

ΧΗΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.—Μελέτη περὶ ξηροῦ πάγου καὶ νέα μέθοδος παραγωγῆς αὐτοῦ*, ὑπὸ Α. Ἀργυριάδου. Ἀνεκρινώθη ὑπὸ κ. Μ. Στεφανίδου.

Α. ΓΕΝΙΚΑ.

Ξηρὸς πάγος ἢ πάγος ἀνθρακικοῦ ὀξέος εἶναι διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος στερεοποιημένον εἰς θερμοκρασίαν $-78,9^{\circ}$ καὶ εἰς πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαιρας ἀπολύτου.

Μόλις κατὰ τὸ διάστημα τῶν τελευταίων ἐτῶν, ὅπως ἀναφέρει ὁ καθηγητὴς R. Plank εἰς τὸ βιβλίον του Amerikanische Kältetechnik, σελ. 90, τὸ στερεοποιημένον διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος μετετρέπη ἀπὸ πείραμα τοῦ ἐργαστηρίου εἰς σπουδαιότατον βιομηχανικὸν κλάδον. Πρῶτος ὁ μηχανικὸς Reich κατεσκεύασεν ἐν Ἀμερικῇ τὸ 1922 βιομηχανικῶς πάγον διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Πόσον δὲ μεγάλη εἶναι ἡ ἔκτοτε ἀνάπτυξις τοῦ βιομηχανικοῦ τούτου κλάδου καὶ ἡ διάδοσις τοῦ προϊόντος καταδείκνυται ἐκ τοῦ ὅτι τῷ 1925 παρήχθησαν 270.000 lbs, τῷ δὲ 1931 παρήχθησαν 85.000.000 lbs, ἡ αὐξησις ἄρα ἦτο 31481 % ἐντὸς ἐξαετίας (Salmony, σελ. 8).

Κατὰ Salmony, σελ. 45, ὑπῆρχον τῷ 1932 τὰ ἐξῆς ἐργοστάσια παραγωγῆς ξηροῦ πάγου :

Ἐν Ἀμερικῇ :

1. Ἡ Dry Ice Corporation, παράγει 200 τόννους ἡμερησίως.
2. Ἡ Carbonic Products Co., ἐν Tulta, 10 τόννους ἡμερησίως.
3. Ἡ California Carbonic Ice Co., ἐν San Francisco, 50 τόννους ἡμερησίως.
4. Ἡ Gas Equipment Engineering Corp. κατασκευάζει ἀπὸ τοῦ 1930 ἡμερησίως 8,4 τόννους.
5. Ἡ Dry Ice Corporation συνεβλήθη διὰ δεκαετῇ συνεργασίαν μετὰ τῆς Liquid Carbonic Acid Corp. ἐν Chicago διὰ τὴν ἀπὸ κοινοῦ κατασκευὴν καὶ πώλησιν ξηροῦ πάγου. Ἡ παραγωγή τοῦ ξηροῦ πάγου θὰ γίνεται εἰς τὰ ἐργοστάσια τῆς Liquid Carbonic Acid Corp.
6. Ἐπίσης δέον νὰ ἀναφέρωμεν τὴν Carbid and Chemical Corp. New Yersey, καὶ
7. Τὴν Syrup Products Corp. ἐν Junkers, New Yersey.
8. Σοβαρὰς ἐγκαταστάσεις ἔχει ἡ Solid Carbonic Co., New York.

Ἐν Καναδᾷ :

1. Ἡ I. T. Donald & Co. Ltd.
2. Ἡ Canadian Carbonic Co ἐν Montreal.
3. Ἡ Dominion Carbonic Corp. ἐν Toronto.

Εἰς τὴν Εὐρώπην παράγεται ἐπίσης ξηρὸς πάγος :

Ἐν Γερμανίᾳ :

1. Ἡ I. G. Farbenindustrie A. G., Ludwigshafen.
2. Ἡ I. G. Farbenindustrie A. G., Leunawerk.

* A. ARGYRIADES — Neues Verfahren zur Herstellung von Kohlensäureeis aus Kohlen-säure-gas.

