

PIERANDREA MALFI

Fisici al Foscarini

LUIGI SANTE DA RIOS



Estratto dall'articolo di
P. Bonavoglia – P. Malfi, *200 anni di matematica e fisica al Foscarini*, in
1807-2007 I 200 anni del Foscarini
fra storia, scienza e cultura classica
Venezia 2007

FISICI AL FOSCARINI

di Pierandrea Malfi

LUIGI SANTE DA RIOS

“Per un lungo periodo in idrodinamica, nello studio dei filamenti vorticosi rettilinei e circolari, noi abbiamo affrontato particolari espressioni asintotiche. Da Rios ha il merito di essere il primo ad aver stabilito un approccio generale di questo tipo.” (Levi-Civita)¹

La lunga storia del Liceo è stata segnata dal passaggio di tantissimi studenti, alcuni dei quali divenuti famosi, dalle impronte lasciate dai numerosi docenti e dalle personalità dei presidi che ne hanno tenuto le redini. Non c'è dubbio che il Da Rios lasciò traccia di sé per il suo indiscutibile impegno nella ricerca, alle cui basi vi fu un brillante percorso di studi che lo avrebbe dovuto destinare più al ruolo di luminaire universitario che di preside di liceo. La solida preparazione matematica e l'approccio pratico dell'ingegnere lo portarono ad occuparsi con continuità di fluidodinamica, disciplina che, chiaramente nata dalla fisica, all'epoca era decisamente cresciuta e offriva parecchi campi fertili sia in ambito teorico che applicato. In entrambi il Da Rios diede contributi importanti.

Sono passati più di cinquant'anni dal suo pensionamento e oggi la sua fama si è affievolita, ma in passato si può dire che il Da Rios veniva ricordato da coloro che ne conoscevano i lavori scientifici come il “preside idraulico” in gergo aulico o più affettuosamente come “professor tubo” per gli esperimenti sulle eliche intubate che anticiparono il motore a reazione. E' giusto quindi ravvivarne la memoria.



Luigi Sante Da Rios

1 Citazione, tradotta in italiano, tratta da Da Rios, 2006, Allegato 1: Articolo del Prof. Renzo L. Ricca, The contributions of Da Rios and Levi-Civita to asymptotic potential theory and vortex filament dynamics, Fluid Dynamics Research 18/1996, pag. 249. L'approccio generale cui viene fatto riferimento è la teoria asintotica sviluppata dal Da Rios. Tale teoria è oggi nota col nome di “approssimazione di induzione localizzata” o LIA, acronimo delle parole inglesi *localized induction approximation* con cui essa viene indicata nella specifica letteratura scientifica.

Luigi Sante Da Rios nacque a Santa Lucia di Piave (TV) il 2 aprile 1881, dove gli è stata recentemente intitolata una via con la semplice notazione di “scenziato”. Studiò scienze matematiche all’Università di Padova, divenendo uno degli allievi di Levi-Civita e laureandosi il 9 luglio 1906. Levi-Civita, uno dei più grandi matematici del XX secolo, diede importanti contributi scientifici anche in ambito di idrodinamica. E fu così che, influenzato dalla passione del maestro per la meccanica dei fluidi, il Da Rios scrisse nel 1906 il suo lavoro più innovativo, la memoria dal titolo “Sul moto d’un liquido indefinito con un filetto vorticoso di forma qualunque”, nella quale anticipava idee che si sarebbero affermate nel mondo scientifico molti anni più tardi.

