

John Tyndall: Victoriaans popularisator van de natuurkunde

1820-1893

In de tweede helft van de negentiende eeuw was John Tyndall een van de bekendste natuurkundigen in Engeland. Door de populairwetenschappelijke lezingen die hij aan de Royal Institution verzorgde, wist hij vele burgers te interesseren in actuele natuurkundige ontwikkelingen. Zijn lezingen over warmte, geluid en licht heeft hij uiteindelijk omgewerkt naar een drietal boeken waarmee hij een nog groter publiek wist te bereiken. In dit artikel nemen we deze drie boeken onder de loep en bekijken we waarom Tyndall in zijn eigen tijd zo populair was.

Elke natuurkundedocent die de naam Tyndall hoort zal al snel denken aan de bekende proef die zijn naam draagt: de staaf van Tyndall. In deze proef wordt een gietijzeren staafje met een harde klap in tweeën gebroken door een snel afkoelende, en daardoor krimpende, schroefbank waarin het gietijzeren staafje zit vastgeklemd. Bij veel natuurkundedocenten houdt hiermee de bekendheid met Tyndall op. Dat is jammer, want zijn werken staan nog altijd vol met goede ideeën waaruit elke docent wel iets bruikbaar kan halen. Wie was deze man eigenlijk? En wat maakte hem zo populair onder het grote publiek? Hiervoor gaan we eerst nog even terug naar zijn jonge jaren.

Korte biografie

Tyndall werd in 1820 geboren in Leighlinbridge, een klein plaatsje in Ierland. Na zijn schooltijd kreeg hij een baantje als landmeter waarbij hij uiteindelijk in Engeland terechtkwam. Daar kreeg hij te horen dat ze in Hampshire, op het relatief nieuwe Queenwood College, nog docenten zochten. Tyndall solliciteerde en werd in 1847 aangenomen. Hij gaf er les in onder andere meetkunde en landmeetkunde. Hij onderbrak zijn werk in 1848 om in Marburg (Duitsland) een opleiding in de natuurwetenschappen te volgen bij Robert Bunsen (bekend van de bunsenbrander). Duitsland had een goede reputatie op het gebied van experimenteel wetenschappelijk onderwijs en Tyndall beseftte dat het nog jaren zou duren voordat Engeland op hetzelfde niveau was. In Marburg werd Tyndall wetenschappelijk gevormd en ontwikkelde hij zijn talent en passie voor experimentele natuurkunde. Na in twee jaar zijn opleiding succesvol te hebben afgerond voerde hij nog enige tijd onderzoek uit aan diamagnetische kristallen, waarna hij zich door geldgebrek genoodzaakt voelde om naar Engeland terug te keren. Hier nam hij zijn eerdere baan als docent op Queenwood weer op. Tyndall genoot van het lesgeven en het contact met de leerlingen, maar ambieerde eigenlijk een positie met ruimte voor eigen onderzoek. In 1853 kreeg hij, mede met steun van zijn nieuwe vriend Michael Faraday, een positie aan de Royal Institution in Londen. Hier zou hij tot zijn pensioen in 1887 werkzaam blijven. Naast eigen onderzoek spendeerde Tyndall veel tijd aan het voorbereiden van zijn lezingen, die specifiek waren gericht op een breed geïnteresseerd publiek. In veel gevallen waren deze lezingen onderdeel van een reeks waarin een natuurkundig domein (zoals warmte, geluid, licht of elektriciteit) centraal staat. Met deze voordrachten wist Tyndall snel bekendheid te verwerven.

Populaire lezingen

Als docent in Queenwood College was Tyndall al populair en ook aan de Royal Institution leek hij in de wieg gelegd om voor een groep te staan. Tyndall was zéér welbespraakt en wist zijn publiek met vele experimenten en demonstraties te fascineren en te vermaken. Tyndalls beweringen werden bijna altijd gestaafd door experimenten die hij voor zijn publiek live uitvoerde. De experimenten moesten

