è veramente un Principio *Termodinamico*?

È effettivamente *indipendente* da altri ben noti Principi della Termodinamica (come la conservazione dell'Energia e la degradazione dell'Exergia)?

Al fine di fornire un contributo per una auspicabile risposta definitiva a questi quesiti, nel 1995 abbiamo iniziato ad analizzare un possibile *percorso* risolutivo, sufficientemente ben delineato, che avrebbe potuto portare ad una formulazione matematica generale del Principio in considerazione. Tale risultato, raggiunto attraverso due fasi successive, sinteticamente presentate in Giannantoni (2000a, 2001c), ha suggerito quindi l'idea di una esposizione più organica (costituita da questo libro), in cui la precedente formulazione rappresenta soltanto il *primo livello di analisi*.

Infatti il *ruolo centrale* del Maximum Em-Power Principle può anche essere visto secondo due ulteriori prospettive, fundamentalmente distinte, ma complementari. La sua enunciazione formale, infatti, rappresenta sia una sorta di *apice* (o punto di arrivo) di una lunga attività di ricerca sull'Energia sviluppata da diversi Autori negli ultimi due secoli (secondo livello di analisi) e, allo stesso tempo, un nuovo *punto di partenza* da cui può essere *derivata una molteplicità di conseguenze* (terzo livello di analisi). Una delle conseguenze più importanti è che i tradizionali e ben noti Principi della Termodinamica possono essere riconsiderati in una prospettiva più generale e il loro soggiacente contesto culturale *quantitativo* può essere reso più fecondo alla luce di un nuovo e più profondo concetto di Qualità.

Per quanto riguarda la *struttura logica* del libro possiamo partire dalla considerazione del fatto che la formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle può essere sostanzialmente ottenuta attraverso tre fasi successive (indicate dal rettangolo tratteggiato nella Fig. 1.1) vale a dire:

- (i) una rigorosa definizione dell'Emergia in termini matematici
- (ii) la formulazione di una pertinente Equazione di Bilancio Emergetico Globale (in perfetto accordo con le Regole di Algebra Emergetica)
- (iii) la formulazione matematica del Principio stesso

Per ragioni di generalità queste tre fasi saranno ovviamente analizzate a tre livelli diversi (e progressivamente gerarchici) riguardanti il comportamento dinamico temporale del Sistema analizzato: condizioni di equilibrio *stabile*, in condizioni *stazionarie* e in condizioni *generalmente variabili*. In questa fase del lavoro il libro logicamente (ed espressamente) si occupa della problema di sapere se il Principio preso in considerazione è effettivamente il “Quarto Principio della Termodinamica” (come già ricordato) e quali sono le sue relazioni con gli altri ben noti Principi della Termodinamica. Infatti solo una sua rigorosa formulazione matematica (ora finalmente disponibile) costituisce in realtà la vera e solida base per fornire una risposta corretta ai precedenti quesiti. Per ragioni di chiarezza questi quesiti vengono articolati come due rami di una specie di biforcazione (vedi Fig. 1.1). Il primo quesito viene sviluppato nella sequenza verticale dei riquadri sulla sinistra (dall'alto verso il basso), mentre il secondo quesito è analizzato attraverso la sequenza parallela (sul lato destro) degli argomenti che devono essere conseguentemente presi in considerazione. A tale scopo è opportuno evidenziare subito che l'*esposizione* risulta molto più chiara se l'ultimo quesito viene analizzato per primo. In tal modo la sequenza degli aspetti presi in considerazione, e indicati simbolicamente nella Fig. 1.1 tramite i rispettivi concetti di base, può essere articolata nella sequenza di domande qui riportata:

- i) Qual è la relazione fra il M. Em-P. Principle e il Primo Principio della Termodinamica?
- ii) Qual è la relazione tra il Principio della *Massima* Potenza Emergetica e il Principio della *Minima* Azione?

Quest'ultimo quesito, strettamente collegato con il primo, è molto importante perché confronta dei Principi che potrebbero essere potenzialmente in contrasto l'uno con l'altro. Per sottolineare tale possibile contrasto, il Principio di Hamilton, generalmente conosciuto (in Inglese) come il Principio dell'*Azione Estremale*, è stato ridenominato utilizzando l'aggettivo *Minima* (anche se meno corretto) soltanto per evidenziare il contrasto (apparente) con *Massima*. D'altro canto la distinzione tra *Minimo* ed *Estremo* non è, come vedremo, strettamente essenziale per i nostri scopi. In altre parole cercheremo di rispondere a questa esplicita domanda: c'è contrasto tra questi due distinti Principi, uno dei quali dice che il qualcosa tende *verso un Massimo* mentre l'altro dice che qualcos'altro tende *verso un Minimo*?

La sequenza dei quesiti continua come segue:

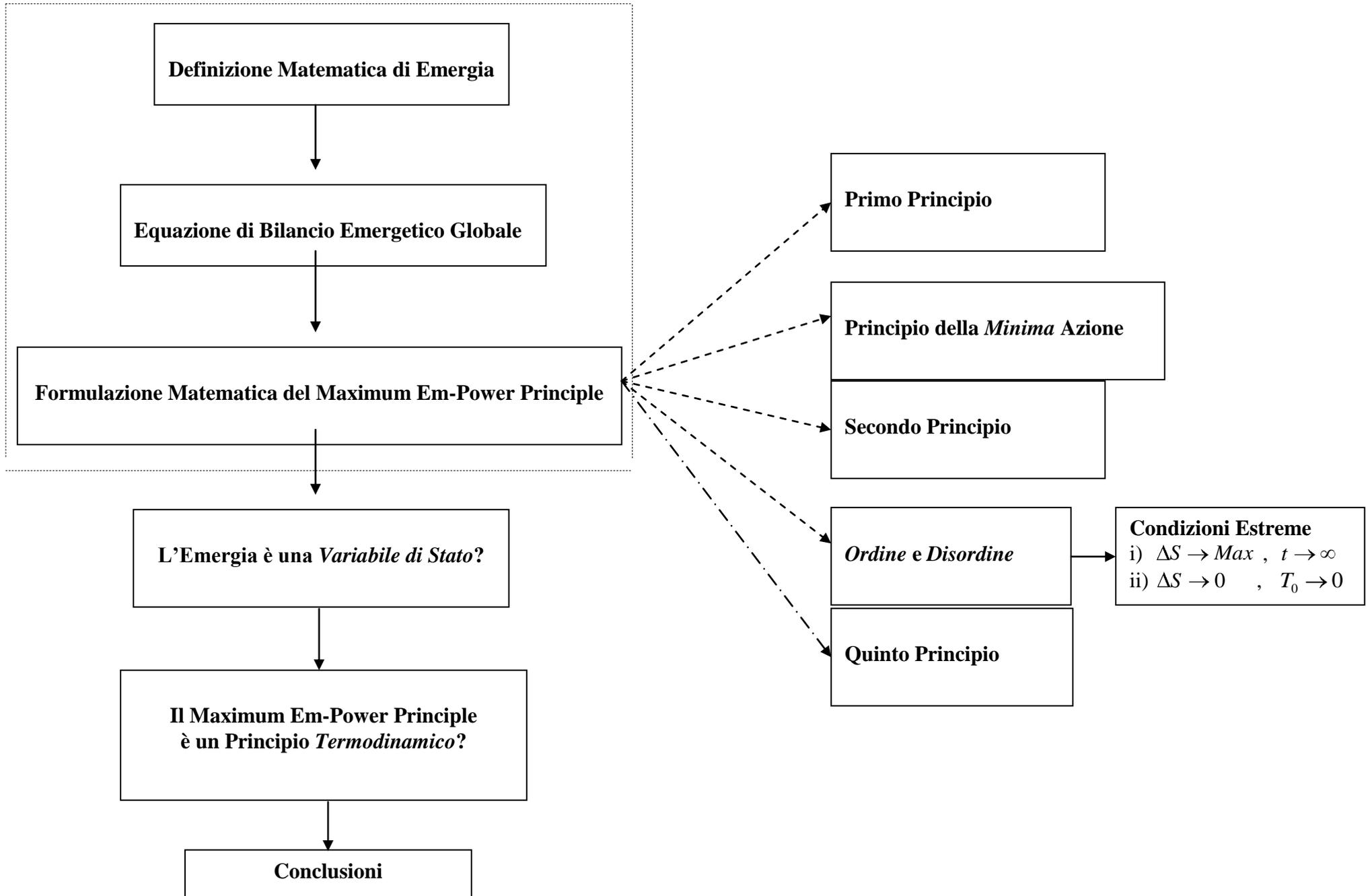
- iii) Qual è la relazione tra il M. Em-P. Principle e il Secondo Principio della Termodinamica?

