

Sulle ricerche elettriche di Giovanbattista Beccaria e sui suoi rapporti con Ruggiero Giuseppe Boscovich nelle applicazioni dell'elettricismo naturale e artificiale

Edoardo Proverbio

1. L'insegnamento a Roma e le prime ricerche a Torino di Giovanbattista Beccaria sull'elettricismo artificiale e naturale

1.1 Giovanbattista Beccaria (1716-1781), chierico regolare delle Scuole Pie, iniziò la sua carriera di insegnante a Narni dove insegnò umanità sembra sino al 1737 e successivamente belle lettere nel Collegio Scolopio della città di Urbino, ma "l'amore della matematica e della fisica [...] si era talmente impadronito di lui", come narra un suo biografo (1), da convincere i suoi superiori a trasferirlo prima a Palermo e poi, nel 1744, a Roma, a coprire la cattedra di filosofia nella scuola madre di S. Pantaleo, e dal 1747, anno della fondazione del Collegio Calasanzio, in questo stesso Collegio (2). Nel Collegio delle scuole pie, come in altri Collegi di chierici regolari, nel corso di filosofia veniva insegnata la matematica e la geometria euclidea, nonché la fisica tradizionale. Per quanto concerne l'insegnamento della geometria e della matematica i testi a cui Beccaria faceva riferimento erano gli Elementi di Euclide e il trattato di matematica di Christian Wolf, che a quanto risulta il Beccaria teneva in grande conto (3), autore anche di opere di filosofia, psicologia e fisica in cui il filosofo tedesco si schierava a favore della filosofia meccanica di Cartesio e Leibniz (4).

Già nel corso degli anni di insegnamento nel Collegio delle scuole pie poi Calasanzio, le letture del Beccaria si diressero però sempre più verso le opere di Galileo e di Newton, e, in seguito, di altri autori di fisica sperimentale che in qualche modo risentivano della grande esperienza newtoniana (5). E' in questo periodo che egli deve avere fatto conoscenza e frequentato il matematico francese François Jacquier (1711-1788) della congregazione dei Minimi (6), che in collaborazione con Ruggiero Boscovich (1711-1787) e di un altro Minimo Thomas Le Seur (1703-1770) era stato chiamato nel 1742 da Benedetto XIV ad esprimere il proprio parere sulla stabilità della Cupola di S. Pietro (7). Poiché anche Boscovich, che dal 1740 e per un ventennio (salvo gli anni 1751-52 impiegati nella misura del grado negli Stati Pontifici) ricoprì la cattedra di matematica presso il Collegio Romano, intrattenne, come è ampiamente documentato, con il padre Jacquier una lunga e corrisposta amicizia (8), sembra naturale congetturare che avesse modo fin

da quegli stessi anni di avere un qualche rapporto con Gianbattista Beccaria, anche se le testimonianze in tal senso sono a tutt'oggi mancanti.

Beccaria, i cui interessi per la fisica sperimentale di orientamento newtoniano si andavano viepiù approfondendo, venne chiamato nell'estate del 1748 da Carlo Emanuele III a ricoprire la cattedra di fisica presso la regia Università di Torino, resasi vacante dopo il collocamento a riposo del titolare Francesco Garro dell'ordine dei Minimi. L'insegnamento della fisica a Torino era allora fortemente condizionato dall'orientamento cartesiano dato a quest'ultimo ordine circa un secolo prima da Marin Mersenne (1558-1648) e dal gruppo di filosofi naturali raccolti attorno al convento parigino dei Minimi di Place Royale (9), salvo significative successive eccezioni rappresentate da Jacquier e da Le Seur.

La nomina di Beccaria a Torino sembra sia stata effettuata su istanza del Marchese G. Morozzo, nell'ambito di un generale programma di riforma non solo delle strutture ma anche dei contenuti dell'insegnamento universitario (10), e il nuovo titolare della cattedra di fisica si trovò ad affrontare l'opposizione della fazione dei difensori della filosofia cartesiana, e più ancora del partito degli scolastici che, come testimonia Eandi, "avendo unito gli insegnamenti peripatetici alla religione spacciavano come eretici e cartesiani, e newtoniani, in una parola chiunque contrastasse alle loro stranezze" (11). Malgrado e contro queste opposizioni già nel corso dei primi anni di insegnamento Beccaria introdusse nelle sue lezioni nuovi metodi e contenuti della fisica mutuati da Galileo e da Newton, privilegiando da una parte gli aspetti matematici e meccanici nella spiegazione dei fenomeni, dall'altra dando il più ampio risalto al ruolo della sperimentazione (11 bis), e pervenendo per tale via ad originali ed interessanti scoperte nel campo della statica con l'introduzione del concetto di "centro di coesione", ed in quello della dinamica correggendo alcuni errori in cui erano incorsi sia il Gravesande che lo stesso Newton nello studio del moto del pendolo e dei proietti (12). Questi nuovi contenuti nell'insegnamento della fisica e scoperte egli raccolse, a quanto risulta a partire del 1750-51, in alcuni trattatelli a tutt'oggi quasi del tutto inediti, sotto il titolo: *Institutiones in physicam experimentalem* (13). Questa era la situazione dell'insegnamento e dell'attività di ricerca condotti dal Beccaria a Torino fino agli inizi del 1752.

1.2 Nella primavera del 1746 Benjamin Franklin (1706-1789) avviò a Philadelphia le sue prime ricerche sui fenomeni elettrici. Queste prime esperienze vennero effettuate facendo ricorso ad un "electric tube" elettrizzato a mano (14), di cui le aveva fatto dono Peter Collison (1694-1768), un dotto mercante londinese col quale Franklin era in corrispondenza, e che in quella occasione, sembra sulla fine del 1745, lo informava di alcuni esperimenti elettrici condotti in Germania (15). Ricerche e sperimentazioni sui fenomeni elettrici avevano avuto notevole sviluppo in Europa soprattutto a seguito delle esperienze condotte all'inizio del secolo da Francis Hauksbee (c 1666-1713) che fece uso di tubi di vetro elettrizzati a mano e di sfere cave di vetro ruotanti attorno ad un asse del tipo ideato da Otto von Guericke

(1602-1682) (16). In seguito, le esperienze e le scoperte effettuate da Stephan Grey (1666-1736), Charles Du Fay (1698-1739) e Louis Guillaume Le Monnier (1711-1799) avevano portato i fenomeni elettrici all'attenzione di tutti i maggiori fisici sperimentati e filosofi naturali, e naturalmente attirato l'interesse e la curiosità di uno stuolo di amatori, di dilettanti ed anche di ciarlatani (per la cronologia delle prime scoperte in elettricismo si veda la Tavola A e la relativa bibliografia).

I primi risultati delle sperienze effettuate da Franklin nel 1746 e continuate nel 1747 sulla bottiglia di Leyda, le cui proprietà erano state messe in evidenza da Musschenbrock nel 1745 (17), sono contenute nelle lettere che egli scrisse a Londra a Peter Collison, e iniziarono a circolare tra i membri della Royal Society prima della loro pubblicazione avvenuta nell'estate del 1751 (18). Una traduzione in francese di questi lavori apparve a Parigi nel marzo 1752 ad opera di T.F. Dalibard, suscitando notevole interesse: La traduzione di Dalibard era preceduta da un Avertissement che conteneva pesanti apprezzamenti sulle ricerche e le teorie elettriche di Jean Antoine Nollet (1700-1770), e da un Histoire abrégée de l'électricité in cui Nollet non veniva mai citato, ciò che suscitò una dura reazione del fisico parigino (19).

Nelle già citate Memorie Istoriche, Francesco Antonio Eandi, dovendo riferire sulle circostanze che portarono Beccaria a dare inizio alle sue prime esperienze sui fenomeni elettrici atmosferici, scriveva: "Mentre era inteso a promuovere la vera fisica, avvertito della celebre esperienza immaginata da Franklin in America, ed eseguita da Delor, e Dalibar in Francia, egli, che già da qualche tempo s'occupava intorno all'elettricità, rivolse subito le sue mire ad avverare, ed estendere quelle nuove importantissime scoperte" (20). Da questa importante fonte veniamo a sapere che il fisico torinese forse già nel corso del 1751 e certamente dopo la pubblicazione delle esperienze sui fenomeni elettrici ad opera di Dalibard nel marzo 1752, "si occupava intorno all'elettricità", presumibilmente ripetendo all'inizio le stesse esperienze fatte dallo sperimentatore di Philadelphia. In seguito, quando nel maggio dello stesso anno, Dalibard e Delor realizzarono per la prima volta a Marly-la-Ville, un villaggio a sei leghe da Parigi, la famosa esperienza proposta da Franklin nel 1749 per verificare l'elettrizzazione delle nubi (21), e resero noti i risultati di questa stessa esperienza (22), Beccaria, ai primi di luglio del 1752, installava "una spranga di ferro di dodici piedi", a quanto pare sopra il tetto della sua abitazione in Torino, realizzava il sistema di conduttori che collegava detta spranga con "una palla di metallo di due pollici di diametro", e iniziava le sue esperienze sulla elettrizzazione delle nubi che egli estendeva con un ingegnoso artificio all'elettrizzazione della pioggia, esperienze che proseguirono fino ai primi di settembre dello stesso anno (23).

Fino a che punto dovevano avere influito sul Beccaria le sollecitazioni che il Marchese Giuseppe Morozzo, interessato a porre fine alle interne opposizioni dei fautori della fisica cartesiana dopo la sua chiamata alla cattedra di fisica, sembra avere esercitato su di lui dopo le esperienze di Marly-la-Ville come attestano alcuni biografhi, allo scopo di spingerlo ad avviare od intensificare le sue esperienze nel

campo dei fenomeni elettrici atmosferici, è ancora questione che merita qualche approfondimento (24). Questo intervento infatti pare essersi manifestato quando già il Beccaria si doveva essere indirizzato, come la citazione dell'Eandi sembra confermare, dopo la pubblicazione nel marzo del 1752 dei primi lavori di Franklin ad opera di Dalibard, alla sperimentazione ed allo studio dei fenomeni elettrici artificiali, e lo stimolo di Morozzo, se veramente vi fu, può avere affrettato dunque semplicemente Beccaria verso un nuovo indirizzo nelle sue ricerche, e cioè in direzione dei fenomeni elettrici naturali di cui Franklin aveva trattato nei suoi scritti.

La ripetizione dell'esperienza di Marly da parte di Beccaria aprì in effetti a Torino un nuovo campo di ricerche rivolte allo studio dei fenomeni atmosferici, i cui risultati, se non contribuirono a far cessare del tutto l'opposizione dei fautori interni delle teorie fisiche cartesiane, e di quelli che in opposizione al Beccaria ed al Franklin avevano abbracciato le teorie elettriche del Nollet, che dell'elettricista americano era allora il più accanito antagonista (25), contribuirono certamente a far conoscere anche fuori della ristretta cerchia degli studiosi della capitale sabauda l'attività febbrile che il fisico torinese veniva conducendo sui fenomeni elettrici artificiali e naturali, e che egli con una veramente sorprendente operosità raccolse e pubblicò a Torino nell'estate del 1753 nella prima e più importante sua opera scientifica, che titolava: Dell'elettricismo artificiale e naturale (si veda la Tavola B). Circa la presenza a Torino di oppositori del Beccaria e delle teorie frankliniane all'epoca della pubblicazione del volume, questo è confermato dallo stesso fisico torinese, costretto a far fronte ad alcune malevoli critiche, che vennero formulate ancora prima che il volume sull'Elettricismo vedesse la luce, e pubblicate a Milano, riguardanti le esperienze da lui condotte sull'elettricità artificiale, oggetto del Libro Primo della sua opera (26).

1.3 L'opera del Beccaria costituiva in effetti un fondamentale contributo non solo alla sistemazione e conferma delle esperienze condotte da Franklin, che lo avevano portato ad enunciare le sue teorie sull'esistenza dell'elettrizzazione positiva e negativa e sul potere delle punte, ma in essa egli andava oltre queste esperienze, contribuendo con prove nuove ed originali, esposte in modo semplice ma rigoroso nel Libro Primo, a chiarire fenomeni ancora poco noti (27), come gli effetti meccanici della scintilla (28), o a controbattere le nuove obiezioni che il Nollet aveva elaborato sulla base di esperienze condotte nell'estate del 1752 per contrastare la teoria frankliniana sull'opacità elettrica del vetro (29). Queste obiezioni il Nollet aveva reso note in una serie di lettere in gran parte indirizzate a Franklin, che videro la luce agli inizi del 1753 (30). Alla fine del Primo Libro dell'Elettricismo si trova infatti la lunga "Lettera di Giambattista Beccaria al chiarissimo Signor Abate Nollet", scritta si presume nei primi mesi del 1753 (31), nella quale, scriveva il fisico torinese all'autore delle Lettres: "[...] esporrò alcune cose spettanti all'indole del vetro, per rispetto all'elettricità, nel che particolarmente ella nel suo libro e molto diffusamente contraria i pensieri di Franklin, ed a me pare d'avergli nelle parti sostanziali sufficientemente confermati, e di poterli vieppiù avvalorare con altri

esperimenti." (32). In effetti con questa "Lettera" Beccaria non solo replicava, unico fra i sostenitori di Franklin, alle obiezioni sollevate dal Nollet, ma contribuiva in modo decisivo ad approfondire e chiarire alcuni esperimenti cruciali effettuati da Franklin e da lui stesso, legati al differente grado di elettrizzazione delle parti interna ed esterna della bottiglia di Leyda (33).

Con il Libro Primo dell'Elettricismo e la "Lettera" al Nollet che ad esso faceva seguito si può dire che Beccaria aveva sistematizzato un insieme di esperienze che davano risposte convincenti ai fenomeni elettrici artificiali allora noti nell'ambito delle teorie frankliniane, ma le intuizioni dello stesso Franklin sui fenomeni elettrici atmosferici e l'esperienza di Marly-la-Ville avevano aperto un nuovo grande capitolo nell'ambito dell'elettrologia, relativo allo studio dei fenomeni elettrici atmosferici, che si estendeva ad altri straordinari fenomeni celesti e terrestri, quali le aurore boreali e le imponenti manifestazioni di natura vulcanica e tellurica.

Come si è detto, Beccaria nel luglio-agosto del 1752 aveva ripetuto con successo a Torino a più riprese le esperienze condotte a Marly per provare l'esistenza dell'elettrizzazione delle nubi e dell'elettricità atmosferica. Di queste esperienze e di numerose altre esperienze e considerazioni tendenti a dimostrare l'identità dei fenomeni elettrici naturali e di quelli artificiali egli dava conto del Secondo Libro dell'Elettricismo, scritto presumibilmente tra l'autunno e l'inverno del 1752-53 (34).

Se i primi tre capitoli di questo Libro Secondo erano dedicati alla descrizione delle esperienze con la "spranga di Franklin" e alla dimostrazione delle identità tra elettricità atmosferica e elettricità artificiale, i capitoli IV, V e VI costituivano invece un importante contributo di Beccaria allo studio degli effetti della "folgore" nell'aria e nell'acqua (si veda la Tavola B). Egli trova una analogia tra la dilatazione dell'aria in presenza di una forte scarica atmosferica e quella della dilatazione dell'aria cagionata dalla scintilla elettrica. Associa inoltre i Tifoni o Trombe di mare alla presenza di nuvole fortemente elettrizzate, fenomeno che egli ritiene analogo a quello sperimentato della polverizzazione ed innalzamento dell'acqua per effetto della scintilla. Le stesse analogie egli mostra poi tra gli effetti della folgore sulle piante ed animali e quelli causati sui corpi viventi dalla scintilla elettrica. Un numero notevole di argomentazioni ed evidenze a sostegno delle sue ipotesi egli crede di trovare analizzando la dettagliata descrizione che degli effetti della caduta di un fulmine sopra una casa di campagna di proprietà del Conte della Gherardesca nei pressi di Firenze nel giugno del 1749 aveva fatto in professor Carburì della Facoltà medica fiorentina. Nel capo VII egli ritorna nuovamente sul problema della causa dei Tifoni in mare che egli associa all'elettricismo delle nuvole. A sostegno di questa sua tesi egli esamina numerose descrizioni di Trombe di mare fatte da altrettanti osservatori. Nello stesso Capitolo sono infine avanzate ipotesi sull'origine elettrica delle aurore boreali e sulle cause che generano i fenomeni tellurici e vulcanici. Gli argomenti trattati dal Beccaria in questo Libro Secondo dell'Elettricismo meritano speciale attenzione. In particolare interessa qui segnalare la singolare tesi da lui sostenuta nell'attribuire l'origine delle Trombe marine all'azione dell'elettrizzazione di nubi basse. Questa teoria contrastava chiaramente con le idee sostenute da

Franklin secondo il quale le Trombe sull'acqua e i Turbini sulla terra erano costituiti da vortici ascendenti d'aria, causati dal rapido precipitare di masse d'aria superficiali verso un centro (35). Lo stesso Franklin non aveva mancato di sottolineare il suo disaccordo con questa originale teoria del fisico torinese (36). A sostegno della sua tesi quest'ultimo, come si è detto, portava la testimonianza di vari osservatori. Queste testimonianze in verità non sembrano tali da avvalorare l'audace congettura di Beccaria (37). Anche Franklin naturalmente a sostegno della sua tesi aveva portato la testimonianza di numerosi osservatori, alcuni dei quali erano gli stessi a cui il fisico torinese aveva fatto affidamento (38). Tra queste testimonianze, particolare rilievo egli attribuiva alla descrizione del terribile turbine che tanti danni aveva causato a Roma la notte dell'11 giugno 1749, accuratamente descritto da Ruggiero Boscovich in una dissertazione apparsa lo stesso anno (39), della quale evidentemente Beccaria, o non era a conoscenza, e la cosa suscita qualche perplessità, o non ritenne che essa fosse utile per sostenere la sua tesi (40).

1.4 I fenomeni atmosferici e le loro conseguenze spesso catastrofiche furono oggetto già nella prima metà del settecento di particolare attenzione. Se dopo la scoperta della natura elettrica del fulmine (1759-60), e della elettrizzazione delle nuvole ad opera di Franklin (1752), la tendenza, come mostra il Beccaria nella seconda parte del trattato dell'Elettricismo, fu quella di tentare di dare una interpretazione elettrica a tutta una serie di fenomeni terrestri e celesti le cui cause erano allora sconosciute, nondimeno la maggior parte dell'interesse dei fisici subito dopo la metà del secolo fu quello di approfondire le conoscenze dei fenomeni elettrici atmosferici, come mostrano le nuove scoperte fatte nel periodo dal 1752 al 1753 di cui si dà notizia nella Tavola A, ed in particolare di studiare gli effetti cagionati dalle scariche elettriche prodotte in laboratorio, ma soprattutto di quelle ben più imponenti e distruttive generate dalla elettricità atmosferica e dai fulmini.

Sull'origine dei fulmini prima della scoperta di Franklin le opinioni erano in generale molto confuse. L'idea che questo fenomeno fosse causato da esplosioni di aria compressa tra due nubi sovrastanti in presenza di esalazioni, sostenuta da Cartesio nelle Météores (41), concetto analogo a quello espresso da Aristotele nella Meteorologia (42), era assai diffusa ancora attorno alla metà del settecento (43), malgrado alcuni fisici avessero già messo in evidenza alcune similitudini tra le scariche elettriche di laboratorio e i fulmini nell'atmosfera (44).

Come si è detto, nel novembre del 1749 Franklin ideò un esperimento per provare la natura elettrica del fulmine (si veda la nota 21), ma nello stesso tempo, riflettendo sul potere delle punte che già aveva sperimentato nel 1746, egli proponeva di usare questo potere per preservare le abitazioni, le chiese, e le stesse navi in mare dagli effetti devastanti delle scariche elettriche atmosferiche (45). Quantunque Beccaria sembra sia stato il primo, nel 1762, a verificare l'esistenza di scariche elettriche dalla terra verso le nubi (46), non vi è dubbio che la gran parte di queste scariche elettriche si manifestavano e si manifestano dalle nubi verso la terra, e i danni causati dai fulmini sulle case e sugli uomini erano allora ben noti e temuti (47). Per quanto

sembri inverosimile, non pare che Franklin abbia fornito all'epoca alcuna precisa informazione in merito alla installazione di parafulmini, né queste informazioni tecniche vennero fornite dai suoi diretti assistenti e collaboratori, quantunque, da quanto risulta, dei parafulmini si fosse fatto uso in America sin dal 1752 (48).