3. 'H G. A. Schütz, Wurzén in Sachsen.
4. 'H A. Freundlich, Düsseldorf.
5. 'H Gerolsteiner Sprudel Kom. Ges., Köln.
6. 'H Eyacher Kohlensäure Industrie, Stuttgart.
7. 'H Kohlensäurewerk Dr. Steinicke & Co, Harburg.
8. 'H Kohlensäurewerk Deutschland, Henningen am Rhein.
9. 'H Brauerei Leicht, Vaihingen bei Stuttgart.
10. 'H Ritterbrauerei Dortmund.
11. 'H Kohlensäurewerk A. G., Rommenholler Berlin.
12. 'H A. G. für Kohlensäureindustrie Agefco Berlin.
13. 'H Rheinische Kohlensäurewerke in Lichtenberg Berlin.
14. 'H Kohlensäurewerk Hannover, Rethen.
15. 'H Manesmann Rohrenwerk Neandertal.
16. 'H Oster & Co., G. m. b. H., Königsberg i. Fr.

Τὸ Βέλγιον ἔχει ἐπίσης τὰ ἐξῆς ἐργοστάσια κατασκευῆς ξηροῦ πάγου :

1. L'Acide Carbonique Pur, S. A., Bruxelles με παραγωγὴν 8,4 τόννων ἡμερησίως.
2. Ἐργοστάσιον τῆς αὐτῆς ἐταιρείας ἐν Luxemburg τῆς αὐτῆς δυναμικότητος.
3. L'Acide Carbonique Pur S. A., Liège, παράγει ἐπίσης 8,4 τόννους ἡμερησίως.
4. Les Produits Sulfureuses Droogenbusch με 50 χλγρ. πάγου ὡριαίως.

Ἡ Γαλλία ἔχει τὴν μεγαλυτέραν ἐγκατάστασιν πλησίον τῶν Παρισίων, τήν :

1. La Carbonique Française à Hobigny Seine.
2. Ἡ Ἐταιρεία C. Bomberg & Co., Paris, παράγει 300 χλγρ. τὴν ὥραν.
3. Εἰς τὴν ὁμάδα τῆς Carbonique Française ἀνήκει ἐπίσης ἡ ἐταιρεία Carbonique du Nord La Madeleine.

Εἰς τὴν Ἀγγλίαν :

1. Ἡ ἐταιρεία T. Well and Sons Ltd., London, κατεσκεύασε πρῶτον τὸ 1929 ἐργοστάσιον διὰ παραγωγὴν 140 χλγρ. ὡριαίως, τὸ ὁποῖον ἐμεγεθύνθη εἰς 400 χλγρ. ὡριαίως τὸ 1933.
2. Ἡ σοβαρωτάτη χημικὴ ὁμάς τῆς Ἀγγλίας Imperial Chemical Industries Ltd., κατασκευάζει ἐν Billingham ξηρὸν πάγον με δυναμικότητα 250 χλγρ. ὡριαίως.
3. Ἐν Λονδίῳ ἐργάζεται ἡ Carba Dry Ice Syndicate.
4. Ἐν Liverpool-Lances ἡ Carbon Dioxide Co. Ltd.
5. Ἐν Λονδίῳ ἡ Solvent Products Ltd. Distillery.

Ἐν Ὁλλανδίᾳ παράγει ξηρὸν πάγον ἡ ἐταιρεία N. V. Centrale Ammoniak Fabrik.

Ἐν Ἰταλίᾳ ὥς ἐκ τοῦ θερμοῦ κλίματός της ὑπάρχουσι σχετικῶς περισσότερα ἐργοστάσια ξηροῦ πάγου :

1. Ἐν Μιλάνῳ ἡ Castellanza.
2. Ἡ Serto S. Giovanni.
3. Ἐν Τορίνῳ ἡ Soc. An. Stabilimenti Chimici Farm. Riuniti Schiparelli

Καὶ τὰ τρία ταῦτα ἐργοστάσια ἀνήκουσιν εἰς τὴν Soc. Anon. Asteria, Milano.

4. Πλησίον τῆς Ρώμης εἰς τὸ Castel San Angelo ἐργάζεται τὸ ἐργοστάσιον Cesare Pirri & Co., So., c. Anon.
5. Soc. Anon. Creptone, πλησίον τῆς Ρώμης.
6. Τῷ 1931 κατεσκευάσθη ἐν Ρώμῃ τὸ ἐργοστάσιον τοῦ Dr. Cairelo.
7. Ἐπίσης ἐν Ρώμῃ ὑπάρχουσι τὰ ἐργοστάσια Arezo Soc - Fratelli Pegna Pergine Valdarno Roma.
8. Candfa & Solona, Milano.
9. Soc. Anon. Cerini Castellanza Milano.
10. Soc. Beraci fera di Lardarello Toskane.
11. Πλησίον τῆς Ρώμης εἰς Palembara ἰδρύθη τὸ ἐργοστάσιον τῆς ἐταιρείας ξηροῦ πάγου Società Italiana del Ghiaccio Secco.