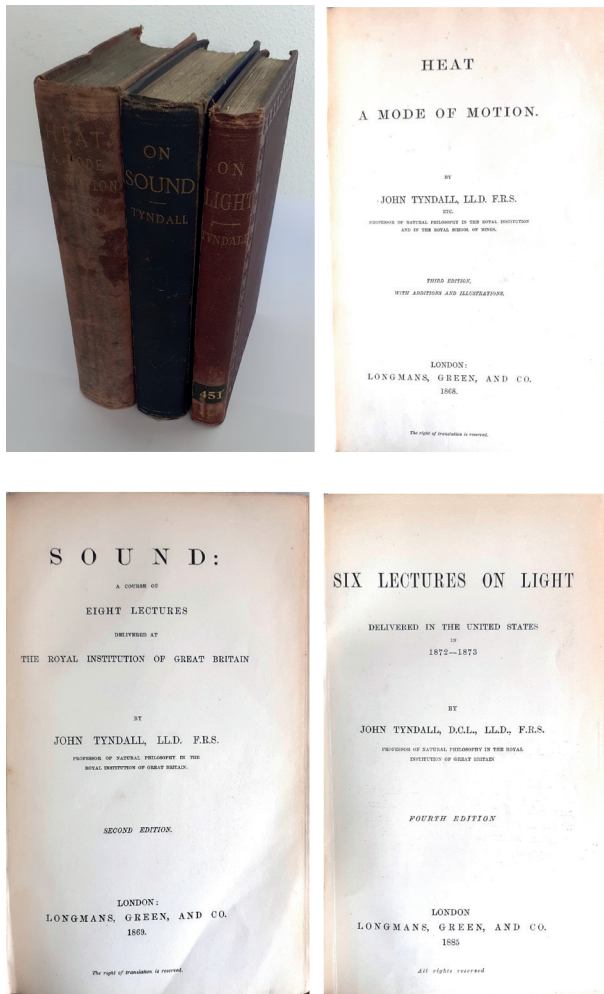


Figuur 1. Links: portret van Tyndall rond zijn 52^e levensjaar. De lithografie is gebaseerd op een foto uit 1873 door Mora, New York. Rechts: Tyndall aan zijn lessenaar in de volle collegezaal van de Royal Institution. De afbeelding is afkomstig van de voorpagina van de *Illustrated London News*, 14 mei 1870.

volgens hem het publiek overtuigen en mochten daarom niet mislukken. Deze houding blijkt onder andere uit het volgende citaat, ontleend aan het voorwoord van een van Tyndalls boeken: “No science teacher is fit to meet his class without this distinct and special preparation before every lesson. His experiments are part and parcel of his language, and they ought to be as strict in logic, and as free from stammering, as his spoken words.” [1]

Experimenten waren volgens Tyndall dé manier om met de natuur te converseren. Ze hebben naast een rol in de wetenschap ook een belangrijke rol in het onderwijs. Zo zei Tyndall aan het begin van één van zijn lezingen: “Experiments have two great uses – a use in discovery, and a use in tuition. They were long ago defined as the investigator’s language addressed to Nature, to which she sends intelligible replies. These replies, however, usually reach the questioner in whispers too feeble for the public ear. But after the investigator comes the teacher, whose function it is so to exalt and modify the experiments of his predecessor, as to render them fit for public presentation. This secondary function I shall endeavour, in the present instance, to fulfil.” [2]. In figuur 1 zien we een prent uit de voorpagina van *The Illustrated London News* uit 1870 waarin verslag wordt gedaan van één van Tyndalls lezingen. Zijn lessenaar staat zichtbaar vol met allerlei instrumenten.

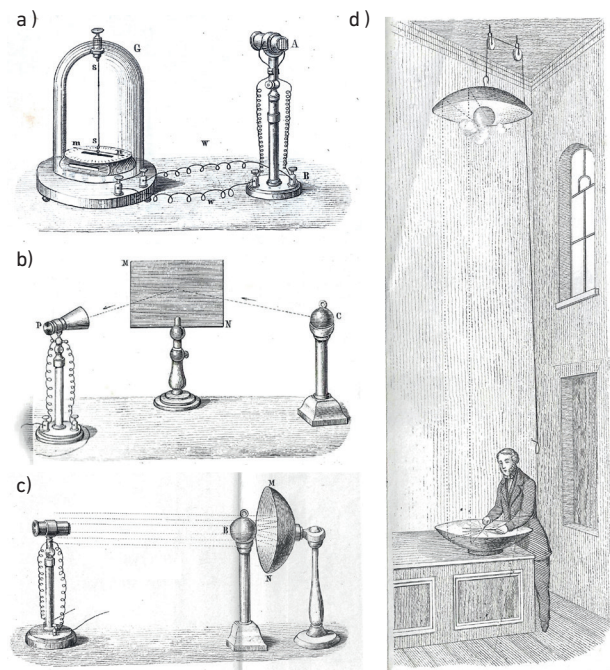
De populariteit van Tyndalls lezingen leidde uiteindelijk tot de publicatie van een aantal boeken (figuur 2). In 1863 werden zijn lezingen over warmte uitgegeven in *Heat: a mode of motion* [3]. In 1867 volgde zijn serie over geluid (*Sound*) [4] en in 1873 verscheen *Light* [2]. In elk boek worden de getoonde experimenten met behulp van vele prenten gevisualiseerd. Door tijdgebrek herschreef Tyndall zijn lezingen niet om naar een wat formelere stijl, maar hield hij het taalgebruik aan dat hij tijdens zijn lezingen hanteerde. Hierdoor waant de lezer zich steeds in de aanwezigheid van Tyndall. Zijn welbespraaktheid en bijna poëtische manier van formuleren komen hierdoor ook duidelijk naar voren en dragen sterk bij aan de populariteit van zijn boeken. Ze waren en zijn dan ook een groot succes in binnen- en buitenland en beleven vele herdrukken.



