

MÉTHODE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE D'ESSAYER L'ARGENT ET D'AUTRES MÉTAUX, INVENTÉE

PAR MR. H. C. ØERSTED

(ARTICLE COMMUNIQUÉ PAR L'AUTEUR)

(ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, PAR MM. GAY-LUSSAC ET ARAGO. TOME 39. P. 274—287. PARIS 1828)¹

La préférence qu'on a toujours accordée à certains métaux, regardés comme plus nobles que les autres, dépend surtout du degré d'immutabilité qu'ils montrent sous l'action de l'air, de l'eau, du feu ou d'autres forces chimiques de la nature; mais la résistance contre ces agens est en rapport avec la vertu qu'ont ces métaux de s'unir à l'oxygène. Moins le métal attire ce gaz, et mieux il conserve en général sa nature métallique sous l'action des corps étrangers. On pourrait aussi dire que moins un métal est combustible, plus il mérite la qualification de noble. Il est évident qu'on prend ici le mot combustible dans le sens chimique, selon lequel tout changement de la nature de celui qu'opère le feu dans les corps est qualifié de ce nom. C'est dans cette acception du mot que les chimistes disent qu'un métal subit la combustion dans un acide au moment qu'il va s'y résoudre. Mais la disposition qu'ont les métaux à se résoudre ainsi par la combustion, est encore en rapport avec leur vertu de produire une émanation électrique, quand deux d'entre eux sont mis en contact avec un fluide convenable ou avec eux-mêmes, c'est-à-dire, quand ils forment ensemble une chaîne chimique. Dans de tels cas, c'est toujours du métal le moins combustible que l'émanation se fait vers l'autre. La combustion dépend encore de la nature du fluide. Le métal qui, dans un certain fluide, est plus susceptible de combustion qu'un autre, l'est peut-être moins dans un fluide d'une nature différente, d'où il résulte qu'on ne peut dire qu'un métal est, dans tous les cas, plus ou moins combustible qu'un autre, mais seulement qu'il l'est au total. La direction de l'émanation électrique peut donc servir à nous indi-

¹ [On trouve aussi cet extrait dans: *Schweiggers Journal für Chemie u. Physik*. Bd. 52. P. 14—26. Leipzig 1828. — *Erdmanns Journal für technische und ökonomische Chemie*. Bd. 2. P. 90—100. Leipzig 1828. Et le même contenu dans: *Ursins Magazin for Kunstnere og Haandværkere*. Februar 1828. P. 441—50. Kiøbenhavn. — *Det kgl. danske Videnskabernes Selskabs Oversigter*. 1826—27. P. 13—14. Kiøbenhavn. Tous les extraits de »Videnskabernes Selskabs Oversigter« se trouvent à la fin de ce volume.]

quer les principaux rapports chimiques des métaux, ce qui doit nous conduire à distinguer les différentes sortes d'alliages. Il est vrai que l'apparition d'une faible émanation électrique est ordinairement imperceptible, mais, par son effet magnétique, on peut la rendre sensible d'une manière frappante. L'avantage qu'on peut tirer de ces phénomènes n'a pas entièrement échappé à l'attention des physiciens; mais, avant M. *Ærsted*, personne ne les avait encore soumis à des expériences ou à des observations exactes.

