

E. Sallent Del Colombo, A. Roca Rosell, *La Fisica Matematica nei Cursos Monogràfics d'Alts Estudis i d'Intercanvi (1915-1923): Il contributo di Tullio Levi-Civita*, Atti del XXV Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, Milano, 10-12 novembre 2005, (Milano: SISFA, 2008): C12.1-C12.5.

LA FISICA MATEMATICA NEI CURSOS MONOGRÀFICS D'ALTS ESTUDIS I D'INTERCANVI (1915-1923): IL CONTRIBUTO DI TULLIO LEVI-CIVITA

E. SALLENT DEL COLOMBO*, A. ROCA ROSELL**

**Departament de Física Fonamental (Universitat de Barcelona)*

***Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica, ETSEIB, (Universitat Politècnica de Catalunya)*

Nei primi anni del Novecento, Barcellona vive un processo di “rigenerazione”, parallelamente a quanto accade in altri luoghi della Spagna, legato alla rivendicazione dell'identità culturale e politica catalana. Uno dei punti di partenza di questo processo era la modernizzazione dell'insegnamento, estendendolo a tutta la popolazione con un orientamento laico e scientifico.

In Catalogna il movimento *regeneracionista* era incarnato da un partito, la *Lliga Regionalista* di ispirazione *catalanista* che rappresentava gli interessi della borghesia industriale. A fianco della *Lliga* c'erano altri partiti di diverso segno, alcuni come il partito radicale anticatalanisti, altri come il partito repubblicano decisamente catalanisti. In questo periodo fu anche in auge il movimento operaio catalano che portò allo sciopero generale del 1917, durante il quale si assiste al consolidamento del sindacato di massa *Confederación Nacional de Trabajadores* (CNT), nel quale convivevano diversi settori politici: da socialisti, ad anarchici a sindacalisti apolitici.

Dopo alcuni anni di influenza crescente, Enric Prat de la Riba, dirigente della *Lliga*, arriva alla presidenza della *Diputació* di Barcellona. Questo ente diventò da quel momento una piattaforma di trasformazione culturale e politica. Si pensò poi alla *Mancomunitat* delle *Diputacions Catalane* che non si costituirà fino al 1914. La *Mancomunitat* fu dissolta dalla dittatura di Primo de Rivera nel 1925, ma la sua eredità non cadde nel vuoto perché fu raccolta in larga misura dalla *Generalitat* repubblicana del 1931.

Nel 1907, Prat de la Riba creò l'*Institut d'Estudis Catalans*, con lo scopo di promuovere le ricerche sulla cultura catalana, la storia, l'arte, la letteratura in un primo momento. L'*Institut* si allargò nel 1911 con due nuove sezioni: quella di Scienze, con l'obbiettivo di appoggiare la ricerca scientifica con lo scopo di raggiungere il livello europeo, e la filologica, con la missione di regolarizzare il catalano come lingua moderna.

L'*Institut* si trasformò in un ente di *Alta Cultura*, come si diceva allora, di sostegno alla ricerca in tutti i campi, dalle lettere alle scienze. La Commissione di Cultura della *Diputació* si trasformò nel 1913 nel *Consell d'Investigacions Pedagògiques*. Questo ente eseguì il coordinamento della politica educativa e la politica scientifica e tecnica della *Mancomunitat*. Uno dei progetti del *Consell* fu quello di creare i *Cursos*

monogràfics d'Alts Estudis i d'Intercanvi. Si trattava di offrire dei corsi di livello post-laurea o dottorato, che altrimenti non si sarebbero potuti tenere a Barcellona, che non era autorizzata a dare dei corsi di dottorato, privilegio riservato alla Università centrale di Madrid. Questo per quanto riguarda gli *Alts Estudis* (Studi alti), per quanto riguarda l'*Intercanvi* (lo scambio), l'idea era quella di inviare professori di università catalane in Europa e negli Stati Uniti e di ricevere in cambio professori da queste università.¹

Esteve Terradas Illa (1883-1950), ingegnere e laureato in Scienze, professore straordinario di Acustica e Ottica dell'Università di Barcellona dal 1907, membro dell'Accademia delle Scienze e delle Arti di Barcellona, fu nel 1911 fra i fondatori della Sezione di Scienze dell'*Institut d'Estudis Catalans*. Partecipò molto attivamente alla progettazione dei corsi e fu il responsabile della sezione di scienze fisico-matematiche.²

A Madrid all'incirca nello stesso periodo, la *Junta para la Ampliación de Estudios*, creata nel 1907 dal Ministero della Pubblica Istruzione Spagnolo, intraprendeva una serie di azioni fra le quali bisogna sottolineare la concessione di *pensiones*, borse di studio per l'estero, e la fondazione di centri di ricerca come il *Laboratorio de Investigaciones Físicas* (1910) e il *Laboratorio y Seminario Matemático* (1915).³