In Italia, l'installazione dei primi conduttori viene attribuita, sembra erroneamente, a Beccaria in data imprecisata (49). A differenza della Francia e dell'Inghilterra, ove per motivi diversi le scoperte di Franklin e quindi anche l'applicazione dei parafulmini, trovarono numerose difficoltà ad affermarsi (50), negli Stati italiani le teorie del fisico americano vennero più facilmente accreditate, grazie anche alla straordinaria attività che Beccaria svolgeva in loro difesa. Malgrado ciò, l'installazione di spranghe di ferro collegate a terra da conduttori secondo le generiche indicazioni di Franklin per difendere gli edifici dall'azione dei fulmini, venne ritardata non solo a causa delle critiche che all'azione delle punte e dei conduttori venivano da alcuni fisici francesi ed inglesi (51), ma anche a causa di resistenze dovute a ignoranza e superstizione, che riconoscevano come soli validi antidoti per allontanare la caduta dei fulmini le somministrazioni di acqua santa e il suono squillante delle campane (52).

Anche per far fronte a queste critiche il 24 dicembre 1757 Beccaria si decideva a scrivere direttamente a Franklin che in quel tempo si trovava a Londra una lettera in latino, in cui tra l'altro puntualizzava le sue ricerche sulla elettricità atmosferica (53), che egli continuerà anche in seguito, e nelle quali, come dirà l'Eandi, "non contento della spranga, e de' cervi volanti soltanto, servivasi ancora di razzi, e di fili metallici, che distendevansi da luoghi molto elevati per la distanza di 1500 piedi, co' quali mezzi scopriva che specie d'elettricità dominasse nell'atmosfera in diversi tempi." (54). I risultati di queste ricerche, che lo portarono a sospettare l'unificazione dei fenomeni elettrici con quelli magnetici, egli esponeva poi in sedici lettere indirizzate a Giacomo Bartolomeo Beccari, professore di chimica nell'Istituto di Bologna (si veda la Tavola B), che meritano i giusti elogi del fisico inglese Joseph Priestley (1733-1804) (55).

2. La spiegazione dei fenomeni elettrici e magnetici nella "Theoria" di Ruggiero Boscovich e le sue conoscenze tra i fisici elettricisti francesi ed inglesi

2.1 Mentre a Torino nel 1758 Beccaria pubblicava le Lettere al Beccari, nell'estate dello stesso anno Boscovich mandava alle stampe la sua opera filosofica principale: Philosophiae naturalis Theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium (56), nella quale dava definitiva sistemazione alle sue idee riguardanti la struttura della materia e l'esistenza di una unica legge in grado di presiedere alle varie forze esistenti in natura (57). Se nella sua famosa curva di distribuzione delle forze agenti in funzione della distanza delle particelle materiali, il grande astronomo faceva ricorso alla legge di attrazione newtoniana per rappresentare le forze gravitazionali agenti su lunga distanza, per spiegare l'azione di attrazione e repulsione delle forze

elettriche agenti a distanza breve o media, egli ricorreva invece alle teorie elettriche "scoperte da Franklin in America con una sagacità veramente meravigliosa", le quali, son sempre parole del Boscovich, "sono state grandemente abbellite e confermate e anche ulteriormente sviluppate a Torino dal Padre Beccaria, uomo molto dotto, nel suo eccellente lavoro su questo soggetto pubblicato alcuni anni fà." (58). Non sappiamo quali opere sull'elettricismo di Franklin Boscovich avesse letto e consultato, egli mostrava nondimeno di conoscere bene sia il funzionamento della bottiglia di Leyda ritrovata da Musschenbroeck, autore degli Elementi di fisica, a lui cogniti (59), sia il "quadro elettrico" dello stesso Franklin (60). Si deve poi ragionevolmente credere che egli avesse letto ed apprezzato il volume Dell'elettricismo del Beccaria stampato nel 1753, a cui fa esplicito riferimento. Per contro sembra che Beccaria apprezzasse molto le idee espresse dal Boscovich nella sua Theoria, che gliene aveva inviato in omaggio una copia nell'agosto del 1759. Beccaria si mostrava interessato al problema che la resistenza dell'aria mostrava al passaggio del fluido elettrico, problema a cui il grande astronomo aveva accennato nella Theoria trattando dei fenomeni elettrici, e su cui pare che sia ritornato a parlare nella lettera a noi non pervenuta inviata al fisico torinese assieme alla sua opera (61). E' da presumere che della sua Theoria e dei fenomeni elettrici Boscovich abbia poi ancora avuto occasione di trattare con Beccaria in occasione della visita che egli fece a Torino alla fine di settembre del 1759 (62), nel corso del viaggio che da Roma, via Bologna e Milano, doveva condurlo a Parigi, e poi a Londra (63).

2.2 Boscovich arrivò nella capitale francese il 19 novembre 1759 e vi si trattenne fino al maggio dell'anno successivo. Nel corso di questo lungo periodo ebbe modo di incontrare e di intrattenere rapporti con molto celebri personaggi, tra questi l'Abate e fisico parigino Jean Nollet, che il grande astronomo aveva conosciuto a Roma dieci anni prima. Nollet infatti visitò l'Italia nel 1749 quando egli era già noto per le sue importanti scoperte elettriche per rendersi conto personalmente delle notizie relative alle applicazioni dell'elettricità alla medicina, spacciate da ciarlatani ma anche da alcuni fisici e medici italiani (64). A Napoli egli incontrò Nicolò Bammaccaro, professore di filosofia e fino allora critico nei confronti delle teorie sostenute dal fisico parigino (65), e a Roma fece conoscenza con Ruggiero Boscovich (66). A Bologna ebbe invece rapporti con Giovan Giuseppe Veratti (1707-1793), che effettudò in sua presenza, sembra con scarso successo, l'esperimento di elettrizzazione di una giovane donna (67). Egli fece sosta a Torino l'anno dopo in cui Beccaria era stato chiamato a ricoprire la cattedra di fisica che era stata di Francesco Garro, con cui pare che Nollet avesse intrattenuto rapporti di collaborazione (68), ed in quella occasione è pensabile che egli incontrasse anche il nuovo titolare della cattedra di fisica sperimentale.

A Parigi Boscovich ebbe modo non solo di vedere Nollet, ma di visitare il suo laboratorio fisico e di assistere ad una sua lezione (6). Il successivo soggiorno a Londra del grande astronomo dal maggio al dicembre del 1760 fu ancora più interessante per la conoscenza che egli vi fece dei maggiori fisici ed elettricisti

dell'epoca, compresa quella di Benjamin Franklin. Nel corso di questi incontri egli ebbe l'occasione di partecipare alle esperienze che lo stesso Franklin e Benjamin Wilson vi andavano conducendo, e nei colloqui con questi e altri attivi elettricisti inglesi si intratteneva anche a parlare delle esperienze del Beccaria e dei risvolti che la sua Theoria poteva avere nell'ambito delle teorie elettriche (70).

3. Boscovich, Beccaria e il progetto per la installazione di un parafulmine sul Duomo di Milano

3.1 Mentre Giovanbattista Beccaria era impegnato nelle osservazioni astronomiche per la misura del grado taurinense, Ruggiero Boscovich, dopo il soggiorno a Parigi e a Londra, nel dicembre del 1760 iniziava il lungo viaggio che, via Venezia, doveva portarlo a Costantinopoli, dove soggiornò dal novembre 1761 al maggio 1762. Dal maggio e fino al dicembre 1762 egli effettuò poi l'avventuroso viaggio di ritorno fino a Vienna (71), ove si trattenne dal gennaio al maggio 1763, per raggiungere infine, ai primi di novembre dello stesso anno la sede romana. Qui lo attendeva una nuova altrettanto dura fatica: il sopralluogo e le misure di livellazione nelle Paludi Pontine dal gennaio al marzo 1764. Finalmente, nell'aprile dello stesso anno, poteva raggiungere Pavia, ove era stato chiamato dal senato milanese a ricoprire la cattedra di matematica presso quella università.

Quasi nello stesso periodo Beccaria portava a termine le osservazioni astronomiche per la misura del grado, e poteva così riprendere le sue ricerche predilette nel campo della fisica e dell'elettricismo.

Nell'estate del 1764 Edoardo Augusto Duca di York, fratello di Re Giorgio III d'Inghilterra, che si trovava a Milano, ebbe modo di incontrare Ruggiero Boscovich, che nella capitale lombarda era venuto dopo di aver concluso a Pavia nel giugno le sue lezioni, e di assistere alle esperienze ed alle misure delle qualità rifrattive e dispersive del vetro ottico che il grande astronomo andava effettuando dopo il suo ritorno in Italia (72).

Nello stesso periodo risulta che il Duca di York si trattenesse qualche giorno anche a Torino, e in quella occasione il Beccaria, la cui fama era allora assai diffusa anche in Inghilterra, non mancò di soddisfare la naturale curiosità dell'illustre ospite effettuando in sua presenza numerosi esperimenti elettrici e anche ottici, riguardanti le sue nuove scoperte sulla doppia rifrazione del cristallo di rocca (73), alle quali anche Ruggiero Boscovich si mostrava grandemente interessato (74). Che anche su queste Ultime questioni il fisico torinese avesse intrattenuto il Duca di York induce a pensare la pubblicazione in quell'anno di due opuscoli che egli dedicò allo stesso Duca, il primo dei quali dava conto proprio delle osservazioni che egli andava facendo sulla doppia rifrazione del cristallo di rocca (75). Nel secondo dei suddetti opuscoli Beccaria descriveva invece le sue recenti esperienze sulla forza della scintilla elettrica e sull'azione da essa esercitata dall'aria, argomento che Boscovich aveva come si è detto sollevato qualche anno prima in una lettera al fisico torinese a

noi non pervenuta (si veda la nota 61). In questo stesso opuscolo sono poi descritte alcune osservazioni relative agli effetti del fulmine e "a mostrare la maniera di preservarsene" (76).

3.2 Già Beccaria, come si è visto, aveva trattato diffusamente nella Seconda Parte dell'Elettricismo delle scariche atmosferiche e proposto il rimedio per evitarne i danni, soprattutto sulle torri e sui campanili (77), e viene accreditato come il primo ad avere installato in Italia un parafulmine (ma su questa affermazione si veda quanto scritto nella nota 49). Egli era ancora ritornato sull'argomento nelle lettere al Beccari in cui aveva dettagliatamente prescritto le caratteristiche dei conduttori dei parafulmini e progettata una armatura degli edifici e un sistema di dispersione del fluido elettrico a suo giudizio più semplice ed efficace di quello prospettato da Franklin (78). E non è forse un caso che mentre pubblicava il suo secondo opuscolo dedicato al Duca di York, in cui trattava dei fulmini e del modo di preservarli, nello stesso anno 1764 egli fosse stato coinvolto assieme a Ruggiero Boscovich nel progetto di erezione di una grande Guglia sul Duomo di Milano e di protezione di questa stessa Guglia e dell'intero Tempio dal fulmine. E' peraltro assai singolare a questo proposito che né l'Eandi, né altri biografi del Beccaria abbiano mai fatto alcun cenno se non in modo del tutto generico a questo importante incarico e ad altre sue imprese rivolte alla realizzazione di apparati per difendere gli edifici dal fulmine che lo videro impegnato prima del 1770 (79).

Sul problema della difesa dai fulmini della Guglia maggiore del Duomo di Milano, progettata in quegli anni da Francesco Croce architetto della Fabbrica (80), e sulla sua realizzazione sussiste del resto a tutt'oggi una certa confusione (81), forse dovuta al fatto che questa impresa, iniziata nel 1764, ebbe un relativamente lungo e travagliato sviluppo. Che Boscovich e Beccaria fossero stati richiesti di un loro primo parere, il primo in merito alla solidità della nuova Guglia proposta, e il secondo sulla fattibilità di un sistema di protezione dai fulmini da applicare alla stessa Guglia è peraltro esplicitamente documentato. Nel formulare quasi certamente sulla fine di ottobre del 1764 il proprio "sentimento" il Beccaria assicurava le Autorità della Fabbrica del Duomo sulla possibilità e sicurezza della installazione di uno o più parafulmini a protezione della Guglia principale e di quelle laterali del Tempio (82). A sua volta Boscovich il 24 febbraio 1765 in un lungo e dettagliato scritto esprimeva la sua convinzione, sorretta da una solida dottrina, "che la progettata mole [della Guglia maggiore] potrà ben sussistere tanto in se stessa , quanto relativamente al restante del Tempio [...]" (83). In quella occasione un analogo parere sulla erezione della grande Guglia veniva richiesto anche al padre barnabita Francesco de Regi, lettore di matematica nel Collegio di S. Alessandro a Milano (84). Dalla documentazione, sia pure incompleta da me raccolta, risulta poi possibile delineare il successivo presumibile sviluppo degli eventi che per circa un decennio coinvolsero sia Boscovich che Beccaria attorno al progetto della difesa dai fulmini della grande Guglia e dell'intero Duomo di Milano.

Quando, verso la fine di agosto del 1764 Boscovich ricevette dai delegati della Fabbrica Giovanni Battista Scotti e Lorenzo Salazar la richiesta di esprimere il suo sentimento sulla solidità della grande Guglia progettata, dopo di avere preso visione del modello predisposto dall'architetto Croce e di avere fatto un primo sopralluogo sopra il Duomo, verificando tra l'altro l'esistenza di danni causati in passato dal fulmine (85), dovette scrivere al Beccaria per avere lumi su possibili rimedi da adottare per proteggere la grande Guglia e l'intero edificio dalle scariche elettriche atmosferiche. Il fisico torinese rispondeva probabilmente verso la metà di settembre a questa richiesta, esponendo un suo primo punto di vista, e offrendo la sua disponibilità per una ispezione in loco (86). E nella terza decade di settembre risulta che Beccaria fosse effettivamente a Milano, presumibilmente per effettuare un sopralluogo alla cupola del Duomo ove era prevista l'installazione della grande Guglia (87). Attorno al 10 ottobre egli ricevette poi ufficialmente dagli stessi delegati Scotti e Salazar l'invito ad esprimere un suo "sentimento intorno il maggior pericolo de' fulmini che possa danneggiare cotesto stupendo Duomo dalla guglia progettata", e il giorno 13 dello stesso mese Beccaria scriveva al Boscovich pregandolo di prevenire gli stessi delegati per un possibile ritardo nella formulazione di detto sentimento, dovuto al altre incombenze urgenti a cui era stato obbligato dal Sovrano piemontese (88). Verso la fine di ottobre il "sentimento" del fisico torinese dovette comunque pervenire ai delegati della Fabbrica. Esso come si è accennato rappresentava una documentata difesa dei benefici che l'installazione di un parafulmine poteva fornire per la salvaguardia della grande Guglia e dell'intero Duomo, ma nella sua stesura originaria sembra che esso contenesse anche un passo che era stato poco gradito al Boscovich. Non è dato conoscere quale fosse l'argomento trattato dal Beccaria nel suo "sentimento" che aveva suscitato qualche perplessità nel grande astronomo. Nella stessa lettera inviata a quest'ultimo verso la fine di ottobre veniamo invece a sapere che Paolo Frisi, proprio in quell'anno chiamato da Pisa a ricoprire la cattedra di matematica nelle scuole Palatine di Milano, sembrava avere espresso un giudizio negativo non è chiaro se sull'intero progetto della erezione della grande Guglia, o sulla possibilità di protezione della stessa dalle calamità elettriche (89).

Paolo Frisi, che si era in passato ampiamente occupato di problemi idraulici, non risulta che avesse, almeno allora, pratica esperienza in problemi di ingegneria o architettonici. Egli aveva anche trattato dei fenomeni elettrici in una dissertazione pubblicata a Milano nel 1755 (90), e per quanto riguarda in particolare i fenomeni elettrici atmosferici si deve pensare che egli ritenesse allora valido il sistema proposto da Franklin sull'esistenza di un fluido elettrico, e forse anche le sue proposte per la protezione degli edifici pubblici dai fulmini (91). In effetti la preoccupazione espressa dal Beccaria, che ancora ai primi di novembre chiedeva a Boscovich di fargli "sapere qualcosa del [proprio] scritto intorno a liberare il Duomo da' fulmini", e gli esprimeva ancora il suo cruccio che in tale affare "il Padre Frisio vi si mescoli" risultava non del tutto infondata (92). Un autore incognito, ma in realtà proprio Paolo Frisi, nel giugno 1764 aveva infatti espresso una sostanziale critica al

progetto della grande Guglia dell'architetto Croce, e in modo alquanto indiretto sembrava mettere in dubbio l'utilità di un sistema di protezione dei fulmini, quando sosteneva che le "piramidi e le guglie più alte [...] sembrano ancora più esposte ai fulmini, ai turbini ed alle tempeste" (93), senza fare alcun cenno alla possibilità di porre rimedio a questi eventi (sui lavori elettrici e di preservazione del fulmine di Paolo Frisi si veda la Tavola E).

Alle "Brevi considerazioni" esposte in incognito dal Frisi rispose l'architetto Croce, contestando punto per punto le critiche formulate, compresa quella che si riferiva al maggior pericolo che la grande Guglia potesse presentare per lo scoppio di fulmini, e, a quanto risulta, nessun'altra ulteriore osservazione venne avanzata da Frisi, né da altri, rispetto al progetto della Guglia del Duomo (94).

I Provinciali della Fabbrica subito dopo il verdetto favorevole espresso dal Boscovich e dal De Rege sulla fattibilità della erezione della grande Guglia, e dopo di avere sentito anche il parere di un altro perito, l'architetto Francesco Martinez al servizio del Re di Sardegna, deliberarono il 15 giugno 1765 di dare avvio ai lavori di costruzione di detta Guglia il cui completamento era preventivato per la metà circa del 1770 (95). Nella delibera del 15 giugno, e nelle successive, non si faceva però alcun riferimento al progetto di installazione di un parafulmine per il quale era stato chiesto il "sentimento" del Beccaria. Nel corso del 1768 venne altresì decisa l'installazione sulla cima della grande Guglia di una statua rivestita di rame rappresentante la Santa Vergine, progettata dallo scultore Giuseppe Perego (96), che, a quanto risulta, venne messa in opera nel 1770 (97).

3.3 Solo in vista del completamento della grande Guglia e della sistemazione sopra di essa della "Madonnina", venne riesumata l'idea di proteggere dal fulmine la Guglia e la statua in rame della S. Vergine. Il 3 marzo 1770, evidentemente sollecitato dal Boscovich, in una lettera a lui indirizzata il Beccaria gli faceva presente che il fatto nuovo della presenza in cima alla grande Guglia della "Madonnina" in rame, della quale non si era parlato quando nel 1764 egli era stato per la prima volta richiesto di esprimere un parere sulla dotazione di un sistema di difesa dalle scariche elettriche atmosferiche, cambiava ora "alcun poco le circostanze", e che egli abbisognava per formulare un proprio sentimento di poter disporre di un disegno "in cui fossero segnate le catene che cingono il grande tempio" (98). Non sappiamo cosa abbia allora risposto il grande astronomo al fisico torinese, risulta comunque che egli effettuò un ulteriore sopralluogo sopra il Duomo e che desse poi assicurazioni ai Deputati della fabbrica circa la possibilità di mettere a buon frutto le proposte formulate dal Beccaria (99). Quest'ultimo venne peraltro nuovamente chiamato a Milano, presumibilmente per mettere a punto il suo piano di dotare il Duomo di un sistema di parafulmini, e il 24 ottobre 1770 egli si incontrò effettivamente col Boscovich e probabilmente con gli stessi Deputati della Fabbrica (100), ai quali si può ragionevolmente pensare che egli illustrasse il suo progetto, redatto poi in uno scritto, intitolato: "Maniera di preservare dal fulmine il Duomo di Milano", datato Milano, 21 ottobre 1770, elencato da Prospero Balbo tra i

manoscritti del fisico torinese (citato nella Tavola D.2), e del quale, a tutt'oggi, si sono perse purtroppo le tracce (101). A seguito di questo colloquio Beccaria dovette poi inviare a Boscovich il testo dello scritto sopraccitato e comunque un vero e proprio progetto per prevenire il danno dei fulmini sul Duomo di Milano, come sembra potersi dedurre dalla lettera da lui scritta da Torino il 4 novembre 1770 (10).

Ma a questo progetto del Beccaria non fece seguito alcuna decisione da parte dei Deputati della Fabbrica del Duomo, e ancora nella seduta del 26 marzo del 1773 dei Provinciali della Fabbrica, si proponeva di sottoporre all'esame di una apposita congregazione il quesito se mettere o no in opera le proposte del fisico torinese, e si metteva addirittura in dubbio l'utilità dell'uso di parafulmini (102). Tra i motivi che impedivano e impedirono ai responsabili della Fabbrica di prendere una decisione in merito all'installazione di un parafulmine sul Duomo di Milano, pesarono quasi certamente i dubbi e le incertezze che sull'impiego di questi apparati venivano ancora avanzati da un certo numero di esperti, resta il fatto che ancora nel 1779 non risulta che alcun dispositivo per proteggere dai fulmini il Duomo di Milano fosse stato messo in atto (103).