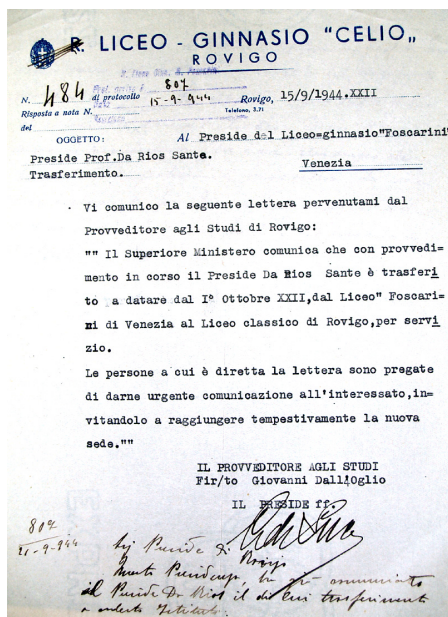
Dopo la laurea, il Da Rios rimase nella facoltà come assistente (insegnò algebra e calcolo numerico), ottenendo già nel 1912 un importante premio e riconoscimento dall’Accademia dei Lincei. Durante questo periodo Levi-Civita lo incoraggiò a pubblicare versioni ridotte del suo originale lavoro e alcuni nuovi risultati, che tuttavia rimasero nell’ombra. Dal 1911 passò a insegnare matematica e fisica nelle scuole superiori a Padova, Milano e Piacenza, sempre mantenendo un rapporto stretto di collaborazione con l’ateneo patavino.

Il 12 dicembre 1913 Da Rios si laureò in ingegneria civile idraulica e ottenne una libera docenza in Meccanica Razionale nel 1916, cui non fece seguito però l’attribuzione di una cattedra universitaria. La formazione di ingegnere modificò in parte il suo interesse scientifico, orientandolo dalla teoria delle equazioni verso la pratica applicativa di costruzione di motori per aeroplani che segnò la sua attività sino al 1930 con le esperienze sperimentali al Politecnico di Torino.

Nel 1932 intraprese la carriera di preside del R. Istituto tecnico di Lovere, per poi andare a dirigere l’anno seguente l’Istituto magistrale di Lodi e nel 1934 l’Istituto magistrale di Brescia. Nel 1937 Da Rios fu nominato preside del Liceo Marco Foscarini di Venezia ed egli restò nel nostro Istituto fino al raggiungimento della pensione nel 1951.

L’essere preside non gli impedì di mantenere vivi i suoi interessi a livello universitario per le scienze applicate; infatti nel 1938 ottenne l’incarico dell’insegnamento di Meccanica Razionale presso l’Istituto Superiore di Architettura di Venezia, che mantenne per un decennio. E dallo stato del personale del Liceo Foscarini risultano “N. 60 pubblicazioni antecedenti al 1937 costituite da memorie o note o articoli inserite negli Atti di Accademie o Società scientifiche o Riviste e da libri di testo per scuole medie”.

Proseguì successivamente nella stesura di memorie scientifiche raggiungendo il centinaio di pubblicazioni.



Il trasferimento a Rovigo

Nel periodo della Repubblica di Salò il momento più difficile della sua carriera: il 22 marzo 1944 venne destituito da preside e mandato a insegnare matematica e fisica nel liceo di Cremona, poi nel luglio fu reintegrato come preside ma solo per essere trasferito il 13 settembre 1944 alla presidenza del Liceo "Celio" di Rovigo con l'intesa che di fatto rimanesse a disposizione dell'Istituto Universitario di Architettura, il tutto per motivi di "servizio". Non sembrano esservi dubbi che i motivi fossero in realtà politici: o il non aver promosso il figlio di un gerarca² o l'aver tollerato attività antifasciste nella scuola o, più probabilmente, per entrambi i motivi. Di qui "l'accusa di scarso sostegno alla Repubblica Sociale Italiana e alle Ali Repubblicane (l'aeronautica di Salò)" (Da Rios, 2006, pag. 5).

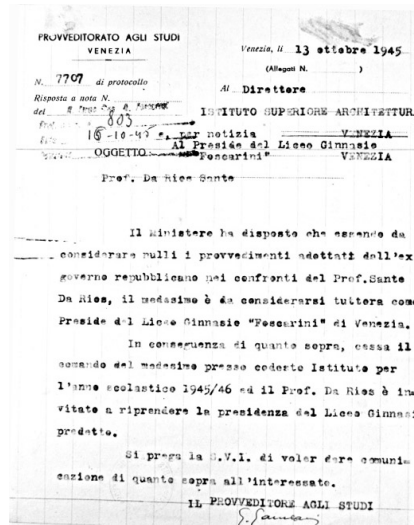
Ma l'"esilio" durò poco: alla fine della guerra, il 13 ottobre 1945 il Provveditorato gli comunicò che "essendo da considerare nulli i provvedimenti adottati dall'ex governo repubblicano [...] è da considerarsi tuttora come Preside del Liceo Ginnasio Foscarini di Venezia". Di conseguenza la stessa missiva lo invitò "a riassumere la presidenza del Liceo Ginnasio". Come detto, resterà preside fino al 1951, per poi ritirarsi nella sua casa di Padova.