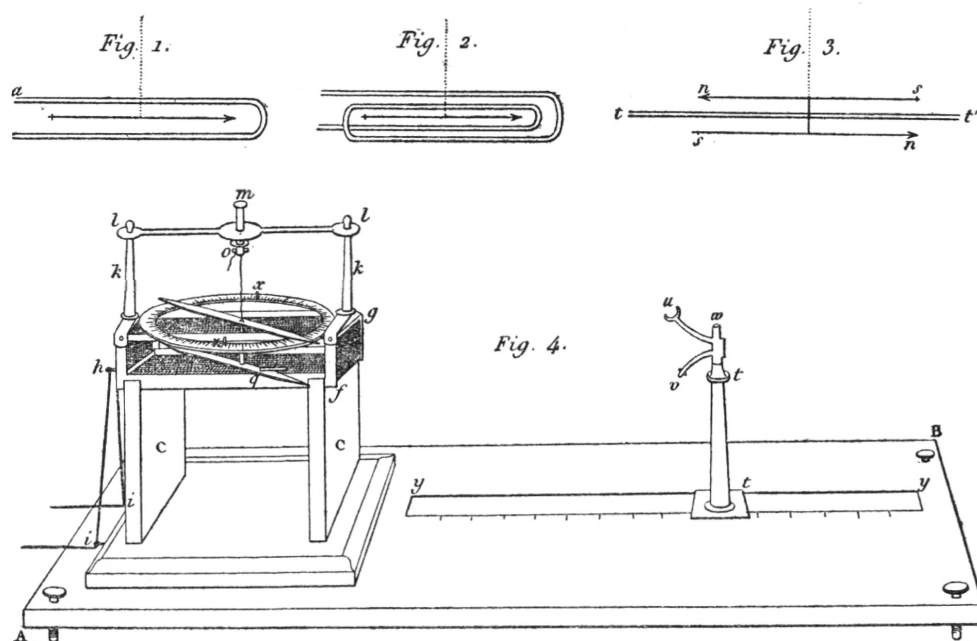
Dans les cours publics établis par la Société de la propagation des connaissances physiques en Danemarck, M. *Ærsted* expliqua cette théorie l'année passée; mais il ne fit des expériences qu'avec deux métaux. Des observations réitérées semblent maintenant avoir donné à la théorie une grande certitude. Dans le rapport qu'en a fait M. *Ærsted* dans le Journal intitulé: *Magazin for Kunstnere og Haandværkere*,¹ février, 1828, il exprime pourtant le désir qu'on ne regarde encore cette nouvelle méthode d'essayer les métaux que comme un essai susceptible d'une plus grande perfection. Mais ce qui est suffisamment prouvé, c'est que cette méthode offre de grands avantages sur la touche ordinaire. L'épreuve de l'argent ne fait qu'une partie de cette théorie électro-magnétique: elle est applicable à tous les autres métaux; mais chaque nouveau métal exige de nouvelles expériences. Nous donnerons ici une description détaillée de la manière d'essayer l'argent, telle qu'elle a été proposée par M. *Ærsted*.

Le multiplicateur électro-magnétique a été inventé par M. *Schweiger*, professeur de l'université de Halle, quelques mois après la découverte de l'électro-magnétisme; depuis ce temps, plusieurs physiciens ont perfectionné cet instrument. Les dernières améliorations qu'il a reçues sont dues à M. *Ærsted*. Il s'emploie très-avantageusement à découvrir d'une manière prompt le quel des deux métaux s'unit le plus facilement à l'oxygène.

La théorie de l'instrument est fondée sur l'effet magnétique de l'émanation électrique. Quand on place un fil de métal très-près d'une aiguille aimantée qui est mobile, de manière qu'il soit parallèle à cette aiguille, et qu'on y fait passer une émanation électrique, celle de préférence qui accompagne une opération chimique, l'aiguille prend une autre direction. Si l'émanation, c'est-à-dire le

¹ Magasin pour les arts et métiers, rédigé par M. *Ursin*, professeur et docteur en philosophie. Copenhague, chez Gyldendahl.

passage d'une électricité positive (+) à une négative (-), se fait de la main droite de l'observateur à sa gauche, la partie supérieure du fil, qu'on appelle aussi le conducteur, éloignera de l'observateur la pointe septentrionale de l'aiguille, tandis que le côté inférieur du fil la tournera vers lui. Pour comprendre le mécanisme de cet instrument, il suffit de connaître des lois de l'électro-magnétisme,



cet effet opposé que produisent sur l'aiguille aimantée les deux côtés opposés du conducteur.

Il en résulte que, si l'on mettait un fil de métal au-dessus de l'aiguille aimantée et un autre au-dessous, et qu'on fît passer de l'électricité dans l'un et l'autre sur la même direction, l'effet de ces deux fils sur l'aiguille s'anéantirait réciproquement. Au contraire, si l'électricité se répandait sur les fils de métal dans une direction opposée, leurs forces se joindraient pour tourner du même côté la même pointe de l'aiguille aimantée. En conséquence, si l'on passe un fil de métal autour d'une aiguille aimantée, comme nous le représente la fig. 1^{re}, et qu'on fasse entrer de l'électricité par *a*, l'émanation électrique suivra une direction opposée, selon qu'elle passe au-dessus ou au-dessous de l'aiguille, et l'effet produit sur l'aiguille sera le double de ce que donnerait un fil égal.

Si l'on plie le fil de métal comme il est représenté par la figure

2, l'effet sera quatre fois plus grand que celui d'un fil de métal simple. L'effet s'augmente toujours à mesure que le fil fait plus de tours.