Ἡ Νοτιοσλαβία ἔχει ἐργοστάσιον κατασκευῆς ξηροῦ πάγου ἐκ διοξειδίου ζυμώσεως τῆς ἐταιρείας P. Teslik Spiritus Brennerei Sisak, πλησίον τοῦ Zagreb.

Ἡ Νορβηγία ἔχει ἀπὸ τοῦ 1931 ἐν ἐργοστάσιον κατασκευῆς ξηροῦ πάγου τῆς ἐταιρείας Moss Brygherie in Mosse.

Εἰς τὴν Αὐστρίαν τὸ ἐν Βιέννῃ ἐργοστάσιον Vereinigte Eisfabriken der Approvisionierungs Gewerbe παράγει 100 χλγρ. ξηροῦ πάγου ὡριαίως.

Ἡ Ρουμανία ἔχει δύο ἐργοστάσια ξηροῦ πάγου, τὴν S.A. de la Gelentina Spiritfabrik ἐν Βουκουρεστίῳ μὲ παραγωγὴν 50 χλγρ. ὡριαίως καὶ τὴν Erste Temesvarer Spiritusfabrik und Chemische Industrie A.G. ἐν Temesvar μὲ 50 χλγρ. ὡριαίως.

Ἐν Ρωσίᾳ ὑπάρχει ἐπίσης μέγα ἐνδιαφέρον διὰ τὸν ξηρὸν πάγον. Τὸ ἐπίσημον Γραφεῖον διὰ ψυκτικὰς βιομηχανίας τῶν Σοβιετ Chladozenter ἱδρύσε τὸ 1931 τρία ἐργοστάσια ξηροῦ πάγου ἐν Moskow, Astraken, Rostow/Don.

Ἡ Σουηδία ἀπὸ τοῦ 1939 κατασκευάζει ξηρὸν πάγον εἰς τὸ ἐργοστάσιον Förenade Kolsyrefabrikernas in Liljeheimen.

Ἡ Ἑλβετία ἔχει τρία ἐργοστάσια κατασκευῆς ξηροῦ πάγου τῆς ἐταιρείας Carba, ἐν Βέρνη, ἐν Ζυρίχῃ καὶ ἐν Βασιλείᾳ. Τὰ δύο πρῶτα παράγουσιν 150 χλγρ. ξηροῦ πάγου ὡριαίως ἕκαστον, τὸ δὲ τρίτον, 50 χλγρ. ὡριαίως. Ἐπίσης ὑπάρχει ἐν ἐργοστάσιον τῆς ἐταιρείας Schütz, Wurzen.

Ἐν Ἰσπανίᾳ παράγεται ξηρὸς πάγος ὑπὸ τοῦ ἐργοστασίου τῆς ἐταιρείας La Correnimas Barcelona.

Ἐν Τσεχοσλοβακίᾳ ὑπάρχει ἡ ἐγκατάστασις A.G. für Böhmische Industrie Prsg, μὲ παραγωγὴν 100 χλγρ. ξηροῦ πάγου ὡριαίως.

Ἡ Οὐγγαρία ἔχει τὴν ἐγκατάστασιν Favorit-Kohlensäure Fabrik, Budapest, μὲ 100 χλγρ. ξηροῦ πάγου ὡριαίαν παραγωγὴν.

Εἰς τὴν Ἀργεντινὴν, Χιλήν, Βραζιλίαν, Νότιον Ἀφρικὴν καὶ Αἴγυπτον ὑπάρχουσιν ἐπίσης ἐργοστάσια ξηροῦ πάγου.

B. ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΕΩΣ ΞΗΡΟΥ ΠΑΓΟΥ.

Ἡ τιμὴ πωλήσεως ξηροῦ πάγου εἶναι διάφορος εἰς τὰς διαφόρους χώρας. Κατὰ Salmony (σελ. 49) ὁ ξηρὸς πάγος πωλεῖται ἐν Γερμανίᾳ ἀπὸ 25 ἕως 50 Pf., ἐν Κολωνίᾳ 25 Pf., ἐν Βερολίνῳ διὰ 5 χλγρ. πρὸς 40 Pf. κατὰ χλγρ., διὰ 10 χλγρ. πρὸς 35 Pf. τὸ χιλιόγραμμα. Ἐν Βιέννῃ ἡ τιμὴ τοῦ ξηροῦ πάγου εἶναι 0,70 Sh. ἴση περίπου μὲ 30 Pf. τὸ χιλιόγραμμα.