La considerazione dei due tradizionali Principi della Termodinamica nella loro abituale sequenza, cioè come *Primo* e *Secondo* (anche se questa sequenza corrisponde all'ordine inverso rispetto alla loro origine storica) non presenta soltanto alcuni vantaggi dal punto di vista espositivo, ma consente anche di evidenziare immediatamente gli effetti della prospettiva quantitativa *dominante*, nella Termodinamica Classica, anche quando la Qualità divenne particolarmente importante a valle della sua irriducibile evidenza sperimentale. E ancora:

- iv) Qual è l'influenza del Maximum Em-Power Principle sui concetti di “ordine” e “disordine”?

Tale quesito ci consentirà di analizzare la relazione tra il Principio della *Massima* Potenza Emergetica e il *Terzo* Principio della Termodinamica da un punto di vista più generale. Vedremo quindi che il Maximum Em-Power Principle introduce un nuovo concetto di *Ordine*, più generale rispetto a quello tradizionale, alla luce del quale la sua profonda novità fisica e concettuale diventerà particolarmente chiara non soltanto in condizioni normali ma anche in condizioni estreme.

Fig. 1.1 - Schema del libro per capitoli



v) L'elenco dei quesiti presi in considerazione si conclude con il seguente: Qual è la relazione tra il cosiddetto "Quinto Principio" (H. T. Odum) e il Principio della Massima Potenza Emergetica?

Vedremo che, anche se il primo dei due non è stato ancora formulato in termini matematici, esso risulta tuttavia strettamente correlato con il Quarto Principio. Ciò nondimeno il secondo spiega in quale senso specifico il primo può essere da esso "ottenuto", anche se non semplicemente come "derivato" (cioè come se fosse una pura conseguenza matematica necessaria). Per quanto riguarda il ramo verticale della ideale "biforcazione" ricordata, la sequenza dei quesiti (v. Fig. 1.1) dovrebbe essere sufficientemente chiara di per sé. Infatti, prima di chiedersi se il Maximum Em-Power Principle è un principio Termodinamico oppure no, è importantissimo rispondere ad un preliminare quesito fondamentale: l'Energia è una *variabile di stato*?

Vedremo allora che il Principio della Massima Potenza Emergetica suggerisce, attraverso il concetto di Energia, di riconsiderare l'evoluzione del concetto di "variabile di stato", dalla Termodinamica Classica alla Teoria dei Sistemi Dinamici, e di introdurre un concetto ancora più generale che potrebbe (sperabilmente) risultare più aderente alle variabili di Qualità.

Com'è facile immaginare anche da queste poche parole introduttive, il lavoro finora svolto (e qui presentato in forma articolata) ci metterà in grado di mostrare che ci stiamo occupando della formulazione matematica di un *Principio* così *generale* che apparirà (con specifico riferimento all'ultimo quesito) come qualcosa di molto più che un Principio *Termodinamico* tradizionale. Questo fatto sarà chiaramente mostrato dalle conclusioni particolarmente importanti che potranno essere ottenute a partire da questo stesso Principio.

La rilevanza dei vari aspetti precedentemente menzionati ha di conseguenza suggerito di strutturare il libro in base ai due seguenti criteri di base:

- 1) ogni argomento, idealmente rappresentato da una "casella" in Fig. 1.1, corrisponde all'oggetto di un specifico capitolo.
- 2) ogni capitolo, poi, sviluppa il pertinente tema secondo tre diversi livelli di analisi
 - a) primo livello: esposizione dei più recenti risultati della nostra ricerca;
 - b) secondo livello: loro basi scientifiche fondamentali e loro sviluppo in relazione ai risultati precedentemente ottenuti nella Termodinamica Classica;
 - c) terzo livello: analisi generale degli associati aspetti gnoseologici ed epistemologici con particolare riferimento alle più significative novità introdotte, in tale contesto, dal Principio della Massima Potenza Emergetica.

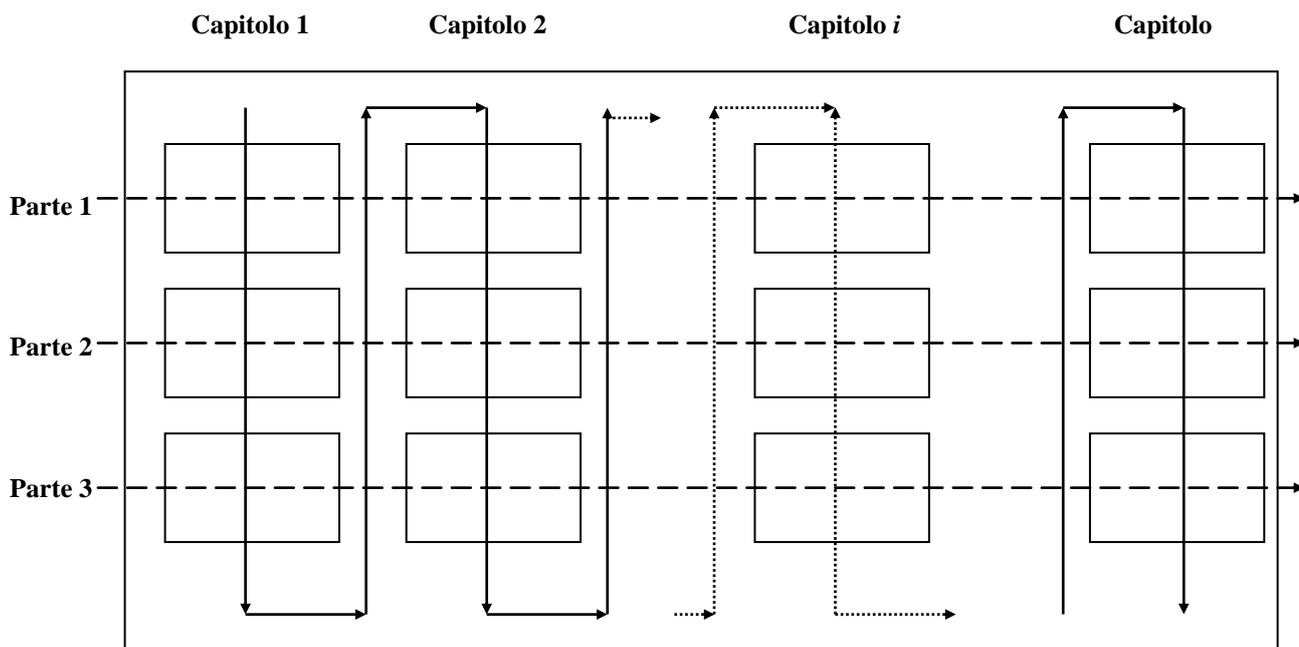


Figura 1.2 - Struttura del libro sotto forma di matrice ideale (3 righe per 14 colonne)

I tre livelli di analisi summenzionati, a parte alcune altre esplicite indicazioni, saranno evidenziati anche da tre diversi caratteri tipografici (rispettivamente: Times New Roman, Abadi MT Condensed Light e Italics).

La scelta di tale organizzazione per livelli comporta che il libro è strutturato come una sorta di matrice (v. Fig. 1.2). Tale struttura offre al lettore diverse modalità di lettura fra loro alternative. Qui menzioniamo solo quelle principali.

- 1) È possibile leggere, nella loro sequenza, solo la prime parti di ogni capitolo. Ciò consente al Lettore di essere immediatamente informato sui risultati più recenti circa l'argomento di cui si tratta (prima linea orizzontale tratteggiata);
- 2) È possibile leggere la sequenza delle seconde parti dei vari capitoli anche indipendentemente dalle prime parti. Tale sequenza consente al lettore di conoscere le basi teoriche e sperimentali dei risultati aggiornati (precedentemente ricordati) e la loro relazione innovativa rispetto allo sviluppo storico della Termodinamica;
- 3) In alternativa, la lettura della sequenza delle terze parti di tutti i capitoli fornisce al Lettore un quadro generale dei problemi gnoseologici ed epistemologici associati ai temi che sono oggetto dei capitoli specifici e la loro corrispondente evoluzione logica nella storia del pensiero occidentale, insieme ai chiarimenti sostanziali introdotti dal Maximum Em-Power Principle.

E' anche evidente che la lettura suggerita dalla sequenza delle parti così come queste vengono proposte dalla stessa impaginazione del libro (v. linea continua in Fig. 1.2) offre al Lettore una prospettiva nuova e molto più interessante:

- infatti il lettore si trova immediatamente di fronte ai risultati più recenti che rappresentano certamente una novità più o meno marcata (primo livello);
- tale novità, a sua volta, è ulteriormente evidenziata attraverso il confronto con la situazione della Termodinamica Classica immediatamente precedente (secondo livello);
- le differenze così sottolineate vengono ulteriormente rimarcate da una loro analisi al livello dei problemi epistemologici e gnoseologici che esse comportano (terzo livello);
- quando il Lettore, alla fine di ogni capitolo, torna al primo livello di analisi (all'inizio del capitolo successivo) conserva sicuramente in mente tale struttura gerarchica. In tal modo la lettura di ogni parte del capitolo non costituisce soltanto un semplice proseguimento della corrispondente parte del capitolo precedente (come le linee orizzontali tratteggiate nella Fig. 1.2), ma il livello di analisi preso specificamente in considerazione viene contemporaneamente situato (e di conseguenza *ordinato*) anche in tale prospettiva "verticale";
- ciò significa che il Lettore è indirettamente invitato a sollevare lo sguardo al di là del singolo risultato specifico che sta (in quel momento) analizzando e a considerare il posizionamento di quel risultato nella storia della Termodinamica Classica e i suoi possibili sviluppi futuri verso stadi sempre più avanzati. Allo stesso tempo il Lettore è anche incoraggiato a considerare le più rilevanti implicazioni concernenti il problema della *conoscenza umana* e la possibile *prospettiva unificante* che viene suggerita dal Principio della Massima Potenza Emergetica.