On pourrait rendre l'effet de l'émanation électrique plus sensible encore, si, à l'aide d'un fil de laiton ou d'un autre métal, on réunissait deux aiguilles aimantées sur une direction opposée, comme nous le représente à la troisième figure ns et sn , et qu'on placât alors entre les aiguilles le fil de métal tt' pour servir de conducteur à l'électricité.

Si ces aiguilles avaient la même direction, elles tendraient à se tourner chacune d'un côté opposé; mais, étant placées dans une direction contraire, elles se tourneront toutes deux du même côté, par la raison que le conducteur se trouve au milieu des deux aiguilles, c'est-à-dire au-dessus de l'une et au-dessous de l'autre. On y gagne encore que la tendance des aiguilles à se diriger vers le sud ou vers le nord se neutralise plus ou moins par leur action réciproque. Si les aiguilles sont de la même force, la neutralisation sera parfaite, et la moindre force extérieure pourra leur faire quitter leur position. Si les aiguilles sont d'une force inégale, la tendance de leur direction équivaut à la différence entre les forces respectives des aiguilles.

Il est donc évident que des deux méthodes pour doubler la force des aiguilles, celle qui est représentée à la deuxième figure et celle que nous montre la troisième, peuvent se réunir, et c'est ce qui a été fait dans le multiplicateur électro-magnétique dont nous allons maintenant faire la description.

AB , fig. 4., est un pied de bois avec une vis à chaque coin pour placer l'instrument horizontalement. C et C sont deux colonnes qui soutiennent le cadre fg , autour duquel un fil de métal, qui désormais sera nommé le fil conducteur ou le fil multiplicateur, est enveloppé plusieurs fois, afin que la plus faible émanation électrique, en y passant, puisse produire un grand effet sur l'aiguille aimantée sur laquelle elle doit agir. Un tel fil conducteur pourra bien être long de 50 à 60 pieds, et faire plus de cent tours; mais les tours doivent être isolés de manière à ne pas se toucher; ce à quoi l'on arrivera en entourant de soie le fil de métal avant de le passer sur le cadre.

La hauteur du cadre doit être aussi petite que possible, pour que les tours du fil entourent l'aiguille aimantée de bien près.

Le fil conducteur étant ainsi enveloppé autour du cadre, chacun de ses bouts passe par un petit anneau. L'instrument a deux tels anneaux, mais la figure n'en représente qu'un (*h*). Les bouts du conducteur passent encore par les anneaux *i, i*, dont l'un est caché par d'autres parties de l'instrument. *k, k* sont deux petites colonnes en ivoire ou en bois qui soutiennent la traverse *ll*, à travers le centre de laquelle on peut monter ou descendre le petit cylindre *mo*, qui est garni d'un bouton *m*. Au milieu de la partie inférieure *o* est une petite ouverture qui communique avec un trou de travers fermé par un pivot qu'on voit immédiatement sous l'anneau placé au-dessus de *o*. A travers le trou *o* passe l'un des bouts d'un fil de ver à soie, qu'on a ensuite enfilé dans une des entrées du trou de travers, et attaché enfin au pivot mentionné. On voit bien que cette invention peut servir à arrêter l'aiguille quand elle a été mise en vibration.

C'est au fil de ver à soie marqué *x* qu'on suspend l'aiguille. Cette aiguille est composée de deux aiguilles aimantées unies ensemble, comme on le voit dans la fig. 3. Le cercle qui montre les degrés est en verre, matière préférable au laiton, qui souvent est magnétique. En *q* est placé un crochet propre à retenir l'aiguille quand l'instrument doit être transporté. Un autre crochet pour le même usage se trouve de l'autre côté. Quand on veut employer la machine, on dégage d'abord l'aiguille; quoique déagée, elle est encore en repos jusqu'à ce que le cylindre *mo* soit monté. L'anneau près de *o* arrête le cylindre, et empêche qu'elle ne s'élève trop haut. Une caisse de verre, qui couvre tout le cadre, met l'aiguille à l'abri des courans d'air; la caisse de verre a un trou en haut, par où passe la tête du cylindre *mo*; *tt* est une colonne perpendiculaire qui peut glisser dans la rainure *yy*, au bord de laquelle est une échelle pour mesurer la distance de la colonne à l'aiguille. *uv* est un aimant en fer à cheval avec deux pivots, dont l'un peut se voir en *w*, et dont l'autre entre dans un trou pratiqué dans la colonne. Cet aimant se laisse ôter et tourner de manière à venir reposer sur le pivot *w*. Il sert à augmenter ou à diminuer la force avec laquelle l'aiguille tend à se diriger vers le nord. On augmente cette force en plaçant l'aimant en fer à cheval de manière que chacun de ses pôles se trouve en opposition avec le pôle contraire de l'aiguille, et on l'affaiblit quand chacun des pôles de l'aimant se place vis-à-vis de celui de l'aiguille qui est du même nom. On conçoit bien