Figuur 2. 19^e-eeuwse exemplaren van *Heat*, *Sound* en *Light* met voorbladen. De boeken zijn inmiddels in moderne herdruk verkrijgbaar maar zijn ook gratis te downloaden via [2-4].

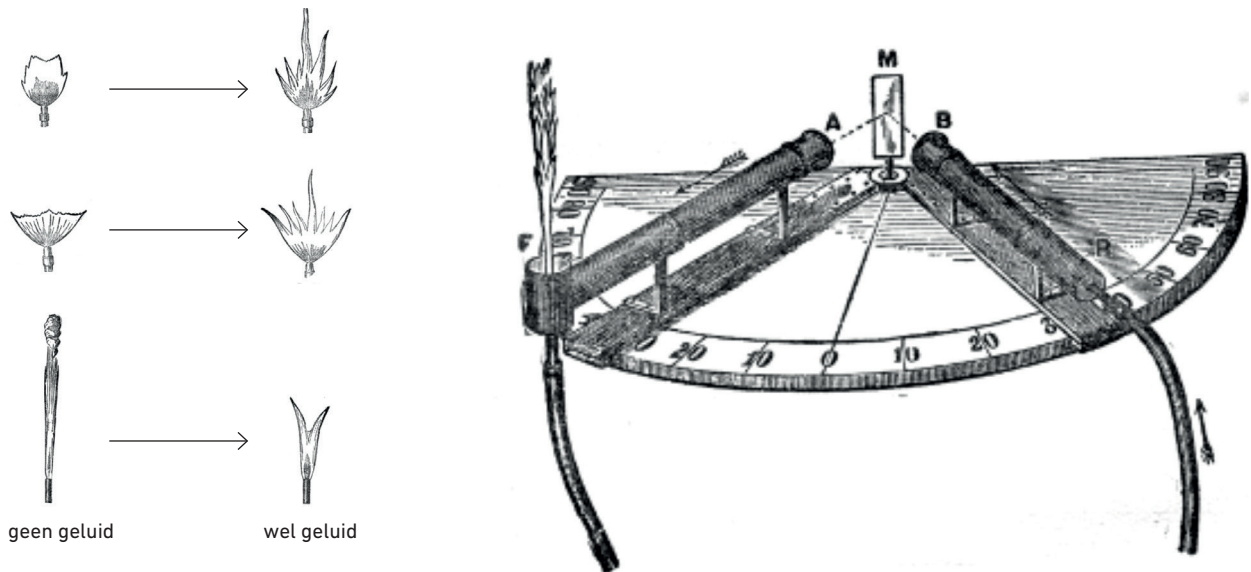
Heat: a mode of motion

Heat is geschreven in een tijd waarin de theorie over warmte als een vorm van trilling/beweging nog niet zo oud was. De eerste hoofdstukken wijden zich dan ook aan een aantal veelvoorkomende misconcepten over warmte. Zo wordt door middel van een aantal scherpe redenties en experimenten duidelijk gemaakt waarom warmte geen substantie kan zijn zoals eerder werd gedacht. Tyndall besteedde vervolgens veel woorden aan energiebehoud, iets wat hij elders ook wel het belangrijkste natuurkundige inzicht van de 19^e eeuw heeft genoemd. Hij gaf hierbij een duidelijke historische omschrijving van alle ontwikkelingen, zowel theoretisch als experimenteel, die hebben bijgedragen aan het ontstaan van het begrip energie en het principe van energiebehoud. Hij introduceerde hierbij ook zorgvuldig de benodigde nieuwe vaktermen, zoals potentiële energie en, zoals hij het zelf noemde, dynamische energie. De latere hoofdstukken in *Heat* richten zich met name op warmtestraling, een onderwerp waaraan



