

PRIMA DELLA MACCHINA A VAPORE

di Gianluca Lapini*

* Ingegnere, cultore di
Storia della tecnologia

Due protagonisti della storia tecnologica del Seicento, il tedesco Otto von Guericke e il francese Denis Papin, sono alla radice dell'invenzione della macchina a vapore: il primo con la sua pompa a vuoto, il secondo con la "pentola a pressione" e la "valvola di sicurezza". Entrambi con una serie di esperimenti sulla nascente scienza pneumatica.

In un nostro precedente articolo su questa rivista, dedicato alla storia delle macchine a vapore (vedere bibliografia), abbiamo già avuto modo di accennare a due personaggi, il tedesco Otto von Guericke e il francese Denis Papin, che ebbero un ruolo importante nello sviluppo delle basilari conoscenze tecnico-scientifiche sulla base delle quali altri dopo di loro riuscirono a realizzare le prime macchine a vapore veramente funzionanti e di pratico uso. Considerando la fondamentale importanza che la macchina a vapore, e anche le pompe a vuoto, hanno avuto per tutta la storia della scienza e della tecnologia, ci è sembrato interessante ritornare ai primordi del loro sviluppo e raccontare qualcosa di più della vita e dell'opera di questi due personaggi vissuti nella seconda metà di un secolo, il Seicento, del quale siamo forse abituati più che altro a ricordare lo stile barocco e la Guerra dei Trent'anni, ma che segnò anche l'affermarsi di quella mentalità tecno-scientifica che nel secolo successivo avrebbe posto le basi per la Rivoluzione Industriale.



Otto von Guericke e la pompa a vuoto

Otto Guericke nacque nel 1602 a Magdeburgo, città della lega anseatica, in una famiglia alto borghese (il prefisso nobiliare "von" se lo sarebbe conquistato nella maturità). La sua formazione scolastica fu ampia e piuttosto lunga comprendendo studi non solamente di tipo giuridico, ma anche di "ingegneria" civile e militare. Dopo aver frequentato le università di Lipsia, Jena e Leida fece anche un lungo "grand tour" in Francia e in Inghilterra per completare la sua formazione internazionale, dopo il quale, all'età di 24 anni, rientrò definitivamente nella sua città natale, ormai pronto per assumere incarichi di rilievo. Fin quasi ai 30 anni svolse vari compiti amministrativi e tecnici,

Ritratto di Otto von Guericke, borgomastro di Magdeburgo

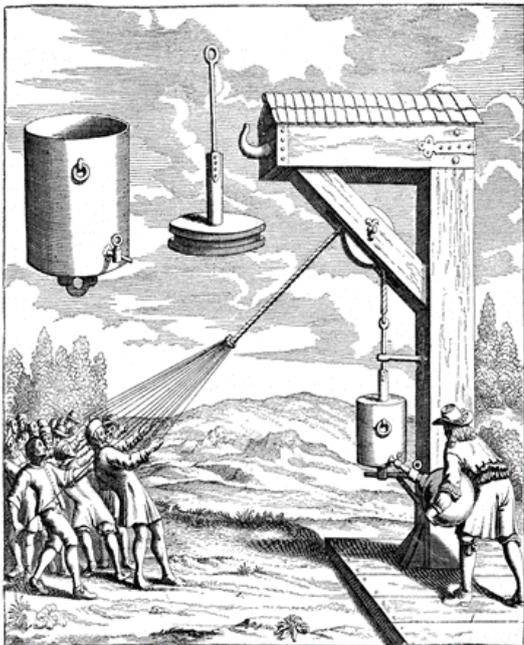


Ricostruzione pittorica della dimostrazione degli "emisferi di Magdeburgo" (1654)

ma travolto dalle vicende di guerra che coinvolsero anche la sua città e che culminarono nell'assedio e nella capitolazione di Magdeburgo, fu costretto ad allontanarsene. Quando i venti di guerra si placarono, nel 1632 Otto Guericke poté rientrare in città dove continuò a svolgere importanti incarichi, comprese delicate missioni diplomatiche; fu anche al servizio del governo svedese a Erfurt e dell'elettore di Sassonia; il suo buon nome crebbe, tanto che nel 1646 venne eletto borgomastro di Magdeburgo, carica che manterrà per circa un trentennio.