Si concluse quindi praticamente con un nulla di fatto l'iniziativa caldeggiata dal Boscovich e dal Beccaria nel 1764, e alla morte del primo nel 1781, e del secondo protagonista di questa impresa nel 1787, il Duomo di Milano risultava ancora privo di parafulmini (104).

4. Ulteriori ricerche sull'elettricismo naturale e artificiale fatte dal Beccaria e nuove conferme dell'interesse di Ruggiero Boscovich per i fenomeni elettrici

4.1 L'interesse e la partecipazione di Giambattista Beccaria per la progettazione e realizzazione di parafulmini su edifici, ed in particolare su magazzini a polvere, a partire dal 1769-70 è testimoniata dal numero di memorie a stampa, ma soprattutto manoscritte, redatte in quel periodo e successivamente, delle quali è dato un elenco nelle Tavole D.1 e D.2 (105). Di questi scritti solo una piccola parte sono a noi pervenuti, e attualmente conservati nella Biblioteca dell'American Philosophical Society a Philadelphia.

La partecipazione di Ruggiero Boscovich per i fenomeni elettrici e per quelli legati all'elettricità atmosferica fu certamente di gran lunga inferiore, ma anche il grande astronomo nutriva per questi fenomeni e per le nuove esperienze che attorno ad essi si erano avviate, se non un vero e proprio interesse scientifico, certamente una notevole attrazione. Si è già accennato al fatto che nella sua *Theoria* egli aveva cercato di dare spiegazione dell'esistenza e dell'azione delle forze elettriche e magnetiche esistenti in natura, dimostrando una profonda conoscenza dei nuovi fenomeni elettrici che le esperienze condotte da numerosi fisici ed elettricisti avevano portato alla luce. Egli aveva dimostrato un grande interesse per le esperienze elettriche condotte a Londra, in particolare dal Wilson e da altri elettricisti che egli incontrò durante il suo soggiorno nella capitale inglese nel 1760

(106). I suoi rapporti col Beccaria ebbero origine da cause diverse: le osservazioni ed i risultati ottenuti da entrambi nella misura del grado nello Stato Pontificio ed in Piemonte furono motivo di incontri e di un numeroso carteggio, e se il Beccaria si mostrava molto interessato all'attività del Boscovich nel campo dell'ottica pratica ed astronomica, soprattutto dopo la sua scoperta della doppia rifrazione del cristallo di rocca, Boscovich a suo volta manifestava la più viva partecipazione per l'attività scientifica del fisico torinese nel campo dell'elettricità artificiale e naturale, tanto da far pensare che egli stesso avesse messo in atto, attorno al 1764, una strumentazione per la misura dell'elettricità atmosferica (107).

Quando, a seguito dei lavori di Robert Symmer (c 1707 - 1763) e di Gianfrancesco Cigna (1734 - 1790), che mettevano in discussione i fondamenti delle teorie elettriche del Franklin, e sua, Beccaria pubblicava la lettera datata 20 febbraio 1767, indirizzata all'elettricista di Philadelphia, in cui dava una nuova spiegazione dei controversi fenomeni osservati nell'ambito dei principi frankliniani, il Boscovich, che aveva evidentemente letto con interesse questo breve scritto in cui veniva per la prima volta usato il termine di elettricità vindex, non mancava di sollevare qualche problema interpretativo riguardo questo stesso termine (109). Si deve poi pensare che fu proprio la curiosità per queste nuove esperienze del Beccaria a spingere Boscovich a raggiungere Torino, in occasione delle vacanze pasquali del 1767, e a soggiornarvi a quanto risulta per più di una settimana. In quella occasione Beccaria, che pure lui era in vacanza, tornò prontamente a Torino e dedicò al Boscovich "sei lezioni particolari di più di due ore l'una", con grande soddisfazione e partecipazione di quest'ultimo (110).

4.2 Già in precedenza Beccaria aveva puntualmente replicato alle esperienze del Symmer (111), ed a quelle successive del Cigna rese note nel febbraio del 1766 (112), con due opuscoli pubblicati nel gennaio e nell'aprile dello stesso anno (citati nella Tavola B: numeri 3 e 4). In quella occasione il nobile lucchese Giovan Stefano Conti (1720-1791), amico e collaboratore del Boscovich (113), a cui presumibilmente quest'ultimo aveva fatto cenno delle nuove esperienze elettriche che Beccaria andava conducendo e che aveva reso note negli opuscoli sopraccitati, nel novembre del 1766 faceva espressa richiesta al suo illustre corrispondente di poter disporre di questi opuscoli (114). Boscovich, rispondendo all'amico nello stesso mese, si riprometteva di scrivere "a Torino per li fogli delle elettricità del P. Beccaria" (115), ma poi evidentemente preferì attendere la sua successiva visita nella capitale piemontese di cui si è detto, per ottenere direttamente dal Beccaria i "fogli" richiesti. In effetti, al suo ritorno a Pavia dal soggiorno torinese, verso la fine di aprile del 1767, Boscovich inviava al Conti gli attesi opuscoli, accompagnandoli con una lunga significativa lettera nella quale rendeva conto non solo degli esperimenti elettrici a cui aveva assistito, ma in cui dava chiarimenti con dovizia di particolari e riferimenti in merito agli argomenti che a lui parevano poco chiari, trattati dal fisico torinese negli ultimi suoi scritti sull'elettricismo (116).

Dopo la visita del Boscovich a Torino, Beccaria per molti mesi fu soggetto a grave infermità, e solo in autunno riprese le sue "cose elettriche", che poi raccolse nel De atmosphaera electrica e negli Experimenta atque observationes (si veda la Tavola B), in cui meglio precisava i concetti di "elettricità vindice" e di "atmosfera elettrica" (117). Poco appresso la pubblicazione del primo di questi due opuscoli Beccaria inviava a Boscovich "due fogli, che mostrano una proprietà dell'atmosfera elettrica", aggiungendo, "Mi piacerà sentirne il suo sentimento" (118), il che conferma che l'interesse del Boscovich per le nuove scoperte elettriche del Beccaria era dunque tutt'altro che superficiale. E' infatti da ritenere che il grande astronomo avesse letto con grande attenzione gli ultimi lavori del suo corrispondente torinese e fosse perfettamente aggiornato sulle sue nuove esperienze e sul significato che queste assumevano nella teoria elettrica. A testimonianza di ciò è la importante e documentata lettera da lui inviata a Stefano Conti il primo maggio 1767, a cui già si è fatto riferimento, e le lettere che egli scriveva allo stesso Beccaria, a noi purtroppo non pervenute, ma di cui vi è riscontro nelle missive di quest'ultimo al grande astronomo.

Il 13 marzo 1770 il fisico torinese inviava a Boscovich uno degli ultimi interessanti scritti tra quelli a noi conservati, in cui rispondeva ad alcune osservazioni avanzate da quest'ultimo sulle elettricità vindice, e lo ringraziava di una svista in cui era incorso in una delle ultime pubblicazioni e che ancora il Boscovich gli aveva puntualmente segnalato (119).

Di nuovo nell'aprile del 1771 Stefano Conti proponeva a Boscovich una questione da sottoporre al Beccaria, riguardante la possibilità o meno di solidificare una quantità di acqua già vicina al punto di congelamento, spogliandola "della sua materia elettrica" (120). Non sappiamo se Boscovich presentasse poi tale questione al giudizio del fisico torinese (121), né se questi la giudicasse di un qualche interesse scientifico (122), resta il fatto che fino al 1771-72, sui problemi legati alle esperienze elettriche che il Beccaria andava conducendo e che saranno poi oggetto della sua ultima importante opera elettrica, l'Elettricismo artificiale, stampata a Torino nel 1772 (si veda la Tavola B), e cioè per quasi quattro lustri l'interesse di Ruggiero Boscovich per i fenomeni elettrici naturali e artificiali fu sempre attento e costante.

Le successive vicende che portarono all'allontanamento di Boscovich dalla Specola di Brera e da Milano, dovettero interrompere questo assiduo vincolo di cooperazione tra i due grandi scienziati, che, come si è accennato, si estendeva ben al di là dei fenomeni elettrici, e abbracciava altri campi del sapere, come quello delle esperienze ed applicazioni ottiche, a tutt'oggi poco esplorato. La viva attenzione di Ruggiero Boscovich per i fenomeni elettrici non dovette tuttavia attenuarsi. Il ritrovamento di nuovi documenti e una migliore conoscenza dei carteggi che il grande astronomo intrattenne dopo il 1772 con altri scienziati, e con i fratelli Bartolomeo e Natale, potrebbe aprire nuovi spiragli su questi inediti interessi del grande astronomo per i fenomeni elettrici e magnetici che lo coinvolsero in modo

non superficiale, e a cui egli attribuiva una speciale importanza nell'ambito del suo sistema fisico di unificazione dei fenomeni e delle forze agenti in natura.

Note e riferimenti bibliografici

(1) La notizia è data nell'"Elogio del Padre Gio: Battista Beccaria", di autore ignoto ma quasi certamente di Prospero Balbo, contenuta in: Dell'Elettricismo, opere del P. Giambattista Beccaria delle Scuole Pie, Tomo I, Macerata, 1793.

(2) Cfr., Beccaria, Giambattista (a cura di Antonio Pace), in: Dizionario biografico degli italiani, Roma, 1992.

(3) Giuseppe Francesco Antonio Eandi (1735-1799), allievo e biografo di Giambattista Beccaria, nelle Memorie Istoriche intorno agli studi del Padre Giambattista Beccaria (Torino, 1783), scriveva: "Animato vieppiù [dallo studio di Euclide] s'applicò alla matematica del Volfio con singolar profitto, del quale diede poi in Roma una luminosissima prova esponendo al pubblico il conte Csaki ingegnoso Cavaliere Ungarese a rispondere a qualunque quesito su tutte le materie trattate dal Volfio nel suo Corso (cfr., ibid., 7-8).

(4) Christian Wolff (1679-1754), massimo rappresentante dell'illuminismo tedesco, fu seguace della filosofia del Leibnitz di cui accettò l'esistenza di atomi naturae, elementi primi indivisibili ed inestesi, a cui anche Ruggiero Boscovich farà riferimento nel suo trattato: Philosophiae naturalis theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium, pubblicato a Vienna nel 1758. Il trattato matematico del Wolff in cinque volumi, di cui una copia, assieme ad altre opere di filosofia e psicologia di questo autore, si è trovata tra i libri della biblioteca del Beccaria (cfr., Mario Piacenza, "Note biografiche e bibliografiche e nuovi documenti su G.B. Beccaria", Bollettino Storico-Bibliografico Subalpino, Torino, Anno IX, 1904, 341-54), ebbe larga diffusione fino alla seconda metà del settecento (cfr., J.L. Heilbron, Electricity in the 17th and 18th centuries, University of California Press, Berkeley & London, 1979, 44 e nota 71). Anche i testi di fisica del Wolff, nei quali egli accetta le teorie cartesiane e leibniziane del mutuo contatto, ebbero allora ampia circolazione. Rigettando l'idea newtoniana dell'azione a distanza, nel suo trattato di Cosmologia (di cui pure una copia è stata rinvenuta nella biblioteca del Beccaria) il filosofo e fisico tedesco, per spiegare i fenomeni di attrazione e repulsione elettrica e magnetica, ammette la presenza di un mezzo materiale invisibile, e cioè di una sorta di "materia sottile" (cfr., Heilbron, ibid., 45-46).

(5) Nella biblioteca del Beccaria era presente la prima edizione dei Principia del 1687 e l'Ottica del Newton nell'edizione di Losanna del 1740. Egli possedeva inoltre l'Essai de Physique (Leiden, 1739) di Musschenbroek (1692-1761), il trattato di Gravesande (1688-1762): Physices elementa mathematica (Leiden, 1748), le Esperiences Physico-Mathematiques di Hawksbee (? -1710), e il Cours de Physique (Paris, 1751) di Desaguliers (1683-1744), autori tutti che risentivano,

direttamente o indirettamente, dell'insegnamento di Newton e si collocavano nella grande tradizione dell'empirismo e dello sperimentalismo di Bacone e di Boyle (cfr., Catalogo dei libri di G.B. Beccaria, pubblicato da Piacenza, *op. cit.* nella nota precedente). Sullo sviluppo della fisica sperimentale nella prima metà del settecento si rinvia il lettore a: A. Rupert Hall, From Galileo to Newton, 1630-1720, London, 1763 (ed. ital., A. Rupert Hall, Da Galileo a Newton, 1630-1720, Milano, 1973, 278-97).

(6) Dell'amicizia di Beccaria con il Padre Jacquier (vedi la nota seguente) parla Giuseppe Eandi con queste parole: [...]. E avendo convertito quasi in succo, e sangue le dottrine di questi grandi uomini [Galileo e Newton], cominciò [Beccaria] a trattare col tanto celebre P. Jacquier, e per mezzo di trattenimenti divenuti famigliari con un matematico di tal fama cominciò il suo nome ad essere celebrato, e posto comunemente per Roma tra quelli de' professori di maggior grido". (Cfr., Eandi, *cit.* nella nota 3, 9-10).

(7) Cfr., Riflessioni de' Padri Tommaso Le Seur, Francesco Jacquier dell'Ordine de' Minimi, e Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e risarcimenti della Cupola di S. Pietro proposte nella Congregazione tenutasi nel Quirinale a' 20 Gennaio MDCCXLIII, e sopra alcune nuove Ispezioni fatte dopo la medesima Congregazione (s.l. e s.d., ma maggio 1743). Queste "Riflessioni" vennero riprese nel: Parere di tre matematici sopra i danni che si sono trovati nella Cupola di S. Pietro sul fine dell'anno MDCCXLII, dato per ordine di N.S. Benedetto XIV papa (s.l. e s.d.), e inserite poi nella raccolta: Scritture concernenti i danni della Cupola di S. Pietro, Venezia, s.d.

(8) I rapporti di collaborazione tra Ruggiero Boscovich e François Jacquier ebbero probabilmente inizio nel 1742, in occasione dell'incarico avuto di studiare l'instabilità della Cupola di S. Pietro e di suggerirne i rimedi, ma la conoscenza e l'amicizia tra i due matematici ebbe certamente inizio alcuni anni prima. E' infatti documentato che Jacquier, allora a Parigi, inviò nel 1738 a Jan-Jacques Dortus de Mairan, segretario perpetuo dell'Accademia delle Scienze di Parigi, una copia della dissertazione Trigonometria sphaericae constructio, pubblicata a Roma l'anno precedente, nella quale Boscovich riduceva a sei proposizioni le formule generali della trigonometria sferica. Nella lettera di risposta a Jacquier in data 22 ottobre 1738, Mairan dichiarava tra l'altro, che l'autore dell'operetta "a porté la meme precision e la meme sagacité dans la théorie del triangles sphériques, qui est à mon avis l'une de plus difficile de la geometrie ordinaire". E aggiungeva: "J'espère que vous voudrés bien m'apprendre le nom de votre savans amis [...]". (Cfr., Branimir Truhelka, "Rudzer Josip Boskovic, Ulomci biografije", Rudger Boskovic, Grada Knjiga I, Zagreb, 1950, 104-105). Ancora nel 1745 Jacquier si faceva poi intermediario per l'invio alla marchesa di Chatelet dell'opuscolo De viribus vivis, che Boscovich aveva pubblicato a Roma nel medesimo anno (cfr., Henri Bédarida, "Amitiés françaises du père Boscovich", Annales de l'Institut Français de Zagreb, III.me Serie, N.o 3, Zagreb, 1983). A François Jacquier e Thomas Le Seur si deve inoltre una edizione dei Principia Mathematica di Newton in tre volumi, con note e

commento, apparsa a Ginevra negli anni 1739-42, che doveva essere certamente nota sia al Beccaria che al Boscovich, e ad altri amici del Collegio Romano. In occasione dell'eclisse di Sole del 25 luglio 1748, visibile parzialmente a Roma, gli stessi padri effettuarono osservazioni astronomiche in un Osservatorio di fortuna istituito appositamente nei pressi di Castro Pretorio, mentre Boscovich conduceva le stesse osservazioni in un locale del Collegio Romano (cfr., "Tre osservazioni dell'Eclisse del Sole seguito in questo mese", Giornale de' letterati per l'anno MDCCXLVIII, Roma, 1748, 229-35). In quello stesso anno 1748 Jacquier venne chiamato ad insegnare "matematica sublime" nella cattedra creata all'Università della Sapienza da Benedetto XIV (cfr., Guglielmo Mathiae, et al., Arte, Scienza e Cultura in Roma cristiana, Bologna, 1971, 135). Dopo la soppressione della Compagnia di Gesù nel 1773 egli passò infine a ricoprire l'insegnamento di matematica che fu di Ruggiero Boscovich presso il prestigioso Collegio Romano (cfr., Riccardo V. Villoslada, Storia del Collegio Romano, Romae, 1754, 315).

(9) Cfr., A. Rupert Hall, The Scientific Revolution 1500-1800, London, 1954 (ed. ital., A.R. Hall, La rivoluzione scientifica 1500-1800, Milano, 1976, 182-84).

(10) Cfr., Antonio Pace, Benjamin Franklin and Italy, Philadelphia, 1958, 50-51.

(11) Cfr., Eandi, cit., nella nota 3, 10-11.

(11 bis) Oltre alle opere matematiche e fisiche di Christian Wolff citate nella nota 4, Beccaria aveva certamente letto la sua Cosmologia (1732), di cui una copia è stata ritrovata tra i suoi libri. In questo trattato il matematico tedesco sviluppava la sua teoria fisica basata sui concetti di estensione, inerzia e forza motrice (cfr., Heilbron, cit. nella nota 4, 44-46). Come si è detto il fisico torinese conservava però e sempre più doveva apprezzare le opere di altri fisici sperimentali di orientamento newtoniano, come testimoniano i testi elencati nella nota 5. Tra gli autori apprezzati dal Beccaria vi era pure Stephen Hales (1677-1761), fisico e chimico inglese, autore di un famoso trattato tradotto in francese da Buffon nel 1735, in cui, per spiegare i fenomeni di fermentazione e calcinazione, veniva introdotto il concetto di aria cosiddetta fissa, cioè di aria privata della propria originale elasticità (cfr., Heilbron, ibid., 63-64). L'importanza delle ricerche di Hales venne riconosciuta anche da Ruggiero Boscovich che della teoria dell'aria fissa fece uso per spiegare l'origine dei vortici e dei tifoni (si veda la nota 39). Copia del trattato di Hales: Statica dei vegetali è stata rinvenuta tra le opere del Beccaria, e Francesco Eandi testimonia che egli per "propagare lo studio della fisica [...] e mostrare quanto l'unione delle matematiche contribuisca alla cognizione della natura [...] diede il suo trattato secondo i metodi de' matematici, in cui raccolse ed in bell'ordine dispose le scoperte del Galileo, de' suoi discepoli, del Newton, di Hale, ec [...]". (Cfr., Eandi, cit. nella nota 3, 11-12).

(12) Cfr., Eandi, ibid., 12-15.

(13) Cfr., Eandi, ibid., 114 (Annotazione VI), 159. Sulla data di stesura di questi trattatelli si veda: Walter Tega, "Le Institutiones in Physicam experimentalem di Giambattista Beccaria", Rivista critica della storia della filosofia, 1969, 179-211.

(14) Nella prima lettera inviata a Londra a Peter Collison in data 28 marzo 1747, Benjamin Franklin scriveva: "Your kind present of an electric tube, with direction for using it, has put several of us on making electrical experiments, [...]" (Cfr., Benjamin Franklin's Autobiographical Writings, selected and edited by Carl Van Doren, New York, 1945, 51). Per mezzo del tubo elettrico Franklin e collaboratori iniziarono le prime esperienze che portarono alla scoperta del potere delle punte e dell'elettrizzazione positiva e negativa sulla fine del 1745 e la prima metà del 1746. (Cfr., Heilbron, cit. nella nota 4, 327).

(15) Cfr., Heilbron, ibid., 325.

(16) Dopo l'uso che Hauksbee aveva fatto del tubo elettrico e dei cilindri e sfere ruotanti attorno ad un asse per mezzo di una ruota e di una corda (cfr., Heilbron, ibid., 233), altri elettricisti fecero uso di questo fondamentale strumento nelle loro esperienze per l'osservazione e lo studio dei fenomeni elettrici, l'Abate Jean Antoine Nollet (1710-1770), a cui se deve una teoria dei fenomeni elettrici alternativa a quella successivamente proposta da Franklin, basata sul concetto di affluenza ed effluenza di fluidi elettrici, scriveva nelle Leçons de Physique (Paris, 1738, Tome VI, 241): "Frottez un tube de verre, suivant la longueur, avec la main nue, pourvue qu'elle soit seche ou avec un morceau de papier gris que vous tiendrez appliqué sua la verre [...]".

(17) Sulle vicende che portarono alla scoperta delle proprietà della cosiddetta bottiglia di Leyda, si veda: Heilbron, ibid., 312-14.