Figuur 3. a) In *Heat* maakt Tyndall veelvuldig gebruik van een thermoziil om warmtestraling mee aan te tonen. De ziil bestaat uit meerdere thermokoppels van bismut en antimoon waardoor een deel van de warmte wordt omgezet in een elektrische stroom die vervolgens een kompasnaald laat uitslaan. b en c) Proeven waarmee Tyndall de warmteziil gebruikt om de spiegeling van warmte, afkomstig van een hete metalen bol, mee aan te tonen. d) Ook zonder thermoziil weet Tyndall op spectaculaire wijze de spiegeling van warmtestraling aan te tonen door in het brandpunt van de bovenste holle spiegel een ballon gevuld met een mix van ontvlambare gassen te plaatsen. Door nu gloeiende platinaelektroden in het brandpunt van de onderste spiegel te plaatsen weet hij de ballon te laten exploderen.

Tyndall zelf veel onderzoek heeft gedaan. Tyndall toonde met tal van experimenten aan dat warmtestraling zich vergelijkbaar gedraagt als licht. Dit deed hij door onder andere reflectie, breking en polarisatie van warmtestraling te demonstreren (figuur 3). Vele inzichten die in *Heat* aan bod komen waren op dat moment zeer actueel en gaven het publiek een duidelijk overzicht van de huidige stand van zaken op het gebied van de thermodynamica. Het is in dat opzicht opvallend dat er in het boek geheel geen aandacht wordt besteed aan de tweede hoofdwet van de thermodynamica of het begrip entropie. Deze begrippen waren ten tijde van schrijven al wel bekend en latere correspondenties van Tyndall laten doorschemeren dat Tyndall wel degelijk op de hoogte was van het bestaan van deze wet. Waarom Tyndall deze wet dan toch achterwege heeft gelaten blijft een raadsel. Wellicht vond hij het onderwerp niet geschikt of te abstract voor een algemeen geïnteresseerd publiek. Desondanks is *Heat* een van de meest populaire boeken van Tyndall.



Figuur 4. Links: voorbeelden van drie verschillende vlammen van verschillende soorten branders die onder invloed van geluid veranderen van vorm. Rechts: opstelling waarbij een gevoelige vlam wordt gebruikt om de spiegelwet voor geluid mee aan te tonen.

Sound

Hoewel Tyndall zich door tijdgebrek voornam om nooit meer aan een dergelijk boek te beginnen, verscheen in 1867 toch zijn volgende deel: *Sound*. Dit deel bevat zijn lezingen en demonstratieproeven over geluid en is in stijl vergelijkbaar met *Heat*. Interessant aan dit boek is de methode die Tyndall gebruikte om geluidsintensiteit aan te tonen: het gebruik van gevoelige vlammen. Vlammen uit branders kunnen zo ingesteld worden dat ze op het punt staan te gaan ruisen. Bij deze overgang verandert de lengte en vorm van de vlam. Geluidstrillingen kunnen er in dat geval voor zorgen dat de vlam een overgang maakt van de ene naar de andere vorm (figuur 4a). Gevoelige vlammen waren eerder al door John LeConte opgemerkt, maar werden later herontdekt door William Barrett, de toenmalige assistent van Tyndall. Tyndall heeft deze vervolgens bij meerdere experimenten gebruikt om vast te stellen of er op een bepaalde positie een geluidsgolf passeerde. Hierdoor wist hij in een volle collegezaal onder andere de reflectie van geluidsgolven zichtbaar te maken (figuur 4 rechts).