La scienza e la tecnica, che facevano parte, come si è accennato della sua formazione, non gli furono utili solamente nel suo lavoro di amministratore, ma fecero anche parte dei suoi interessi più profondi. Nel dibattito scientifico dei suoi tempi, sul quale egli si manteneva aggiornato leggendo i testi che sempre più circolavano in Europa, lo colpiva in particolare la questione se fosse possibile, e quali fossero le conseguenze, della creazione del vuoto. Ricordiamo che risaliva al 1644 il celebre esperimento della colonna di mercurio di Evangelista Torricelli con il quale l'allievo prediletto di Galileo aveva dimostrato che "l'aria ha un peso" e che nella parte alta del tubo di vetro che conteneva il mercurio si creava il vuoto. Quattro anni dopo Blaise Pascal aveva dimostrato che la pressione atmosferica decresce con l'altezza. Anche von Guericke ripeté questi esperimenti e in seguito riuscì anche ad effettuare delle rudimentali previsioni del tempo collegando una brusca diminuzione della pressione atmosferica all'arrivo di una forte perturbazione. In perfetta sintonia con il nuovo spirito scientifico del suo tempo, che esaltava l'importanza delle verifiche sperimentali, a partire dal 1650 von Guericke iniziò una serie di sperimentazioni che gli permisero di perfezionare le sue idee e di arrivare in seguito a quella che rimane la sua dimostrazione più nota, gli "emisferi di Magdeburgo".

Nei suoi esperimenti, inizialmente utilizzò una specie di grossa siringa azionata a mano da un paio di persone, realizzata con le stesse tecniche che erano in uso da secoli per la costruzione delle pompe idrauliche. Ma cercando di creare il vuoto aspirando l'acqua contenuta in un barile di legno non riuscì a far altro che provocare delle rientrate d'aria dalle doghe. Si fece allora costruire dei recipienti di rame a tenuta, ma le pareti erano troppo sottili e collassavano se sottoposti ad una depressione. Passò quindi a degli emisferi, più robusti, di vetro o di bronzo nei quali creava il vuoto, o perlomeno una forte depressione con una "pompa a vuoto" di sua costruzione che agiva direttamente sull'aria. Il funzionamento di questa che lui chiamò *machina pneumatica* era sempre manuale e le depressioni raggiungibili con essa erano piuttosto buone, tali da rendere due emisferi così solidali fra di loro che era impossibile separarli. Dimostrò anche che, con un sistema cilindro-pistone e una carrucola, era possibile creare una grande forza di trazione, non contrastabile nemmeno da 50 uomini.



Esperimento di von Guericke, trazione generata in un cilindro-pistone in cui viene fatto il vuoto (circa 1650)

Fu da queste esperienze che nacque l'idea della spettacolare dimostrazione passata alla storia, che egli diede in realtà la prima volta, non nella sua città, ma a Ratisbona. Qui nel 1654 si svolse una importante Dieta Imperiale, alla quale partecipò anche von Guericke in rappresentanza della sua città. Fu lo stesso imperatore Ferdinando III d'Asburgo venuto a conoscenza degli esperimenti di von Guericke ad insistere che egli ne desse una pubblica dimostrazione. Von Guericke allestì una splendida scenografia, predisponendo due emisferi di circa 50 cm di diametro, con bordi perfettamente combacianti, e tra i quali veniva interposta una guarnizione di cuoio, dotati di robusti attacchi.



Gli emisferi e la pompa a vuoto di Magdeburgo, conservati al Deutsches Museum di Monaco

Dopo aver fatto il vuoto all'interno e chiusa la valvola di collegamento alla sua *machina pneumatica*, furono chiamati i due soldati più forti dello schieramento delle truppe imperiali. I loro sforzi di separare i due emisferi furono del tutto inutili, ma ancora più straordinario fu il fatto che a niente servirono anche gli sforzi di due doppie quadriglie di cavalli. Grande fu la meraviglia di tutti i presenti e grandissimo il successo riscosso da Otto von Guericke, che in seguito fu chiamato a ripetere l'esperimento in altre città, compresa la sua.