(18) Le esperienze condotte da Franklin e collaboratori descritte nelle lettere a Peter Collison vennero pubblicate a Londra nel 1751 in un "pamphlet" dal titolo: Experiments and observations on Electricity Made at Philadelphia in America. Notizie sulle vicende che portarono alla pubblicazione dei risultati di queste prime importanti ricerche del Franklin si hanno in una "Autobiography III", pubblicata tra gli scritti del grande fisico di Philadelphia da Van Doren, nel lavoro cit. nella nota 14, 750.

(19) Dopo la pubblicazione della traduzione francese della prima parte degli Experiments and observations on Electricity ad opera di Dalibard (cfr., Expériences et observations sur l'électricité, traduites de l'Anglois, Paris, 1752), e quando Jean Nollet si rese conto che le esperienze in essa descritte non erano il frutto di invenzioni e provocazioni da parte dei suoi nemici dell'Accademia di Parigi, e che esse potevano seriamente mettere in discussione le sue teorie elettriche, tentò di contrastare le esperienze condotte da Franklin e la teoria dell'elettrizzazione positiva e negativa, con ulteriori esperienze, che pubblicò a Parigi nel 1753 col titolo: Lettres sur l'électricité. Dans lesquelles on examine les dernières découvertes qui ont été faites sur cette matière, et les consequences que l'on en peut tirer. Sulle intricate vicende legate alla pubblicazione della traduzione di Dalibard si vedano, oltre alle considerazioni dello stesso Franklin nella sua "Autobiography III", cit. nella nota precedente, 750-51; Heilbron, cit. nella nota 4, 346-49 e 354-55; I. Bernard Cohen, Franklin & Newton, Philadelphia, 1956, 488.

(20) Cfr., Eandi, cit. nella nota 3, 16.

(21) Seguendo l'edizione francese degli Experiments and Observations on Electricity, nel Capitolo: "Opinions et conjectures sur les propriétés et les effets de la Matière Electrique, deduites des Experiences et Observations faites à Philadelphia en 1749 (et notamment sur les moyens de préserver de la foudre les Edifices, les Navires, et cet.) [...]", al paragrafo 21, Franklin scriveva: "Pour decider la question, se les nuages qui contiennent la foudre sont électrisés ou non, je propose une expérience à tenter en tems et lieu convenable. Sur le sommet d'une haute tour clocher, placez une espece de guérite de sentinelle [...] assez grande pour contenir un homme et un tabouret électrique: du milieu du tabouret élevez une verge de fer, qui [...], se termine en une point fort aigue. Si le tabouret électrique est tenu propre et sec, [...] lorsque les nuages électrisés passeront en peu bas, pourra etre, électrisé et donner des étincelles, la verge de fer lui attirant le feu du nuage [...]". (Cfr., Oeuvres de M. Franklin [...], traduites de l'Anglois sur la quatrième édition, par M. Barben Douburg. Avec des addition nouvelles. Tome I, Paris, 1773, 62-63. La quarta edizione in inglese delle opere di Franklin, su cui basava l'edizione francese di Barben Douburg, era stata pubblicata a Londra nel 1769, e titolava: Experiments & Observations on Electricity, made at Philadelphia in America. To which are added letters and papers on philosophical subjects). Sulla cronologia delle varie edizioni in inglese degli Experiments & Observations on Electricity di Franklin si rinvia al testo di Heilbron, cit. nella nota 4, 523. Le Opinions & conjectures concerning the Properties and Effects of the Electrical Matter, vennero inviate da Franklin a Peter Collison il 29 luglio 1750 (cfr., Van Doren, cit. nella nota 14, 67-69).

(22) Sull'esperienza di Marley e sulla diffusione dei risultati di questa esperienza, si veda: Heilbron, ibid., 349-51.

(23) "Avuta notizia sulla fine di giugno [1752] della ormai notissima esperienza inventata dal valoroso Inglese Beniamino Franklin [...], ed avverata in Parigi da' Signori De Lor e Dalibard, m'appiccai immantinente ad effettuarla anch'io qui in Torino". Così scriveva Beccaria nel Libro Secondo [§ 514] dell'opera sua celebre: Dell'elettricismo artificiale e naturale, Libri due, Torino, 1753. Le esperienze condotte dal Beccaria dal 2 luglio al 6 settembre 1752 "intorno all'elettricismo delle nuvole", sono descritte nel Libro secondo, Capo I, dell'opera citata. Nella Tavola C è dato l'elenco dei Capi, e cioè degli argomenti trattati dal Beccaria in detto Libro secondo. Dopo l'esperienza di De Lor e Dalibard, in Francia ed in altri paesi europei vennero effettuate esperienze simili i cui risultati contribuirono ad estendere la fama e le idee di Franklin nel continente (Cfr., Heilbron, ibid., 349). Anche in Italia, oltre a Beccaria a Torino, altri fisici, in particolare il Veratti a Bologna, ripeterono con successo l'esperienza di Marly (cfr., G. Tabarroni, "La torre dell'Università di Bologna e l'elettricità atmosferica", Coelum, 1966, N.o 8-9, 102-106; N.o 9-10, 127-33. Sull'argomento si veda ancora: Heilbron, ibid., 364-65).

(24) La notizia dell'intervento del Marchese Morozzo, che, dopo di avere avuto sentore dell'esperienza di Marly, sembra avere suggerito a Beccaria di rafforzare la sua posizione nei confronti dei suoi oppositori nell'Ateneo torinese, affrontando queste nuove promettenti ricerche nel campo dell'elettricità atmosferica, non appare

nelle Memorie dell'Eandi, ma è data dal nipote di questi (cfr., "Notizia storica di Giambattista Beccaria, scritta da Anton Maria Vassalli Eandi", Lo Spettatore, Milano, 5, 2, 101-105, e 117-22). Antonio Pace, che riferisce la notizia, annotava: "When the principals in the squabble were dead the passion had cooled, he [Vassalli Eandi] was free to furnish details which Francesco Antonio Eandi had presumably suppressed out of discretion". (Cfr., Pace, cit., nella nota 10, 50-51). La notizia è riportata anche da Heilbron, cit. nella nota 4, 363-64.

(25) Sull'attività di Jean Antoine Nollet nello studio dei fenomeni elettrici e sulla sua opposizione alle teorie elettriche di Franklin si rinvia al lavoro più volte citato di Heilbron: 279-89, e 352-62.

(26) Alle critiche del gruppo di oppositori interni di orientamento cartesiano che più ancora delle nuove teorie elettriche di Franklin, non accettavano le applicazioni del metodo galileiano e newtoniano che stavano alla base delle esperienze condotte dal Beccaria per provare queste teorie, quest'ultimo fece fronte con una "Risposta ad alcune obiezioni fatte contro il primo capo del Primo Libro, ed alle sperienze, e questioni proposte contro il medesimo in una lettera in data del 3 marzo 1753, pubblicata in aprile avanti che si finisse di stampare quest'Opera". La "Risposta" venne inserita come un'operetta a se stante alla fine dell'Elettricismo. Vassalli-Eandi nella "Notizia storica" citata nella nota 24m aggiunge interessanti ragguagli circa il modo in cui gli avversari di Beccaria erano venuti in possesso della copia della prima parte del manoscritto, e della loro iniziativa di pubblicare a Milano una ostile recensione del suo lavoro. Queste notizie sono riprese da Antonio Pace, cit. nella nota 10, 51, e da Heilbron, ibid., 365.

(27) L'opera Dell'elettricismo artificiale e naturale è in effetti costituita si può dire da quattro parti autonome e distinte, e la disposizione in cui queste parti sono presentate nel volume rappresenta presumibilmente l'ordine cronologico in cui le esperienze descritte sono state almeno in gran parte praticamente pensate ed effettuate.

Nel Libro Primo Dell'elettricismo, suddiviso in sei Capitoli ed in 464 paragrafi (da pagina 1 a 143), sono illustrati i concetti e le esperienze effettuate riguardanti: i corpi elettrici e non elettrici e la diffusione del vapore elettrico (Cap. I); il moto dei corpi elettrizzati. Scintille e venticello elettrico (Cap. II); la velocità con cui il vapore elettrico si diffonde. Potere delle punte e atmosfera elettrica (Cap. III); l'elettricismo dei metalli e del vetro (Cap. IV); l'elettricismo dell'aria (Cap. V); l'elettricismo dell'acqua (Cap. VI); l'elettricismo dei vegetali e degli animali (Cap. VII); i fenomeni elettrici e la luce e fuoco (Cap. VIII). Queste esperienze si può congetturare che siano state in buona parte effettuate dal Beccaria ad iniziare dall'aprile del 1752, o anche prima, e cioè dal momento in cui il fisico torinese venne a conoscenza dei lavori di Benjamin Franklin pubblicati a Londra nell'estate del 1751, o nella traduzione di Dalibard a Parigi nel marzo dell'anno successivo. Con chiaro riferimento a queste stesse esperienze Beccaria rivendicava tuttavia l'originalità e novità dei suoi esperimenti, e nella lettera di presentazione "A' lettori" nell'Elettricismo, scriveva: "Troverete, cortesi lettori, che in quest'opera io fo' molte

volte menzione del celebratissimo scrittore d'Elettricità Beniamino Franklin, e ne la farei anche più spesso, se non fossero notissime le scoperte di lui, e non mi proponessi di scrivere dell'elettricità non secondo ciò, che mi hanno mostrato l'esperienze, e considerazioni di esso, quanto secondo un più ampio consentimento di fenomeni, di che con una lunga, e collegata serie d'esperienze mie proprie mi sono io immediatamente accertato."

(28) Nei Capi V e VI del Libro Primo dell'Elettricismo (si veda la nota precedente) Beccaria sviluppa una serie di esperienze che mettono in evidenza gli effetti meccanici che la scarica elettrica determina nell'aria e soprattutto nell'acqua (su queste ultime esperienze del fisico torinese si veda anche: Gianaleandro Majocchi, Elementi di Fisica, Torino, 1853, § 1425, 869-70).

(29) Cfr., Heilbron, cit. nella nota 4, 330-31 e 360.

(30) Nelle Lettres sur l'électricité, cit. nella nota 19, Nollet tentava di dimostrare con esperienze condotte sulla bottiglia di Leyda la non esistenza di due tipi di elettricità che si accompagnava all'idea dell'impenetrabilità del vetro sostenuta da Franklin (cfr., Heilbron, ibid., 356-58).

(31) Le Lettres di Nollet vennero date alle stampe agli inizi del 1753 (cfr., Heilbron, ibid., 357). E' quindi ragionevole pensare che la "Lettera" del Beccaria al Nollet venisse scritta nei primi mesi dello stesso anno 1753.

(32) Cfr., Dell'elettricismo, cit. nella Tavola B, § 465-513, 144-58.

(33) Cfr., Heilbron, ibid., 358-59.

(34) Cfr., Dell'elettricismo, ibid., Libro Secondo: "Dell'elettricismo naturale", Capo I - Capo VII, § 514 - 684, 159-234.

(35) Il punto di vista di Franklin sulla natura e sull'origine dei turbini sulla terra e delle trombe di mare è da lui chiaramente espresso nella prima lettera scritta da Philadelphia il 4 gennaio 1753 al dottor Perkins di Boston, che su questo argomento lo aveva lungamente intrattenuto in due precedenti missive . In questa lettera Franklin spiegava così il moto ascendente dei turbini e delle trombe: "[...] si l'air, répandu sur, ou près de la surface de la terre ou de l'eau, est poussé de toutes parts vers le centre, arrivé là il faut qu'il s'éleve, la terre ou l'eau l'empechant de descendre". (Cfr., Oeuvres de M. Franklin, cit. nella nota 21, Tome second, 26).

(36) Nell'Extrait d'une lettre de M. Franklin a M. Dalibard a Paris, de Philadelphia le 29 Juin 1755 (lu a la Societé Royale de Londre le 18 Décembre 1755), il fisico americano scriveva: "Monsieur, vous me demandez mon sentiment sur le livre Italien du P. Beccaria. J'ai lu avec beaucoup de plaisir, et je le regard comme un des meilleurs ouvrages que j'ai vu dans aucune langue, sur cette matière. Cependant je ne suis pas pour le présent de son avis sur l'article des Trombes, quoique je convienne avec vous qu'il l'a traité avec beaucoup d'esprit". (Cfr., Oeuvres de M. Franklin, ibid., 149).

(37) A sostegno della sua tesi sulle caratteristiche ed origine delle trombe di mare Beccaria porta la testimonianza di numerose osservazioni dirette di questi fenomeni effettuate da diversi personaggi, tra i quali il Gordon, lo Stuart e Richardson che pubblicarono nelle "Transazioni Anglicane", il Thevenot ed il

Gentile che descrissero le trombe osservate nei rendiconti dei loro viaggi, e infine lo Shaw e lo stesso Musschenbroek. Il fatto che alcuni di questi osservatori, tra cui lo stesso Beccaria che riferisce di una sua osservazione fatta il 19 agosto 1747 nel corso di una traversata da Livorno a Oneglia, facciano riferimento allo stato "calmo e tranquillo" dell'aria nel periodo che precede l'apparire di una tromba, lo porta a ritenere che "l'opinione che i Tifoni, o Trombe di mare siano prodotti dall'urto di venti contrari, quanto ella è comune, altrettanto è poco conforme all'osservazione". (Cfr., Dell'elettricismo, Libro Secondo, cit. nella nota 34, § 621). Poiché quasi tutte queste testimonianze sembrano descrivere poi le trombe come un "ribollimento e scaturimento dell'acqua all'insù", per analogia al fenomeno elettrico degli effetti della scintilla sulle gocce d'acqua da lui osservato, il Beccaria giunge alla conclusione che questi fenomeni siano originati dall'azione di nubi elettrizzate sulla superficie delle acque. (Cfr., Dell'elettricismo, ibid., § 622 - § 650).

(38) E' singolare che le testimonianze portate da Franklin a sostegno della sua tesi che le trombe marine e i turbini consistessero in forti correnti d'aria ascendente, fossero in parte le stesse a cui aveva attinto il Beccaria e che egli, come il fisico torinese, ammettesse che "les tourbillons s'elevent généralement parlant après de calmes et de grande chaleur". Riferendo le osservazioni fatte da Stuart e Gordon, riportate nelle Transactions inglesi, Franklin mette in rilievo l'azione di succhiamento verso l'alto (sunction) che questi autori segnalavano come una caratteristica peculiare delle trombe da loro osservate, attribuendo a questo fenomeno però una causa del tutto diversa da quella ipotizzata dal Beccaria. (Cfr., Oeuvres de M. Franklin, cit. nella nota 21, Tome Second, 23-25 e 33-37).

(39) Prendendo a testimonianza della propria tesi sulla natura delle trombe terrestri e marine l'osservazione fatta da Boscovich del turbine che si presentò a Roma la notte tra l'11 e il 12 giugno 1749, Franklin scriveva: "Le terrible tourbillon qui causa tant de dommage en plusieurs quartiers de la ville de Rome, le 11 juin 1749, arriva la nuit. On prétend que c'était d'abord une trombe, car on assure comme un chose bien avéré qu'il se forma sur la mer du voisinage, et qu'il étoit aisé d'en suivre le traces depuis Ostie jusqu'à Rome. C'est ce que je trouve dans la relation qu'en publia le P. Boscovich dont on peut voir un extrait dans le Journal (Monthly Review) du mois de Décembre 1750". E più oltre, dopo aver riferito che: "Une expression du P. Boscovich donne à entendre que le vent souffloit de tous les cotés vers le tourbillon", e "qu'il observe [...] que leur effect ordinaire est d'enlever en air des tuiles, des pierres, des animaux meme", concludeva: "De tels effecs semblent démontrer un courant d'air de bas en haut". Come risulta da questo scritto Franklin venne a conoscenza di questo lavoro del Boscovich attraverso l'estratto della rivista citata, e forse non ebbe modo di rendersi conto della sua importanza per lo studio di questi fenomeni. In realtà, nel lavoro: Sopra il turbine che la notte tra gli xi e xii giugno del 1759 danneggiò una gran parte di Roma, Dissertazione del P. Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù, dedicata a sua Eminenza il Cardinale Silvio Valenti (Roma, 1749), che Boscovich divide in tre parti, dando nella prima un accurato "ragguaglio dei fatti", e nella seconda un altrettanto esauriente ed

approfondito "confronto con altri turbini", viene affrontato nella terza parte il problema: "Della natura del Turbine, sue cagioni e modo di produrre gli effetti". In questa terza parte, dopo aver distinto i venti "subitanei e tempestosi" in Procelle, Tifoni o Vortici, e Prestere, viene intanto chiaramente affermato che un Vortice d'aria o un Prestere (Vortice d'aria acceso ed infiammato lungo l'asse): "deve nell'asse avere un'aria assai più rara, e intorno intorno assai più densa", e che da tale fatto "deve nascere un grande movimento d'aria verso il vertice giù al basso [...], e dalla parte di sotto e a perpendicolo del vertice vi deve essere un movimento d'aria all'insù [...]". Boscovich costruisce poi una vera e propria teoria dei Vortici basata sulle leggi della idrostatica e della idrodinamica allora note, e sulla teoria del moto dei fluidi elaborata da Clairaut. Ma la parte più originale di questa dissertazione è quella in cui l'astronomo romano tenta una spiegazione dell'origine dei Vortici e dei Tifoni, basandola sul concetto di trasformazione dell'aria cosiddetta fissa, in volatile e viceversa, concetto derivato dalla teoria sull'elasticità dell'aria formulata da Stephen Hales (cfr., S. Hales, Vegetable staticks [...], also, a specimen of an attempt to analyse the air, London, 1727. Sulle teorie di Hales si veda anche: Heilbron, cit. nella nota 4, 65-66 e 68-71), e sulla teoria delle forze da lui stesso di recente elaborata (cfr., De viribus vivis dissertatio, auctore R.J. Boscovich, Romae, 1745). Una più comprensiva ed elaborata teoria della struttura della materia e sulla legge delle forze esistenti in natura Boscovich pubblicherà nella parte seconda della pubblicazione De Lumine, apparsa a Roma del 1748. Sotto questo profilo la "Dissertazione" del Boscovich, anche se in seguito quasi del tutto ignorata, per l'analisi dei fenomeni e per l'elaborazione di modelli fisici in grado di spiegare questi stessi fenomeni, risulta di gran lunga superiore sia alla teoria congetturata dal Beccaria, non suffragata da alcun fondamento fisico teorico, sia al modello puramente descrittivo delle trombe d'aria in cui credeva il Franklin. Le citazioni del Boscovich nella presente nota sono tratte da: Sopra il turbine et cet., ibid., Parte Terza, §§ LXIV - LXV. Per la sua teoria dei vortici si veda: ibid., §§ XXXIX - XLVII. Infine la sua teoria dei tifoni è data in: ibid., §§ XLVIII - LXXIV.

(40) La dissertazione del Boscovich Sopra il turbine, cit. nella nota precedente, dovette avere all'epoca una certa diffusione. Un ampio estratto di questa apparve nel Giornale dei Letterati (cfr., "Estratto di un opuscolo del P. Ruggiero Giuseppe Boscovich intitolato: Dissertazione sopra il turbine che la notte fra gli 11 e 12 giugno del 1749 attraversò una gran parte di Roma", Giornale de' Letterati per l'anno 1749, Roma, 1749, 205-24), e, come si è visto, Franklin venne a conoscenza del lavoro del Boscovich in un estratto apparso nel Monthly Review del dicembre 1750. E' quindi probabile che il Beccaria fosse a conoscenza di questo lavoro del Boscovich, nel quale alcuni autori citati, come ad esempio il Thevenot, o le osservazioni tratte dagli Elementi di Fisica del Musschenbroek, sono gli stessi a cui anche il fisico torinese aveva fatto riferimento a sostegno della sua teoria delle trombe di mare.

(41) Nel settimo discorso delle Meteore, intitolato: "Delle tempeste, della folgore e di tutti gli altri fuochi che s'accendono nel cielo", Cartesio, dopo di avere attribuito

i venti forti e impetuosi ed i vortici alla compressione dell'aria racchiusa tra due nubi sovrastanti, continua asserendo: "Quest'aria, dopo che ha aperto in tal modo la nube, discende con gran forza verso terra, poi di là risale volteggiando poiché, incontrando resistenza da ogni parte, non può continuare il moto in linea retta così velocemente come dovrebbe per la sua agitazione. Perciò forma un vortice, che può darsi senza fulmini e folgori se in quell'aria non si hanno esalazioni atte ad infiammarsi mentre, quando ve ne sono, esse si ammassano tutte e poi, sospinte con quest'aria impetuosamente verso terra, danno origine al fulmine". (Cfr., Opere scientifiche di René Descartes, a cura di Ettore Lojacono, Volume secondo, Torino, 1983, 455. Sulla distinzione tra "folgori" e "fulmini" in Cartesio, si veda: Opere, ibid., 453 e nota 16).