Come diretta conseguenza dei precedenti presupposti è evidente che il criterio generale per cui ogni capitolo è organizzato su tre livelli di analisi è stato adottato anche per il presente capitolo. Ciò implica che ora, immediatamente dopo aver mostrato la struttura generale del libro e come i risultati principali siano organizzati nei vari capitoli, forniremo un quadro sintetico del soggiacente contesto storico-culturale nella Termodinamica (sia da un punto di vista teorico che sperimentale), che ci consentirà di inquadrare meglio tali risultati. Come paragrafo conclusivo introdurremo quindi i problemi epistemologici più importanti, che verranno formulati sia con riferimento al concetto di Energia, sia in senso più generale, e cioè in termini tali da riguardare qualunque altro campo scientifico.

2. Sintetico “panorama” del contesto culturale della Termodinamica negli ultimi due secoli

Nel presente paragrafo delineiamo un quadro sintetico del contesto culturale della Termodinamica in cui viene a posizionarsi il Principio della Massima Potenza Emergetica. Tale contesto storico-culturale potrebbe sinteticamente dirsi come caratterizzato da un *graduale emergere della Qualità in una prospettiva prevalentemente di Quantità*. Infatti, da un punto di vista Termodinamico, il XIX secolo può essere caratterizzato dalla coesistenza di due fondamentali scuole di pensiero che, quasi sempre, si muovono in parallelo: i “Pionieri della Tecnica” (che propongono continuamente soluzioni ingegneristiche per nuove macchine) e gli “Scienziati del Calore” (che studiano la sua capacità di poter essere trasformato in “lavoro meccanico”). Questi ultimi divennero gli artefici di quello sviluppo teorico che oggigiorno è riconosciuto come base di qualunque altra conoscenza tecnico-scientifica. Queste due “correnti” hanno finito per incontrarsi solo (e definitivamente) verso la fine del secolo e da tale “matrimonio” è nato ciò che viene specificamente chiamato “Tecnologia”. (Matarolo, 1996)

Per quanto riguarda la seconda “Scuola di pensiero”, la Fig. 1,3 mostra in maniera schematica i ben noti Principi della Termodinamica progressivamente scoperti, insieme con alcuni Autori e date di riferimento.

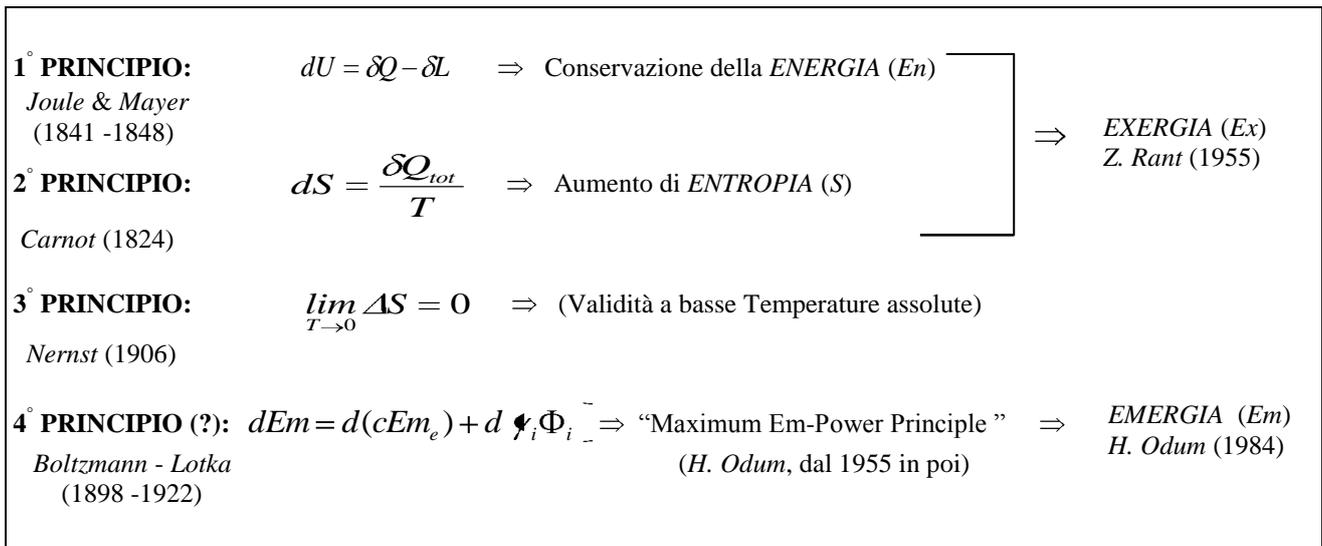


Fig. 1.3 Principi della Termodinamica (con alcuni Autori e date di *riferimento*)¹ (Giannantoni 1998, 2001e)

La “nascita ufficiale” della Termodinamica viene convenzionalmente fissata al 1824, anno della pubblicazione dell’opera più famosa di Sadi Carnot, “*Réflexions sur la puissance motrice du feu*”, in cui l’autore stabiliva chiaramente le condizioni fisiche (in seguito rigorosamente formalizzate come Secondo Principio della Termodinamica) pertinenti una specifica Qualità dell’Energia termica, concernenti la sua capacità (e i limiti) di essere trasformata in lavoro meccanico. Aveva infatti affermato che il calore non può mai essere trasformato completamente in lavoro in un processo ciclico che assorbe calore da un singolo serbatoio caldo. La capacità del calore di essere trasformato in lavoro dipende dalla sua temperatura in base alla ben nota formula:

$$Q_1' = Q_1 \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (1.1)$$

in cui Q_1 è il calore inizialmente disponibile alla temperatura T_1 mentre T_2 è la temperatura del serbatoio inferiore e Q_1' è la *frazione* del calore iniziale effettivamente trasformata in lavoro.

Il mondo scientifico, posto di fronte a tale fondamentale scoperta che mostrava chiaramente una differenza di Qualità sostanziale tra calore e lavoro, rimase quasi completamente indifferente sia nella terra d’origine dell’Autore che all’estero. Potremmo allora chiederci, perché? Perché la prospettiva di ricerca in quel campo era prevalentemente dominata, in quel periodo, dalla *quantità*, dalla *misura*.

¹ L’Equazione di Bilancio Emergetico *differenziale* è ricavata dal *Bilancio Emergetico Globale* illustrato nel cap. 3. Essa non rappresenta, di per sé, la formulazione del Maximum Em-Power Principle, ma solo il presupposto di base per tale formulazione. Questo aspetto sarà analizzato in dettaglio nel cap. 5, dedicato in maniera specifica alla formulazione matematica di tale Principio.

dall'equivalenza quantitativa tra il calore e il lavoro. Cosicché, di fronte a tale prospettiva così fortemente orientata verso il *quantum*, è evidente che la *Qualità* passasse inosservata: non venne “percepita”. Rimase, per così dire, “in-significante”. Tuttavia, come di solito avviene in tutti i campi, la *Qualità* era comparsa prima della *Quantità*.

L'effettiva verifica sperimentale dell'equivalenza quantitativa tra calore (trasformato) e lavoro (ottenuto) sarebbe stata ottenuta soltanto 20 anni più tardi, indipendentemente da Joule e Mayer (1842-1848). Tale equivalenza costituì la base per la formulazione del Primo Principio della Termodinamica (v. Fig. 1.3), e questo, a sua volta, rappresentò il passo fondamentale per la sua successiva generalizzazione nel Principio di Conservazione dell'Energia.

Cosicché la *soggiacente* prospettiva quantitativa precedentemente menzionata non fu solo responsabile della mancata “percezione” iniziale del valore intrinseco della scoperta di Carnot, ma anche del fatto che, quando tale *Qualità* venne successivamente riconsiderata, essa fu sempre e costantemente considerata di “second'ordine” rispetto all'altro aspetto (quantitativo): “in ogni caso” il Principio pertinente la “quantità” venne definito come “Primo” e quello che più adeguatamente esprimeva la “Qualità” come “Secondo”.