que la distance où se trouve l'aimant en fer à cheval de l'aiguille y doit faire beaucoup.

L'aiguille étant le plus souvent disposée à prendre une certaine direction, on tourne l'instrument jusqu'à ce qu'on voie l'une de ses pointes donner sur le zéro du cercle gradué, ou, ce qui est le même, jusqu'à ce qu'elle fasse des vibrations égales des deux côtés du 0; puis on observe l'autre bout de l'aiguille, pour voir si elle se trouve également en repos sur 0, ou si elle fait des vibrations égales des deux côtés; s'il en est ainsi, tout est en ordre; sinon le milieu de l'aiguille, ce qui veut dire ici l'aiguille supérieure, n'est pas exactement au-dessus du centre du cercle; et, cela venant de ce que l'instrument penche d'un côté, on a recours aux vis du pied de l'instrument pour corriger le défaut.

Si l'aiguille a une trop forte direction vers un des pôles, il faut placer l'aimant en fer à cheval de manière à l'affaiblir.

Aux deux côtés du cercle se trouve à 90° un pivot z qui empêche l'aiguille de pousser ses vibrations plus loin.

L'usage de cet instrument dépend à présent de ce que l'oxidation des métaux produit une émanation électrique. Quelques exemples serviront à l'éclaircir. Si l'on applique une pièce de zinc à l'un des bouts du fil multiplicateur, et une pièce de cuivre à l'autre, et qu'on mette ensuite ces deux métaux en communication avec de l'eau, une émanation électrique passera par le fil multiplicateur et viendra faire tourner l'aiguille. La même expérience pourra se faire avec les métaux plus nobles, par exemple, avec une pièce d'argent et une autre de cuivre; mais l'effet alors ne sera pas fort, à moins qu'on n'ait mêlé l'eau avec de l'acide, de l'alcali ou du sel.

Il faut faire observer que, dans toutes ces expériences, les parties des métaux et du fil qui se touchent doivent être d'un poli parfait. Le bout de l'aiguille qu'on a vu se tourner une fois vers le métal plus noble, suivra la même direction dans chaque nouvelle expérience qu'on fera avec d'autres métaux.

La différence plus ou moins grande dans l'oxidabilité des deux métaux fait tourner l'aiguille plus ou moins; ce qui suit naturellement de la différente force de l'émanation électrique. On parvient ainsi à connaître dans quel rapport se trouve l'oxidabilité de deux métaux comparés l'un à l'autre.

L'argent allié avec du cuivre, quand on le compare à l'argent pur, doit être regardé comme le moins noble. On pourra, en con-

séquence, essayer de l'argent à l'aide d'un multiplicateur électromagnétique. Un tel essai demande, au lieu d'aiguilles d'essai ou de touchans, des lames d'argent de toutes les sortes de puretés, depuis l'argent le plus fin jusqu'au cuivre. Celles qu'on a employées jusqu'à présent ont été longues de trois à quatre pouces, sur une largeur de trois quarts de pouce.

Quand maintenant on voudra essayer une pièce d'argent, on commencera par examiner l'émanation électrique qu'elle produira avec une des lames d'essai moyennes, par exemple, avec celle en argent à 12 deniers.¹ A cet effet, on joindra la lame employée pour l'essai à l'un des bouts du fil multiplicateur, et l'argent qu'on veut essayer à l'autre bout du fil; puis on mettra la lame et l'argent en contact avec une substance poreuse, pénétrée d'acide hydro-chlorique; l'aiguille du multiplicateur montrera aussitôt, si l'argent qu'on essaie est plus ou moins noble que celui de la lame. S'il est plus noble, on fera l'essai avec la lame d'argent à 14 deniers; s'il est alors inférieur à l'argent de cette lame, on l'essaiera avec la lame d'argent à 13 deniers; mais, s'il n'est pas encore égal au nombre de deniers de cette lame, on verra aisément, par la déviation de l'aiguille, s'il se tient entre l'argent à 12 deniers et celui à 13, ou entre l'argent à 13 deniers et celui à 14. On découvrira aussi facilement dans cet essai combien l'argent diffère de celui à 13 deniers; car, supposé que l'aiguille dévie de 9 degrés à gauche ou à droite, quand on compare la lame à 13 deniers à la précédente ou à la suivante, une déviation de 3 degrés montrera une différence de $\frac{3}{9}$ demi-onces ou de 6 grains.