(42) In un commento alle Meteorologie di Aristotele della fine del cinquecento, il testo aristotelico veniva così parafrasato forse con eccessiva libertà: "Il fulmine o vero la saetta si produce sù in aria quando molta esalazione e sottile con gran violenza è scacciata dalle nuvole, [...]". (Cfr., Trattato di M. Francesco de Vieri [...] nel quale si contengono i tre primi libri delle Meteorologie, nuovamente ristampati [...], Firenze, 1581. La citazione è riferita da Tabarroni, cit. nella nota 23).

(43) Nel "Discorso sopra la generazione e la natura de' fulmini", scritto nel 1741, il vicentino Ludovico Barbieri richiamava i concetti espressi da Aristotele e Cartesio per spiegare questo fenomeno. (Cfr., Raccolta di opuscoli scientifici e filologici, del P. Calogero, Tomo XXX, Venezia, 1744). Scipione Maffei nel trattato Della formazione de' fulmini (Verona, 1747), sosteneva invece la natura ascendente verso le nubi dei fulmini, alimentati da umori e vapori generati dalla Terra. Un estratto di questa raccolta di lettere del Maffei, ben nota anche al Beccaria, come si deduce dalla biografia dell'Eandi (cit. nella nota 3, 21), apparve sul Giornale de' Letterati (Tomo V, Parte IV, Roma, 1749).

(44) In una delle "Lettere" del trattato del Maffei citato nella nota precedente, quest'ultimo riferisce il parere, da lui non condiviso, espresso nelle Transazioni inglesi del 1735, dell'"esimio Sig. Grey che il fuoco elettrico sia dell'istessa natura di quello de' fulmini e de' lampi" (citazione ripresa da Tabarroni, cit. nella nota 33, 104). Anche Jean Nollet nelle sue Leçons de physique expérimentale (Volume IV, 1748) aveva pubblicato un elenco di effetti ed apparenze simili tra i fenomeni delle scariche elettriche di laboratorio e quelli del fulmine (cfr., Heilbron, cit. nella nota 4, 339-40).

(45) Nella famosa relazione che accompagnava la lettera a Peter Collison del 29 luglio 1750, intitolata: "Opinions and conjectures concerning the Properties and Effects of the Electrical Matter, and the Means of Preserving Buildings, Ships, et cet., from Lightning, arising from Experiments and Observations made at Philadelphia, 1749", contenuta nelle Oeuvres de M. Franklin, cit. nella nota 21, il fisico americano scriveva al paragrafo 20: "[...], je demande, si la connoissance du pouvoir des pointes ne pourroit pas être de quelque avantage aux hommes pour préserver les maisons, les églises, les vaisseau, et cet., des coupes de la foudre, en nous engageant à fixer perpendiculairement sur les parties les plus élevées des verges

de fer aiguisées par la pointe comme des aiguilles, et dorées pour prévenir la rouille, et à attacher au pied de ces verges un fil d'archal descendant le long du bâtiment dans la terre, ou le long d'un des aubans d'un vaisseau et de son bordage, jusqu'à fleur d'eau. N'est il pas probable que ces verges de fer tireroignent sans bruit le feu électrique du nuage avant qu'il vint assez près pour frapper; et que par ce moyen nous serions préservées de tant de desastres soudains et terribles ?". (Cfr., Oeuvres, ibid., 62).

(46) Eandi, cit. nella nota 3, 21.

(47) Secondo una ricerca condotta in Svezia nel 1721, i campanili delle chiese di quel paese venivano colpiti dal fulmine almeno una volta all'anno causando seri danni (cfr., Heilbron, ibid., 341).

(48) In una lettera, probabilmente indirizzata verso la fine del 1772 al fisico e geologo svizzero Horace Bénédicte de Saussure (1740-1799), Franklin scriveva: "Pointed conductors to secure buildings from lightning have now been in use near twenty years in America, and are there become so common that number of them appear on private houses in every street of the principal towns, besides those of churches, public buildings, magazines of power, and gentleman's seats in the country". (Cfr., Van Doren, cit. nella nota 14, 285). E' forse questa l'unica testimonianza di Franklin relativa all'installazione di parafulmini in America. La lettera di Franklin a Saussure è riportata da Giuseppe Toaldo (1719-1797) nell'opuscolo: Dell'uso de' conduttori elettrici e preservazione degli edifizj contro de' Fulmini, nuova apologia della descrizione del conduttore della Pubblica Specola di Padova ec. con una lettera del Sig. Franklin, Venezia, 1774, un estratto del quale, che riproduce quasi integralmente la lettera sopraccitata è dato nel Giornale d'Italia, Venezia, 1774, Tomo X, 382-84.

(49) Eandi (cit. nella nota 3, 28), nel suo profilo storico di Beccaria riferisce: "Nello stesso anno 1754 che [Beccaria] dettò questi prolegomeni, cominciò a dettare come si potesse preservare dai funestissimi effetti dei fulmini qualunque edificio, nave, ec. [...]". E nella biografia di autore ignoto pubblicata dal De Tiplido, si dice che il Beccaria "[...] introdusse per il primo in Italia i parafulmini, e ne migliorò la costruzione, [...]" (Cfr., Biografia degli italiani illustri nelle scienze, lettere ed arti [...], pubblicata per cura di Emilio De Tiplido, Vol. V, Venezia, 1837, 258-60). Da ciò a pensare che il primo parafulmine installato dal Beccaria fosse quello posto a protezione della Villa Reale del Valentino a Torino, di cui parla il Padre Barnabita Maffioli nella Relazione dei fenomeni che hanno accompagnato la caduta di un Fulmine in uno dei Borghi della Città di Udine [...], il passo è breve (cfr., Giornale d'Italia, Tomo VII, N.º IX, Venezia, 1771, 65-69). A quest'ultima conclusione giungeva anche Antonio Pace, quando scriveva: "[...] early in his career [Beccaria] raised preventive roads over his King's Villa in the Valentino (cfr., Pace, cit. nella nota 10, 26), facendo riferimento allo stesso Giornale d'Italia appena citato. Ma a queste dichiarazioni sembra contrastare la testimonianza di Prospero Balbo che in data 8 ottobre 1783 dando notizie a Marsilio Andriani che le aveva richieste, sulla presenza di parafulmini in Piemonte, lo informava di non avere "mai inteso che

alcun edificio o pubblico, o privato di questo paese siasi armato di tal riparo", e proseguiva affermando: "Forse avrà Ella letto che il Valentino è armato di conduttori. Vero è che le Guglie metalliche le quali comunicano col suolo per mezzo dei canali dell'acqua, riparano eccellentemente da' fulmini quella Reale delizia: ma non fu a questo fine nulla cangiato all'antica disposizione, che per puro caso si trovava così ben combinata". (Cfr., Ms, Esposizione di vari sentimenti [...], cit. nella nota 79).

(50) Sulle difficoltà incontrate dalle teorie elettriche di Franklin ad essere accettate in Inghilterra, ove i motivi politici di opposizione giocavano un ruolo non secondario, si rinvia il lettore al Cap. XV del lavoro di Heilbron, cit. nella nota 4, che titola: "The reception of Franklin's Views in Europe", 344-46. Ancora nel 1772 nessun parafulmine era stato installato in Inghilterra su costruzioni governative. La Royal Society, sollecitata dalle autorità militari di suggerire una soluzione per difendere dal fulmine la polveriera di Purfleet, nominò una commissione presieduta da Henry Cavendish e di cui facevano parte Franklin e i suoi oppositori William Watson e Benjamin Wilson, che optò a maggioranza e fra molti contrasti per i parafulmini frankliniani (cfr., Heilbron, ibid., 380-81). In Francia la situazione si presentava più favorevole, malgrado la strenua opposizione di Jean Nollet e del suo circolo, almeno sino alla morte di quest'ultimo avvenuta nel 1770 (cfr., Heilbron, ibid., 346-61).

(51) Tra i diversi oppositori di Franklin in Inghilterra Benjamin Wilson fu tra i più accaniti. La proprietà delle punte e la teoria della impenetrabilità del vetro sostenute da Franklin vennero sottoposte dal fisico inglese a dure critiche, che lo portarono ad elaborare un proprio modello di parafulmine basato invece sul potere delle sfere (cfr., Heilbron, ibid., 380-81). In Francia l'opposizione di Nollet all'uso di parafulmini basate sull'impiego di aste appuntite fu altrettanto ferma, sia prima che dopo l'esperienza di Marly (cfr., Heilbron, ibid., 355-61).

(52) Cfr., Pace, cit. nella nota 10, 28. A quanto pare i primi parafulmini, se si esclude quello assai controverso attribuito a Beccaria (si veda la nota 49), vennero realizzati in Italia solo a partire dal 1770.

(53) La lettera in data 24 dicembre 1757, indirizzata a "Benjamin Franklin viro de re electrica meritissimo Joannes Battista Beccaria ex scolis Piis S.P.D.", fu letta nella Società Reale di Londra il 14 febbraio 1760 ed inserita nelle Philosophical Transactions (Vol. LI, Parte II, 1761, 514-25), col titolo "Experiments in electricity et cet." (cfr., Pace, cit. nella nota 10, 414).

(54) Cfr., Eandi, cit. nella nota 3, 33.

(55) Cfr., Elettricismo atmosferico lettere di Giambattista Beccaria, Bologna, 1758. Così scriveva Eandi in merito a quest'opera: "Nella prima parte espone con brevità, e chiarezza la teoria proposta nella prima opera [Dell'elettricismo artificiale e naturale] [...]. La VII [lettera] è piena di cose affatto nuove su l'elettricità aerea, per mezzo della quale si comprendono molti fenomeni, che a prima vista sembrano al sistema contrari, e si fa strada a spiegare l'elettricità naturale. Nella qual parte tutto è nuovo, e grande, e lo stesso Priestley confessa, che ha superato tutti gli elettricisti.

Egli è il primo che abbia dato una descrizione esatta de' nuvoli temporaleschi, e del vento, che parte dal centro di essi nuvoli, ne presenta una compiuta, e perfetta teoria de' temporali [...], discorre sul magnetismo, che s'induce ne' corpi dal fulmine [...], e sospetta, che forse dall'elettricità si possa derivare il magnetismo; al qual pensiero esclama il valentissimo Priestley: "Ecco un pensiero veramente grande, il quale se si verifica porterà molta semplicità nelle nostre idee su le leggi della natura". (Cfr., Eandi, *ibid.*, 35-37).

(56) La Philosophiae naturalis theoria venne quasi intieramente scritta e stampata a Vienna, dove Boscovich si trovava a rappresentare la Repubblica di Lucca nella controversia che la opponeva al Granducato di Toscana (su questa vicenda si rinvia alla "Introduzione" al volume: Giovan Stefano Conti, Lettere a Ruggiero Giuseppe Boscovich, a cura di Edoardo Proverbio, Accademia Nazionale delle Scienze, Scritti e Documenti XXII, Vol. II, Roma, 1998). Una seconda edizione di quest'opera, curata dall'autore, vide la luce a Bassano nell'autunno del 1763 con il nuovo titolo: Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium. Una prima traduzione in inglese della Theoria apparve nel 1922, a cui fece seguito una ristampa effettuata nel 1966 dalla M.I.T. Press a Cambridge, a cui si farà nel seguito riferimento.

(57) Sui principi e sulle concezioni che Boscovich pose a fondamento della sua Theoria si rinvia il lettore a: Lancelot Law Whyte, "Boscovich's atomism", e Zeliko Markovic, "Boscovich's Theoria", in: Roger Joseph Boscovich, ed. by Lancelot Law Whyte, London, 1961, 102-26, e 127-52. Si veda inoltre: Edoardo Proverbio, "Un dibattito sul sistema filosofico di Ruggiero G. Boscovich dal carteggio con Giovan Stefano Conti", Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze, Memorie di Scienze fisiche e naturali, Serie V, Vol. XXIII, Roma, 1999, 41-73.

(58) Dopo di aver trattato della diffusione del caldo e del freddo nella materia (cfr., Theoria, *cit.* nella nota 56, § 510), Boscovich estendeva questi principi alla diffusione del fluido elettrico basandosi sulle teorie elettriche di Franklin e di Beccaria. Nel § 511 della Theoria la dottrina dei fenomeni elettrici formulata da Franklin e Beccaria veniva sinteticamente ma fedelmente illustrata, e nel paragrafo successivo (§ 512) il grande astronomo forniva una spiegazione di questi fenomeni elettrici adattandoli alla sua famosa curva di distribuzione delle forze in funzione della distanza.

(59) Gli Essai de Physique (Leiden, 1739) dell'olandese Petrus van Musschenbroek (1692-1761) erano certamente noti al Boscovich, che egli cita nella parte seconda della sua dissertazione Sopra il turbine (vedi la nota 39), forse nella edizione napoletana di questo trattato a cura di Giuseppe Orlandi (1745).

(60) Con riferimento alla teoria elettrica di Franklin e Beccaria, Boscovich scriveva: "According to such theory, all things reduce to his; there is a certain electric fluid, which can in some substances move along the surface & also through their inward parts; but has no motion through others, although some of these at any rate hold an abundance of the substance very firmly adherent to themselves, & not to be loosened whitout friction & internal motion. Of these, the former are electric by

communication, the latter electric by nature. In the former, the fluid is immediately diffused to produce equality on each of them; although some of them require more, others less, of the fluid to produce, so to speak, an intrinsic saturation, other things being the same. Thus, of two of these bodies, of which the saturation corresponding to their nature is not the same, one will be electric by excess, & the other by defect, with respect to one another. If these bodies approach one another to within that distance, for which the particles surrounding the bodies, & adhering to them like atmospheres, can act upon one another; them, from the body that is electric by excess this fluid will immediately flow towards the one that is electric by defect, until equality is reached. During this flow, the substances which respectively yield & receive the fluid simultaneously approach one another, if they are light enough, or if they are freely suspended; & if the motion of the concentrated matter is vigorous, there will be explosion, & sparks, & even lightning, thunder, & thunderbolts. Hence, forsooth, can be derived all the customary phenomena of electricity, besides the experiment of the Leiden Jar, which is much more general, & the same holds equally good for Franklin's plate." (Cfr., *Theoria*, cit. nella nota 56, § 511, 181).

(61) Boscovich accenna solo di sfuggita nella sua *Theoria* al fenomeno della resistenza dell'aria al passaggio del fluido elettrico (cfr., *Theoria*, *ibid.*, § 512, 182). A questa questione fa riferimento il Beccaria, quando, ringraziando il grande astronomo per l'invio della sua opera, in data 29 agosto 1759, scriveva: "Stanno solo otto giorni che io finalmente ho ricevuto il libro aggraziatomi da V.P.M. Rev. intorno alla teoria delle forze ridotte ad un'unica legge. Per quanto io posso giungere col mio tenue giudizio in tale teoria vi sono e la comprensione e la verità, e finora non vi è nulla di meglio, ne eguale. Appena ardisco rallegrarmene seco lei, ch'io non mi stimo da tanto di poterle suffragare con le congratulazioni mie ed Ella certamente che è ognora avvezza a cose grandi non abbisogna di esse. Questo solo posso dir francamente che il libro mi piace singolarissimamente e mi sento infiammato a tentare per ogni verso di connettere il sensibile e contingente della natura con coteste unità insensibili, e necessarie. Per quello, che mi scrive V.P. R.ma dell'accordare i movimenti elettrici che ho trovati dipendenti dalla presenza dell'aria, con la teoria sua io penso ciò essere tanto facile quanto è facile che con quella si accordino a cagione d'esempio i movimenti dell'aria. Ecco il principio, anzi la cagione de' movimenti elettrici, cui ho finalmente analizzata a forza d'esperienze, e cui a suo tempo pubblicherò. La resistenza, cui il fuoco elettrico spandentesi a egualità incontra per ogni verso nell'aria a preferenza, che ne corpi deferenti. Ne ho distese le prove sperimentali, e la particolare spiegazione, che si estende ma[...]ssimamente a tutti gli accidenti irregolarissimi, e trattata sinteticamente dice tutte le possibili verità. [...]" (Cfr., *Bancroft Library: Boscovich' Correspondence*, University of California, Berkeley, Ms. 587/8).

(62) Al fratello Bartolomeo, Boscovich scriveva da Milano il 26 settembre 1759: "Appena ho un momento per scrivervi, che domattina parto per Torino, dove sarò posdimani [...]". (Cfr., Z. Markovic, "Boskoviccev put u Frankuscu g. 1759/60

[Le voyage de P. Boskovic en France, en 1759/60]", Rudzer Boskovic: Grada Knjiga II, Zagreb, 1957, 55).

(63) Nella lettera in data 15 ottobre 1759, Beccaria, dopo avere ringraziato Boscovich "per il beneficio che Ella ha fatto per questo nostro paese determinando il Sovrano clementissimo [Carlo Emanuele III] alla misura del grado di Latitudine, ed a me particolarmente facendomi ella destinare a tale decorosissima impresa [...]" (cfr., Bancroft Library, cit. nella nota precedente), non fa cenno ai contenuti degli scambi di idee che presumibilmente i due scienziati ebbero modo di scambiarsi, nel corso dei quali è da pensare che si parlasse anche della Theoria che Beccaria aveva appena ricevuto in dono, e dei lavori elettrici di quest'ultimo.

(64) Pare che i primi tentativi di fare uso in medicina del fluido elettrico per scopi terapeutici venissero eseguiti in Italia. Il padovano Gianfrancesco Pivati (1689-1764) sembra sia stato il primo ad effettuare applicazioni elettriche o a ricorrere all'elettizzazione totale per scopi curativi, in ciò seguito dal medico e fisico bolognese Giovan Giuseppe Veratti (1707-1793), e dal medico torinese Giovan Battista Bianchi (1681-1761). (Cfr., Pace, cit. nella nota 10, 33; Heilbron, cit. nella nota 4, 354; Tabarroni, cit. nella nota 23, 105-06, e 127).

(65) Cfr., Heilbron, ibid., 288-89.

(66) E' lo stesso Boscovich a rendere nota la conoscenza fatta a Roma con l'Abate Nollet durante il soggiorno di quest'ultimo in Italia. Nella lettera da Parigi al fratello Bartolomeo in data [lunedì] 17 dicembre 1759, egli scriveva infatti: "Posdimani [mercoledì 19 dicembre] ho un pranzo, che mi dà l'Abbate Nollet, conosciuto già in Italia [...]". E ancora il martedì 25 dello stesso mese informava il fratello di essere andato "poi a pranzo dall'Abbate Nollet, che è ben ricco", e aggiungeva: "Giovedì [20 dicembre] pranzai da Solaro Ambasciatore di Sardegna, e vi era l'Abbate Barthelemy che abbiamo avuto costì a Roma per un anno, e lo stesso Nollet". (Cr., Markovic, cit. nella nota 62, 70 e 76).

(67) Cfr., Heilbron, ibid., 354.

(68) Nel suo pregevole trattato più volte citato, Heilbron scrive: "Garro learned to be a competent instrument maker and demonstrator in the tradition of Rohault, and he collaborated fruitfully with Nollet in pursuit of Pivati". (Cfr., Heilbron, ibid., 362), ma non fornisce alcuna informazione su questa asserita collaborazione, né quando essa venne effettuata.

(69) In data 4 febbraio 1760 Boscovich scriveva al fratello Bartolomeo: "Il martedì avevo pranzato al Collegio di Navarra dove vi era [...] una scelta compagnia, e tra questi Nollet, e l'Abate Mezeas [...]: il pranzo fu ottimo, parlai assai, ed ebbi dell'incontro con tutti, che mi fecero mille espressioni. Prima di pranzo fui a sentire ivi la lezione del Nollet, e a vedere dopo tutte le sue macchine. Non potete credere, come rimasi mortificato al vedere quanto, e con quanto poco si potrebbe fare da noi. Egli fa la fisica sperimentale, e spiega facendo gli esperimenti senza dettare. In una camera non più grande della vostra rettorica, o poco più, colle gradinate a teatro vi era più assai di 400 spettatori zitti e quieti come un olio, e tutti attenti. Disse le cose le più elementari su li fluidi, sulla bilancia idrostatica etc.: dicevo fra me, e tu che

fai? Là corre il mondo e le nostre scuole sono bene scarse al paragone." (Cfr., Bancroft Library, cit. nella nota 61, Ms. 587 / 6).

(70) Sugli incontri che Boscovich ebbe con i fisici elettricisti più in vista di Londra e dintorni si rinvia alla corrispondenza che egli intrattenne col fratello Bartolomeo, conservata presso la Bancroft Library, ibid., Ms. 587 / 6).