Tuttavia, nuovi “germi” di quella (sempre ri-emergente) prospettiva iniziale (costantemente orientata verso la *Qualità*) ricomparvero verso la fine dell'Ottocento grazie agli studi di Boltzmann sui Sistemi Viventi, che sembrano (apparentemente) contraddire il Secondo Principio della Termodinamica. Tali nuove idee vennero proposte da Boltzmann (1886) piuttosto “timidamente” perché in quel periodo il “pensiero dominante” era fortemente contrario (la conseguente dura opposizione alle sue idee indusse Boltzmann a suicidarsi). Tuttavia Lotka (1922), ancora una volta, partendo da quegli studi, suggerì che il “Principio di Massima Potenza” dovesse essere considerato come il “Quarto” Principio della Termodinamica. In seguito altri Autori si sono occupati di questo nuovo approccio, ma senza suscitare alcun entusiasmo particolare nella Cultura contemporanea.

Un nuovo ed originale approccio all'analisi dei Sistemi Viventi è stato proposto da Prigogine agli inizi degli anni '50, attraverso l'introduzione del concetto di *strutture dissipative*, quelle strutture cioè che sono lontane dall'equilibrio Termodinamico. In altri termini Prigogine ha ancora una volta sottolineato l'aspetto di *Qualità* del Secondo Principio della Termodinamica e ne ha indicato in maniera molto chiara il ruolo fondamentale sottolineandone le estreme conseguenze. Ulteriori dettagli circa i risultati della cosiddetta Scuola di Bruxelles verranno forniti in seguito, in particolare quando le principali conclusioni di questo filone di ricerca saranno confrontate con quelle suggerite dal Maximum Em-Power Principle.

Un altro radicale cambiamento nella Termodinamica, e in due distinte direzioni (benché complementari), si è verificato alcuni anni dopo, precisamente a partire dal 1955. Da un lato, infatti, anche se ancora nella “corrente utilitaristica”, Z. Rant ha sottolineato l'importanza del Secondo Principio nelle *applicazioni pratiche* attraverso l'introduzione della quantità Termodinamica chiamata Exergia. Dall'altro lato, H.T. Odum ha riconsiderato il concetto di “Qualità” dell'Energia da un punto di vista più generale, dimostrando che essa possiede caratteristiche più ampie rispetto alla “pura” trasformabilità in lavoro meccanico. In particolare ha progressivamente esteso la validità del Principio di Lotka a più ampie classi di Sistemi auto-organizzanti, dimostrando che i loro principi di massimizzazione e ottimizzazione sono casi specifici del Principio della Massima Potenza Energetica (versione generalizzata del Principio precedente, resa ora possibile per mezzo dell'introduzione della quantità Termodinamica chiamata Emergia).

Se volessimo sintetizzare tale progressivo *emergere della Qualità* in Termodinamica, potremmo dire che un primo tipo di *Qualità* era comparso fin dagli inizi della Termodinamica attraverso la dimostrazione che ogni forma di Energia ha una diversa capacità di essere trasformata in Energia meccanica. A questo stadio della ricerca tale concetto di *Qualità* riguardava solo la *trasformabilità*, vale a dire la riducibilità di una data forma di Energia a Lavoro meccanico. Questo aspetto può essere adeguatamente rappresentato per mezzo di un coefficiente generalizzato di Carnot (θ_i), specifico per ogni forma di Energia (En_i) considerata, definito come:

$$\theta_i = \frac{Ex_i}{En_i} \quad (1.2).$$

Nell'Eq. (1.2) la quantità Ex_i , chiamata Exergia (o Energia meccanica, poiché i due concetti sono in pratica intercambiabili), viene considerata come il *criterio di riferimento fondamentale* e il coefficiente generalizzato di Carnot (θ_i) esprime, di conseguenza, la frazione dell'Energia iniziale che può essere trasformata in Energia meccanica equivalente. In questo senso è sempre soddisfatta la condizione

$$\theta_i \leq 1 \quad (1.3).$$

In seguito, senza negare l'approccio precedente, è diventato gradualmente sempre più evidente che due forme distinte di Energia, anche se caratterizzate dalla stessa quantità di Exergia, sono in grado di indurre effetti diversi specialmente nei *Sistemi Viventi*, in quanto in grado di veicolare un'altra forma di Qualità *intrinseca*, associata cioè ai loro particolari processi di genesi. Infatti la loro storia passata consiste sempre in una serie ben definita di processi di trasformazione, da forme meno organizzate di Energia a forme più sofisticate. Questo nuovo tipo di Qualità è stato definito *Trasformità* perché esso caratterizza qualunque forma di Energia per quanto riguarda la sua natura intrinseca, la quale consiste fondamentalmente nel fatto di essere il risultato di qualcosa che è stato *radicalmente trasformato*. Questo concetto fondamentale di Trasformità è stato quello che ha permesso l'introduzione del un nuovo concetto di Emergenza. La scelta poi di questo nome può considerarsi particolarmente idonea e significativa. Infatti l'idea iniziale era di adottare un termine che fosse espressivo della quantità di Energia complessivamente *spesa* (o, meglio, *utilizzata*) per generare la forma finale di Energia ottenuta e che, in un certo senso, è in essa "incorporata". La contrazione quindi delle due parole Inglesi *embodied* ed *energy* ha dato origine al termine specifico di Energy (in Italiano, Emergenza). Proprio a tale scopo nei capitoli seguenti mostreremo come e in che modo tale Emergenza è realmente "incorporata" (cioè "embodied").

Allo stesso tempo i risultati delle successive ricerche hanno mostrato che lo stesso termine poteva essere associato al verbo "emergere". In questo senso l' "Emergenza" può essere intesa come "l'essenza stessa di emergere". Questo nuovo significato (complementare a quello precedente) illustra ancora meglio il concetto di *Qualità emergente* che è associata ad una qualunque forma di Energia durante il suo processo generativo di formazione.

E' quindi possibile rileggere in questa nuova luce la definizione iniziale di Emergenza, di solito indicata come segue:

$$Em_i = Tr_i \cdot Ex_i \quad (1.4).$$

Tr_i è pertanto quel Fattore di *Qualità* che tiene conto della *Qualità emergente*, associata ad altre forme di "Energia", non necessariamente di natura meccanica, che è "veicolata" dalla associata Exergia Ex_i .

In analogia con l'Eq. (1.3) potremmo anche scrivere

$$Tr_i = \frac{Em_i}{Ex_i} \quad (1.5).$$

In questo caso ci riferiamo chiaramente ad un nuovo tipo di Qualità, completamente diverso da quello associato al Secondo Principio della Termodinamica. Infatti l'Eq. (1.5) non rappresenta una "amplificazione" di effetti meccanici, ma la considerazione di *altri* effetti che, strettamente parlando, non sono di natura meccanica. Questi, di conseguenza, possono essere chiamati "meta-meccanici", perché sono di Qualità superiore (rispetto a quella meccanica) e vengono semplicemente veicolati (e resi efficaci) da una data quantità di Exergia (Ex_i) che agisce *solo* come "supporto" fisico. In altre parole, qualunque forma di Exergia (Ex_i), anche se caratterizzata dallo stesso valore quantitativo, può generare effetti diversi, e di più elevata Qualità, a seconda della sua forma specifica (A, B, C, etc.) , simbolicamente rappresentata dal pedice i .

Lo sviluppo progressivo della Termodinamica può essere quindi sintetizzato nella seguente *formula a tre fattori* che può essere facilmente derivata dalle Equazioni (1.4) e (1.2)

$$Em_i = Tr_i \cdot En_i \cdot \theta_i \quad (1.6)$$

Tale equazione mostra chiaramente che, anche se un dato processo soddisfa sempre il Principio di Conservazione dell'Energia, le onnipresenti irreversibilità implicano una riduzione della quantità di Energia realmente trasformabile in lavoro meccanico "equivalente" (cioè in Exergia, che è data, in base all'Eq. (1.2), dal prodotto degli ultimi due termini).

Tali perdite "meccaniche", tuttavia, se considerate da sole rappresenterebbero l'espressione pratica di una prospettiva molto limitata perché quest'ultima sarebbe basata su una concezione "riduttiva" di "lavoro", considerato soltanto (e sempre) di natura *meccanica*.

Al contrario, la presenza nell'Eq. (1.6) di un primo fattore chiamato *Trasformità*, esprime propriamente l'*intrinseca capacità* di una pur limitata quantità di Energia di indurre effetti di Qualità molto maggiori rispetto al più elementare lavoro meccanico, sia per

quanto riguarda lo stesso Sistema (attraverso le sue catene interne di *feedback*), sia su tutti i Sistemi circostanti (attraverso le sue molteplici *interconnessioni* in uscita).

Nel caso del Secondo Principio della Termodinamica il concetto di Qualità (espresso da θ_i) considera il “lavoro meccanico” come un *limite superiore*. Secondo la nuova prospettiva aperta dal Principio della Massima Potenza Emergetica, il “lavoro meccanico” rappresenta soltanto un *limite inferiore*, mai raggiunto, a meno che, nell’analizzare i Sistemi viventi e non Viventi, l’esistenza di tale forma di Qualità sia espressamente negata (o non debitamente considerata).