Luigi Sante Da Rios morì il 10 ottobre 1965 all'età di 84 anni.

Note sul "filetto vorticoso"

Il lavoro sul "filetto vorticoso" del 1906 è un contributo in ambito di dinamica dei fluidi (per la precisione dei liquidi) che richiede un certo impegno sia dal punto di vista matematico che in relazione ai prerequisiti teorici generali e specifici di argomento. Questa ricerca, che scaturì nel contesto della tesi di laurea, assunse forma a sé stante, tanto da essere pubblicata nei Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo nel maggio del 1906, ovvero quando il Da Rios era ancora un studente, seppur laureando.

Per poter dire anche a grandi (anzi grandissime) linee di che si parla, è necessario descrivere che cosa sia un filetto vorticoso. Ora, dal punto di vista della cinematica dei fluidi basterebbe una sintetica notazione matematica per definire le



Il provvedimento di reintegro

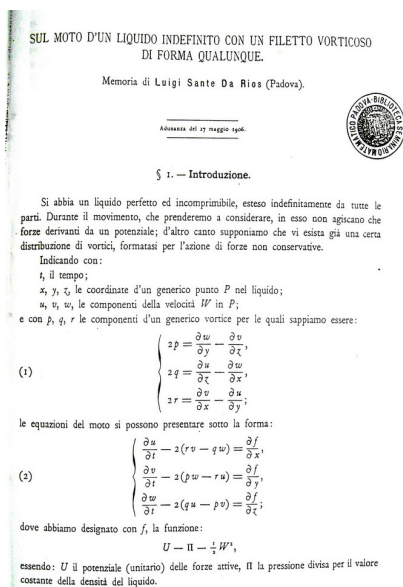
2 Si trattava del figlio del "Federale" di Venezia (Da Rios 2006 pag.5). Nonostante le forti pressioni del padre, il Da Rios si rifiutò di riconvocare lo scrutinio della maturità, decretando la definitiva bocciatura dello studente. Questa scelta, così come quella di abbandonare il mondo accademico, fu conseguenza del Da Rios che "non era certo uomo di mondo e la sua dedizione di scienziato non ammetteva compromessi con convenienze politiche e partitiche che anche nel ventennio erano determinanti" (Da Rios, 2006, pag. 5).

basi di tale oggetto, ma è evidente che in questa sede si deve ricorrere alle parole invece che al formalismo della matematica. E allora la via più facile è forse quella di richiamare gli esempi reali più semplici e conosciuti che al limite sono dei filetti vorticosi: da un lato le trombe d'aria e le trombe marine (e più banalmente il "vortice" che si forma quando si scarica la vasca da bagno o un lavandino) e dall'altro l'anello di fumo.

Come richiamato sinteticamente pure nell'introduzione della memoria del Da Rios i filetti vorticosi hanno delle proprietà. Ogni linea vorticoso è sempre composta dalle stesse particelle, anche se essa si sposta o modifica la propria forma (si pensi all'anello di fumo, osservando che sono proprio le sole particelle di fumo che lo rendono visibile). Inoltre una linea vorticoso può avere inizio e fine solo in corrispondenza di una superficie di separazione con un altro mezzo o di una parete solida (trombe marine e d'aria), altrimenti si richiude su se stessa (Ghetti, 1996). Il primo caso è proprio delle trombe marine e delle trombe d'aria, il secondo dell'anello di fumo.

Per la verità le trombe marine o d'aria, così come l'anello di fumo, sono dei tubi vorticosi, tuttavia "ciò premesso, immaginiamo, nel liquido indefinito, la presenza d'un solo tubo vorticoso di sezione trasversale così piccola da poterlo assimilare a una linea L, che sarà chiusa od estesa indefinitamente. [...] Tutto è dunque ricondotto a ricercare la legge con cui si sposta e si deforma la linea vorticoso. Tale sarà appunto l'oggetto del nostro studio. [...] Passeremo quindi a stabilire le equazioni generali che presiedono alla variazione nella forma intrinseca della linea stessa, risolvendo così virtualmente il problema del movimento cui va soggetto il vortice lineare. In base a quelle, determineremo poi alcuni tipi di vortici che si spostano rigidamente attraverso la massa fluida" (pagg. 2-3).