Nelle 11 stagioni di corsi monografici, tra il 1915 ed il 1923, data nella quale la *Mancomunitat*, in pratica cessò di esistere, i corsi nel campo delle scienze fisico-matematiche furono:⁴

- E. Terradas (1915), *Analisi del concetto di discontinuità nelle teorie della materia e della radiazione*
- J. Rey Pastor (1915), *Rappresentazione conforme e unificazione delle funzioni analitiche*
- E. Terradas (1916), *Soluzioni periodiche e teoria della luna di Brown*
- B. Szilard (1916), *Le radiazioni e la radioattività della materia. Formazione, nascita ed azione dei raggi ionizzanti*
- B. Szilard (1917), *Elettroni e ioni*
- E. Terradas (1920), *La relatività e le nuove teorie della conoscenza*
- T. Levi-Civita (1921), *Questioni di meccanica classica e relativista*
- J. Hadamard (1921), *Poincaré e la teoria delle equazioni differenziali*
- H. Weyl (1922), *Analisi matematica del problema dello spazio*
- A. Sommerfeld (1922), *Questioni di fisica moderna*
- A. Einstein (1923), *Teoria della relatività*
- B. De Kerékjarto (1923), *Nuove ricerche sulla geometria e la teoria delle funzioni*

¹ Glick, Thomas (1986). *Einstein y los Españoles. Ciencia y sociedad en la España de entreguerras* (Madrid: Alianza, 1986). Roca, Antoni (1988). "La ciència internacional a la Catalunya contemporània", in: Navarro Veguillas, Luis (ed.), *Història de la Física. Actes de les Trobades Científiques de la Mediterrània, (Maó 1987)* (Barcelona: CIRIT, 1988): 319-332.

² Per ulteriori informazioni circa Esteve Terradas cfr.: Roca Rosell, Antoni; Sánchez Ron, José Manuel (1990). Esteban Terradas. Ciencia y técnica en la España contemporánea (Madrid: INTA/SERBAL, 1990). Per l'analisi della corrispondenza con Levi-Civita, cfr. Glick, Thomas; Roca, Antoni (1982). "Esteve Terradas (1883-1950) i Tullio Levi-Civita (1873-1941): una correspondència", *Dynamis*, 1982, 2: 387-402. Nastasi, Pietro; Tazzioli, Rossana (2000) (eds.). *Aspetti scientifici e umani nella corrispondenza di Tullio Levi - Civita (1873 - 1941)* (Palermo: Università Bocconi, 2000).

³ Ausejo, Elena; Millán, Ana (1989). "La organización de la investigación matemática en España en el primer tercio del siglo XX: el Laboratorio y Seminario Matemático de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1915-1938)", *Llull*, 1989, 12: 261-308. Sánchez Ron, José Manuel (ed.) (1988). *La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas 80 años después: 1907-1987* (Madrid: CSIC, 1988).

⁴ Catalunya. Mancomunitat. (1923). *L'Obra realitzada (1914-1923)* (Barcelona: Mancomunitat de Catalunya, 1923): 214-222.

I corsi della sezione di scienze cominciarono del 1915 con Julio Rey Pastor che sviluppò un corso sugli elementi discreti della materia e della radiazione. Finita la guerra, Terradas ebbe un ruolo fondamentale nel convincere importanti fisici e matematici a visitare Barcellona: Tullio Levi-Civita (1921), Hermann Weyl (1922), Albert Einstein (1923).

Prima della visita di Levi-Civita, Terradas preparò un corso di 30 lezioni sulla teoria della Relatività, dal dicembre 1920 all'aprile del 1921. Nell'Archivio della Diputació di Barcellona, si trova l'elenco degli 81 iscritti al corso fra i quali troviamo fisici, matematici, ingegneri, filosofi, medici, ecc.

Terradas comunica a Campalans tramite una terza persona di aver incontrato Levi-Civita a Padova e di averlo convinto a venire a Barcellona. Terradas dimostra il suo entusiasmo per la visita:⁵

Tutto originale! Programma meraviglioso, vogliamo creare l'atmosfera che merita. Facciano sapere ai giornali locali che siamo andati a cercarlo, che si tratta di uno dei primi cervelli al mondo nella scienza del ragionamento, che ha approfondito il calcolo vettoriale generalizzato nel quale si plasma divinamente la nuova relatività prima ancora che si sospettasse, che il suo nome insieme a quello di Einstein è fra i più famosi di questa teoria, che i suoi lavori sul problema dei tre corpi costituiscono un avanzamento formidabile nello studio di questo storico problema e che le sue conferenze a Barcellona, riassumono tutto il suo lavoro degli ultimi anni. Anche se faranno tanto, sarà comunque poco.