(71) Una prima versione in francese del viaggio effettuato da Boscovich nell'estate autunno del 1762 da Costantinopoli fino in Polonia sulla via di Vienna, venne data alle stampe nel 1772 (cfr., Journal d'une voyage de Constantinople en Pologne [...] par le R. P. Joseph Boscovich [...], Lausanne, 1772. Questa edizione però, fatta quasi all'insaputa dell'autore e a cui fece seguito una seconda edizione in tedesco stampata a Leipzig nel 1779, non soddisfece Boscovich che nel 1784 pubblicò una nuova edizione in italiano del viaggio, con aggiunte, dal titolo: Giornale di un viaggio da Costantinopoli in Polonia dell'Abate R. G. Boscovich, con una sua relazione sulle rovine di Troia, e in fine il prospetto delle Opere nuove Matematiche del medesimo autore [...], Bassano, 1784.

(72) Il soggiorno a Milano del Duca di York dovette prolungarsi per alcuni mesi poiché risulta che egli fosse ivi presente in occasione del carnevale, che nel rito ambrosiano si conclude il sabato 10 marzo 1764. (Cfr., Carteggio di Pietro e Alessandro Verri: Viaggio a Parigi e Londra (1766-67), a cura di Gianmarco Gaspari, Milano, 1980, 584). L'incontro con Boscovich e le osservazioni ottiche fatte a Milano, presumibilmente nei locali della Specola di Brera, risulta che avvenissero invece nella prima metà di luglio dello stesso anno (cfr., lettera di Boscovich a Stefano Conti in data 18 luglio 1764, in: R. G. Boscovich, Lettere a Giovan Stefano Conti, a cura di Gino Arrighi, Milano, 1980, 149). Sulle ricerche ottiche avviate dal Boscovich già dal 1763 si rinvia il lettore a: Edoardo Proverbio, "L'attività di Ruggiero Boscovich nel campo dell'ottica teorica e pratica", Atti Fondazione G. Ronchi, Anno XLVII, 1992, 147-63. Sulle sue esperienze per la misura delle qualità rifrattive e dispersive del vetro ottico si veda invece: Edoardo Proverbio "R. G. Boscovich and the measurement of the refractive quality of lenses", Memorie della Società Astronomica Italiana, 1989, 837-88.

(73) Nelle già più volte citate Memorie Istoriche, Eandi scriveva: "In detto anno [1764] essendo passato per Torino il Duca di York, e trattenutovisi alcuni giorni, spinto dalla fama, che aveva il nostro professore in Inghilterra, volle vedere le esperienze elettriche, nella quale occasione questi stampò due opuscoli: uno sulla doppia rifrazione del cristallo di rocca, l'altro per confermare vie maggiormente le scoperte già descritte nelle lettere al Beccari". (Cfr., Eandi, dit. nella nota 3, 42).

(74) Le proprietà del cristallo di rocca scoperte dal Beccaria avevano subito interessato il Boscovich, come risulta dalle lettere inviate da quest'ultimo a Stefano Conti in data 8 agosto e 6 settembre 1764 (cfr., Boscovich, cit. nella nota 72, 154 e 162-63), ma il suo impiego in luogo del vetro flint per la realizzazione di obiettivi acromatici non suscitò in lui altrettanto entusiasmo.

(75) Cfr., Osservazioni intorno alla doppia rifrazione del cristallo di rocca dedicate a S.A.S. il Signor Duca di York da G.B. Beccaria [...], Torino, 1764. Una

conferma del fatto che in occasione della visita a Torino del Duca di York il Beccaria avesse effettuato alcune esperienze sulla doppia rifrazione del cristallo di rocca è data dallo stesso fisico torinese che il 4 agosto 1764 scriveva a Boscovich: "Dunque le mando alcune altre esperienze ed osservazioni, che ha qui vedute il Signor Duca di York, le quali cose come che tenui, spero non pertanto che incontreranno pure il di lei gradimento [...]. Il suo Sig. Fratello le avrà raccontato in che modo confronto io la forza diffrattiva, e dispersiva de vetri cristallo di rocca [...]." (Cfr., Bancroft Library, cit. nella nota 61).

(76) Cfr., A Sua A.S. il Signor Duca di York sperienze ed osservazioni di G.B. Beccaria [...], Torino, 1764. L'opuscolo conteneva le seguenti dissertazioni:

(i) "Sperimenti che mirano a mostrare ognora più evidentemente ed a misurare l'azione della scintilla elettrica, e del fulmine sull'aria".

(ii) "Osservazione su d'una pietra fulminata, la quale mostra siccome il fulmine giusto il suo sentiero dona la direzione magnetica a' corpi, che per sua natura ne sono capaci".

(iii) "Osservazione su d'un selcio vitrificato sopra una sua faccia da un colpo di fulmine".

(iv) "Osservazione di alcuni fulmini atti a confermare la legge che con esso si scomparte, e propaga, ed a mostrare la maniera di preservarsene".

(77) Nella sua opera prima e principale Dell'elettricismo (citata nella Tavola B), nel § 683 della Parte Seconda, Beccaria scriveva: "Se per l'opposto s'adoperano le punte metalliche, come vuol Franklin, e si facciano comunicare sotterra col terreno umido per mezzo di uno, e più fili metallici; il vapore elettrico per esse si dispergerebbe uniformemente senza condensarsi, e fulminare." E nel successivo paragrafo 684, precisava ancora: "Vi sono in certi luoghi eminenti de' campanili, o torri, che quasi ogni anno, e talora in un anno più volte sono bersagliate dal fulmine. Si potrebbe su una di queste torri alzare una spranga altissima a ciascun angolo, e fare, che ciascuna di queste per uno, o più fili metallici comunicasse entro terra col terreno umido, in tal maniera però, che si potesse a benepiacito, e facilmente, interrompere queste comunicazioni, e si isolarle".

(78) Cfr., Elettricismo atmosferico, cit. nella Tavola B, Lettera XIV: "Degli accidenti, ed effetti del fulmine", 238 e seg.

(79) Nelle Memorie Istoriche, cit. nella nota 3, § XLIII, 67, Eandi riferiva: "Siccome la fama lo predicava il primo elettricista d'Italia, ed era noto universalmente, che se egli non fu il primo a insegnare il metodo di riparare gli edifici dal fulmine, in tal maniera però corresse i metodi proposti, [...]; così in quest'anno [?] fu chiamato a Milano, affinché visitata la vasta fabbrica del Duomo, insegnasse il modo di collocarvi i conduttori: dove essendosi portato diede un'istruzione, in cui si fa veramente conoscere quel sommo elettricista, che egli era. / E in quella occasione piacque tanto a quella gran mente del Conte di Firmian, che in appresso gli scrisse alcune lettere piene di stima, e d'affezione". Poiché questo accenno al richiesto intervento di Beccaria sul Duomo di Milano viene dopo la notizia data dall'Eandi della pubblicazione dell'Elettricismo artificiale del 1772 (§

XXXVII), del Gradus Taurinensis del 1774 (§§ XXXIX-XL) e della lettera al Conte Scarnafigi scritta nel 1775 e pubblicata nella milanese Scelta di Opuscoli interessanti del 1776, ciò potrebbe far pensare che l'Eandi collocasse quell'intervento presumibilmente dopo il 1770, quando invece risulta che gli interventi del Beccaria riguardo il Duomo di Milano avvennero nel 1764 e nel corso del 1770. Anche Prospero Balbo d'altronde sembrava dell'opinione che il Beccaria si fosse occupato delle applicazioni del parafulmine solo a partire dal 1770, quando scriveva: "Io credo che niun altro fuori che il grande Franklin, immortal creatore della scienza elettrica avesse particolarmente ragionato della maniera di preservare gli edifici dal fulmine quando nel 1758 il padre Beccaria ne trattò diligentemente nelle sue lettere al Beccari. / Dal 1758 sino al 1770 io credo che il padre Beccaria non abbia più scritto altro sopra questo argomento. Ma nel 1770 dovette in esso particolarmente occuparsi. Ho di quell'anno una sua lettera del 24 marzo nella quale espone il risultato delle conferenze tenute intorno il miglior modo di riparare dal fulmine il magazzino a polvere di sant'Ignazio del forte di Demonte [opera N.o 6 della Tavola D.2]. Ho pure trovato tra le sue carte un calcolo assai ragionato, formato da un perito li 28 dello stesso mese della spesa necessaria per armare le tre polveriere esistenti del maschio di Tortona [N.o 2 della Tavola D.2]. Da certi fogli di notizie relative alla Santa Barbara de' vascelli ho fondamento a credere che anche sopra questo punto si trattò in quel tempo, ma senza che ne abbia scritto, ch'io sappia, il Beccaria. A'6 d'aprile rispose a posta corrente, epperchè non molto a lungo, all'abate Felice Fontana che avealo interrogato sopra questo istesso argomento dei magazzini da polvere [N.o 7, Tavola D.2], e poco dopo consegnò un'istruzione alquanto più ampia al Conte Carburì che gliela avea richiesta per lo stesso fine, il quale scritto non ho potuto rinvenire. Recatosi quindi a Milano per conferire sulla miglior maniera di preservare quel duomo, ne scrisse costì l'istruzione in data 21 d'ottobre [1770] [N.o 8, Tavola D.2]. Aveva allora in animo di comporre un trattatello sull'uso de' conduttori [si veda la nota 101], ma l'anno dopo cominciò un'opera più vasta di cui non ho che due capi [N.o 3, Tavola D.2]. Il primo espone quanto sino allora era stato scritto intorno al riparare gli edificii, e massime i magazzini della polvere del fulmine. Il secondo, che non è terminato, comprende quattordici osservazioni degli effetti di diversi fulmini, colle illazioni che si debbono trarre dalle osservazioni medesime, e queste illazioni sono per lo più relative alla pratica de' conduttori: ma quest'opera rimase così imperfetta. / Del 29 luglio nel 1773 si trova una lettera sopra la maniera di preservare la torre della lanterna di Villafranca ; ed è da notarsi che in una casamatta di detta torre si serba la polvere [N.o 9, Tavola D.2]. Nel 1777 il celebre fulmine, che colpì il conduttore della torre della piazza di Siena, ricondusse il nostro Autore a questo genere di specolazioni; e nelle sue memorie si hanno vari abbozzi e squarci di lettere per quell'occasione, nelle quali assai ampiamente destinava di trattare le quistioni più analoghe alla razzaja prodotta da quel fulmine, ch'ei chiama eloquentissimo [N.o 11, Tavola D.2]. Alli 10 del 1779, in una lettera di risposta all'abate Toaldo, tocca qualche particolarità appartenente al nostro oggetto, e di questa lettera tenne copia ch'io conservo . Venuto in quell'anno a

Torino il Sig. Toaldo medesimo, anche di questo punto ebbero insieme qualche dotta conferenza, ed alcuni mesi dopo il padre Beccaria incominciò di nuovo a spendere i suoi pensieri in forma di lettere allo stesso dirette. Di queste tengo la prima, ed un abbozzo di parte della seconda [N.o 4, Tavola D.2]. Ma cangiato consiglio, prese poi ferma deliberazione di riordinare in un sol corpo di trattato tutto ciò che doveva dire dell'elettricità fulminante; e frutto di questo lavoro sono sedici lettere, di cui può ella vedere i titoli nel catalogo da me pubblicato delle opere inedite di quell'illustre defunto [N.o 1, Tavola D.2]. In esse non tratta, è vero, direttamente de' conduttori, ma dalla sua teoria è pur facil cosa ricavarne le conseguenze di pratica. Pare che queste dovessero seguire in seguito ad una lettera al conte di Scarnafaggi, di cui si trova abbozzato qualche articolo [N.o 5 ?, Tavola D.2]".

Ho riportato questo lungo accenno del Balbo all'attività svolta dal Beccaria nella progettazione di parafulmini per i suo interesse storico e per i riferimenti in esso contenuti alle opere edite ed inedite del fisico torinese riguardanti tale materia. Il brano è pubblicato nelle Opere varie di Prospero Balbo (Ed. L. Cibrario, Torino, 1830, Vol. I, 248-50), e salvo alcune piccole varianti, è tratto dalla lettera scritta dal Balbo a Marsilio Landriani il 20 settembre 1783, il cui originale è conservato presso la Biblioteca Reale di Torino nel manoscritto titolato: Esposizione de' veri sentimenti del Padre Beccaria sopra la maniera di riparare gli edifici dal fulmine.

(80) Sulle vicende della erezione della Gran Guglia del Duomo di Milano e sul progetto dell'architetto Francesco Croce si rinvia al lavoro: Relazione dei restauri intrapresi alla Gran Guglia del Duomo di Milano [...], del Conte Ambrogio Nava [...], Milano, 1875, 13-14.

(81) Trattando delle attività del Beccaria nel campo delle applicazioni delle scariche atmosferiche Gliozzi dava notizia che: "Beccaria innalzava tranquillamente parafulmini a Torino e ne innalzava nel 1770 a Milano a difesa del Duomo [...]". (Cfr., Mario Gliozzi, "Fisici piemontesi del settecento", Quaderni della Biblioteca Filosofica di Torino, Torino, 1962). Antonio Pace, trattando dello stesso argomento riferisce invece che Beccaria nel 1770: "was consulted by Felice Fontana in connection with the Grand Duke's assignment, and in 1774 he was called to Milan to demonstrate his technique on the frequently struck Duomo, for which occasion he wrote an appropriate instruction." (Cfr., Pace, cit. nella nota 10, 26).

(82) Cfr., Archivio della V. Fabbrica del Duomo, "Parere di Beccaria G. Battista sul parafulmine della guglia maggiore", C. 136, F. 56, N. 3. Il "Sentimento del padre Beccaria delle Scuole Pie, professore nella Regia Università di Torino, senza data, ma si crede del 1764", è pubblicato in: Nava, cit. nella nota 80, 51-52.

(83) Cfr., Archivio della V. Fabbrica del Duomo, "Parere di Ruggiero Boscovich sulla Guglia Maggiore", C. 136, F. 56, N. 3. Il "Sentimento sulla solidità della nuova guglia proposta per la cime della cupola del Duomo di Milano [...] del Padre Ruggiero Giuseppe Boscovich, lettore di matematica dell'Università di Pavia", richiesta al grande astronomo il 22 agosto 1764 dai Delegati della Fabbrica Conte Giovanni Battista Scotti e Conte Lorenzo Salazar, consiste in 55 paragrafi, con

l'aggiunta di sei allegati tecnici, ed è pubblicato dal Nava, *ibid.*, 53-64. Per la datazione dello scritto del Boscovich si veda ancora: Nava, *ibid.*, 13.

(84) Cfr., *Archivio della V. Fabbrica del Duomo*, AS 434, Capo XXVIII, Fasc. 5, [1765]. La relazione del De Regi è riprodotta da Nava, *ibid.*, 65-77.

(85) Cfr., Nava, *ibid.*, 53 e 57.

(86) In una lettera al Boscovich senza data, ma presumibilmente della età di settembre 1764, Beccaria scriveva: "L'istoria de' fulmini, o a dir meglio de' parafulmini ella è la seguente: Il fulmine ovunque trova un conduttore metallico continuato dal colmo di una fabbrica fino a terra assai capace si propaga per esso senza danneggiare la fabbrica. Tutte le osservazioni mi confermano questa verità; ma è ben chiaro che ogni differente fabbrica vuole un diverso adattamento, giusta la diversa altezza, figura, ampiezza ecc. Non mi sono potuto procacciare che un pessimo tipo della facciata di cotesto sontuosissimo tempio. In verità par fatto per esser fulminato, e mi ricordo tale idea formai di esso tempio, quando anno 8 anni vi salii sopra, e vi vidi diversi manifestissimi colpi di fulmine. So che allora ebbi in mente la individua maniera per preservarlo ma / ora non posso sovvenirmi di ciò, se non molto in generale. Un filo di ferro grosso due linee puntuto, che sporgesse la punta un palmo sopra la sommità di ciascuna piramide, ed indi procedesse a comunicare con un canale di latta, che cingesse il tempio, e quattro cannoni di latta, che da quel canale procedessero a terra ed ivi comunicassero con alcuna ringhiera di ferro infissa in terra, o con lastre di tola ampie sepolte sotterra alla profondità di un piede salverebbero certissimamente il bel tempio. In luogo del filo di ferro grosso due linee sarebbe meglio una lista di latta acuta, e indi larga due pollici che reggerebbe più alla stagione. Si potrebbe anche risparmiare il canale ecc., ma vi vuole ispezione oculare. Mi faccia chiamare, o mi scriva Ella da parte di codesti Signori un'estensiva, che avrò il vantaggio, e di parlare più francamente, e di conversare con lei." (Cfr., *Bancroft Library*, cit. nella nota 61, Ms. 587 / 8). Da questa lettera, tra le altre cose, veniamo informati che già il fisico torinese era stato a Milano 8 anni prima, ed era anche salito sopra il Duomo. La visita a Milano avvenne quindi nel 1756, probabilmente nell'autunno, quando il Beccaria fu a Bologna per esporre le sue nuove idee sull'elettricismo (cfr., Eandi, cit. nella nota 3, 34).

(87) La presenza di Beccaria a Milano nella terza decade di settembre è attestata dal Boscovich, che scrivendo dalla capitale lombarda a Stefano Conti il 26 settembre 1764, affermava: "Queste osservazioni [della rifrazione e dispersione del vetro ottico] furono fatte alla presenza de' PP. Beccaria e Fontana delle Scuole Pie". Beccaria a Milano doveva infatti essere arrivato verso il 16 - 17 settembre, poiché sempre Boscovich informava il Conti da Milano il 19 settembre: "Esso [Beccaria] è qui da qualche giorno, e ci vediamo continuamente". (Cfr., Boscovich, cit. nella nota 72, 167 e 165). Anche in una lettera a Boscovich in data 24 settembre, scritta presumibilmente da Milano, il Beccaria fa cenno ad una recente "conversazione" avvenuta tra i due scienziati, che si spiega solo con un loro antecedente incontro di lavoro (cfr., *Bancroft Library*, *ibid.*). Infine è ancora Boscovich nel suo "Sentimento sulla solidità della nuova gugia ecc.", cit. nella nota 83, a testimoniare,

nel § 53, la presenza del Beccaria nel corso di uno dei sopralluoghi da lui fatti alla cupola del Duomo, scrivendo . "Esaminando donde possono essere provenute quelle aperture e vedendo insieme col celebre Padre Beccaria, Professore di Torino, che le principali sono vicine alla Guglia fulminata più volte [...]". (Cfr., Nava, *cit.* nella nota 80, 63). L'impegno del Boscovich e del Beccaria durante il mese di settembre 1764 per la fabbrica del Duomo, tra incontri e sopralluoghi, è infine ancora testimoniato dalle parole che il grande astronomo scriveva a Stefano Conti il 28 novembre, in vista di un meritato periodo di riposo alla villa Belgioioso di Merate, quando gli comunicava: "Supplisco ora per le fatiche fatte in Settembre, e Ottobre col Duomo di Milano, e porto di Rimini." (Cfr., Boscovich, *ibid.*, 171).

(88) Nella lettera scritta al Boscovich il sabato 13 ottobre 1764 Beccaria comunicava al suo illustre corrispondente: "In questa settimana i Signori Conti Scotti e Salazar mi scrivono per il mio sentimento [...]", e proseguiva poi, aggiungendo: "Per questa settimana io non posso scrivere, che giunto a Torino il Sovrano oltre all'altre occupazioni m'ha graziosamente imposto di studiare intorno alla maniera la più esatta e la più semplice per il ripartimento delle acque, [...], intanto, se Ella stima, mi scusi appresso i medesimi del mio ritardo". (Cfr., *Bancroft Library*, *ibid.*).

(89) In una lettera a Boscovich senza data, ma attribuibile alla terza decade di ottobre 1764, Beccaria scriveva: "Se il Sig. Conte Scotti le ha letto la lettera, con cui ho accompagnato il mio sentimento intorno al Duomo, avrà veduto, che io istantemente lo pregava di comunicarla a Lei, e di prendere in tutto i sentimenti suoi avanti di farne uso; epperò mi dispiace, che ella incontri un passo che non le vada a grado; ma dee ella restare persuasa, che tale passo non v'è intruso, ma che v'era chiamato dalla materia, e dalle circostanze, e che io non poteva prevedere in ciò la sua disapprovazione, e che generalmente m'era studiato di piacerle con sottometterle il sentimento tutto. Se v'è rimedio me lo faccia sapere [...]. Se il P. Frisio scriverà bisognerà aver pazienza e riscrivere. Intanto mi confermi la sua buona grazia; [...]" . (Cfr., *Bancroft Library*, *ibid.*).

