

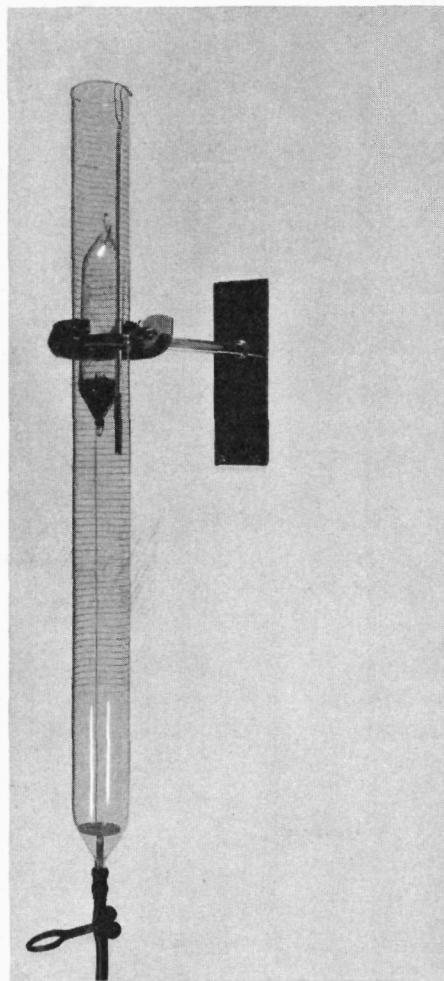
131618

METHODS FOR DETERMINATION OF THE DENSITY
AND SALINITY OF SEAWATER

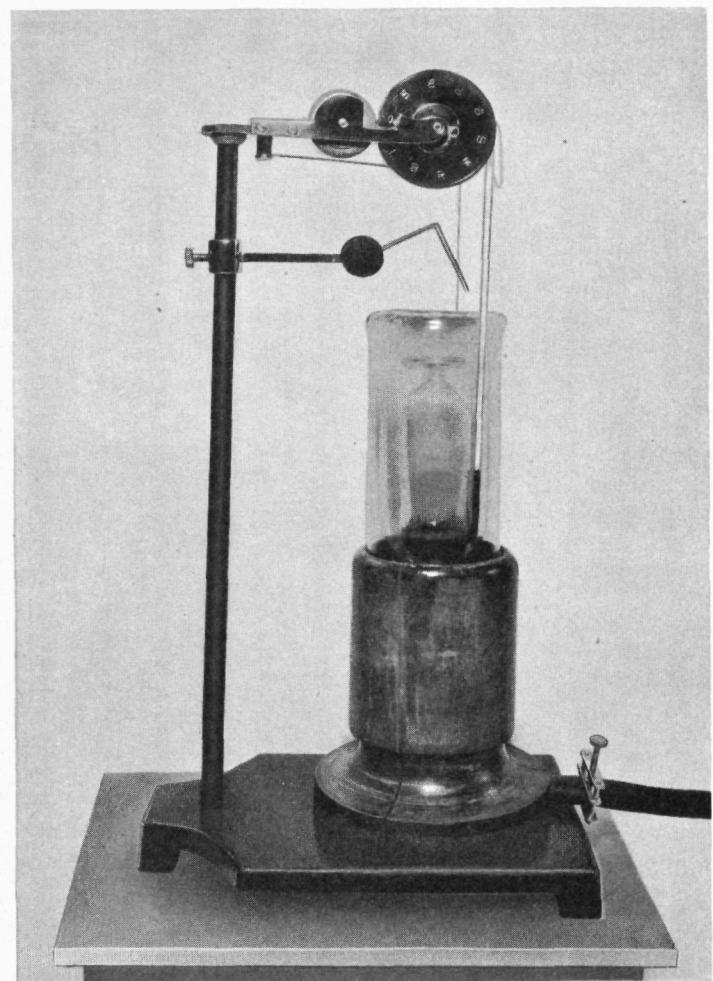


MÉTHODES PERMETTANT DE DÉTERMINER LA DENSITÉ
ET LA SALINITÉ DE L'EAU DE LA MER

BY
HANS AND OTTO PETTERSSON



A



B

METHODS FOR DETERMINATION OF THE DENSITY AND SALINITY OF SEAWATER

MÉTHODES PERMETTANT DE DÉTERMINER LA DENSITÉ ET LA SALINITÉ DE L'EAU DE LA MER

THE density *in situ* of seawater is the basis for the calculation of all problems concerning the oceanic circulation and ought to be determined directly by physical methods. At present hydrographers prefer an indirect method, viz. titration of the amount of chlorine contained in a measured quantity of sea water which presumes that the water of the oceans is homogeneous with regard to its chemical composition. This presumption is however unwarranted and it seems likely that hydrographers, when physical methods of sufficient accuracy and handiness are invented, will abandon the complicate and circumstantial method of chlorine-titration with the aid of »normal water».