Queste equazioni sono note col nome di equazioni intrinseche³ di Da Rios e la memoria è oggi giorno ampiamente



Prima pagina della memoria

$$\begin{cases} \frac{dc}{dt} = c\tau' + 2c'\tau, \\ \left(\frac{d\tau}{dt} = -c\tau' + \left(\tau^2 - \frac{c''}{c} \right)' \right) \end{cases}$$

Le equazioni intrinseche

3 Per coloro che hanno maggiore dimestichezza con la matematica, si osserva che si tratta di un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali nelle quali con c e τ si indicano rispettivamente la curvatura e la torsione del filamento vorticoso. Subito dopo aver introdotto le equazioni, il Da Rios scrive (pag. 19): "Non intendiamo qui discutere il problema generale della loro integrazione, ma ci limitiamo al caso semplice, in cui le (22) [cioè queste equazioni] si riducono ad equazioni differenziali ordinarie. Tale è il caso di vortici che si spostano rigidamente". Difatti, sotto queste ipotesi, viene a cadere la

riconosciuta nel mondo scientifico, poiché in essa si individuava il modello matematico di un particolare moto dei fluidi in un sistema tridimensionale e una importante caratteristica del filamento. Per dirla con le parole del Da Rios: “la velocità limite d'un generico elemento rotante è proporzionale alla curvatura” (pag. 3). In altri termini, “la velocità di un filamento vorticoso infinitamente sottile si riduce a una formula puramente locale [cioè del punto], dipendendo solo dalla curvatura del filamento stesso” (Fonti Web 1, pag. 24).

Il Da Rios pubblicò i suoi risultati sul filetto vorticoso in diverse forme (si consulti la bibliografia), tuttavia questi non vennero mai assimilati nella letteratura della meccanica dei fluidi dell'epoca, tant'è che le equazioni intrinseche furono riscoperte indipendentemente da R. Betchov nel 1965⁴, lo stesso anno della morte del loro vero scopritore⁵. Per la verità si deve osservare che ciò non è un caso isolato, visto che nella storia della dinamica dei vortici abbondano episodi di riscoperta di importanti risultati teorici enunciati e dimostrati decenni prima da altri studiosi.

Dopo il lavoro di Hermann von Helmholtz del 1858 sul moto vorticoso e quelli di Lord Kelvin sugli anelli vorticosi (1867, 1869), lo studio della dinamica dei vortici acquistò sempre maggiore rilievo e con essa crebbe anche la dinamica dei fluidi in generale. Basilari le esperienze di Osborne Reynolds (1883) e le osservazioni di Ludwig Prandtl (1904) sulla formazione di vortici e scie vorticose dietro corpi di varia forma investiti da una corrente fluida, per la spiegazione delle quali venne introdotto il concetto di “strato limite”, una particolare regione di piccola estensione nelle immediate vicinanze delle pareti del corpo, ma di grande importanza per il comportamento dei fluidi.

La memoria del Da Rios si colloca sulla scia di tali contributi, tanto più che le leggi del moto del vortice di Helmholtz trovarono applicazione nei più svariati campi. Come già osservato il Da Rios intraprese l'esplorazione di tale specifico e impegnativo settore dell'idrodinamica spinto dalla passione che il suo maestro Levi-Civita gli trasmise. La curiosità, la preparazione e le indubbie doti intellettuali fecero il resto, permettendogli di dare una risposta circa l'evoluzione tridimensionale del filamento vorticoso.

Lo studio dei vortici è quanto mai attuale. Per esempio, sotto opportune condizioni le estremità delle ali degli aerei producono sottili scie vorticose di vapore condensato (quindi visibili come filamenti bianchi), alla base del volo degli elicotteri ci sono di mezzo i vortici ad anello (non visibili), attorno alle eliche si possono formare dei vortici che ne compromettono l'efficienza, particolari effetti atmosferici generano vortici che hanno addirittura un nome popolare (uragano, tornado, ecc.). Gli stessi vulcani in eruzione eccezionalmente possono produrre anelli di fumo e né il sole né le supernove in rari casi sono da meno (Fonti Web 2).