(90) Cfr., dissertazione (1) della Tavola E. Paolo Frisi dopo di avere inizialmente parteggiato per le teorie elettriche di Nollet (cfr., Heilbron, *cit.* nella nota 4, 369, nota 101), divenne in seguito sostenitore dell'ipotesi frankliniana di un unico fluido elettrico che egli identificava con il fluido etereo da lui ipotizzato per spiegare gli stessi fenomeni (cfr., Heilbron, *ibid.*, 395-96). A tale proposito l'Eandi scriveva: "[...] il celebre P. Frisi lo fece esporre al pubblico [il sistema frankliniano] dal tanto ora celebre cavaliere Landriani proponendo su le traccie del nostro autore una sua nuova teoria, in cui vuole , che il fluido elettrico sia il fluido etereo". (Cfr., Eandi, *cit.* nella nota 3, 22).

(91) Che Paolo Frisi fosse, nel 1764, un sostenitore dell'installazione dei parafulmini frankliniani per la protezione di edifici e di chiese si può solo congetturare, tenendo conto che a tale sistema egli faceva riferimento nella dissertazione pubblicata a Milano nel 1768, *cit.* nella Tavola E.

(92) Nella lettera a Boscovich in data 7 novembre 1764, in cui chiedeva notizie dell'esito del "Sentimento" da lui inviato ai responsabili della Fabbrica del Duomo,

con riferimento ad una presunta interferenza di Paolo Frisi in merito al progetto di installazione di parafulmini sul Duomo, Beccaria così si esprimeva: "Mi piacerebbe che [il Padre Frisi] mi obbligasse a mischia, ma ad ogni caso mi pare di essermi trincerato assai convenientemente. Dunque prego V.P. R.ma a darmi alcun ragguaglio dell'affare". (Cfr., Bancroft Library, *ibid.*)

(93) Lo scritto del Frisi: "Brevi considerazioni sopra la Cupola del Duomo di Milano", datato 19 giugno 1764, pubblicato e qualificato di autore ignoto nella "Relazione" di Ambrogio Nava, *cit.* nella nota 80, conteneva una serie di critiche, peraltro poco documentate sotto il profilo tecnico - teorico, sulla stabilità del progetto presentato dall'architetto Croce di realizzare sulla cupola del Duomo "una guglia per più di cinquanta braccia di altezza" e sulla esteticità di una simile costruzione. Egli faceva inoltre in più occasioni riferimento al "maggior pericolo dei fulmini" che tale grande guglia poteva presentare per la sicurezza dell'intera costruzione, senza mai accennare alla possibilità di preservare la grande guglia e l'intero edificio dalle scariche atmosferiche per mezzo di parafulmini. (Cfr., Nava, *ibid.*, 43-45). Il manoscritto originale delle "Brevi considerazioni" del Frisi è conservato nell'Archivio del Politecnico di Milano [donazione del Nob. Avv. Aicardo Castiglioni], Vol. 19, N.º XXIV. Pietro Verri, nelle "Memorie appartenenti alla vita ed agli studi di Paolo Frisi", sulla vicenda dell'intervento del fisico milanese all'epoca del progetto della Grande Guglia del Duomo, riferiva quanto segue: "Stavasi allora per innalzare la guglia, o sia torre fondata sul lanternino della cupola del Duomo di Milano, e questo era il soggetto de' pubblici discorsi. Il nostro Matematico, al quale non era forestiera l'architettura, non potè occultare il sentimento che gli cagionava un sì fatto progetto. Mentre non è terminato il pavimento del Duomo, ma in parte è simile a quello d'una stalla; mentre la facciata è fatta per metà, e pel rimanente mostra un rozzo acervo di sassi e mattoni; pensare a profondere una cospicua somma di denaro all'ornamento dell'ultima sommità, era un errore di metodo per lo meno. Egli disse poi che non senza pericolo poteva aggiungersi un tal peso, che sarebbe stata fulminata facilmente quell'altissima torre: [...]." (Cfr., Raccolta di prose e lettere scritte nel secolo XVIII, Vol. I, Elogi, Milano, 1829, 191).

(94) L'architetto della Fabbrica Francesco Croce rispose all'autore ignoto il 19 luglio 1764 con alcune: "Note alle brevi considerazioni sopra la Cupola del Duomo di Milano", in seguito pubblicate dal Nava (Cfr., Nava, *cit.* nella nota 80, 47-50).

(95) La documentazione delle delibere dei Provinciali della Fabbrica del Duomo (Provinciali di Cassina), relative alla costruzione della Grande Guglia è conservata nell'Archivio della V. F. del Duomo di Milano, AS 434, Capo XXVIII, 1765-1770.

(96) Cfr., Archivio della V. Fabbrica del Duomo, *ibid.*, Fasc. 8. Per brevi notizie sullo scultore Giuseppe Perego, si veda: Storia di Milano, Vol. XII, Milano, 1959, 790.

(97) Nella Nuova Guida di Milano, stampata nel capoluogo lombardo nel 1787, Carlo Bianconi così descriveva la Grande Guglia del Duomo e la statua della B. Vergine che la sovrastava: "La Guglia di mezzo, che come regina sopra le altre

s'innalza, deve avere quattro scale negli angoli, de' quali la sola eseguita forma la meraviglia di chiunque. Doveva poi questa Guglia andar più alta, come si vede nel Cesariani suddetto, ma nel costruirla non molti anni sono la fecero di sole Braccia 49 sopra il Lanternino: e vi posero in cima una statua di metallo della B. V. di Braccia 7, che con le Braccia 127 della Chiesa, e le 49 della Guglia, viene ad essere dal pavimento della Chiesa l'altezza in tutto di Braccia 183, o sia Piedi Parigini 335 1/2. Altezza che pochi edificj d'Europa possono vantare".

(98) Lettera di Beccaria a Boscovich in data 13 marzo 1770 (cfr., Bancroft Library, cit. nella nota 61, Ms. 587 / 8).

(99) Testimonianza di questo nuovo sopralluogo del Boscovich sul Duomo di Milano è data nei verbali delle Ordinazioni Capitolari conservati nell'Archivio della V. Fabbrica del Duomo. Nei Sunti delle Ordinazioni Capitolari [1770, 192] è trascritta sotto il titolo "Ordigno praticato dal Padre Beccaria professore a Torino per difendere la gran guglia dal fulmine", la seguente delibera relativa alla riunione di Martedì, 25 settembre [1770]: "Riferisce il deputato Marchese Trivulzio di essersi portato unitamente col padre Boscovich a visitare la gran guglia, affine di poter osservare se fosse stato possibile il difenderla dal fulmine; ed avendo rilevato lo stesso padre Boscovich, che facendosi certo ordigno praticato dal padre Beccaria professore a Torino, sarebbe stato facile il difenderla, è stato detto che il signor marchese Trivulzio si compiaccia di incomodarsi di scrivere al suddetto padre Beccaria di portarsi in questa città, dando poi quelle disposizioni che crederà per il pagamento dei viaggi, e per qualche ricognizione".

(100) Al fratello Natale così scriveva il Boscovich da Bergamo il 20 ottobre [sabato] 1770: "[...]. In detto giorno [mercoledì 4 ottobre] anderò a Milano per trovarmi col celebre Padre Beccaria Scolopio, quale a nome de Cavalieri Deputati alla fabbrica del Duomo ho invitato per regolare tutti i conduttori metallici, che assicureranno per sempre da' fulmini il Duomo medesimo." (Cfr., Bancroft Library, ibid., Ms. 587 / 7).

(101) Nella lettera inviata a Boscovich in data 4 novembre 1770 Beccaria sottolineava: "Debbo scrivere presto e a lungo del fulmine, e della maniera di ripararne convenientemente i vari edifici. Può Ella aspettare o vuole che le scriva subito ma imperfettissimamente? Perciocché è impossibile con pochissime carte adeguar la materia per se vastissima. Per altro ad un cenno suo io scriverò quanto saprò meglio subitissimamente." (Cfr., Bancroft Library, ibid., 587 / 8).

(102) Dai Sunti delle Ordinazioni Capitolari per l'anno 1773 (si veda la nota 99), si legge la seguente delibera relativa alla riunione del 26 marzo [1773]: "Deliberarono doversi esaminare, da apposita congregazione, se si debba eseguire il suggerito dal padre Beccaria, con porre in opera i conduttori metallici per preservare le statue, e massime la guglia, posto che si è presentito che a Parigi ed in altri luoghi ove vi erano, sono stati levati come riconosciuti inutili".

(103) Nel suo scritto Dei conduttori elettrici, pubblicato a Milano nel 1781, e citato nella Tavola E, Paolo Frisi scriveva: "[...]: il non essere seguito alcun male nel pubblico Archivio di Milano in sei anni, che già sono decorsi dopo la fabbrica dei

conduttori, mentre nell'Aguglia del Duomo sono caduti con notevole danno tre fulmini solamente nell'anno 1779, e quattro nell'anno precedente, [...] è un'altra sicura prova che non vi sarebbe più danno alcuno se i fili di metallo fossero continuati sin dove l'elettricità si potesse disperdere liberamente." Il Frisi fa qui riferimento al parafulmine da lui installato nell'Archivio generale di Milano nel 1776, per il quale egli scrisse nello stesso anno la memoria pure citata nella Tavola E. A questa impresa fa ancora riferimento Pietro Verri nelle "Memorie appartenenti alla vita ed agli studi di Paolo Frisi", quando scriveva: "[...]; e prima aveva diretta in Milano la costruzione de' conduttori posti all'Archivio pubblico per ordine del Reale Governo; il che non per altro debb'essere ricordato, se non perché anche in questo egli ebbe il merito di far conoscere il primo agli occhi del pubblico nella patria questo preservativo dai fulmini, sul quale stampò anche una Memoria in quell'anno 1776, uscita nell'officina del Galeazzi." (Cfr., Raccolta, cit. nella nota 93, 208).

(104) Ancora nel 1807 si ha documentazione dei danni causati alla Guglia Maggiore del Duomo dalla caduta di fulmini (cfr., Archivio delle V. Fabbrica del Duomo di Milano, AS 455, Capo XXIX, 1807).

(105) Nella lettera di Prospero Balbo a Marsiglio Landriani in data 20 settembre 1783, in parte riportata nella nota 79, sono indicati altri scritti di Beccaria riguardanti fulmini e parafulmini non riportati nell'elenco pubblicato dallo stesso Balbo in appendice alle Memorie Istoriche dell'Eandi, in particolare: (i) un'istruzione al Conte di Carburgi sulla difesa dei magazzini a polvere, (ii) note e osservazioni sul conduttore della torre della Piazza di Siena.

(106) L'interesse di Boscovich per le nuove scoperte ed esperienze elettriche condotte dai fisici inglesi è testimoniato dagli incontri che egli ebbe con alcuni di questi sperimentatori durante il soggiorno londinese del 1760, e dagli accurati resoconti che di questi incontri egli faceva al fratello Bartolomeo.

(107) Scrivendo a Boscovich all'incirca nella seconda metà di ottobre 1764 (lettera cit. nella nota 89), Beccaria chiedeva infine al suo corrispondente: "[...]; e mi faccia sapere se ha fatto l'apparecchio per l'elettricità atmosferica." Il che farebbe pensare che il grande astronomo, coinvolto nelle vicende relative all'installazione di un parafulmine sul Duomo di Milano, si stesse cimentando per effettuare le esperienze messe da tempo in atto dal fisico torinese per la determinazione dell'elettricità atmosferica. E' d'altra parte possibile che di queste esperienze si fosse parlato durante gli incontri avvenuti nel corso del soggiorno del Beccaria a Milano in vista dell'installazione del suddetto parafulmine. La supposizione che Boscovich avesse in animo di realizzare una macchina per la misura della "elettricità celeste" sembra avvalorata da quanto egli scriveva nella famosa "Risposta" al principe di Kaunitz, redatta il 14 febbraio 1772, poco prima del suo allontanamento dalla Specola di Brera da lui fondata. Al primo ministro del governo di Vienna, che in una altrettanto famosa lettera in data 26 dicembre 1771, indirizzata al Conte di Firmian governatore di Milano, aveva sottolineato l'opportunità che l'Osservatorio milanese venisse dotato dei "necessari stromenti per corredarlo a segno, di poter fare le più delicate, e laboriose osservazioni [...] tanto riguardo al caldo, freddo, sereno,

nuvolo, che dello stato dell'elettricità dell'atmosfera [...]", Boscovich rispondeva con riferimento a queste ultime misure: "Per la elettricità celeste non si è ancora fatto nulla, perché quella colle osservazioni astronomiche non ha alcuna correlazione, come le ha il barometro e termometro, da cui dipendono le refrazioni, e i tempi nuvolosi, che giustificano la mancanza delle osservazioni in certi giorni, ne' quali vi sono degli oggetti degni di essere osservati", ma proseguiva poi affermando: "Queste osservazioni elettriche appartengono immediatamente alla Fisica. Io mi era risoluto a farne fare la macchina, e condurla in una sala, che a mia istanza i superiori avevano già destinata fra queste scuole, in cui si sarebbero uniti molti istromenti di Fisica sperimentale, ed io avrei collocate ivi le macchine, che a spese mie ho fatte per la mia scuola di Ottica, e di Astronomia." (Cfr., Edoardo Proverbio, "Historical & critical comment on the 'Risposta' of R.J. Boscovich to a paragraph in a letter by prince Kaunitz", *Nuncius*, Anno II, 1987, 2, 185-86). Con riferimento al progetto di Boscovich di predisporre un certo numero di strumenti di Fisica sperimentale, destinati alla sua scuola, tornano alla mente le riflessioni del grande astronomo, esternate al fratello Bartolomeo nella lettera in data 4 febbraio 1760, scritta in occasione della visita da lui fatta al laboratorio dell'abate Nollet a Parigi (si veda la nota 69).

(108) Sulle nuove teorie elettriche introdotte dal Symmer e sugli esperimenti condotti a Torino dal Cigna che a queste teorie guardava con favore, si rinvia il lettore a: Heilbron, *cit.* nella nota 4, 405-08 e 433-38.

(109) Nel breve scritto *De electricitate vindice*, *cit.* nella Tavaola B, Beccaria, per spiegare i fenomeni osservati dal Symmer, e dal gesuita Amiot a Pechino (cfr., Heilbron, *ibid.*, 405), introduceva un nuovo principio elettrico secondo il quale "la faccia di [una lastra di vetro] dopo la scarica, mentre si disarmava rivendica a sé l'elettricità, che aveva prima" (cfr., Eandi, *cit.* nella nota 3, 55). Questa "facoltà di ricuperare e come di rivendicare in una delle loro faccie [delle lastre di vetro] la già perduta elettricità col solo spogliare la faccia stessa della sua qualunque armatura" (cfr., *Elogio del P. Gio. Battista Beccaria*, di autore ignoto [ma di Prospero Balbo], *cit.* nella nota 1), Beccaria aveva rappresentato introducendo appunto il termine di *elettricità vindice*. Sulla controversa interpretazione di questo termine si veda quanto scrive Heilbron nell'opera *cit.* (408, nota 14). Boscovich doveva avere a sua volta espresso una sua propria valutazione sul significato del termine introdotto dal Beccaria, che, scrivendo al grande astronomo il 31 marzo 1767, precisava quanto segue: "Non mi pare di aver dato altro significato all'*inire*, e al *disiscere*, che quello volgarissimo, e comunissimo cui gli dà il Calepino [il primo vocabolario della lingua latina di Ambrogio Calepio]. L'elettricità nel mio caso è *vindicata* e *vindice* insieme, come appare riflettendo. Per altro scrivendo ad un inventore un'invenzione, che suppone le invenzioni di lui, e scrivendo un libro in una carta, non saprei come spiegarmi meglio. L'intelligibilità è come i soggetti; come la quantità matematica alle qualità fisiche così l'intelligenza di quelle, all'intelligenza di queste; e da qui penso provenire, che per venti *puri matematici* si stenti a trovare un Fisico matematico. Nel resto a dispetto delle difficoltà che occorrono nella

comprensione del mio foglio, io mi consolo, che esso è pure una delle migliori n[ove] produzioni del secolo, come ella vedrà dal libro, di cui imprenderò la stampa subito dopo Pasqua [?] se la salute mi servirà; ed anche meglio dalle curiosissime, ed infinitamente varie esperienze, che avrò il piacere di farle al primo rivederci." (cfr., Bancroft Library, ibid., 787 /).

(110) Del viaggio a Torino dà notizia il Boscovich nella lunga lettera scritta al conte di Firmian il 5 maggio 1767 anche per giustificare la sua relativamente lunga assenza da Pavia. Il riferimento allo scopo di questa visita contenuto nella stessa lettera conferma pienamente l'esistenza del profondo interesse e dell'attrattiva che Boscovich sentiva per i fenomeni elettrici che Beccaria stava allora conducendo. Scriveva infatti il grande astronomo al Firmian: "Avendo pochi giorni prima [...] ricevuto dal P. Beccaria di Torino un foglio [quasi certamente l'epistola al Franklin del 20 febbraio 1767 cit. nella Tavola B al N.o 5] con de' nuovi principi interessantissimi per la Fisica, co' quali si spiega un mondo di esperienze nuove elettriche, mi risolvetti di andarvi per vederle, e sentirmi sviluppare detti principj, che mi erano riusciti oscuri per la troppo eccessiva brevità del foglio." (Cfr., Ruggiero Giuseppe Boscovich, lettere per una storia della scienza (1763-1786), a cura di Rita Tolomeo, Roma, 1991, 314). Sul soggiorno del Boscovich a Torino si veda anche la successiva nota 116.

(111) Sulle esperienze condotte dal Beccaria per contrastare quelle che avevano condotto Symmer a ristabilire la teoria di un doppio fluido, si vedano nelle Memorie Istoriche dell'Eandi, cit. nella nota 3, i paragrafi XXVII e XXVIII..

(112) Nelle succitate Memorie Istoriche, Eandi scriveva: "Li 21 febbraio dello stesso anno 1766 il chiarissimo dottor Cigna distribuì ai suoi amici [...] un opuscolo quanto piccolo di mole, altrettanto più grande per le novità fisiche scoperte e dimostrate intorno le medesime sperienze simmeriane [...]". A queste esperienze e a quelle condotte dai gesuiti di Pechino (si veda la nota 109) replicava il Beccaria "dimostrando a luogo a luogo come si spieghino accuratamente secondo i Frankliniani principj que' fenomeni, che da prima sembravano così contrarj, e quasi distruttori dell'intero sistema." (Cfr., Eandi, ibid., §§ XXIX e XXX). Sulle esperienze condotte a Torino da Gianfrancesco Cigna (1734-1790), si veda: Heilbron, cit. nella nota 4, 406-08).

(113) Le notizie riferite nel seguito relative agli interessi scientifici del Boscovich e del Conti per le nuove esperienze condotte dal Beccaria a Torino sono tratte da: Boscovich, cit. nella nota 72, e, G.S. Conti, Lettere a Ruggiero Giuseppe Boscovich, a cura di Edoardo Proverbio, Vol. I, Roma, 1996, e Vol. II, Roma, 1998. Riferimenti bibliografici su Giovan Stefano Conti si trovano in: Proverbio, cit. nella nota 57, Tavola II, 50.

(114) Nel novembre 1766 il Conti rivolgeva a Boscovich la preghiera di "ricercarmi quei fogli volanti del Pr. Beccaria concernenti l'Elettricità, e mandarmeli". (Cfr., Conti, cit. nella nota precedente, 138-3).

(115) Cfr., Boscovich, cit. nella nota 72, 214.

(116) Il 1 maggio 1767 Boscovich scriveva al Conti una lunga, importante e dettagliata lettera, nella quale entrava in molti dettagli delle esperienze elettriche descritte dal Beccaria nei suoi brevi scritti pubblicati nel 1766 e 1767 (si veda la Tavola) al fine di controbattere le conclusioni a cui erano giunti per vie diverse "i gesuiti di Pekino", il Symmer , ed il Cigna. Il grande astronomo concludeva la lettera osservando: "Vi vuole un Tomo per seguir la teoria, e andar dietro a mille casi variati, e mille effetti [...]. Il libro [che il Beccaria si riprometteva di scrivere: presumibilmente gli Experimenta atque Observationes, pubblicato nel 1769, cit. nella Tavola B] verrà, ma non sò quando: per questo anche le mando questi fogli. Questa materia ormai è più, che una scienza [...]; ma in tutti gli esperimenti , che ho veduti , o uditi si osservano le stesse leggi generali." (Cfr., Boscovich, ibid., 223-25). Queste considerazioni portano a credere che Boscovich fosse sempre più convinto della bontà delle teorie elettriche sostenute da Franklin e da Beccaria in merito all'esistenza di un unico fluido e di una unica forza regolatrice dei fenomeni elettrici, che egli aveva fatto proprie nella sua Theoria (si veda la nota 5).