Allo stesso tempo l’equazione (1.6) sintetizza, da un diverso punto di vista, i vari possibili approcci all’analisi dei Sistemi Termodinamici, in quanto essa mostra che:

- se trascuriamo Tr_i , ci riduciamo all’Analisi Esergetica;
- se trascuriamo Tr_i e θ_i , ci riduciamo alla tradizionale Analisi Energetica;
- se trascuriamo θ_i , effettuiamo l’Analisi Emergetica di quei particolari Sistemi chiamati Sistemi “conservativi”

o o o

3. Fondamentali Aspetti Epistemologici e Gnoseologici. Cos’è l’Energia?

Il precedente panorama sulla Termodinamica mostra profonde analogie con le corrispondenti tendenze nell’evoluzione di altre branche della Fisica (p. es. la Meccanica, l’Elettrodinamica, etc.) nel corso degli ultimi secoli. Allo stesso tempo è possibile mostrare che le stesse analogie sussistono sia con altre discipline scientifiche (quali la Matematica, la Chimica, la Biologia, l’Economia, etc.) come pure con molte discipline umanistiche (come ad esempio la Filosofia, la Psicologia, l’Etica, la Politica, il Diritto, e così via).

Nei capitoli seguenti sottolineeremo proprio tali analogie con particolare riferimento alla Fisica e alla Matematica. Tuttavia appare estremamente importante porsi un quesito più generale: perché c’è una così marcata analogia tra la Termodinamica e tutte le discipline summenzionate?

Ovvero: quali sono le ragioni profonde di una tale analogia?

Cercheremo di mostrare l’importanza di tali quesiti illustrandone gli associati e fondamentali aspetti epistemologici e gnoseologici. A tale scopo inizieremo da un quesito basilare, più direttamente e strettamente collegato all’oggetto di cui ci occupiamo: Che cos’è l’Energia?

Tale domanda può apparire molto semplice, tanto da implicare, di conseguenza, una risposta altrettanto semplice. In realtà, benché tutti conoscano la parola “Energia” ed essa venga molto spesso utilizzata quando si parla dei problemi della vita quotidiana, tale termine rimane quasi sempre un po’ “ambiguo”, “vago”, non sufficientemente e rigorosamente definito. Questo fatto non è da ritenersi circoscritto soltanto alle persone comuni, che abitualmente parlano dei problemi del traffico, dell’inquinamento ambientale, dei costi del carburante e così via, ma è un aspetto che è caratteristico anche degli esperti di “Energia”.

Ciò dipende dal fatto che vi sono diverse “Scuole di pensiero” sull’argomento, ma allo stesso tempo sembra che molti autori scientifici non siano consapevoli di ciò e, di conseguenza, finiscono per passare disinvoltamente da una “Scuola di pensiero” all’altra. Alcuni autori sembrano non conoscere, ad esempio, la differenza tra la prospettiva “realista” e la prospettiva “concettualista”. Al riguardo sarebbe possibile citare, ad esempio, diversi articoli (scritti da Autori anche molto famosi) in cui si può facilmente riscontrare che la prima parte dell’articolo è ricca di termini ed espressioni che suggeriscono (ad esempio) una prospettiva “realista” (inizialmente presa in considerazione come quella di riferimento) e all’improvviso, senza nessuna specifica ragione degna di esser menzionata, l’articolo sembra assumere una prospettiva diversa (per esempio quella concettualista) caratterizzata da termini e linguaggio strettamente e chiaramente pertinenti ad un’altra Scuola di pensiero. Tali circostanze aumentano la confusione e non consentono di concentrarsi sulla vera essenza dei problemi analizzati, riducendo così la correlativa importanza delle risposte che vengono date. Cercheremo quindi di fornire un quadro sintetico (ma sufficientemente chiaro) che si rivelerà assolutamente indispensabile per un corretto posizionamento del problema. A tal fine possiamo iniziare col chiederci: quante Scuole di pensiero ci sono riguardo all’ “Energia”?

Qualcuno potrebbe rimanere sorpreso dalla risposta. Infatti ci sono, in tutto, soltanto quattro Scuole di pensiero e non possono essercene di più (in seguito chiariremo il perché). Queste Scuole sono sinteticamente denominate, rispettivamente: prospettiva Realista (o Ultra-realista), Realista Moderata, Concettualista, Nominalista, e vengono qui di seguito sinteticamente illustrate.

- 1) nella prospettiva Realista (o Ultra-realista), l'Energia viene considerata una sostanza universale. Le varie forme energetiche in cui l'Energia "si manifesta" nei vari processi sono considerate invece come "accidenti". Tali forme sono concepite come una sorta di contenitori, pensati come deformabili in relazione al loro contenuto specifico.
In tal senso l'espressione "qualità dell'Energia" si riferisce ad una sostanza che, sebbene costante in quantità, si degrada in Qualità;*
- 2) la prospettiva Realista Moderata considera l'Energia come una realtà mentale (un concetto universale) che tuttavia ha, prioritariamente, uno specifico fondamento nelle cose.
Pertanto l'Energia viene percepita dalla nostra mente come una Qualità della materia (considerata questa come componente base di ogni sostanza) ed è quindi una Qualità che, in quanto tale, ammette vari "gradi" (in altre parole può anche degradarsi);*
- 3) la prospettiva Concettualista si fonda sull'assunto che l'Energia sia soltanto una realtà mentale (più esattamente un concetto matematico). Essa non ha pertanto alcun fondamento primario nelle cose. Nella realtà fisica, infatti, ci sono soltanto le forme energetiche, considerate come fenomeni misurabili, organizzati e ordinati dalla sola mente umana.
Il Principio di Conservazione dell'Energia è soltanto una geniale ipotesi (sempre, almeno finora, verificata);*
- 4) la prospettiva cosiddetta Nominalista (quasi sempre associata, in questo campo, al Pragmatismo e al Convenzionalismo) ritiene che l'Energia sia soltanto un nome (neanche un concetto), che racchiude, in maniera linguisticamente utile, una specifica classe di fenomeni. Può essere quindi semplicemente e sufficientemente caratterizzata per mezzo di una definizione operativa basata su due elementi:
- la definizione delle pertinenti modalità di misura (per le diverse tipologie di fenomeni)
- la definizione di una sua adeguata unità di misura.*

Tali caratteristiche basilari di ogni Scuola di pensiero sono sintetizzate anche in Tab. 1.1.

Queste vengono intenzionalmente ripresentate in tale forma "strutturata" perché tale tabella verrà spesso richiamata, durante il corso del libro, come criterio fondamentale di riferimento. Di conseguenza ci è sembrato particolarmente utile che il Lettore potesse disporre di un chiaro quadro sinottico delle reciproche differenze, fra loro sostanzialmente irriducibili.

La perenne co-esistenza di queste quattro Scuole di pensiero, qui brevemente illustrate con riferimento al reale significato e alla natura fisica di quell'entità che viene chiamata "Energia", caratterizza il fondamentale problema della conoscenza (nel suo senso più ampio) durante tutta la storia del "pensiero occidentale", dalla sua origine fino ai nostri giorni. Conseguentemente esso è sempre soggiacente ai correlativi problemi gnoseologici e epistemologici in Campo Scientifico.

In maniera molto schematica possiamo dire che il problema fu inizialmente sollevato da Aristotele (384-322 a.C.) che, dopo aver scoperto che la più breve definizione (di una qualunque cosa) può essere fornita in due sole parole, denominate genere e specie (o meglio, genere prossimo e differenza specifica), si domandò quale fosse l'effettiva natura di tali generi e specie.

Aristotele non riuscì a fornire una risposta completamente soddisfacente a tale domanda e il problema rimase irrisolto per secoli.

Alcuni importanti contributi vennero forniti da Porfirio (233-304) e da Boezio (470-525) durante il primo millennio dell'Era Cristiana, ma il problema restò, anche in questo caso, sostanzialmente irrisolto. Tale quesito fondamentale riapparve poi in tutta la sua importanza nel corso del XII secolo ed occupò le menti di tutti i più famosi pensatori di quel periodo per più di due secoli.

Tab. 1.1 - "Che cos'è l'Energia?"

Quattro possibili risposte (diverse Scuole di Pensiero)

- 1) **Realismo (o Ultrarealismo):** L'Energia è concepita come una *sostanza* universale, di cui le varie *forme energetiche* sono "accidenti". Quasi contenitori deformabili in relazione al loro contenuto specifico. In tal senso si parla di "qualità" dell'Energia come di "sostanza" che, costante in quantità, può degradarsi in qualità.
- 2) **Realismo Moderato:** L'Energia è una realtà mentale (un *concetto universale*) che ha un *fondamento* specifico nelle cose. Viene percepita dalla nostra mente come una *qualità* della materia (che costituisce ogni sostanza) ed è una *qualità* che ammette dei "gradi"
- 3) **Concettualismo:** L'Energia è soltanto una realtà mentale (un *concetto matematico*). Nella realtà fisica esistono soltanto le forme energetiche come *fenomeni* misurabili. Il Principio di Conservazione dell'Energia è soltanto una geniale ipotesi (finora sempre verificata).
- 4) **Nominalismo (Convenzionalismo, Pragmatismo):** L'Energia è *soltanto* un *nome* (nemmeno un concetto) che raccoglie utilmente e linguisticamente una classe di fenomeni. Può essere semplicemente caratterizzata da una *definizione operativa*.
- definizione di modalità di misura (per tipologia)
 - definizione della sua unità di misura.
-

Durante il XIII secolo tale problema fondamentale (il cosiddetto Problema degli Universali) venne quindi analizzato in tutta la sua profondità, non senza dure controversie, e fu infine correttamente “risolto”: nel problema della conoscenza, considerata come quella particolare relazione che collega il soggetto conoscente e l’oggetto conosciuto, non possono esserci altre distinte prospettive gnoseologiche al di fuori delle quattro precedentemente ricordate.