Cet exemple montrera aisément le procédé à suivre dans tous les autres cas.

Il ne faut pas se borner à essayer l'argent avec un seul conducteur humide. Cela ne suffisait que dans le cas où l'on était sûr que l'argent n'était allié qu'avec du cuivre; il peut aussi être allié avec du laiton, et quelquefois même avec du cuivre blanc, qui est une composition de cuivre rouge et d'arsenic. En employant pour conducteurs plusieurs fluides, on découvrira de quelle nature est l'alliage.

¹ Le denier de fin ou de loi en Danemarck se divise en 16 parties ou demi-onces, et chaque once se sous-divise en 18 grains. En prenant 20 lames d'essai différant l'une de l'autre de 5 pour cent, on pourra peut-être le plus facilement adopter le denier de fin de Danemarck à celui de France.

Si, dans l'essai fait avec de l'acide hydro-chlorique, on a trouvé le nombre de deniers apparens d'un argent qui contient du laiton, et qu'ensuite on réitère l'essai en employant pour conducteur intermédiaire une solution de potasse caustique, la déviation de l'aiguille mettra l'argent allié avec du laiton d'environ une once plus bas. Or, si un argent dont on ne connaît pas le nombre de deniers, se montre d'une once ou d'une demi-once plus bas avec une solution de potasse qu'avec un acide hydro-chlorique, on est en droit de conclure qu'il est allié avec du laiton. De l'argent qui est allié avec du cuivre blanc perdra encore davantage dans l'essai fait avec une solution de potasse; il pourra même se montrer de 7, de 8 ou de 10 inférieur.

S'il se trouve que l'argent soit allié avec plusieurs métaux ignobles, on pourra faire l'essai avec plusieurs conducteurs humides, en suivant toujours les règles indiquées par la chimie.

Nous allons maintenant exposer ce qu'il y a à observer pour que l'essai acquière toute l'exactitude désirable.

Une superficie égale de l'argent à essayer et de la lame d'essai doit se mettre en contact avec le conducteur humide. On y parvient en donnant à la substance poreuse et intermédiaire une largeur moins grande que celle de la lame d'essai. Les deux pièces d'argent doivent, autant que possible, toucher au conducteur humide en même temps.

Les superficies doivent être uniformes; pour cela, il est bon de polir avec de la pierre-ponce réduite en poudre les parties de l'argent à essayer et de la lame d'essai, qui doivent se mettre en contact avec le fluide intermédiaire. Les lames d'essai, polies ainsi une fois, n'auront besoin désormais que d'un léger nettoyage, qui ne les use pas beaucoup. De l'argent fondu, qui n'a pas été battu, ne peut être essayé par des lames d'argent battu; il faut, dans un cas, ou battre l'argent, ou l'essayer avec de l'argent de la même nature. Quelquefois les superficies se dépolissent (se ternissent) pendant l'essai; il faut alors les repolir et réitérer l'essai; ce qu'on évite en faisant cesser, aussitôt que possible, le contact du métal et du fluide.

On peut employer en substance intermédiaire, du drap non teint, ou de l'amidon lavé, bien trempé dans le fluide qu'on emploie. Si c'est de la potasse caustique, elle ne doit pas être con-

centrée dans la solution; mais plutôt assez délayée. De l'acide hydro-chlorique peut aussi être un peu délayé.

Il ne faut pas oublier de réunir par un bon contact métallique les deux métaux et les bouts du fil multiplicateur. Le contact doit se faire sur les deux côtés intérieurs ou sur les côtés extérieurs des métaux, et à peu près à égale distance du fluide.

