

## F. CIAMPOLINI – ELETTROMAGNETISMO – DISTILLAZIONE TOTALE

In questa appendice sono raccolti alcuni argomenti esemplificativi che possono essere di ausilio per meglio comprendere talune questioni trattate nei capitoli precedenti. In quanto esempi, essi sono necessariamente specialistici: ciò che importa però è il significato di fondo dei medesimi, e questo è alla portata anche dei non specialisti.

### 1. Scheda di DST dell'elettromagnetismo

La tab. 4 si riferisce a una disciplina specifica (l'elettromagnetismo). La DST verticale è stata contenuta in 136 argomenti per limitare la sua estensione: in realtà una cinquantina di ulteriori voci distribuite opportunamente, potrebbe risultare utile a migliorare la descrizione di dettaglio. La cosa è però irrilevante, anche perché ciò che si vuole evitare è proprio l'idea del definitivo associato, a una scheda di DST totale; al contrario, essa è un riferimento dinamico che il docente di anno in anno perfeziona, allungandola, accorciandola, modificandola. La scheda esemplificata conferma comunque l'ordine di grandezza medio del numero di argomenti, presenti nella DST totale di una disciplina, raramente eccedente le 200-300 unità.

Osserviamo innanzitutto che molti degli argomenti sono elencati come «**formule**»: la cosa è limitata alle formule più importanti, affinché lo studente familiarizzi con esse nel suo ripasso che lo porterà sistematicamente a passare e ripassare più volte per la scheda di DST totale.

La scheda si presenta quasi totalmente vuota nella parte destinata alla DST orizzontale che deve progressivamente essere riempita dallo studente. Un paio di esempi di **DST orizzontale** sono tuttavia indicati, per chiarire meglio il meccanismo della DST stessa.

Il primo esempio si riferisce alla **legge di Ohm per un ramo di circuito elettrico** (riga 87). La distillazione affiancata ad essa propone: come primo e secondo passo, la constatazione che **l'elettrodinamica stazionaria** (in cui la legge si colloca) **si descrive con due vettori localmente proporzionali** (84), uno dei quali **solenoidale** (83); come terzo passo, la conseguente validità del **teorema del «lavoro-flusso»** (09); come quarto e quinto passo, **la irrotazionalità del campo elettrico** (82) e la conseguente possibilità di esprimerne **il lavoro come differenza di potenziale** (04); come sesto passo, **la identificazione del flusso del vettore densità di corrente (  $\mathbf{G}$  ) con la corrente «i» del circuito** (14); come ultimo passo, l'indicazione « $e_g?$ », che non corrisponde a nessun richiamo di argomento precedente, **ma invita lo studente a dare la definizione** ( il punto interrogativo ha questo significato ) **della forza elettromotrice  $e_g$  nel corso stesso della dimostrazione.**

Il secondo esempio si riferisce alla **legge di Hopkinson per un circuito magnetico** (riga 99) La distillazione affiancata ad essa propone come primo e secondo passo, la constatazione che il **magnetismo stazionario** (in cui la legge si colloca) si descrive con **due vettori localmente proporzionali** (97), uno dei quali **solenoidale** (96); come terzo passo, la conseguente **validità del teorema del «lavoro-flusso»** (09); come quarto passo, l'inserimento del teorema suddetto, della **legge della circuitazione magnetica** (95); come quinto ed ultimo passo, **la identificazione del flusso di (  $\mathbf{G}$  ) con la corrente.. (14).**

La scheda di DST totale evidenzia anche la «**macrologica del corso**»- attraverso la successione dei blocchi da 1 a 11. In proposito si osserva che:

1) la scheda **anticipa**, separandole l'una dall'altra **la trattazione relativa alle operazioni di «lavoro – flusso»**, e quella inerente alle **definizioni delle grandezze descrittive dei fenomeni**. Alle prime, considerate come premessa al corso (per il loro carattere generale che va ben oltre l'elettromagnetismo), sono dedicati gli argomenti da 1 a 9; alle seconde gli argomenti da 10 a 16;

2) la macrologica presenta una **rampa ripida** fondamentalmente costituita dai **blocchi 2, 3, 5**. Con essa per successive **generalizzazioni** (fenomeni stazionari nel vuoto, nei mezzi lineari omogenei, nei mezzi lineari non-omogenei, fenomeni non stazionari) si giunge alle **leggi fondamentali dell'elettromagnetismo** ( 38... 48)