Queste quattro prospettive vengono spesso richiamate menzionando gli esponenti più importanti di ogni Scuola di pensiero di quel periodo: Guglielmo di Champeaux (1070-1125) (Ultra-realismo) Tommaso d’Aquino (1225-1274) (Realismo moderato), Guglielmo di Occam (1290-1348) (Concettualismo)² e Roscellino da Compiègne (m. 1125) (Nominalismo).

Tutta la successiva storia della filosofia, della gnoseologia, e dell’epistemologia può essere perciò rivisitata, da quel momento in poi, come una sorta di continuo perfezionamento delle caratteristiche interne di quelle quattro Scuole di pensiero. In altre parole, come un miglioramento delle loro caratteristiche di specie, ma non di genere. Ecco perché il problema della conoscenza, in particolare nel campo scientifico (il cosiddetto problema epistemologico), può essere posto, ancor oggi, negli stessi termini, esattamente come abbiamo fatto con riferimento al caso dell’Energia. Potremmo ora chiederci: può l’Emergia (e l’associata Analisi Emergetica) contribuire a migliorare tale situazione, ad esempio, preparando la strada ad una nuova prospettiva unificante? Potrebbe essere addirittura in grado di presentare ciascuna delle quattro prospettive indicate come una visione “riduttiva e parziale” di una soluzione complessiva e più generale al problema epistemologico e gnoseologico? Le risposte a queste domande emergeranno gradualmente, durante lo sviluppo di questo libro, e ogni capitolo rappresenterà una nuova tessera fondamentale di un mosaico globale che acquisterà progressivamente la sua forma. Questo quadro d’insieme sarà definitivamente presentato nel penultimo capitolo (prima delle conclusioni).

Alla luce di questa nuova possibile “quinta” prospettiva si potrebbe dire che, sempre per restare nella analogia della “matrice” planare precedentemente adottata, questo discorso a zig-zag qui proposto al lettore rappresenta una sorta di filo di Arianna nel Labirinto della Conoscenza .

² Per quanto riguarda il *Concettualismo* avremmo dovuto richiamare il vero iniziatore, cioè *Pietro Abelardo* (1079-1142). Il riferimento invece a *Guglielmo di Ockham* non è dovuto solo alla sua maggiore autorevolezza, ma anche al fatto che questi ha sviluppato quella particolare forma di Concettualismo (oggi chiamata *Terminismo*) che rende la sua posizione estremamente vicina al Concettualismo moderno e contemporaneo.

Capitolo 2

Definizione Matematica di Emergia

Sommario. *Il presente capitolo è strutturato in modo da fornire immediatamente la definizione matematica dell'Emergia (prima parte) per poi illustrare (nella seconda parte) i presupposti di base di tale definizione. Tale scelta è sostanzialmente dovuta alla prospettiva implicitamente adottata in questo libro, e precisamente quella di tradurre in appropriate definizioni matematiche quei concetti e quelle definizioni che (almeno fino ad oggi) sono stati forniti in modo quasi esclusivamente verbale. Tuttavia il lettore può anche invertire la sequenza delle parti se gli è più consono seguire un metodo induttivo.*

La terza parte, che si occupa degli aspetti epistemologici strettamente associati alla definizione matematica di Emergia precedentemente data, presenta il passaggio (graduale, ma progressivo) da un approccio incentrato sulle cause fenomenologiche (interne ed esterne) ad un diverso approccio che evidenzia il contributo di quelle proprietà essenziali, così interiori al Sistema, da poter essere definite di natura "ontica".

Capitolo 3

L'Equazione di Bilancio Emergetico

Sommario. *Questo capitolo è interamente dedicato a formulare una Equazione di Bilancio Emergetico di carattere estremamente generale, vale a dire un'equazione applicabile in tutti i casi. A tale scopo le varie regole dell'Algebra Emergetica verranno dapprima trasformate introducendo i loro corrispondenti Termini Sorgente matematicamente equivalenti. Questa procedura consentirà di ottenere una formulazione dell'Equazione di Bilancio Emergetico talmente generale da rappresentare il secondo passo fondamentale per poter giungere alla formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle.*

La seconda parte del capitolo è perciò finalizzata ad illustrare i concetti su cui si basano le regole fondamentali dell'Algebra Emergetica. Ciò contribuirà anche ad evidenziare chiaramente la loro specifica origine fenomenologica.

Nella terza parte del capitolo proseguiamo invece le riflessioni già iniziate alla fine del capitolo precedente. Mostreremo così, ancor più chiaramente, come il citato passaggio dalle regole fenomenologiche ai Termini Sorgente (matematicamente equivalenti) rappresenti solo un fondamentale passo intermedio per arrivare ad una conoscenza sempre più profonda (e, conseguentemente, ad una descrizione sempre più aderente) della struttura interna del Sistema, che potrebbe perfino costituire una importante novità in ambito gnoseologico ed epistemologico.

Capitolo 4

Cos'è propriamente “Massimo” nel Maximum Em-Power Principle?

Sommario. Dopo una breve introduzione dedicata ai principali risultati finora acquisiti, questo capitolo cercherà di rispondere alla fondamentale domanda avanzata già nel titolo. Infatti, solo una corretta risposta ad un tale quesito può aprire la strada ad una formulazione matematica chiara e, nel contempo, estremamente generale, del Principio della Massima Potenza Emergetica (o Maximum Em-Power Principle). Il capitolo in particolare considererà:

- i) *in che senso debba intendersi il concetto di flusso “massimo”, non solo in condizioni a regime permanente, ma anche in condizioni stazionarie e in condizioni comunque variabili (prima parte);*
- ii) *quale differente ruolo gradualmente emergente vengono a ricoprire la Trasformità e l'Exergia, nel processo di elaborazione storica di quel concetto di massimizzazione che, alla fine, è stato espresso in maniera più corretta in termini di Emergia (seconda parte);*
- iii) *la graduale inversione di ruolo fra i concetti di efficienza ed efficacia, per quanto riguarda la loro importanza nel processo di auto-organizzazione di qualsiasi Sistema (terza parte).*

Capitolo 5

Formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle

Sommario. Dopo le debite premesse illustrate nei capitoli precedenti, questo capitolo è specificamente dedicato al “cardine” fondamentale dell'intero libro: la formulazione matematica del Principio della Massima Potenza Emergetica (o Maximum Em-Power Principle).

Per ragioni di massima generalità tale formulazione verrà data in termini integrali, poiché questa modalità è più generale rispetto alla formulazione alternativa in termini di semplici sommatorie. Infatti la prima tipologia di formulazione può sempre essere facilmente “ridotta” (se necessario) in termini discreti. Per di più, tale formulazione viene considerata nel contesto più generale della Teoria degli integrali di Lebesques proprio perché, in tal mondo, essa possa risultare sicuramente applicabile a tutti i casi abitualmente considerati in Letteratura sull'argomento.

La seconda parte del capitolo si occuperà poi di altri aspetti fondamentali strettamente correlati con la formulazione matematica fornita. Questi aspetti saranno di particolare importanza per un più agevole confronto formale che opereremo, successivamente, fra il Maximum Em-Power Principle ed i tradizionali Principi della Termodinamica.

Nella terza parte del capitolo analizzeremo dapprima le diverse formulazioni e interpretazioni che, da un punto di vista epistemologico, sono state tradizionalmente date ai Principi Classici della Termodinamica, per indicare quindi, subito dopo, la nuova prospettiva che “si apre” proprio a seguito della formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle e delle sue associate potenzialità applicative.

Capitolo 6

Il Primo Principio alla Luce del Maximum Em-Power Principle

Sommario. I paragrafi introduttivi di questo capitolo mostrano in che modo la formulazione matematica del Primo Principio della Termodinamica possa essere ottenuta da quella del Maximum Em-Power Principle. La procedura seguita, tuttavia, non può essere considerata come una “deduzione” del primo rispetto al secondo, ma piuttosto come una sorta di “riduzione” del secondo rispetto al primo. Infatti i due Principi considerati rimangono sempre indipendenti l'uno dall'altro. La procedura seguita mostra solo in quale prospettiva riduttiva (ed associati presupposti limitativi) il Maximum Em-Power Principle possa essere considerato come “equivalente” al Primo Principio della Termodinamica.