Nansen was the first to introduce (in 1906)¹⁾ the method of total immersion of the hydrometers or »areometers» then in use recommended by authorities such as Buchanan and Krümmel. Nansen pointed out the unavoidable errors caused by the influence of adhesion and surface-tension on the hydrometers of the ancient model and substituted in its stead a glass-bulb totally immersed in the fluid, equilibrated by weights of gold. This method, although unwieldy and therefore unpractical, was a step in the right direction which Dr Hans Pettersson and I have tried to follow by introducing the following modifications.

1. Instead of a glassbulb we use a bulb of Silica which does not alter its volume sensibly between the limits of temperature of the experiment.

2. Instead of isolated pieces of gold as weights we use a fine chain of gold consisting of very small links of known weight. The immersed bulb either lifts a part of this chain (method A) until it attains its hydrostatic equipoise, or it is kept in equipoise at a certain level (method B) by lowering a part of the golden chain upon the upper part of the bulb until it attains that level.

3. Instead of a common glass-beaker we use an isolating s. c. »Dewar-vessel» of a peculiar construction in order to keep the temperature constant during the experiment. The sensibility of this method is so great that it widely surpasses the limit of 0.00004 prescribed at the Conference in Stockholm 1899. With the apparatus designed B (s. fig.) an exactitude of 0.00002 is obtained easily provided that the temperature is determined exactly within 0.05 degree C. In order to obtain this accuracy we have introduced the use of

LA densité *in situ* de l'eau de la mer sert de base à la calculation de tous les problèmes concernant la circulation océanique et devrait être déterminée directement par des méthodes physiques. A l'heure actuelle, les hydrographes préfèrent la méthode indirecte, c'est-à-dire, le titrage de la quantité de chlore contenu dans une quantité d'eau de mer donnée, ce qui fait supposer que l'eau de l'océan est homogène quant à sa composition chimique. Cette supposition est cependant sans garantie aucune et il est probable que les hydrographes abandonneront la méthode compliquée et circonstanciée du titrage du chlore à l'aide de l'eau normale lorsque des méthodes physiques possédant un degré de précision suffisant et d'un maniement commode seront inventées.

C'est Nansen qui le premier (en 1906)¹⁾ introduisit la méthode d'immersion totale des hydromètres ou «aréomètres» alors en usage et recommandée par des autorités telles que Buchanan et Krümmel. Nansen a démontré les erreurs inévitables causées par l'influence de l'adhésion et de la tension de la surface des hydromètres de l'ancien modèle et les avait remplacés par un globe de verre entièrement immergé dans le liquide et maintenu en équilibre par des poids d'or. Cet appareil quoique pesant et, partant, peu pratique constituait alors un pas dans la bonne direction que le Dr. Hans Pettersson et moi nous sommes efforcés de suivre tout en introduisant les modifications suivantes:

1. Au lieu d'un globe de verre, nous nous servons d'un globe de silice dont le volume ne change pas d'une manière très sensible entre les limites de température au cours de l'expérience.

2. Au lieu de morceaux d'or isolés, nous employons comme poids une chaîne fine d'or, formée de chaînons très petits et d'un poids déterminé. Le globe immergé soulève une partie de cette chaîne (méthode A) jusqu'à ce qu'il ait atteint son équilibre hydrostatique, ou bien est maintenu en équilibre à un certain niveau (méthode B) par l'abaissement d'une partie de la chaîne d'or sur la partie supérieure du globe jusqu'à ce qu'il atteigne ce niveau.

3. Au lieu d'un gobelet de verre ordinaire, nous employons un »récipient Dewar» isolé, d'un construction particulière, afin de maintenir une température constante au cours de l'expérience. Cette méthode est d'une telle précision qu'elle dépasse largement la limite de 0.00004 prescrite à la Con-

¹⁾ Nansen, Northern Waters. Norske Vidensk. Selskabets Skrifter I No. 3.

¹⁾ Nansen, Northern Waters. Norske Vidensk. Selskabets Skrifter I No. 3.

isolating Dewar-vessels for laboratory experiments. The method here designed by A is intended for immediate use on board of ships. As there can be a considerable difference between the temperature of the watersample just brought up from the depths of the sea and the air in the cabin one cannot expect to obtain a higher degree of accuracy than that prescribed at the Conference in Stockholm. Nevertheless we have found it invaluable for orientation, when engaged in hydrographic expeditions, to obtain *immediate information within a few minutes of the actual density* (and salinity) of the water brought up in every haul with the waterbottle while another sample is reserved for test in the laboratory with an instrument of the type B. The density at a given temperature t° is calculated from the formula

$$\delta_t = \frac{G + g}{W + v}$$

where G denotes the weight and W the volume of the bulb, and g and v the weight and volume of the links of the gold chain which keeps it in equipoise. All these quantities must be determined with strict exactitude and the operation requires an apparatus tested by an expert physicist.