Deboli correnti fluide possono produrre il crollo di ciminiera, far vibrare

dipendenza dal tempo (t) sia della curvatura che della torsione del filamento vorticoso. L'ultimo paragrafo della memoria è dedicato alla discussione di alcune soluzioni particolari.

4 Betchov R. (1965), On the curvature and torsion of an insulated vortex filament, J. Fluid Mech. 22, 471-479.

5 Sempre nel 1965 venne riscoperta anche la teoria sviluppata dal Da Rios per ottenere le sue equazioni, cioè la già citata “approssimazione di induzione localizzata”. Tale risultato fu dovuto agli scienziati Arms e Hama e pubblicato nel lavoro Arms R.J. and Hama F.R. (1965), Localized induction concept on a curved vortex and motion of an elliptic vortex ring, Phys. Fluids 8, 553-559.

pericolosamente i periscopi dei sottomarini o cavi elettrici sospesi. Questo fenomeno, legato al distacco alternato di vortici dal bordo del corpo allungato investito dalla corrente fluida, fu studiato da Theodor von Kármán nel 1912, tant'è che la particolare conformazione dei vortici che si produce dietro l'oggetto è detta scia vorticoso di von Kármán, così come altre configurazioni vorticoso sono note in letteratura col nome dello scienziato che le ha studiate.

Con la nascita ma soprattutto il potenziamento via via crescente delle capacità di calcolo dei moderni calcolatori elettronici lo studio del comportamento dinamico dei vortici si è arricchito di un potente strumento di studio. Per esempio, una volta introdotte certe ipotesi al contorno e opportune schematizzazioni, si possono ottenere dei vortici virtuali sullo schermo che evolvono nel tempo la loro forma, da mettere eventualmente in relazione con l'osservazione del vortice reale. Tuttavia per dare risultati attendibili il calcolatore dev'essere adeguatamente "istruito" sulla base di un programma, traduzione in linguaggio informatico di un modello matematico che giustifichi approssimazioni e assunzioni per un'attinente descrizione del fenomeno vorticoso. In questo modello, nella sua storia e nei suoi sviluppi, continuerà a vivere l'importante contributo del Da Rios, tanto più che "le sue equazioni intrinseche ... hanno consentito di sviluppare risoluzioni nuove e suscettibili di ulteriori scoperte anche nel campo della propulsione spaziale, dove il suo sistema matematico riesce bene a spiegare il moto in ambiti rarefatti" (Da Rios, 2006, pagg. 7-8).

Note sull'elica "intubata"

Lo stesso anno di pubblicazione della memoria sul "filetto vorticoso", il 1906, Nicolai Joukowski, indipendentemente da Wilhelm Kutta (1902), formulò le condizioni per il verificarsi del fenomeno fisico della portanza. Questo risultato di dinamica dei fluidi, detto in loro onore formula di Kutta-Joukowski, consentì di comprendere meglio, perfezionandola in modo mirato, quella nuova macchina volante che nel dicembre 1903 aveva spiccato il primo cortissimo volo: l'aeroplano.

Questo legame fortuito tra il Da Rios e l'aeroplano, assumerà invece forma decisamente più concreta dopo il conseguimento della laurea in ingegneria. Ciò infatti rappresentò l'inizio di un nuovo vivo interesse per le applicazioni, una svolta "dalla teoria delle equazioni e del laboratorio sperimentale alla pratica del costruire in quel mondo affascinante e dinamico che era allora l'aviazione" (Da Rios, 2006, pag. 2). Il Da Rios produsse così anche lavori⁶ di alto profilo scientifico in campo aeronautico e depositò un brevetto, l'elica "intubata", origine di quell'affettuoso "professor tubo" con cui era chiamato da alcuni.