Quand tout est réuni dans l'ordre prescrit, et qu'il y a de la différence dans la qualité de l'argent, l'aiguille, comme on sait, se tournera d'un côté, mais elle reprendra sa première place, et passera même le plus souvent au-delà d'elle, de manière à faire plusieurs vibrations; cependant les vibrations se déclareront plus pour l'un que pour l'autre côté. Pour savoir pour quel côté elle incline le plus, il ne faut prendre que quatre ou six vibrations. On conçoit facilement la méthode à suivre pour calculer la déviation absolue de l'aiguille.

Si, par exemple, après 6 vibrations, l'aiguille oscillait encore entre les 8 degrés du côté gauche du zéro et les 30 du côté droit, la déviation absolue vers le droit serait de 11 degrés; car supposez que la force qui fait dévier l'aiguille après la sixième vibration continuât d'être de même, l'aiguille, venant à se reposer, devrait se placer sur un degré au milieu des deux bouts du cercle de ces vibrations, ce qui serait le onzième degré du côté droit du zéro.

Si, au contraire, l'aiguille n'oscillait que vers le côté droit entre les 6^e et les 30^e, la déviation absolue serait de 18 degrés.

Pendant qu'on fait l'essai, il faut avoir soin que l'instrument ne quitte pas sa première place, que l'aiguille ne fasse pas un tour entier sur elle-même, et que l'aimant en fer à cheval reste toujours à la même distance de l'aiguille.

Pour donner à cette méthode d'essayer de l'argent toute la perfection dont elle pourra être susceptible, il faut naturellement se procurer beaucoup de pratique; l'expérience enseignera alors mieux que les règles la précaution à employer et l'adresse qu'exige le succès de l'essai. On doit espérer que cette méthode qui, déjà dans son enfance, l'emporte tant sur l'essai fait avec la pierre de touche, pourra, par les efforts réunis de plusieurs savans, acquérir avec le temps un très-haut degré de justesse.

Pour les essais ordinaires qu'on fait chez les orfèvres ou dans les banques, cette méthode est fort convenable. Si, par exemple, sur douze ou plusieurs cuillers d'argent on a fait l'essai avec une,

le multiplicateur indiquera facilement si le nombre de deniers des autres est le même. On s'y prendra de la même manière pour découvrir si les deux bouts d'une barre d'argent sont d'égale pureté.

De même qu'on emploie le multiplicateur électro-magnétique pour faire l'essai de l'argent, on pourra l'employer pour étudier l'alliage des autres métaux, pour apprendre, par exemple, si l'étain est allié avec du plomb ou non.

BEMERKUNGEN IN BEZUG AUF DIE ZUSAMMENDRUECKBARKEIT DER FLUESSIGKEITEN

(AUS EINEM SCHREIBEN DES HRN. PROF. OERSTED AN DEN HERAUSGEBER)

(ANNALEN DER PHYSIK UND CHEMIE. HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN VON J. C. POGGENDORFF. BD. 12. P. 158—59. LEIPZIG 1828)¹

Kopenhagen d. 29. Jan. 1828.

Die HH. *Colladon* und *Sturm* verwerfen das früher von mir angegebene Verfahren, das Wasser in der engen Röhre der Compressionsflasche mit Quecksilber zu sperren. Ich bin hierin mit ihnen einverstanden, und habe schon vor mehr als einem Jahre der Gesellschaft der Wissenschaften hieselbst und vielen Liebhabern der Physik einen Apparat gezeigt, worin die enge Röhre der Flasche mit Luft gesperrt ist. Auch habe ich an der Compressionsflasche eine andere Verbesserung angebracht, die noch von Keinem versucht zu seyn scheint. Die enge Röhre ist nämlich nicht an die Flasche angeschmolzen, sondern in ihrem Halse eingeschliffen. Durch diese Einrichtung, welche in dem Gebrauche grosze Bequemlichkeit mit sich führt, ist es mir möglich auch Glasstücke in die Flasche zu bringen, und so über die durch Druck bewirkte cubische Zusammenziehung des Glases directe Versuche anzustellen. Zwar haben diese Versuche mich noch zu keinem ganz befriedigenden Resultate geführt, es sind aber dabei merkwürdige Phänomene vorgekommen, über die ich noch einige Versuche anzustellen habe. Sehr klein ist die Zusammenziehung

¹ [Man findet dasselbe Thema in: Det kgl. danske Videnskabernes Selskabs Oversigter. 1827—28. P. 14—17. Kiøbenhavn. Sämtliche Aufsätze aus ›Videnskabernes Selskabs Oversigter‹ finden sich zu Ende dieses Bandes.]