All'esperimento di Ratisbona era presente anche un alto prelato, che acquistò l'apparecchiatura usata da von Guericke; tramite lui essa giunse nelle mani degli scienziati gesuiti dell'Università di Wurzburg che attestarono la ripetibilità dell'esperimento. Ne venne informato anche Gaspar Schott, un loro confratello, membro del Collegio Romano, che entrò subito in corrispondenza con von Guericke e in seguito scrisse un accurato resoconto dei suoi esperimenti. Fu in effetti tramite Schott che gli esperimenti sul vuoto di von Guericke furono rapidamente conosciuti in tutta Europa e sono passati alla storia (anche von Guericke scrisse un trattato sui suoi esperimenti che però fu pubblicato solamente nel 1672, ad Amsterdam).

Il vuoto non fu il suo solo interesse scientifico e per completezza dobbiamo almeno accennare al fatto che negli anni della maturità egli si occupò anche di elettricità e magnetismo, costruendo una delle prime macchine elettrostatiche a sfregamento, che veniva anch'essa mostrata nelle sue pubbliche dimostrazioni.

Per finire, qualche ulteriore accenno alla sua vita privata. Si sposò una prima volta nel 1626, con Margaretha Alemann dalla quale ebbe tre figli, ma rimase vedovo nel 1645; nel 1652 si risposò con la figlia di un suo collega, ma non ebbe altri figli. Nel 1676 per motivi di salute rinunciò alla sua carica di borgomastro e nel 1681 dovette trasferirsi presso uno dei suoi figli ad Amburgo, città nella quale concluse la sua vita nel 1686. Fu sepolto a Magdeburgo, nella chiesa di San Giovanni, dove la sua tomba tuttora esiste; in questa città sono numerosi i monumenti e i ricordi di questo illustre cittadino.

Denis Papin, scienziato e inventore

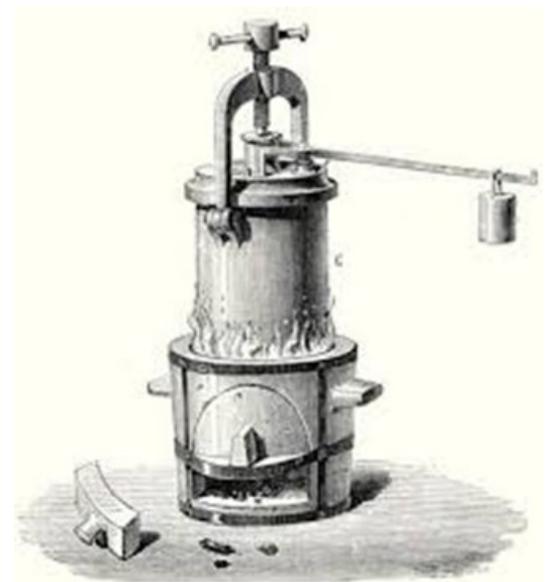
Denis (Dionysius) Papin, quarto di tredici fratelli, nacque il 22 agosto 1647 a Chitenay, un villaggio francese prossimo alla città di Blois, nella regione del medio corso della Loira.

I suoi genitori, Denis Papin sr e Madeleine Pineau erano di fede ugonotta e provenivano da famiglie non nobili, ma di ceto elevato; proprietari a Chitenay di una dimora/fattoria tuttora esistente godevano di un discreto benessere. I suoi primissimi studi avvennero nella scuola del villaggio, dove il piccolo Denis ebbe modo di mostrare le sue notevoli doti naturali, che poté in seguito sviluppare presso le scuole di Saumur (una città a un centinaio di km da Blois, dove esisteva una accademia ugonotta, e dove fu accolto ancora bambino da uno zio medico) e poi presso l'università di Angers, dove si laureò in medicina all'età di 22 anni. Trasferitosi nel 1670 a Parigi esercitò per breve tempo la professione medica, dedicandosi nel contempo allo studio della fisica e della matematica, materie che lo interessavano assai più della medicina. Nella locale università divenne assistente del famoso fisico, matematico e astronomo olandese Christian Huygens (1629-1695), il quale vi era stato chiamato nel 1666 dal potente ministro delle finanze del re Luigi XIV, Jean Baptiste Colbert. La moglie di Colbert era originaria di Blois, conosceva la famiglia Papin, e aiutò il giovane Denis ad entrare nella cerchia di Huygens. Risalgono a questo periodo parigino i suoi studi per il perfezionamento della *machina pneumatica*, cioè della pompa a vuoto che era stata utilizzata una ventina di anni prima da Otto von Guericke per la sua famosa dimostrazione. Con questa macchina eseguì molti esperimenti insieme a Huygens, in particolare per studiare la reazione di piante e animali alla rarefazione dell'aria. A Parigi Papin conobbe e divenne amico anche di Gottfri e Wilhelm von Leibniz (del quale era quasi coetaneo), che dalla Germania vi era stato inviato in missione diplomatica e che vi soggiornò diversi anni. Con Leibniz, celebre filosofo e scienziato, Papin ebbe in seguito una fitta corrispondenza, ma anche lunghe diatribe su vari argomenti scientifici.