Light

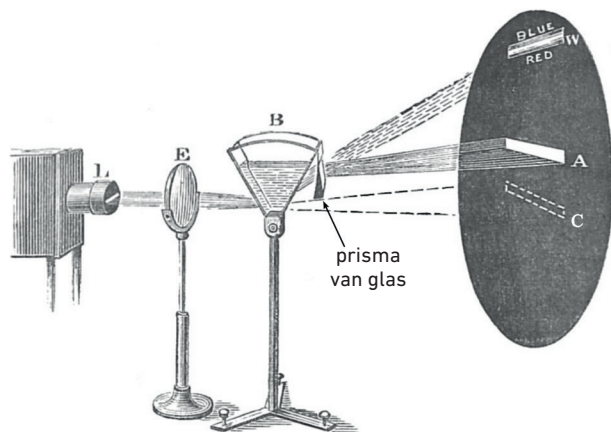
Tyndalls faam als spreker reikte inmiddels al tot de Verenigde Staten. Meerdere keren werd hij uitgenodigd om in de Verenigde Staten lezingen te houden. In 1872-1873 kwam het er uiteindelijk van en gaf hij daar in meerdere steden een reeks lezingen over licht. Deze lezingen zijn niet veel later in boekvorm verschenen onder de titel *Light*. Interessant aan dit boek is dat Tyndall ingaat op de twee theorieën van Newton die achteraf onjuist waren gebleken. Zo dacht Newton dat een achromatische lens niet zou kunnen bestaan. Volgens Newton zouden breking en

dispersie van licht altijd samen moeten optreden. Tyndall toonde experimenteel aan dat dit niet het geval is. Door een lichtbundel via een holle prisma gevuld met water uit elkaar te trekken en vervolgens de bundel een tweede maal te laten breken in een massieve glazen prisma liet hij zien dat de bundel in zijn geheel toch gebroken kan worden zonder dat er dispersie optreedt (figuur 5). De tweede vergissing van Newton waaraan Tyndall aandacht besteedde is het deeltjesmodel van licht. Tyndall toonde tal van experimenten, waaronder de proef van Young, die zich alleen met de golftheorie laten verklaren. Ook toonde hij de ringen van Newton waarbij hij niet alleen inging op de golftheorie, maar ook liet zien waarom Newtons verklaring van deze ringen niet voldoende is. Net zoals *Heat* en *Sound* bevat ook *Light* de recentste inzichten van die tijd. Met name interessant is de korte beschrijving van Tyndalls eigen werk over lichtverstrooiing aan een zogenoemde 'kunstmatige lucht' in een glazen buis.

Kenmerken van Tyndalls werken

Wanneer we *Heat*, *Sound* en *Light* aan een nauwkeurige blik onderwerpen dan herkennen we al snel een aantal thema's die Tyndalls werk typeren. Zo liet Tyndall zowel in *Heat* als in *Light* zien dat warmtestraling gebroken, gespiegeld en gepolariseerd kan worden zoals bij zichtbaar licht. Het was een bewuste keuze waardoor hij warmtestraling en licht onder één noemer bracht.

Een ander thema dat in alle drie de boeken duidelijk terugkomt is de atomistische en moleculaire grondslag waarop Tyndall zijn verklaringen vaak terugvoerde. Tyndall zag terecht in dat de moleculaire structuur en ordening van een stof de eigenschappen van die stof bepalen. Een asymmetrisch kristal zou volgens Tyndall dan



Figuur 5. Het experiment waarmee Tyndall liet zien dat een lichtbundel toch gebroken kan worden zonder dat er dispersie optreedt. De lens E maakt een afbeelding van de lichtbron L op de muur. De projectie C geeft het beeld weer nog voordat beide prisma's aan de opstelling zijn toegevoegd. Het gebruik van alleen de glazen wig gevuld met water (B) zorgt voor breking met dispersie (beeld W). Door vervolgens een glazen prisma toe te voegen ontstaat het beeld A, wat ten opzichte van beeld C nog steeds is verschoven. De dispersie is nu echter door het tweede prisma opgeheven.

ook verschillende eigenschappen in verschillende richtingen hebben. Of het nu gaat over mechanische, optische, akoestische of thermische eigenschappen maakt hierbij niets uit. Een concreet voorbeeld dat Tyndall in zowel *Heat* als *Sound* gebruikte is hout. In *Heat* toonde Tyndall de eerder door hemzelf gemeten warmtegeleidingscoëfficiënten langs de nerf en loodrecht op de nerf. De warmtegeleiding langs de nerf is consequent groter dan in een richting loodrecht op de nerf. In *Sound* gebruikte hij wederom hout als voorbeeld en gaf hij de geluidssnelheden langs de nerf en loodrecht op de nerf, waarbij de geluidssnelheid langs de nerf consequent het grootst is. Dit voorbeeld blijkt een ideaal opstapje naar het behandelen van de asymmetrische eigenschappen in abstractere objecten zoals kristallen.