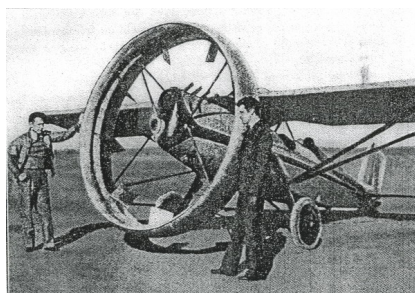
Non si può negare che l'aereo, di ieri come di oggi, sia una macchina decisamente affascinante e che quel suo staccarsi da terra sia un momento stupefacente: qualche centinaio di chili o più di 150 tonnellate che si alzano in aria quasi divenissero magicamente e in un attimo più leggere di una piuma! Nella conformazione del profilo alare risiede il segreto del volo, cioè di quella forza che tiene su l'aereo. L'ala dev'essere leggera, ma nello stesso tempo resistente e sufficientemente rigida, tutti problemi di un certo impegno, oggetto di continue ottimizzazioni, che ancor'oggi occupano gli specialisti.

Agli inizi del Novecento si iniziarono a esplorare varie soluzioni (monoplani,

6 Tra il 1912 e il 1940 egli scrisse più di 30 lavori.

biplani, ecc.) e materiali, ma oltre all'ala (o alle ali) anche il dispositivo propulsivo necessitava di studi volti a migliorarne l'efficienza. Infatti per stare in aria un aereo deve avere una certa velocità, ottenuta evidentemente utilizzando un motore in grado di produrre una forza in avanti. Così, come logica e immediata possibilità applicativa, l'elica venne scelta per generare la sua spinta in aria e muovere la nuova macchina volante. E sia l'elica che il motore (cui si aggiunsero le modalità del loro collegamento) richiedevano studi, dai quali scaturirono varie soluzioni. Il Da Rios concentrò i suoi interessi sulle problematiche propulsive dell'aereo e in particolare sull'elica.

Durante l'attività prestata presso il Comitato Invenzioni di Guerra di Milano il Da Rios firmò il 17 ottobre 1917 il suo primo brevetto che segna l'inizio della propulsione a reazione in Italia. Nel volume 475 n. 147 del Registro Invenzioni il brevetto dell'elica intubata, depositato dal Da Rios con la denominazione "elica - tubo a reazione", venne ufficializzato dall'Ufficio in "apparecchio di propulsione per aeroplani".



Aeroplano americano con elica intubata

L'idea dell'elica intubata partiva dall'osservazione che il volume d'aria proiettato a valle dall'elica si disperdeva eccessivamente ai bordi, facendo perdere spinta a causa della formazione di vortici laterali: mantenendo invece il volume d'aria perfettamente cilindrico, mediante un tubo aperto alle due estremità e con pareti profilate, si otteneva un incremento del rendimento propulsivo⁷. Era una delle possibili applicazioni dell'analisi teorica del filetto fluido.

Il brevetto fu ripreso in Germania dalle Officine Zeppelin per la propulsione dei grandi dirigibili e dai cantieri navali di Amburgo per applicazioni molto diffuse di propulsione marittima. Negli USA apparve un nuovo tipo di aeroplano con elica congiunta ad anello che la autorevole rivista "Le vie dell'aria" dell'epoca presentò come applicazione del principio di risucchio del Da Rios⁸.

Da un libro sulla propulsione a reazione⁹ si ottengono interessanti informazioni sui lavori del Da Rios sull'elica intubata, di cui si riportano alcuni paragrafi. Egli, "variando diametro e passo delle pale delle eliche adoperate ed anche il profilo dell'anello, ... riuscì ad ottenere incrementi di spinta che potevano arrivare a circa il 50%.

Proseguendo i suoi studi, Da Rios si pose anche il problema di ridurre drasticamente lo spazio di decollo di un velivolo mediante l'uso del suo dispositivo. Egli modificò quindi il semplice anello chiuso inizialmente proposto, trasformandolo

7 "Inventori americani applicarono un anello analogo al mio agli aeroplani, come risulta dall'illustrazione che si unisce" (Da Rios, 1940, pag. 12).

8 Queste informazioni sono tratte da una nota ufficiale dello Stato Maggiore dell'Aeronautica Militare del 27 giugno 1977 a firma del Generale A. Cazzaniga riportata in Da Rios, 2006, pag. 3 e nell'Allegato n°5. Il testo del generale contiene delle osservazioni in merito al riconoscimento d'onore all'Ing. Luigi Stipa, che aveva proseguito e applicato le ricerche del Da Rios.