Il programma delle conferenze proposto da Levi-Civita prevedeva i contenuti seguenti:⁶

Questioni di meccanica (classica e relativistica)

1. Le problème des trois corps: progrès réalisé moyennant sa régularisation, buts à atteindre.

Rappel des recherches sur les conditions de choc. Régularisation de M. Sundman et régularisation canonique : manière d'y parvenir dans le plan et dans l'espace. Sens étroite dans lequel on a le droit de regarder résolu le problème. Aspects inexplorés. Sûreté du mouvement.

2. Les ondes des liquides; propagation dans les canaux.

Qu'est-ce qu'un mouvement par ondes? Cas stationnaire, propagation dans les canaux. Caractères essentiels des ondes irrotationnelles. Relation d'ensemble en découle. L'équation fonctionnelle qui domine le problème et ses solutions simples. Expression remarquable de la vitesse de transport.

3. Parallélisme et courbure dans un variété quelconque.

Cas des surfaces; transport d'une direction suivant un chemin; propriété nouvelle des géodésiques. Constructions géométriques et représentation analytique. Extension aux variétés possédant une métrique quelconque. Transport autour d'un cycle infiniment petit. Lien avec la théorie de la courbure.

4. La déflexions des rayons de lumière et la relativité générale d'Einstein.

Prémises classiques de l'optique géométrique. Rayons et trajectoires dynamiques. L'hypothèse de la matérialisation de l'énergie et son influence sur l'allure des rayons dans un champ de force. Champ gravitationnel du Soleil; forme hyperbolique des rayons provenant des étoiles. Valeur numérique de la déflexion angulaire. Quelques indications sur la théorie de M. Einstein. Dédoublément de la déflexion qui s'en suit. Contrôle fourni par les observations astronomiques.

⁵ Lettera a R. Campalans. Archivio storico della Diputació di Barcellona, cartella 3732, doc. 19.

⁶ Lettera di T. Levi-Civita. Archivio storico della Diputació di Barcellona, cartella 3732, doc. 23.

Nella *Crónica Oficial*⁷ della *Mancomunitat* possiamo leggere un resoconto ricco di particolari che ci illustra come si svilupparono le conferenze e quale furono i contenuti trattati. L'anonimo cronista, forse Terradas, data la competenza che dimostra nella discussione dei vari contenuti scientifici, ci informa che la prima conferenza trattò il problema dei tre corpi e la sua regolarizzazione. Levi-Civita cominciò considerando il suo contributo alla formula della condizione d'urto per il problema ristretto dei tre corpi e la sua regolarizzazione, facendo riferimento alla prima risoluzione completa per il caso generale, ad opera di Sundman.⁸ Il corpo centrale della conferenza costituiva lo sviluppo delle trasformazioni canoniche di Poincaré fino all'eliminazione delle singolarità sia polari che critiche che compaiono nella formulazione ordinaria, di modo che sparite queste, i teoremi di esistenza dimostrano la possibilità di ottenere le funzioni incognite sotto forma di sviluppi in serie per qualunque valore del tempo. Trattò il caso nel quale i tre corpi si trovano nello stesso piano, anche se, osserva l'autore, "la pubblicazione dei testi delle conferenze prenderà in considerazione sia il caso nel piano che quello nello spazio". Si riportano espressioni di entusiasmo per la chiarezza e la potenza dell'esposizione del Levi-Civita che "nel tempo ridotto di una conferenza, riuscì a mostrare all'auditorio meravigliato le formule nuove di regolarizzazione e lo sviluppo di un problema difficilissimo che era ridotto ad un'esposizione di mezz'ora chiara e brillantissima". La conferenza si concluse con la considerazione dell'urto, anche dal punto di vista fisico, analizzando la possibilità di evitare l'impatto di un asteroide con uno dei corpi centrali, per il caso del problema ristretto.

Nella seconda conferenza, il Levi-Civita, dopo aver esposto le difficoltà di definire il movimento di onde stazionarie, "se non si vuole cadere nella generalità di comprendere tutti i movimenti nei liquidi", fissò le condizioni cinematiche e dinamiche, aggiungendo una definizione da lui chiamata caratteristica di massa, in virtù della quale è nullo il flusso medio in tutta la sezione verticale del canale compresa tra il fondo e il punto più basso del profilo dell'onda. La parte più interessante della conferenza fu il calcolo della velocità media di trasporto. Nella pubblicazione relativa alle conferenze, puntualizza l'autore, si prenderà in esame anche il caso di onde periodiche e il calcolo della velocità di trasporto corrispondente. Ancora un commento entusiastico "il lavoro dell'eminente analista è un compendio fondamentale della teoria delle onde di tipo permanente". La terza conferenza, dice il cronista, "notevolissima da ogni punto di vista", cominciò con l'introduzione del concetto di parallelismo nel piano, introdotto nel modo ordinario, per passare al parallelismo in un varietà sviluppabile, sempre in riferimento al piano, e finalmente al parallelismo in una superficie qualunque. Fissato questo criterio, lo generalizzò a una varietà a più dimensioni. Dimostrò alcune proprietà del parallelismo generalizzato, come la conservazione degli angoli, il parallelismo delle tangenti alle geodetiche, analogamente a quanto si fa per le rette ordinarie in uno spazio euclideo.