La seconda parte del capitolo è quindi dedicata ad un'analisi retrospettiva delle basi teoriche e sperimentali del Primo Principio, per mostrarne (ab origine) i suoi intrinseci limiti quantitativi, che si manifesteranno ancor più chiaramente in un successivo confronto con la più ampia prospettiva associata al Maximum Em-Power Principle. Quest'ultimo infatti considera, allo stesso tempo, sia la Qualità che la Quantità.

La terza parte del capitolo è conseguentemente finalizzata ad un'analisi più approfondita (specialmente da un punto di vista epistemologico) dei concetti di “deduzione” e “riduzione”, “necessità” ed “aderenza”, cosa che ci consentirà di dare una risposta preliminare ed unificante al Problema degli Universali così come illustrato ripetutamente nei capitoli precedenti. Verrà anche analizzata la compatibilità fra il Primo Principio e il Maximum Em-Power Principle, con una più approfondita analisi della citata “indipendenza” del primo rispetto al secondo. Ciò ci consentirà anche di introdurre alcune considerazioni particolarmente importanti sul cosiddetto “Principio di Conservazione dell'Energia”.

Capitolo 7

Il Principio di Minima Azione alla Luce del Maximum Em-Power Principle

Sommario. La prima parte del capitolo, dopo un breve richiamo sulla formulazione matematica del Principio di Minima Azione, mostra come le principali conseguenze da esso derivabili possano essere ottenute, per “riduzione”, dal Maximum Em-Power Principle. La procedura adottata presenta profonde somiglianze con quella già mostrata nel precedente capitolo. Tale procedura di “riduzione”, infatti, è fondamentalmente basata sul Principio di Conservazione dell'Energia Meccanica che viene previamente ricavato, attraverso tecniche tradizionali, dal Principio di Minima Azione. Anche in questo caso, ovviamente, i due Principi considerati rimangono sempre indipendenti l'uno dall'altro.

La seconda parte del capitolo sarà quindi dedicata ad una sintetica analisi retrospettiva della genesi storica e logica dei vari Principi di “Conservazione” nella Fisica, per mostrare che il Principio di Minima Azione costituisce, in un tale contesto, una sorta di “eccezione”. Esso infatti rappresenta il primo tentativo (anche se non pienamente riuscito) finalizzato a considerare, contemporaneamente, sia la Qualità che la Quantità. Purtroppo il tentativo è rimasto soltanto ad un livello puramente intenzionale, soprattutto a causa del ricorso a strumenti matematici tradizionali nel processo finalizzato a darne una sua rigorosa formulazione.

Ciò nondimeno, un'analisi più approfondita di tale Principio, in particolare da un punto di vista epistemologico (v. terza parte del capitolo), mostrerà che il Principio di Minima Azione conserva ancora questa sua qualità fondamentale: esso rappresenta infatti il primo significativo tentativo, nell'ambito della Fisica Moderna, di formulare un Principio Tendenziale invece di un Principio di Conservazione tradizionale.

Capitolo 8

Il Secondo Principio alla Luce del Maximum Em-Power Principle

Sommario. La prima parte del capitolo è dedicata a mostrare come la formulazione matematica del Secondo Principio della Termodinamica può essere “ottenuta” dalla formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle.

In analogia ai capitoli precedenti, la procedura seguita non può essere pensata come una “deduzione” del primo dal secondo, ma piuttosto come una specie di “riduzione” del secondo al primo. Entrambi i Principi, infatti, rimangono sempre indipendenti l'uno dall'altro. La procedura adottata, infatti, mostra solo in quale prospettiva riduttiva (ed associati presupposti limitativi) il Maximum Em-Power Principle può essere considerato “equivalente” al Secondo Principio della Termodinamica.

La seconda parte del capitolo presenta una sintetica analisi retrospettiva delle basi teoriche e sperimentali del Secondo Principio. Questa parte è principalmente finalizzata a mostrare come la prospettiva quantitativa dominante abbia condotto ad una ridotta percezione del contenuto Qualitativo intrinseco del Secondo Principio, in conseguenza di quella pre-definita concezione a “black box” adottata per analizzare qualunque Sistema Termodinamico. Lo stesso concetto di trasformazioni teoriche “reversibili” rappresenta un semplice esempio (ma molto significativo) delle varie conseguenze di carattere necessario che discendono da quel presupposto aprioristico.

La terza parte, come di consueto, è finalizzata ad effettuare un'analisi più approfondita del Secondo Principio della Termodinamica da un punto di vista epistemologico a carattere più generale. In tale contesto il Secondo Principio apparirà come un'altra occasione perduta (nella storia della Fisica) per un chiaro riconoscimento dell'esistenza di un concetto più ampio ed elevato di Qualità. Tale aspetto ha poi contrassegnato in modo così marcato tutto lo sviluppo della Termodinamica degli ultimi due secoli che i ripetuti tentativi, sempre più avanzati, di re-introdurre la Qualità nella Termodinamica, sono stati sempre ostacolati da questa persistente prospettiva riduttiva di carattere quantitativo.

Ciò offrirà la possibilità di comprendere ancor meglio il profondo ed originale contributo insito nel Maximum Em-Power Principle e nella sua corrispondente formulazione matematica.

Capitolo 9

Ordine e disordine alla luce del Maximum Em-Power Principle

Sommario. I paragrafi introduttivi del presente capitolo hanno lo scopo di mostrare che, in base al Maximum Em-Power Principle, l'ordine meta-meccanico dell'Universo aumenta sempre (come tendenza generale) ed inoltre più rapidamente del disordine meccanico (tradizionalmente espresso dall'incremento di Entropia ovvero dal decremento di Exergia). Ciò suggerisce, come immediata conseguenza, di effettuare un più approfondito confronto fra i due concetti appena citati: l'“ordine” meta-meccanico e il “disordine” meccanico.

Questa è la ragione per cui la seconda parte del capitolo presenta una sintetica analisi retrospettiva delle basi teoriche e sperimentali dei tradizionali concetti di “ordine” e “disordine” nelle Scienze matematiche e fisiche. Questa parte è principalmente finalizzata a mostrare come la dominante prospettiva quantitativa finisca quasi sempre per ridurre l'intrinseco significato concettuale di “ordine” (e di “disordine”) ad un problema di puri aspetti geometrici, simmetrie

topologiche o configurazioni strutturali spazio-temporali.

La terza parte infine è dedicata ad introdurre un diverso concetto di Ordine (così come suggerito dal concetto di Trasformità) ed a collocare questo nuovo concetto in un quadro molto più ampio rispetto a quello corrispondente alle quattro ben note (e variegata) prospettive epistemologiche.

In tale contesto la reale novità introdotta dal Maximum Em-Power Principle consiste in una gerarchia di Qualità dinamicamente crescente, non più basata su “costanti” geometriche e “regolarità” topologiche dei Sistemi ma, al contrario, su un progressivo aumento delle loro reciproche differenze qualitative. Queste, a loro volta, sono gerarchicamente espresse per mezzo della loro corrispondente Ordinalità, che costituisce un'indicazione esterna di una proprietà ontica più interiore. Tale approccio offre anche la possibilità di pervenire ad una prospettiva unificante, sostanzialmente aperta dal Maximum Em-Power Principle, alla luce della quale possiamo riconsiderare i tradizionali concetti di “causalità” e “necessità”, a tre distinti livelli di analisi: fisico, logico e linguistico-matematico, che risulteranno (l'un l'altro) strettamente correlati in una relazione aderentemente consonante.

Capitolo 10

Il Quinto Principio alla Luce del Maximum Em-Power Principle

Sommario. *I primi paragrafi del presente capitolo mostrano come il Quinto Principio, concernente l'ordine gerarchico dell'Universo, può essere ottenuto dalla formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle.*

Si mostrerà tuttavia che il Principio qui considerato non è il risultato di un tradizionale processo di “deduzione”, ma è la conseguenza di un processo logico di “sovra-deduzione”. In altre parole il Quinto Principio non può essere considerato come un corollario matematico del Maximum Em-Power Principle, poiché esso presenta, nelle sue affermazioni conclusive, un più elevato contenuto di Qualità. In tal senso può meglio definirsi un coronamento del Maximum Em-Power Principle.

La seconda parte del capitolo è prevalentemente dedicata ad un'analisi retrospettiva delle basi teoriche e sperimentali su cui H. T. Odum ha progressivamente fondato la più avanzata formulazione di tale importante Principio. Ciò non costituisce solo un esplicito riconoscimento nei confronti dell'Autore, ma anche un modo per rimarcare la particolare importanza di tale Principio, specialmente a beneficio di coloro che non sono a diretta conoscenza di molteplici suoi aspetti, per esempio: i presupposti di base, il progressivo sviluppo e le sue conclusioni davvero molto generali.