(117) Nella lettera a Boscovich del 22 aprile 1768, Beccaria scriveva: "L'anno scorso dopo ch'ella partì io caddi in languidezza per il residuo della malattia, sicché tutta la scorsa estate non ho potuto far altro. In ottobre mi sono ristabilito. A novembre ho riprese le mie cose elettriche, attualmente sto finendo ogni cosa. In questa estate spero di condurre a fine il primo tomo dell'operettucciacce mie." (Cfr., Bancroft Library, cit. nella nota 61, Ms. 587 / 8). L'Eandi precisava invece in modo più esplicito che il fisico torinese: "In quell'anno [1768] fu assalito da atroce, e dolorosa malattia emorroidale, che lo travagliò lungo tempo senza che potesse occuparsi in nulla, e fin verso la fine del 1768 non poté ripigliare i soliti, e geniali suoi lavori: ma appena fu libero dai dolori, e in buona salute, ripigliò col suo solito vigore le sperienze interrotte". (Cfr., Eandi , cit. nella nota 3, § XXXII). Sui nuovi concetti di atmosfera elettrica e di elettricità vindice si diffonde poi l'Eandi nei §§ XXXIV - XXXV, e XXXVI delle sue Memorie Istoriche.

(118) Cfr., lettera di Beccaria a Boscovich on data 11 marzo 1769. (Cfr., Bancroft Library, ibid.).

(119) Cfr., Il 13 marzo 1770 Beccaria scriveva a Boscovich: "Nel trattato mio dell'Elettricità vindice o pensato di proseguire e non di ricominciare, tanto più che la molteplicità, varietà e grandezza de' fatti da me in tale materia trovati, ed ivi esposti, ne comprensibili da principianti volevano, che scrivessi pegli intelligenti delle altre parti, e che risparmiassi parole superflue. Poste le quali cose, l'ordine da mè seguito mi pare ognora naturale, e rispettivamente chiarissimo. La ringrazio dell'avviso circa la svista scorsami; probabilmente tra'l correggere a memoria sulla figura io sono sbalzato al ramo dell'elettricità vindice positiva per difetto dal ramo della negativa per eccesso, e forse mi ha condotto tale svista l'avermi l'incisore ommesso la lettera y piccola. Comunque ciò sia la stessa costruzione della figura, lo stesso andamento a parte opposta de' due rami, la continuazione di lettere distinte per essi distinti rami, la dicchiarezza del numero 10 debbono avvertire il lettore equo della svista, e non dargli presa per riprendere un errore; epperò senz'altro sostituirà alle lettere grandi

Y, S et cet. quelle piccole y, s. In tale figura poi io non ho appunto preteso altro se non di esprimere il rapporto del dismettere o ripigliare più o meno di elettricità che fa un vetro pell'ignudamento all'elettricità cui od ha, od ha recentemente perduta un vetro. La quale cosa in questa materia, che non è ne luce, ne gravità universale, è pure moltissimo. Il ripigliare massimo indi decrescente dopo la scarica mi pare una continuazione del ripigliare che comincia e cresce avanti che la scarica sia consumata; E mi pare che il limite della scarica segnato in M basti per sé ad indicare, che il vetro prima non doveva scaricarsi altramente, e che dopo vuole ridursi volta per volta al limite della scarica." (Cfr., Bancroft Library, ibid.).

(120) Il 23 aprile 1771 Stefano Conti scriveva a Boscovich: "Ella ha amicizia col P.re Beccaria. Io vorrei che lo pregasse di fare un tentativo con l'Elettricità che mi è stato suggerito da una lettera che non mi soddisfaceva niente intorno alla Grandine. Io sono poca al fatto de' maneggi de' giochetti dell'elettricità e forse dirò degli spropositi ma non importa. Mi pare che il P.re Beccaria ammetta l'elettricità positiva e negativa, e in conseguenza che creda potersi spogliare un corpo della sua materia Elettrica. Ora io vorrei che tentasse se spogliando un acqua già fredda, e vicina alla congelazione, della sua materia Elettrica potesse con questo solo farla all'improvviso gelare. Forse questa idea non sarà nuova e taluno forse l'averà tentata, ma ciò non è a mia notizia. Se fosse cosa nuova mi pare che questo tentativo fosse interessante e da stimolare la curiosità di lui. Se ella crede di poterla fare questa richiesta mi farà somma grazia a fargliela, e si farà un servizio anche alla Fisica, se mai la cosa riesce." (Cfr., Conti, cit. nella nota 113, Vol. II, 51).

(121) Non avendo avuto risposta al quesito posto, il 26 giugno 1771 il Conti sollecitava ancora il Boscovich a dirgli "qualche cosa dell'esperienza elettrica che io le scrissi di proporre al P.re Beccaria." (Cfr., Conti, ibid., 58).

(122) Non risulta che Beccaria effettuasse esperienze del tipo di quelle proposte dal Conti nella lettera cit. nella nota 120. E' solo da segnalare che il fisico torinese descriverà nella sua ultima importante opera elettrica alcune esperienze riguardanti gli effetti dell'elettricità sull'acqua e sul ghiaccio (cfr., Elettricismo artificiale, Torino, 1772, §§ 612-14). Vassalli-Eandi, nipote di Antonio Eandi, si occupò anche lui di esperienze simili nel lavoro: A.M. Vassalli & C.A. Zimmermann, "Sperienze elettriche sopra l'acqua e il ghiaccio", Società Italiana delle Scienze, Memorie di Matematica e Fisica, Roma, 1788, 264-77.

Tavola A: Cronologia delle prime scoperte relative ai fenomeni di elettricismo artificiale ed atmosferico*

<u>Fenomeno o strumento</u>	<u>Scopritore</u>	<u>Anno</u>	<u>Bibliografia</u>
Prima macchina elettrica	Hauksb�e	1706-07	Heilbron, <u>232-33</u>
Corpi isolanti e conduttori	Gray	1729	Heilbron, <u>247</u>
Elettricit� resinosa e vitrea	Du Fay	1733	Heilbron, <u>257</u>
Natura meccanica dell'elettricit�	Nollet	1745	Daujat, <u>434-38</u>
Bottiglia di Leyda (condensatore)	Musschenbroek	1745	Heilbron, <u>312-14</u>
Corrente elettrica	Le Monnier	1746	Daujat, <u>425-26</u>
Elettrizzazione positiva e negativa	Franklin	1746	Heilbron, <u>327</u>
Potere delle punte *			
Primo elettrometro (idrostatico)	Gray e d'Arcy	1749	Daujat <u>433</u>
Natura elettrica del fulmine*	Franklin	1749-50	Daujat, <u>430</u> [Van Doren, <u>56</u>]
Parafulmine*	Franklin	1749	[Van Doren, <u>67</u>]
Esperienza di Marly-la-Ville*	Dalibard e Delor	lug 1752	Daujat, <u>432</u>
Ripetizione esperienza di Marly*	Beccaria, Veratti	lug 1752	Heilbron, <u>364-65</u>
	Franklin	set 1752	Pace, <u>20</u>
Elettricit� dell'atmosfera* (in assenza di nubi)	Lemonnier	1752	Daujat, <u>426</u>
Realizzazione del parafulmine*	Franklin	1752	[Van Doren, <u>285</u>]
	Beccaria	1754	Pace, <u>26</u>
Elettrizzazione delle nubi* (esperienza con cervo volante)	Franklin	giu 1752 ott 1752	Pace, <u>38</u> Daujat, <u>432</u>
Elettrizzazione positiva e negativa delle nubi*	Beccaria	ago 1752	Pace, <u>20</u>
	Franklin	gen-mar 1753	Dubourg, I <u>117-18</u>
Effetti della scarica: diffusione dell'acqua in vapore Scariche elettriche	Beccaria	1752 ?	Cohen, <u>298</u>

dalla terra alle nubi*	Beccaria	1752 ?	Eandi, <u>21</u>
Atmosfere elettriche	Beccaria	1753 ?	Heilbron, <u>366</u>
Unificazione dei fenomeni elettrici e magnetici	Beccaria	1758	Gliozzi, <u>37</u>
Ipotesi dei due fluidi	Aepinus	1759	Daujat, <u>489</u>
	Symmer	1759	Heilbron, <u>432-34</u>
	Cigna	1765	Pace, <u>23</u>
Elettricità "vindice"	Beccaria	1766-69	Heilbron, <u>408-12</u>

Tavola B: Principali opere a stampa di Giambattista Beccaria riguardanti l'osservazione e lo studio dei fenomeni di elettricismo artificiale ed atmosferico

- (1) Dell'elettricismo artificiale e naturale, libri due, Torino, F.A. Campana, 1753
- (2) Elettricismo atmosferico, [15] lettere di Giambattista Beccaria [a G.B. Beccari], Bologna, All'insegna dell'Iride, 1758
- (3) Novorum quorundam in re electrica experimentorum specimen, quod regiae Londinensi societati mittebat die 14 januari anni 1766 I.B. Beccaria es scholis piis, Taurini, 1766.
- (4) Novorum quorundam in re electrica experimentorum specomn, quod regiae Londinensi societati mittebat die 26 aprilis 1766 I.B. Beccaria ex scholis piis, Taurini, 1766
- (5) De electricitate vindice I.B. Beccariae ex Scholis Piis ad Beniaminum Franklinium epistola, Aug. Taurinensis die 20 februari 1767, Typ. Fontana
- (6) De athmosphera electrica I.B. Beccaria ex scholis piis ad reg. Lond. Soc. libellus, Tautini 26 februarii 1769, Typis Fontana fol.
- (7) Experimenta atque observationes, quibus electricitatis vindex late constituitur atque explicatur, Aug. Taurinensis, ex Typogr. Reg., 1769
- (8) Elettricisno artificiale, Torino, Stamperia Rale, 1772
- (9) Della elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno, osservazioni di Giambattista Beccaria, [senza nota di edizione], Torino, 1775

Tavola C: Indice del Libro Secondo Dell'elettricismo artificiale e naturale titolato: "Dell'elettricismo naturale" in cui il Beccaria tratta dei fenomeni legati all'elettricità atmosferica (il libro secondo va da pagina 159 a 234. e dal § 514 al § 684)

Capo I In cui s'espongono le osservazioni fatte in Torino colla spranga di Franklin intorno all'elettricismo delle nuvole, e dell'atmosfera [le esperienze del Beccaria si susseguirono dal 2 luglio al 6 settembre 1752]

Capo II Della medesimezza de segni elettrici nell'elettricismo delle nuvole con i segni elettrici all'elettricismo artificiale

Capo III In che si preoccupa di far vedere, come conviene all'elettricismo naturale delle nuvole, ed atmosfera quanto all'artificiale si è dimostrato [...]

Capo IV In cui si mostra, le medesime proprietà, che convengono all'elettricismo artificiale per rispetto all'aria, convenire ancora all'elettricismo naturale, e si propone alcuna questione

Capo V In cui si accennano alcuni fenomeni, che accadono nell'acqua per l'elettricismo naturale simili a fenomeni, che abbiamo veduto avvenire in essa per l'elettricismo artificiale

Capo VI In cui si cerca di mostrare, che le proprietà dell'elettricismo artificiale per rispetto alle piante, animali, metalli, ed altri corpi convengono ancora all'elettricismo naturale

Capo VII In che si ricerca: (I) se l'elettricismo naturale influisca nel produrre i tifoni, o trombe di mare; (II) se da esso dipendono le aurore boreali, e altre Meteore lucenti; (III) se per esso vogliansi ispiegare i Tremuoti, e Vulcani, e i fulmini che scoppiano entro le miniere; (IV) Se si debba sospettare, che la coesione de' corpi, e la universale gravità abbiano con esso alcuna connessione ecc.

Tavola D.1 Opere a stampa di Giovanbattista Beccaria riguardanti i fulmini e i parafulmini (oltre a quelle elencate nella Tavola B)

- (1) "Sperimenti che mirano a mostrare ognora più evidentemente, ed a misurare l'azione della scintilla elettrica, e del fulmine sull'aria" / A.S.A.R. il Sig. Duca di York sperienze ed osservazioni di G.B. Beccaria, Torino, 1764 (si veda la nota 76).
- (2) "Articolo di lettera del P. G.B. Beccaria etc. intorno a due nuovi punti d'analogia del magnetismo indotto dal fulmine ne' mattoni, e nelle pietre ferrigne". in: Scelta di opuscoli interessanti etc., Vol. XXXII, 1777, 40 e seg.
- (3) "Lettera del Padre Beccaria Professore in Torino al Sig. Bartaloni Professore [di fisica] in Siena, Torino, 1 giugno 1777", in: Nuovo Giornale d'Italia [...], Venezia, 1778, 67-68.
- (4) "Poscritta alla lettera del Padre Giambattista Beccaria diretta al Signor Canonico Fromond", in: Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti, Tomo II, Milano, 1779, 422 - 426.
- (5) "Articolo di altra lettera del medesimo", ibid., 427.

Tavola D.2: Opere manoscritte di Giovanbattista Beccaria sui fulmini e sui parafulmini quali risultano dal Catalogo redatto da Prospero Balbo [*] allegato alle Memorie istoriche dell'Eandi, e dal Catalogo dei manoscritti esistenti nella Biblioteca dell'American Philosophical Society [APS], predisposto da Antonio Pace (cfr., Antonio Pace, "The manuscripts of Giambattista Beccaria, correspondent of Benjamin Franklin", Proceed. of the Amer. Philos. Society, Vol. 96, 1952, 406-416) [le date tra parentesi quadra sono stimate]

- (1) Del fulmine / sotto questo titolo si comprendono le seguenti sedici lettere [circa 1780] [APS, 17 e 20]:
Lettera I: "Al chiarissimo Sig. Giuseppe Banks presidente della Società reale di Londra: lettera di G.B. Beccaria delle S.P. nella quale si tratta di osservare la elettricità terrestre atmosferica", datata Torino 15 luglio 1780.

Lettera II: "Al medesimo: lettera seconda della cagione del fulmine", datata Torino 16 agosto 1780.

Lettera III: "Al chiarissimo Sig. Giorgio Casali Bentivoglio Paleotta senatore accademico, e professore di Bologna: della cagione esterna, che riunisce, e condensa in fulmine il fuoco elettrico".

Lettera IV: "Al preclarissimo Sig. Giuseppe Banks presidente della Società Reale di Londra: osservazioni intorno all'elettricità permanente ne' temporali semplici, e intorno alle alterazioni passeggere della medesima".

Lettera V: "A Monsignor Michele Casati Vescovo di Mondovì, dotto, pio, zelante, caritatevole e per ogni modo benemerito della fortunata diocesi sua: della naturalezza della cagione efficiente de' temporali, e degli accidenti compagni". [Questa lettera venne pubblicata dal Beccaria poco prima della morte con alcune varianti nel testo: "Al Signor conte Colli di Brusasca per la laurea in ambe leggi applaudendo il p. G.B. Beccaria pubblica una sua lettera, nella quale si trova d'avere soddisfatto ad un'antica quistione del signor conte medesimo intorno alla naturalezza della cagione efficiente de' temporali, e de' fenomeni compagni", Torino, s.d. ma dell'aprile del 1781 (cfr., Eandi, 160)].

Lettera VI: "Al celebratissimo sig. dottore Giuseppe Priestley membro della Società Reale di Londra: delle trombe, o code di mare".

Lettera VII: "Al medesimo: della folgore, o sia del fulmine, che attraversa l'aria.

Lettera VIII: "Al medesimo: del diffondersi il fulmine in terra".

Lettera IX: "Al medesimo: di tre diverse maniere di luci che possono succedere allo scoppio de' fulmini".

Lettera X: Al medesimo: dell'inducimento in sentiero, che adopra il fulmine propagandosi per corpi terrestri".

Lettera XI: "Al medesimo: di alcuni ammirandi effetti prodotti dal fulmine collo scagliamento de' licori non infiammabili".

Lettera XII: "Al medesimo: delle cagioni, onde il fulmine trallo scagliare le parti de' corpi ne accende alcuni, e non altri".

Lettera XIII: "Al medesimo: degli effetti del fulmine sui metalli".

Lettera XIV: "Al sig.r Giuseppe Priestley sperimentatore di parecchi nuovi rami di verità per l'avanti occulte intorno all'azione del fuoco elettrico sulle calci metalliche". [Poi pubblicata come: "Lettera del p. Gio. Batista Beccaria p.p. di fisica sperimentale ec. al sig. Giuseppe Priestley sperimentatore di parecchi nuovi rami di verità per l'avanti occulte", in: Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti, Milano, 1780, 3, 377-382 (cfr., Eandi 160)].

Lettera XV: "Al medesimo: degli effetti del fulmine sopra i sassi, sopra i mattoni, sopra le terre, sopra le calci, etc."

Lettera XVI: "Di due sensazioni di odore e di luce che lascia dietro a sé il fulmine".

(2) Calcolo della spesa etc.[...] per assicurare da' fulmini li tre magazzini da polvere esistenti nel maschio del Castello di Tortona, Alessandria, 28 marzo 1770 [APS, 32].

(3) Apparecchi e proposizioni e fulmini [APS, 33]. Descritti da Balbo come:

Capo I: in cui si espone quanto finora si è scritto intorno al riparare gli edifici, e massime i magazzini di polvere dal fulmine: contiene una lettera di N.N. (Felice Fontana) al Beccaria del 31 marzo 1770 e la risposta di questi in data 6 aprile 1770 (vedi sotto n. 7)

Capo II: osservazioni degli effetti di diversi fulmini con le illazioni che si debbono trarre dalle osservazioni medesime.

(4) Al chiarissimo Sig. abate Giuseppe Toaldo: lettere due sui conduttori [1779] [APS, 35].

(5) A sua Eccellenza il Sig. Conte Ponte di Scarnafigi etc.: intorno ai conduttori, ed a' cervi volanti proposti per dissipare i temporali [APS, 34]

(6) Della maniera di preservare dal fulmine il magazzino a polvere di s. Ignazio del forte di Demonte lettera, Torino, 24 marzo 1770. [*].

(7) Della maniera di preservare dal fulmine i magazzini a polvere lettera 6 aprile 1770 al Sig. Abate Felice Fontana in risposta ad una del medesimo del 31 marzo da Firenze [*].

(8) Maniera di preservare dal fulmine il duomo di Milano: 21 ottobre 1770 [*].

(9) Della maniera di preservare dal fulmine la torre della lanterna di Villafranca lettera, Torino 29 luglio 1773 [*].

(10) Lettera intorno a' baleni di caldo a S.E. il sig. Conte di Scarnafigi ambasciatore di S.M. appresso il re Cristianissimo [*].

(11) Ragguagli di fulmini e d'aurore boreali. Varie carte del lume zodiacale; delle trombe di mare; della razzaja osservatasi in Siena immediatamente dopo che il fulmine colpì il conduttore della torre di piazza [*].

(12) De' conduttori elettrici; della maniera di preservare da' fulmini gli edifizii, e specialmente i magazzini a polvere [1770]; delle macchie solari, de monti vulcanici, ecc.[*].

Tavola E: Opere a stampa e manoscritte di Paolo Frisi riguardanti le teorie elettriche e la preservazione degli edifici dai fulmini

(1) Nova electricitatis theoria quam cum aliis theorematis ex universa logica, methaphysica et physica in Universitate D. Alexandri [...] Jo.B. Landriani publice propugnabat [...], Mediolano, 1755.

Altre edizioni e rifacimenti:

Pauli Frisii in Phisana Universitate ethicae et metaphysicae publici professoris [...] De existentia et motu aetheris seu de theoria electricitatis ignis et lucis Dissertatio (cfr., Io. Alberti Euleri, "Disquisitio de causa physica electricitatis ab academia scientiarum imperiali petropolitana praemi coronata [...]", Petropoli, 1755).

Dissertationes selectae Io. Alberti Euleri, Paulli Frisii, et Laurentii Beraud, quae ad Imperialem Scientiarum Petropolitanam Academiam An. 1755: Cum Electricitatis causa, et theoria, Proemio proposito, quaereretur [...], Petropoli et Lucae, 1757 (la dissertazione del Frisi occupa le pagine 41 - 131).

(2) Brevi considerazioni sopra la cupola del duomo di Milano, [1764], Ms. in: Biblioteca del Politecnico di Milano (lascito Nob. Avv. Aicardo Castiglioni, Vol. 19 / XXIV). Pubblicata in: "Relazione dei ristauri intrapresi alla gran guglia del Duomo di Milano [...]", del Conte Ambrogio Nava, Milano, 1845, 43 - 45.

(3) Della maniera di preservare gli edifizii dal fulmine, Milano, 1768. Ristampa: Milano, 1776.

(4) Per i conduttori elettrici dell'archivio generale di Milano, [1776], Ms. in: Biblioteca del Politecnico di Milano (lascito Nob. Avv. Aicardo Castiglioni, Vol. 18 / XI).

(5) Dei conduttori elettrici, in: " Opuscoli filosofici ", Milano, 1781. Ristampa in: "Operette scelte di Paolo Frisi milanese, con le memorie storiche intorno al medesimo scritte da Pietro Verri", Milano, 1825, 26-43.