Purtroppo nel giro di pochi anni la vita a Parigi divenne per Papin molto difficile a causa dell'accentuarsi delle pressioni politiche, sociali e religiose contro i protestanti francesi (culminarono nel 1685 con la revoca dell'Editto di Nantes che aveva consentito un lungo periodo di tolleranza religiosa) tanto che nel 1675 egli colse una favorevole occasione che gli si era presentata per trasferirsi a Londra. Qui poté continuare gli studi come assistente del fisico e chimico Robert Boyle (1627-1691), che lo prese sotto la sua protezione; fu anche assistente e segretario dell'altro grande scienziato inglese di quei tempi, Robert Hooke (1635-1703). Come è noto Boyle studiò a lungo il comportamento dell'aria e del vapore e formulò la famosa legge che lega pressione e volume dei gas, a temperatura costante ($PV = k$, legge di Boyle e Mariotte). Sull'onda dei suoi studi e di quelli di Boyle, nel periodo londinese Papin concepì e costruì il prototipo di quella che è rimasta la sua invenzione più nota, la "pentola a pressione", che egli chiamò *digesteur*, per la sua capacità di rendere commestibili carni dure e di estrarre gelatina dalle ossa. Il funzionamento del *digesteur*, che egli brevettò, fu presentato nel 1679 a Londra ai membri della *Royal Society* (l'associazione scientifica inglese, fondata nel 1660 da Boyle stesso, con Christopher Wren e William Petty), ma a quanto si sa la prima dimostrazione non ebbe pieno successo perché la pressione interna salì troppo e i fermi del coperchio cedettero. Papin fu così costretto a rivedere la sua invenzione introducendo una "valvola di sicurezza" in grado di limitare la pressione sfiatando il vapore in eccesso. Si trattava di un "tappo" che veniva tenuto premuto su un piccolo foro del coperchio da una leva incernierata da un lato e gravata all'altra estremità da un peso, che poteva essere spostato, regolando in tal modo la pressione e conseguentemente anche la temperatura all'interno del recipiente. Con questa modifica una seconda presentazione ai membri della *Royal Society* ebbe pieno successo, tanto che poco dopo Papin fu ammesso a questo esclusivo sodalizio.



Ritratto di Denis Papin, come membro della Royal Society (1689)



Il "digesteur" (pentola a pressione) di Denis Papin (1679)

Peraltro Papin dal 1681 aveva lasciato Londra e si era trasferito per qualche anno a Venezia, dove collaborò con l'erudito veneziano Giovanni Ambrosio Sarotti al tentativo (non riuscito) di creare una "pubblica accademia" scientifica simile a quelle esistenti a Londra e Parigi.

Ritornato a Londra se ne allontanò nuovamente nel 1687 per trasferirsi a Marburgo, nella Germania centrale, dove ottenne una cattedra di matematica e fisica nella locale università. Qui proseguì i suoi esperimenti cercando di ottenere altri risultati pratici dai fenomeni che aveva osservato con il suo "digestore". In particolare aveva notato che una volta raffreddato era impossibile rimuoverne il coperchio perché all'interno si formava una depressione e solamente azionando la valvola di sicurezza era possibile rilasciare la forza che teneva il coperchio "incollato" al recipiente. Papin fece costruire un piccolo apparato sperimentale, un sistema cilindro-pistone (circa 40 mm di diametro) a tenuta nel quale faceva bollire e evaporare una piccola quantità d'acqua. Il pistone di conseguenza saliva lentamente nel cilindro: quando poi il cilindro veniva raffreddato il vapore condensava sviluppando un parziale vuoto che risucchiava il pistone. Ad esso era fissata un'asta e un cordino che passando in una carrucola consentiva di sollevare un peso di ben 11 kg. Questo dispositivo fu pubblicamente dimostrato a Lipsia nel 1690. Papin pensò che rendendo ripetibile questo fenomeno si sarebbe potuto costruire una macchina in grado di svolgere un notevole lavoro utile (ne scrisse in particolare nella sua opera *De novis quibusdam machinis*) e cercò di realizzare qualcosa del genere continuando a sviluppare l'idea per molti anni. Nel 1704, dopo essersi trasferito a Kassel, fece per esempio costruire da una locale fonderia un cilindro di dimensioni notevolmente maggiori che utilizzò per azionare una pompa a