La terza parte è conseguentemente dedicata ad un'analisi più approfondita, da un punto di vista epistemologico, del concetto di Ordinalità secondo la prospettiva del Quinto Principio. Si mostrerà altresì in che senso la formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle rappresenti un valido presupposto fondativo per la più corretta formulazione del Quinto Principio. Ci occuperemo inoltre di alcune importanti novità introdotte da tale Principio, con particolare riferimento alla prospettiva unificante che esso offre per una interpretazione dell'ordine gerarchico dell'Universo in termini di Qualità. Questa prospettiva risulterà profondamente diversa rispetto alle note prospettive tradizionali concernenti l'Universo. Infatti, anche se l'Universo è sempre considerato come un'entità unitaria, ciò nondimeno tutte le precedenti prospettive sono persistentemente basate su Leggi e Principi che si riferiscono ad un ordine (dell'Universo) esclusivamente quantitativo.

Ci occuperemo infine di una possibile re-interpretazione del concetto di “Principio” e della innovativa soluzione che esso suggerisce circa il millenario problema fra “libertà” e “necessità”.

Capitolo 11

L'Emergia è una Variabile di Stato?

Sommario. La prima parte del capitolo mostra che, sulla base della definizione di Emergia data al cap. 2 e della conseguente formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle (v. cap. 5), l'Emergia soddisfa le proprietà richieste dalla Teoria Generale dei Sistemi Dinamici per essere considerata come una “variabile di stato”.

Tale affermazione viene poi analizzata in maggior dettaglio nella seconda parte del capitolo, in cui si richiama brevemente il concetto di variabile di stato in Termodinamica per poterne così mostrare le profonde differenze rispetto alla definizione più generale adottata dalla citata Teoria dei Sistemi Dinamici. Questa definizione più generale, infine, viene ulteriormente rivisitata alla luce dei processi generativi, secondo la loro più aderente descrizione fornita dal Maximum Em-Power Principle.

Questi aspetti costituiscono le premesse fondamentali per introdurre poi, nella terza parte del capitolo, un più appropriato concetto di “variabile di stato”. Questo nuovo concetto, oltre ad essere in perfetto accordo con l'epistemologia contemporanea (che interpreta ogni processo come un processo storico), offre una visione nuova (e più avanzata) dei Sistemi “Complessi” e del loro comportamento evolutivo. Entrambi questi aspetti, cioè il nuovo concetto di “variabile di stato” e le profonde conseguenze epistemologiche relative ai Sistemi Complessi, spianeranno la strada ad una risposta più articolata al quesito se il Maximum Em-Power Principle sia (oppure no) un Principio Termodinamico.

Capitolo 12

Il Maximum Em-Power Principle come Principio Termodinamico

Sommario. Questo capitolo è specificamente finalizzato a rispondere alla domanda fondamentale posta inizialmente nel primo capitolo, se cioè il Maximum Em-Power Principle sia (o meno) un Principio Termodinamico.

La risposta verrà articolata in tre parti, corrispondenti ai tre ben noti livelli di analisi che sono stati costantemente assunti come abituali punti di riferimento nella struttura triadica del libro.

In tale prospettiva, il primo paragrafo tratterà dei risultati più avanzati che depongono in favore di una risposta affermativa al quesito summenzionato. Questi risultati si basano sostanzialmente sulla formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle (come precedentemente fornita) e sulle sue fondamentali conseguenze già mostrate nei capitoli precedenti.

La seconda parte sarà quindi dedicata ad un'analisi retrospettiva delle differenze fondamentali tra il Maximum Em-Power Principle e i tradizionali Principi Termodinamici, al fine di mostrare le principali istanze che suggeriscono di considerare una diversa e più ampia interpretazione del termine “Termodinamico”.

La terza parte sarà conseguentemente finalizzata a fornire una chiara risposta alla domanda che ci occupa, sempre in perfetta aderenza con i presupposti di Qualità assunti come fondamento.

Una tale risposta, sostanzialmente articolata in termini gnoseologici ed epistemologici, sarà presentata facendo ricorso, come significativo espediente espositivo, ad una originaria accezione del termine Greco “thermòn”. Questo approccio etimologico consentirà di comprendere meglio la nuova prospettiva “Termo-dinamica” suggerita dal Maximum Em-Power Principle, inteso come fondamentale Principio “guida” per la descrizione e l'interpretazione del dinamismo “sorgivo” del mondo circostante. Allo stesso tempo costituirà un valido ausilio per delineare gli elementi basilari della più generale ed unificante Weltanschauung ad esso associata.

Capitolo 13

Conclusioni

Sommario. Il presente capitolo ha lo scopo di riassumere i più importanti risultati ottenuti a seguito della formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle. Sulla base di tali risultati verranno poi tratte alcune conclusioni più generali. Come è facile immaginare, queste conclusioni non saranno altro che “sovra-conclusioni”, vale a dire il risultato di un ulteriore processo di “sovra-deduzione”. Inoltre, in analogia con i capitoli precedenti, nonché per ragioni di maggior chiarezza, i principali risultati conseguiti saranno articolati con riferimento ai tre distinti livelli di analisi abitualmente considerati.

Il primo paragrafo, pertanto, si occuperà dei più avanzati risultati che risultano direttamente e più strettamente correlati alla formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle e alle sue più immediate conseguenze fondamentali. Saranno anche richiamate alcune conclusioni pertinenti al Quinto Principio, quale aderente coronamento del Maximum Em-Power Principle.

Il secondo paragrafo sarà poi fundamentalmente dedicato a riassumere, quasi in forma di retrospettiva panoramica, le differenze fondamentali (sia di natura teorica che sperimentale) introdotte dal Maximum Em-Power Principle rispetto ai Principi della termodinamica tradizionale.

Il terzo paragrafo riassumerà infine le principali conclusioni “sovra-deduttive” precedentemente acquisite, sia dal punto di vista gnoseologico che epistemologico. In tale contesto verranno anche particolarmente rimarcate le più avanzate interpretazioni sia dell'Energia “incipiente” che dell'Emergia “incipiente”.

A questo stadio, proprio sulla base di tali risultati, considerati ora come nuovi presupposti fondamentali, verranno tratte alcune “sovra-conclusioni” più generali che, fra l'altro, mostreranno che: tutti i Principi Fisici possono essere considerati come Principi Termodinamici di Qualità (ove il termine “Termodinamico” è inteso secondo la nuova accezione già introdotta nel capitolo precedente).

Come ultimo aspetto (ma non di minor conto) verranno annotate alcune brevissime considerazioni riguardanti il ruolo centrale della Qualità, le quali concluderanno, per così dire, la prima parte di questo lavoro.

Capitolo 14

Appendici

Sommario. Questo capitolo raccoglie quelle Appendici Fisico-Matematiche che, anche se sono da considerarsi parte integrante del libro, trattano di alcuni aspetti piuttosto specifici. Per questo si è ritenuto opportuno considerarle separatamente, al fine di coniugare così la specificità dell'ambito tematico con una maggiore chiarezza espositiva.

Anche questo capitolo può essere considerato articolato secondo i tre ben noti livelli d'analisi, in relazione al soggetto specifico trattato nelle varie Appendici, che pertanto sono scritte con caratteri tipografici diversi a seconda del corrispondente livello a cui si riferiscono.

Più precisamente, le prime due Appendici riguardano l'analisi di una possibile influenza della distribuzione in frequenza dell'Energia da radiazione solare, sia sulla definizione della Trasformità Solare sia, di conseguenza, sulla formulazione matematica del Maximum Em-Power Principle.

Le quattro Appendici successive (dalla 3 alla 6) riguardano sostanzialmente la struttura di base di qualsiasi Equazione di Bilancio Dinamico, quando questo è formulato secondo la prospettiva

Lagrangiana generalizzata. Anche se tali Appendici sono tutte centrate su di uno stesso argomento, risultano articolate in quattro parti distinte soprattutto per dare un adeguato rilievo ai diversi aspetti in esame ed, in particolare, ai teoremi di Leibnitz e di Green.

Le successive appendici (da 7 a 11) si occupano della progressiva generalizzazione del concetto di Trasformità per poter rappresentare, sempre più appropriatamente, l'Ordinalità gerarchicamente crescente dei vari Sistemi auto-organizzanti e dell'intero Universo in quanto tale. Ciò viene conseguito attraverso la previa introduzione delle funzioni "binarie", che si ottengono come soluzioni di equazioni differenziali frazionarie. Viene poi presentata, in modo più articolato, la derivata "incipiente" (o "sorgiva"), che risulta essere (finora) la forma di derivazione più indicata per descrivere la dinamica dei Sistemi generativi. Vengono anche introdotti i concetti di base per la definizione del "prodotto cerchio" (anche se questi aspetti verranno più approfonditamente analizzati nel secondo volume di questo lavoro), insieme alla più generale definizione di Emergenza "incipiente".

Il messaggio di fondo di questo capitolo potrebbe essere sintetizzato attraverso il seguente gioco di parole: se è vero che la Termodinamica è la "Regina" delle Scienze, è ancora più vero che la "Matematica" rappresenta il linguaggio prediletto dalla "Regina".