9 In Da Rios, 2006, Allegato n° 3: Ciampaglia G. (2002), La propulsione a reazione in Italia dalle origini al 1943, Ufficio Storico Aeronautica Militare, pagg 60-62.

in un condotto allungato avente la parte terminale incurvata e piegata verso il basso per poter ottenere una spinta propulsiva verticale, così creando una portanza addizionale rispetto alle ali.

Il complesso di prove e misurazioni realizzato dal Da Rios ebbe comunque una notevole influenza sul mondo aeronautico di quegli anni. In Unione Sovietica [un suo allievo] ... nel 1939 progettò un idrovolante [con elica intubata] per le rotte artiche che venne denominato DAR¹⁰. Questo esperimento apriva definitivamente la strada alla propulsione a reazione, “che usa schiere di palette rotanti all’interno di involucri chiusi ad anello che sono sede di forze di reazione e pressione”.

Nel 1927 fu assegnato al Da Rios un altro prestigioso riconoscimento dall’Accademia dei Lincei per gli studi svolti nel settore aeronautico, accompagnando la menzione con un cospicuo premio in denaro perché proseguisse le ricerche. Così si fece assegnare nel 1930 al Politecnico di Torino dove per due anni sperimentò i suoi ritrovati. Tentò ancora senza successo di ottenere una cattedra universitaria che in quegli anni il suo carattere fiero di scienziato ostacolava non poco per l’intransigenza verso compromessi o accomodamenti politici; da qui la decisione di intraprendere la carriera di Preside alle superiori.

Si deve osservare che all’epoca la tutela dei brevetti era poco efficace: una volta dato il cosiddetto La, le applicazioni di eliche intubate si diffusero, con vari prototipi, parziali modifiche e ampliamenti e in qualche occasione il Da Rios fu costretto a intervenire con scritti di rivendicazione. Del resto egli “era fiero del valore delle sue scoperte, e il suo carattere di superbia scientifica lo portava a sostenere sempre con rigore ed energia la sue argomentazioni. Nel 1955, in una delle sue ultime pubblicazioni, si coglie però il rimpianto dello scienziato che non ha potuto portare al pieno successo le sue intuizioni sulle eliche intubate.

Le speranze riguardanti alte velocità richiedono prove sperimentali per le quali è necessaria la benevola e larga assistenza di enti forniti di mezzi adeguati. Da parte mia in trenta anni e più di assiduo studio e con ogni sorta di ansia e sacrifici non ho potuto fare di più di quello che un direttore di cantiere avrebbe potuto attuare silenziosamente in altrettanti giorni, evitando incomprensioni ed accanite contrarietà.

La presente diffusione del tubo Kort¹¹ sta a dimostrare a posteriori che le mie argomentazioni teoriche e gli assaggi sperimentali di un tempo remoto, le un avvalorate nel 1917 da scienziati della statura di Ricci-Curbastro e Levi-Civita e gli altri dall’autorità del Comitato di Invenzioni di Guerra di Milano nel 1919, meritavano di essere prese subito in seria considerazione.

Con questa serena consapevolezza trascorse, scrivendo e studiando, gli ultimi anni di vita ritirata nella sua casa di Padova” (Da Rios, 2006, pag. 8).

10 Questa sigla, derivata direttamente dal nome di Da Rios, fu un chiaro tributo all’inventore del sistema da parte dell’ing. Roberto Oros di Bartini, suo allievo.