3) acquisite **le leggi fondamentali generali**, la trattazione può procedere con molti gradi di libertà a disposizione del docente. In particolare si potrebbe procedere

4) nell'esempio specifico le scelte sequenziali del docente risultano evidenti dalle indicazioni della colonna 2. Da esse si deduce che **il corso è in sequenza iterativa**; più specificatamente sono previste tre **successive iterazioni ( siglate 2, 3, 4) oltre allo zoccolo duro ( siglato da 1 )**. A questo punto, riteniamo che il lettore possa desumere dalla scheda molte altre informazioni di dettaglio sulla sequenza operativa adottata dal docente per svolgere il proprio corso; ne accenniamo qualcuna.

**L'elettrostatica** ( argomento che nelle trattazioni tradizionali precede di regola tutti gli altri ) **è qui prevista solo nell'interazione 2** ( e per alcuni argomenti applicativi addirittura alla 4 ).

**L'elettrodinamica stazionaria ed il campo magnetico stazionario sono invece previsti all'interno dello zoccolo duro.** E' evidente che in questo corso **l'elettrostatica** è vista come **caso particolare** dei due capitoli sopraccitati ( **elettrodinamica stazionaria ed il campo magnetico stazionario** ).

L'estensione ai mezzi materiali qualsiasi (v. blocco 4 della macrologica) è fatta solo all'iterazione 3, alla quale pure appartengono gli argomenti ( 108, 109, 110 ), in funzione dei quali l'estensione massimamente si giustifica.

All'ultima iterazione ( 4 ) appartengono argomenti di rifinitura ed altri per i quali è opportuno avere prima acquisito una chiara visione dell'intera materia. Significativo è il fatto che la seconda parte del blocco 11 ( estensione del bilancio energetico, per il calcolo di energie conservative, per il calcolo di forze, per il calcolo di energie dissipate ) ove energie e forze vengono calcolate tutte insieme, come fatto unitario, a differenza di quanto accade spesso nella didattica tradizionale ove gli stessi argomenti sono trattati in capitoli diversi e spesso con metodologie diverse.

Per consentire anche la lettura dell'inventario si dà il significato delle abbreviazioni:

PRQ= prerequisito; DIM = dimostrazione; DEF = definizione; SPERIM = dato sperimentale; SELEZ= selezione di leggi particolari; METHOD = metodologia; OSS= osservazione; ESE = esemplificazione; APROX = approssimazione; INTRP = interpretazione; APPL = applicazione

## ELETTROMAGNETISMO – DISTILLAZIONE PRIMI 5 BLOCCHI

### BLOCCO ( MODULO ) 0: OPERAZIONI LAVORO-FLUSSO

Seq base	Seque operaz	Tipo Seq.	Argomento	Inventario	Distillazione orizzontale
1	1	ZOCOLO DURO	Vettori conservativi	PRQ	Operazioni Lavoro-flusso
2	1		Invarianza del lavoro	DIM	
3	1		potenziale	DEF	
4	1		$L = V_1 - V_2$	DIM	
5	1		Vettori solenoidali	PRQ	
6	1		Invarianza del flusso	DIM	
7	1		Tubi chiusi	DIM	
8	1		Flusso concatenato	DEF	
9	1		Th. Del "lavoro-flusso "	DIM	

### BLOCCO ( MODULO ) 1: GRANDEZZE DESCRITTIVE

10	1	ZOCOLO DURO	Carica elettrica Q	DEF	Grandezze dei fenomeni
11	1		Densità di carica $\rho$	DEF	
12	1		Corrente elettrica $i \rightarrow$	DEF	
13	1		Densità di corrente $\vec{G}$	DEF	
14	1		$\Phi_s(\vec{G}) = i_s$	DIM	
15	1		Campo elettrico	DEF	
16	1		Induzione magnetica	DEF	

### BLOCCO ( MODULO ) 2: DAL VUOTO AI MEZZI LINEARI OMOGENEI ( E. MAGNETISMO STAZIONARIO )

17	1	RAMPA RIPIDA	$\Phi_{s,cb}(\vec{E}) = Q_i / \epsilon_0$ (vuoto)	SPERIM	Calamite ferme
18	1		$C_l(\vec{B}) = \mu_0 \Phi_d(\vec{G})$ (vuoto)	SPERIM	
19	1		$\Phi_{s,cb}(\vec{E}) = Q_i / \epsilon_0$ (vuoto)	SPERIM	
20	1		$C_l(\vec{B}) = \mu \Phi_d(\vec{G})$ (mezzo lineare omogeneo )	SPERIM	Teoria della circuitazione magnetica
21	1		Costante dielettrica e	DEF	
22	1		Permeabilità magnetica m	DEF	