vapore che avrebbe dovuto alimentare una locale fontana. L'esperimento non ebbe un risultato pratico positivo, ma ne è rimasta testimonianza, tanto che in un museo curato dall'università di Kassel è ancora conservato questo grosso cilindro.

Ci sono inoltre sicure testimonianze che Papin inventò e fece costruire una ruota a pale per spingere un battello fluviale. Si tratta, almeno concettualmente, dello stesso dispositivo che più di un secolo dopo avrebbe equipaggiato i primi battelli a vapore. Papin concepì questo dispositivo proprio per poterlo azionare con una macchina a vapore (progettata, ma sembra mai realizzata), e lo riuscì a provare solamente azionandolo manualmente, peraltro potendone verificare l'efficacia a confronto dei tradizionali remi.

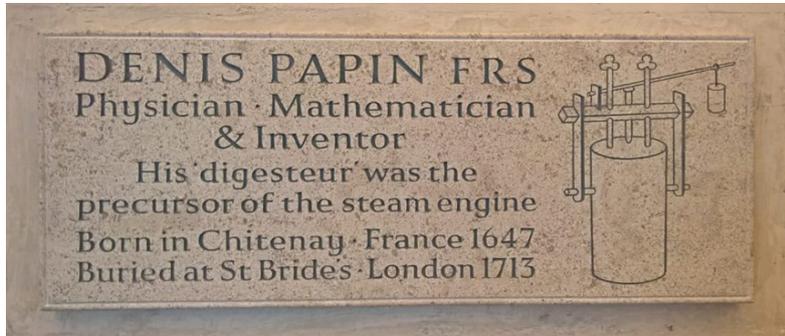
Gli ultimi anni di vita di Papin sono in qualche modo avvolti nel mistero. E' noto che nel 1707 egli ritornò a Londra, per via di contrasti con i suoi colleghi tedeschi, probabilmente sperando di ritrovare in Inghilterra un ambiente più adatto a promuovere le sue idee e invenzioni, ma non è chiaro perché lasciò la sua famiglia in Germania (si era sposato nel 1691 con una sua cugina vedova, anch'essa ugonotta e rifugiata in Germania). I suoi rapporti con la Royal Society, non furono più così buoni come in passato (il suo amico Boyle era morto da tempo e Isaac Newton, il nuovo presidente, non gli fu particolarmente favorevole e gli negò anche modesti fondi per i suoi esperimenti); così gradualmente la sua situazione invece di migliorare degradò, tanto che quando morì (in un giorno non noto dell'agosto del 1713) era ridotto in miseria e fu sepolto in una tomba anonima. Probabilmente la scarsa attenzione che le idee di Papin sulle macchine a vapore ebbero in Inghilterra negli ultimi anni della sua vita dipesero anche dal fatto che nel 1699 era stato rilasciato a Thomas Savery un brevetto reale che gli garantiva l'esclusiva per lo sfruttamento di un'ampia gamma di metodi per utilizzare la forza del vapore per azionare macchine di vario tipo.

Nonostante questa sua ingloriosa fine l'opera e gli studi di Papin hanno avuto notevoli riconoscimenti postumi, sia dal mondo scientifico, sia dalla società civile. Per esempio, la sua città natale, Blois, nel 1880 gli eresse un grande monumento (una statua di bronzo dello scultore Aimé Millet) e gli dedicò una imponente scalinata che scende alla Loira. Anche al Museo del Louvre è presente una sua statua, accanto a quelle di grandi scienziati e filosofi. Sempre in Francia nel 2013, in occasione del terzo centenario della sua morte ci sono state diverse commemorazioni che in qualche



Cilindro fatto realizzare da Papin per una grossa pompa a vapore (Kassel, 1704)

modo, oltre a riconoscere i suoi meriti scientifici, hanno compensato il fatto che per tutta la vita Papin fu un esule, a causa del clima di intolleranza religiosa che esisteva nella Francia del suo tempo. Ancora molto recentemente, nel febbraio 2020, è stata installata a Londra, a cura di un comitato franco-inglese, una lapide commemorativa di Papin, nella stessa chiesa di St Brides, in Fleet Street, che egli frequentava e dove fu sepolto.