In order to awake interest for new rational methods of investigation Svenska Hydrografisk Biologiska Kommisionen offers to give a limited number of hydrographers an opportunity to obtain instruments of the types A and B tested in our laboratory, each instrument¹⁾ provided with directions for use and tables for the calculation of the density *in situ* and at zero of sea-water from the direct determination of the density at t° obtained by experiment. From the density at zero it is easy to deduct from the existing tables the salinity S ‰ of the seawater with the same exactitude as from a titrimetric analysis.

METHOD A

Extract from: Zur Technik der Dichtigkeitsbestimmung von Meerwasser von H. Pettersson (Ann. d. Hydrographie 1917).

»Wenn das totale Volumen des Aräometers $V \text{ cm}^3$ beträgt, die Kette pro Millimeter $p \text{ gr}$ im Wasser wiegt und die Steighöhe des Aräometers, d. h. die Länge des frei abhängenden Kettenteiles, bis auf $dl \text{ mm}$ genau abgelesen wird, beträgt die relative Genauigkeit $1:A$ bei der Dichtigkeitsbestimmung theoretisch:

$$1:A = \frac{p}{V} \cdot dl.$$

Wenn $p = 0.002$, $V = 100$ und $dl = 1$, erhält man $1:A = 1:50000$, was einem Fehler im Salzgehalt von 0.025 ‰ entspricht.

Mit Meerwasser ergibt sich somit eine Präzision in der Salzgehaltsbestimmung, wie man sie bei der Pyknometermethode oder bei Titrierungen kaum besser erhält.»

¹⁾ The price for an apparatus of the type A is 250 kronor and for the type B 500 kronor.

férence de Stockholm en 1899. Avec l'appareil B indiqué (v. fig.) une précision de 0.00002 est aisément obtenue, pourvu que la température soit exactement maintenue dans les limites de 0°05 C. Afin d'obtenir cette précision, nous avons introduit l'emploi des récipients Dewar isolants pour les expériences de laboratoire. La méthode désignée ici par A. est destinée à l'usage immédiat à bord des navires. Comme il se peut qu'il existe une différence considérable entre la température de l'échantillon d'eau qui vient d'être remontée des profondeurs de la mer et l'air de la cabine, on ne peut s'attendre à obtenir un degré de précision plus grand que celui prescrit à la Conférence de Stockholm. Nous avons, cependant, trouvé ce degré de précision d'une valeur inestimable comme orientation, lorsque des expéditions hydrographiques sont en cours, afin d'obtenir, en quelques minutes, des *informations immédiates sur la densité et la salinité de l'eau remontée à chaque coup à l'aide de la bouteille*, un autre échantillon étant réservé aux essais de laboratoire effectués au moyen d'un instrument du type B. Dans ce cas la densité à une température donnée t° est calculée d'après la formule

$$\delta_t = \frac{G + g}{W + v}$$

G indiquant le poids et W le volume du globe, g et v le poids et le volume des chaînons de la chaîne d'or qui maintient ce globe en équilibre. Ces quantités doivent être déterminées avec précision la plus rigoureuse et l'opération exige l'emploi d'un appareil éprouvé par un physicien expert.

Afin de susciter tout l'intérêt désirable pour de nouvelles méthodes rationnelles de recherches, la Commission Hydrographique Biologique suédoise a décidé de donner à un nombre restreint d'hydrographes l'occasion d'obtenir des instruments des types A et B éprouvés dans notre laboratoire, chaque instrument étant muni d'un mode d'emploi et de tableaux pour le calcul de la densité *in situ* et à zero de l'eau de la mer en partant de la détermination directe de la densité obtenue par l'expérience à t° . De la densité à zéro, il est aisément de déduire, à l'aide des tableaux existants, la salinité S ‰ de l'eau de la mer avec la même précision que par une analyse titrimétrique.

MÉTHODE B

Un échantillon d'eau dont la salinité avait été déterminé par titration:

S ‰ = 18.03 et la densité à zero = 1.01448 donna, examiné avec l'instrument B:

S ‰ = 18.04	densité à zero = 1.01449
» = 18.01	» » » = 1.01446
» = 18.03	» » » = 1.01448
» = 18.02	» » » = 1.01447
» = 18.02	» » » = 1.01447