### BLOCCO ( MODULO ) 3: DAL VUOTO AI MEZZI LINEARI NON OMOGENEI ( E. MAGNETISMO STAZIONARIO)

23	1	RAMPA RIPIDA	$\Phi_{s,cb}(\epsilon \vec{D}) = Q_i$ (m. lineare non-omogeneo)	SPERIM	
24	1		$C_l(\vec{B}/\mu) = \Phi_d(\vec{G})$ (m. lin. non-omogeneo)	SPERIM	
25	1		<u>Induzione elettrica</u> ( $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ )	DEF	Solenoidi
26	1		<u>Campo magnetico</u> ( $\vec{H} = \vec{B} / \mu$ )	DEF	Operazioni Lavoro-flusso
27	1		$\Phi_{s,cb}(\vec{D}) = Q_i$	LEGGE	Leggi di Gauss
28	1		$C_l(\vec{H}) = \Phi_d(\vec{G})$	LEGGE	

**BLOCCO ( MODULO ) 4: ELETTROMAGNETISMO NEI MEZZI QUALSIASI ( E. MAGNETISMO STAZIONARIO)**

29	3	ITERAZIONE	Dipolo elettrico ( momento di - )	DEF	Caratteristiche atomiche
30	3		Dipolo elettrico ( momento di - )	DEF	
31	3		Polarizzazione elettrica $\vec{P}$	DEF	
32	3		Una proprietà di $\vec{P}$	DIM	
33	3		Polarizzazione magnetica $\vec{M}$	DEF	
34	3		Una proprietà di $\vec{M}$	DIM	
35	3		$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$	DEF	
36	3		$\vec{H} = \vec{B} / \mu_0 - \vec{M}$	DEF	
37	3	Leggi generali ( 27, 28 ) di Gauss	DEF		

**BLOCCO ( MODULO ) 5: ELETTROMAGNETISMO NON STAZIONARIO**

38	1	RAMPA RIPIDA	Leggi primarie		
39	1		$C_l(\vec{H}) = \Phi_d \left( \vec{G} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right)$	SPERIM	Legge circuitazione magnetica
40	1		$C_l(\vec{E}) = - \frac{d\Phi_d(\vec{B})}{dt}$	SPERIM	Legge circuitazione elettrica
41	1		$\Phi_{S_{cb}}(\vec{D}) = Q_i$	SPERIM	Legge di Gauss
42	1		Leggi secondarie		
43	1		$\Phi_{S_{cb}}(\vec{G}) = - \frac{dQ_i}{dt}$	DIM	
44	1		$\Phi_{S_{cb}}(\vec{B}) = 0$	DIM	
45	1		Legami materiali ( mezzi lineari )	DIM	
46	1		$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$	SPERIM	
47	1		$\vec{B} = \mu \vec{H}$	SPERIM	
48	1		$\vec{G} = \gamma (\vec{E} + \vec{E}_j)$	SPERIM	
49	1		Quadro generale elettromagnetismo		
50	1		Elettrostatica	DEF	Nuove definizioni
51	1		Elettromagnetismo stazionario Elettrodinamica – Campo magnetico e campo elettrico	DEF	
52	1		Elettrodinamica quasi stazionaria	DEF	

**BLOCCO ( MODULO ) 6: ELETTROSTATICA ( iterazione 2 )**
**BLOCCO ( MODULO ) 7: ELETTRODINAMICA STAZIONARIA ( zoccolo duro )**
**BLOCCO ( MODULO ) 8: CAMPO MAGNETICO STAZIONARIO ( zoccolo duro )**
**BLOCCO ( MODULO ) 9: CAMPO ELETTRICO STAZIONARIO ( zoccolo duro )**
**BLOCCO ( MODULO ) 10: ELETTROMAGNETISMO QUASI-STAZIONARIO ( zoccolo duro )**
**BLOCCO ( MODULO ) 11: BILANCIO ENERGETICO ( iterazione 4 )**