Lapide a ricordo di Denis Papin nella chiesa di Londra dove fu sepolto

Qualche considerazione conclusiva

L'importanza per la storia della scienza e della tecnologia dei due personaggi di cui abbiamo tracciato il profilo è indubbia. Gli esperimenti di von Guericke contribuirono a demolire definitivamente una delle convinzioni più radicate della scienza antica, quella che il vuoto non potesse esistere e all'affermazione del concetto che la conoscenza dei fenomeni della natura si potesse ottenere tramite sistematiche sperimentazioni. La sua invenzione della pompa a vuoto pose le basi per lo sviluppo di una branca della scienza e della tecnologia che in seguito ha trovato infinite applicazioni pratiche e che tuttora è fondamentale nello sviluppo di vari rami della scienza (si pensi per esempio all'estremo grado di vuoto che deve essere mantenuti nei grandi acceleratori di particelle, come quelli del CERN).

Per quanto riguarda Papin, se è vero che l'idea della cottura dei cibi a pressione non ebbe il successo popolare che egli aveva sperato (avrebbe secondo lui favorito una migliore alimentazione anche dei ceti più poveri) e sarebbe estesamente entrata nella pratica culinaria casalinga molto tempo dopo (in realtà addirittura dopo la Seconda guerra Mondiale), il suo concetto della valvola di sicurezza a leva fu ripreso e ampiamente usato nelle caldaie per le macchine a vapore. Gli esperimenti di Papin ebbero sicuramente importanza anche per il successivo sviluppo delle prime macchine a vapore, quelle di tipo "atmosferico", che proprio negli stessi anni in cui la sua vita volgeva al termine furono realizzate in Inghilterra (la prima macchina di Newcomen è del 1712). Peraltro non è facile ricostruire quanto e come queste idee nate negli aristocratici laboratori degli scienziati ebbero modo di rifluire nelle officine di personaggi come Savery e Newcomen che misero a punto le prime macchine funzionanti. Certamente dopo la scoperta della pressione esercitata dall'atmosfera furono in tanti a cercare un modo di creare un "vuoto" contro il quale tale pressione potesse esercitare la sua azione. Papin stesso cita e critica nelle sue opere quelli che si illudevano di far ciò perfino con delle piccole esplosioni di polvere da sparo (motori "a scoppio" ante litteram?). A lui va senz'altro il merito di aver capito che era molto meglio cercare di sfruttare l'enorme differenza di volume (circa 1800 volte) che si ottiene facendo vaporizzare e condensare della semplice acqua. Ma anche queste idee "balzane" sono un segnale che in qualche modo negli ultimi decenni del Seicento l'idea, e anche l'esigenza, di realizzare una macchina che potesse sfruttare la pressione dell'atmosfera e il vuoto (l'idea di sfruttare la "pressione" del vapore, si affermò più tardi), era per così dire "nell'aria" e se ne discuteva (ce ne sono ampie tracce anche nella corrispondenza fra Papin e Leibniz). Qualcuno prima o poi l'avrebbe costruita, come effettivamente avvenne, ma fu un "tecnologo", non uno scienziato a riuscirci.

Gianluca Lapini

(Ingegnere, cultore di Storia della tecnologia)

Bibliografia

Mac Tutor History of Mathematics, *Denis Papin (1647-1712) biography*, <https://mathhistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Papin/>

Alfr e Auguste Ernouf, *Denis Papin: sa vie et son oeuvre, 1647-1714*, Nabu Press, 2010

Mario Gargantini, *Scienziati in città*, Editoriale Delfino, Milano, 2018

Gianluca Lapini, *Breve storia delle macchine a vapore*, Emmeciquadro, n. 68, 2018

Colin Tyson, *A London Memorial to Denis Papin*, in *Links*, Newcomen Society, London, June 2020

www.mk-technology.com/?page

www.youtube.com/watch?v=h37XUBYmjM

www.youtube.com/watch?V=lulqVQ/4QWs

<https://www.mk-technology.com/?page%20ID=186>