Sappiamo anche che si celebrò una seduta non prevista nel piano iniziale delle conferenze, che costituì un avvicinamento fra gli allievi e il Professore, durante la quale, questi, chiarì a richiesta degli studenti alcuni punti riguardanti la sua prima conferenza, in particolare riguardanti la stabilità del movimento e la possibilità di evitare l'urto, nel caso dell'asteroide precedentemente considerato. Nell'ultima sua conferenza, il Levi-Civita considerò e dimostrò la necessità di prendere in

⁷ Catalunya. Mancomunitat (1921). "Notícies i documents. Cursos Monogràfics d'Alts Estudis i d'Intercanvi. Curs Levi-Civita". *Crònica oficial*, 1921, II, 1: 12-14.

⁸ Per lo studio del problema dei tre corpi in Levi-Civita, cfr. Dell'Aglio, Luca (1993). "Tradizione di ricerca nella meccanica celeste classica: il problema dei tre corpi da Levi-Civita a Sundman", *Physis*, 1993, 30, 1: 105-144.

considerazione la teoria einsteniana per ottenere la corretta deflessione dei raggi di luce da parte della massa del sole, doppia di quella che si riscontra con la considerazione della teoria classica. L'autore conclude: "Sembra quindi necessario ammettere una curvatura dello spazio d'accordo con le sue previsioni".

Le conferenze di Barcellona si ripeterono anche a Madrid, secondo uno schema che venne riproposto anche per gli altri corsi. Dopo la visita in Spagna Levi-Civita stabilì un legame epistolare con gli scienziati spagnoli che si prolungò per anni. Uno dei corrispondenti, José María Plans y Freyre, fu autore del primo libro spagnolo di Relatività⁹ e di un volume sul Calcolo Differenziale Assoluto¹⁰, frutto in gran parte delle conferenze spagnole di Levi-Civita. Plans fu anche relatore della prima tesi di dottorato di Relatività in Spagna elaborata da Pere Puig Adam¹¹, che scrive al Levi-Civita¹²

Con esta indicación proseguí mis modestos trabajos y a fin de curso pude presentar la tesis, por la que me concedieron el título de Doctor. Esta memoria ha de imprimirse actualmente, pero como es mi deseo poner al pié de la página correspondiente al punto mencionado, una nota que diga: "Agradecemos esta observación, que es la base de todos los cálculos ulteriores, al Profesor Levi-Civita, cuya amabilidad extrema nos permitió recoger de él muy sabias enseñanzas durante su reciente estancia en Madrid."

Nelle conferenze di Barcellona Levi-Civita propose, come aveva osservato Terradas¹³, quattro argomenti nei quali aveva fatto dei contributi originali. Le conferenze furono pubblicate per la prima volta in catalano nel 1922 nella collana diretta da Terradas¹⁴ e furono spedite a tutti i matematici europei di rilievo come dimostra un elenco di nomi conservato nel *Fons Terradas* dell'*Institut d'Estudis Catalans*. Rappresentano, quindi, un evento editoriale di estrema importanza, che offre a Levi-Civita la possibilità di sistematizzare alcuni dei suoi contributi fondamentali, e allo tempo, avvicina questi contributi a una generazione desiderosa di uscire dall'arretratezza scientifica nella quale si trova immersa.

⁹ Plans y Freyre, José María (1921). *Nociones fundamentales de mecánica relativista* (Madrid: Gráficas Reunidas, 1921).

¹⁰ Plans y Freyre, José María (1924). *Nociones de cálculo diferencial absoluto y sus aplicaciones* (Madrid: Talleres Voluntad, 1924).

¹¹ Puig Adam, Pere (1923). *Resolución de algunos problemas elementales en mecánica relativista restringida* (Madrid: Publicaciones del Laboratorio y Seminario Matemático, 1923).

¹² Lettera di P. Puig Adam a T. Levi-Civita, 3 ottobre 1921. Fondo Levi-Civita. Biblioteca dell'Accademia dei Lincei.

¹³ Cfr. Documento citato nella nota 4.

¹⁴ Levi-Civita, Tullio (1922), *Qüestions de mecànica clàssica i relativista* (Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 1922). Il libro fu pubblicato posteriormente anche in italiano e in tedesco.