Ten slotte valt op dat de boeken van Tyndall een duidelijk tweede doel hebben. Naast het overbrengen van natuurkundige principes wilde Tyndall duidelijk ook de manier van denken en werken in de natuurwetenschappen overbrengen. Naast natuurkundige principes had hij het ook vaak over de rol van het experiment, het vormen van een theorie en het verifiëren van een theorie middels deductie. Zo schrijft hij in *Light*: “Laying the theoretic conception at the root of matters, we determine by deduction what are the phenomena which must of necessity grow out of this root. If the phenomena thus deduced agree with those of the actual world, it is a presumption in favour of the theory. If, as new classes of phenomena arise, they also are found to harmonise with theoretic deduction, the presumption becomes still stronger. If, finally, the theory confers prophetic vision upon the investigator, enabling him to predict the occurrence of phenomena which have never yet been seen, and if those predictions be found on trial to be rigidly correct, the persua-

sion of the truth of the theory becomes overpowering.” [2]

De natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen waren nog relatief onbekend bij het grote publiek en in het Engelse onderwijs was er nauwelijks aandacht voor. Wat Tyndall betreft was de methode waarmee men tot betrouwbare natuurwetenschappelijke kennis komt wellicht nog belangrijker dan een verzameling natuurkunde feitjes. De natuurwetenschappelijke denk- en werkwijzen behoorden wat hem betreft dan ook een prominente plek in het onderwijs te krijgen; een opvatting waarvoor hij zijn hele leven heeft gestreden.

Tot slot

Dankzij zijn publicaties kunnen we ons nog steeds een goed beeld vormen van het talent waarmee Tyndall zijn publiek zo sterk aan zich wist te binden. Zijn duidelijke uitleg, op een bijna poëtische manier verwoord, werd nog eens versterkt door vele duidelijke en aansprekende experimenten.

Hoewel *Heat, Sound en Light* al meer dan 150 jaar oud zijn is het nog steeds de moeite waard om ze eens door te lezen. Ten eerste geven ze een duidelijk beeld van de stand van zaken in de natuurkunde halverwege de 19^e eeuw. Ten tweede bevatten de boeken vele onderwerpen die nog altijd tot de lesstof op de middelbare school behoren. Een groot aantal experimenten die door Tyndall zijn beschreven zijn ook vandaag de dag nog bruikbaar als demonstratieproef in het onderwijs. Ten slotte is het werkelijk een groot plezier om Tyndall zelf aan het woord te horen in zijn boeken. Veel uitspraken van Tyndall zijn zo mooi geformuleerd dat ze ook nu nog prima op een tegeltje gedrukt kunnen worden.

Tyndalls leven was zo ongelooflijk veelzijdig dat we in dit artikel slechts een kleine kijk in zijn leven en werk hebben kunnen geven. Voor de geïnteresseerde lezer is de biografie van Roland Jackson [5] aan te bevelen. Maar wie Tyndall echt goed wil leren kennen doet er het beste aan om zijn eigen originele werken te lezen. Naast de hier behandelde boeken is zijn *Fragments of Science* [6] ook een echte aanrader.

Roger Rikken studeerde natuurwetenschappen aan de Radboud Universiteit en promoveerde daar vervolgens op het gebied van de supramoleculaire fysica. Hij is momenteel werkzaam als lerarenopleider natuurkunde bij de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN).

REFERENTIES

- 1 J. Tyndall, *Lessons in Electricity*, 1st Ed. (1877). https://books.google.com/books/download/Lessons_in_Electricity.pdf?id=SCdIcEzQBY8C&output=pdf.
- 2 J. Tyndall, *Light*, 4th ed. (1885). <https://gutenberg.org/ebooks/14000>.
- 3 J. Tyndall, *Heat: a mode of motion*, 3rd ed. (1868). <https://books.google.com/books/download/Heat.pdf?id=MwwAAAAAQAAJ&output=pdf>.
- 4 J. Tyndall, *Sound*, 3rd Ed. (1875). <https://gutenberg.org/ebooks/54969>.
- 5 R. Jackson, *The Ascent of John Tyndall*, 1st Ed. (2018).
- 6 J. Tyndall, *Fragments of Science*, 6th Ed. (1879). <https://gutenberg.org/ebooks/24527>.