11 Si tratta di un’applicazione del principio dell’elica intubata alla propulsione navale.

Principali opere di Luigi Sante Da Rios

- Luigi Sante Da Rios - *Sul moto d'un liquido indefinito con un filetto vorticoso di forma qualunque* - Palermo - 1906
- Luigi Sante Da Rios - *Sezioni trasversali dei filetti vorticosi* - Venezia: C. Ferrari tip., 1906
- Luigi Sante Da Rios - *Sopra una speciale concezione del fenomeno fluviale* - Venezia: C. Ferrari tip., 1906
- Luigi Sante Da Rios - *Sul moto dei filetti vorticosi di forma qualunque* - Atti Accad. Naz. Lincei Rend. Cl. Sci. Fis. Mat. Nat. - 1909
- Luigi Sante Da Rios - *Sul moto intestino dei filetti vorticosi* - G. Mat. Battaglini - 1911
- Luigi Sante Da Rios - *Sul campionamento dei molinelli in vasche cilindriche* - Venezia - 1915
- Luigi Sante Da Rios - *Sezioni trasversali stabili dei filetti vorticosi* - Atti Ist. Veneto Sci. Lett. Arti Cl. Sci. Mat. Nat. - 1916
- Luigi Sante Da Rios - *Sui tubi vorticosi rettilinei posti a raffronto con filetti di forma qualunque* - Atti Accad. Sci. Lett. Arti - Padova - 1916
- Luigi Sante Da Rios - *Vortici ad elica* - Nuovo Cimento - 1916
- Luigi Sante Da Rios - *Sulla trazione di natanti aerei e subacquei* - Venezia: C. Ferrari tip. - 1917
- Luigi Sante Da Rios - *Interpretazione dinamica dei movimenti indotti in un liquido da un campo vorticoso* - Atti Ist. Veneto Sci. Lett. Arti Cl. Sci. Mat. Nat. - 1919
- Luigi Sante Da Rios - *Sulle conclusioni del Weingarten intorno ai vortici* - Atti Ist. Veneto Sci. Lett. Arti Cl. Sci. Mat. Nat. - 1919
- Luigi Sante Da Rios - *Dati sperimentali intorno a certi apparecchi di propulsione aerea* - Milano - 1919
- Luigi Sante Da Rios - *Sul rendimento dei propulsori ad elica* - Varese - 1920
- Luigi Sante Da Rios - *Scie e anelli vorticosi* - Aerotecnica - 1928
- Luigi Sante Da Rios - *Sur la théorie des tourbillons* - C. R. Acad. Sci. - Parigi - 1930
- Luigi Sante Da Rios - *Sui vortici piani indeformabili* - Atti Pontif. Accad. Nuovi Lincei - 1931
- Luigi Sante Da Rios - *Anelli vorticosi ruotanti* - Padova - 1931
- Luigi Sante Da Rios - *Rivendicazione di priorità circa lo sfruttamento della scia delle eliche* - Padova - 1931
- Luigi Sante Da Rios - *Sui vortici gobbi indeformabili* - Atti Pontif. Accad. Nuovi Lincei - 1933
- Luigi Sante Da Rios - *Verghe elastiche, vortici piani indeformabili e filoni fluviali* - Giorn. Mat. Battaglini - 1936
- Luigi Sante Da Rios - *Il principio di risucchio in idroaeronavigazione e i relativi trovati industriali* - Venezia: C. Ferrari, 1940

BIBLIOGRAFIA

DA RIOS L. S. (1906), *Sul moto d'un liquido indefinito con un filetto vorticoso di forma qualunque*, Palermo.

DA RIOS L.S. (1940), *Il principio di risucchio in idroaeronavigazione e i relativi trovati industriali*, Venezia.

DA RIOS G. (2006), *Dr. Ing. Prof. Luigi Sante Da Rios - Scienziato*, Fascicolo della famiglia con raccolta di articoli.

GHETTI A. (1996), *Idraulica*, Edizioni Libreria Cortina, Padova.

FONTI WEB

[1] <http://www.math.tu-berlin.de/~weissmann/dipl.pdf>

STEFFEN WEISSMANN - *Real time simulation of fluid flow* - Diplomarbeit - Università di Berlino - Berlino - 2006

[2] http://en.wikipedia.org/wiki/Vortex_dynamics

Voce: *Vortex dynamics* - Wikipedia

FONTI DELLE IMMAGINI

- Fotografia del prof. Luigi Sante Da Rios, per gentile concessione della famiglia.

- Fotografia di aereo con elica intubata, in Da Rios, 1940, pag. 13.

Le altre fotografie fanno parte dell'archivio del Liceo e del Museo Traversi.

RINGRAZIAMENTI

Prof. Giovanni Da Rios e Prof. Marina Schenkel, nipoti di Luigi Sante Da Rios