Ἐν Ἀμερικῇ ὁ ξηρὸς πάγος πωλεῖται πρὸς 5 - 10 σέντς (Chem. Fabrik 1932, Νο. 13). Κατὰ τὸν Plunk, ἐν Ἀμερικῇ πωλεῖται ὁ ξηρὸς πάγος 45 ἕως 90 Pf. (Amerikanische Kältetechnik σ. 96).

Κατὰ Salmony, ἐν Σουηδίᾳ ὁ ξηρὸς πάγος στοιχίζει 45 - 55 Ore ἤτοι 40 - 50 Pf.

Κατ' ἀνακοίνωσιν τοῦ Rob. Ehvismann, Μιλᾶνον, κατ' Ἀπρίλιον τοῦ 1932, ἐν Ἰταλίᾳ ὁ ξηρὸς πάγος πωλεῖται ἀπὸ 0,80 ἕως 2,50 Lire κατὰ χιλιόγραμμα. Αἱ ὑψηλαί τιμαὶ ἀνήκουν εἰς τὴν ἐταιρείαν Asteria, ἐνῷ τὸ ἐργοστάσιον Soc. Perri & Co., τὸ μεγαλύτερον ἐργοστάσιον τῆς Ἰταλίας, πωλεῖ μὲ χαμηλὰς τιμάς.

Γ. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΞΗΡΟΥ ΠΑΓΟΥ.

Εἰς ὅλα τὰ μέχρι σήμερον γνωστὰ συστήματα, ὁ ξηρὸς πάγος ἐπιτυγχάνεται δι' ἐκτονώσεως τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἀπλῶς, διπλῶς ἢ τριπλῶς καὶ στερεοποιήσεως δι' ἐσωτερικῆς ἢ ἐξωτερικῆς ἀφαιρέσεως τῆς θερμότητος, ἢ δι' ἐξωτερικῆς ψύξεως εἰς -78,9°K. Διαφέρουσι δὲ ἀπ' ἀλλήλων τὰ διάφορα ταῦτα συστήματα ὅσον ἀφορᾷ τὴν κατανάλωσιν δυνάμεως, τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ πάγου, τὴν συνεκτικότητα αὐτοῦ μετὰ τὴν ψύξιν, τὴν ἀπλότητα καὶ τὸ οἰκονομικὸν τῆς ἐγκαταστάσεως.

Ὅλα τὰ συστήματα τὰ χρησιμοποιοῦντα παραγωγὴν ἀνθρακικῆς χιόνος ὡς πρῶτον στάδιον παγοποιήσεως ἢ ἐνδιάμεσον παγοποίησιν εἰς τὸ τριπλοῦν σημεῖον, μεταχειρίζονται κατόπιν μηχανὰς συμπίεσεως τοῦ παραγομένου πάγου διὰ νὰ ἐπιτύχωσι τὴν ἀνθεκτικότητα αὐτοῦ καὶ τὴν ἐξαφάνισιν τῶν ὑπαρχόντων πόρων ἐντὸς τοῦ σώματος τοῦ πάγου, οἵτινες αὐξάνοντες τὴν σχέσιν τῆς προσβαλλομένης ὑπὸ τῆς θερμότητος ἐπιφανείας ἐν σχέσει μὲ τὸ βάρος, αὐξάνουσι καὶ τὸ ποσοστὸν ἐξατμίσεως καὶ ἄρα μειώνουσι τὸν χρόνον συντηρήσεως. Ἡ δι' ἐσωτερικῆς ἐκτονώσεως τοῦ ὑγροῦ μέθοδος δὲν χρησιμοποιεῖ μηχανὰς συμπίεσεως, ἔχει ὅμως καὶ τὸ μειονέκτημα τῶν πόρων, καίτοι εἰς μικρότερον βαθμὸν.

Ἡ νέα προτεινομένη μέθοδος διαφέρει τῶν ἄλλων, κατὰ τὸ ὅτι ἀπαιτεῖ 180 περίπου ἵππους ἔναντι τῶν 320 τῆς καλλίστης τῶν ἄλλων μεθόδων ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας, ὁ δὲ πάγος, παραγόμενος δι' ἐξωτερικῆς ἐπιδράσεως ψύχους ἐπὶ τοῦ ὑπὸ πίεσιν ὑγροῦ, δὲν ἔχει πόρους. Ὡς τὰ μακροχρόνια ἐνδελεχῆ πειράματα, οὐχὶ μόνον ἐργαστηριακὰ ἀλλὰ καὶ εἰς μικρὰν βιομηχανικὴν κλίμακα, ἀπέδειξαν, εἶναι σκληρός, ἀνθεκτικός, καὶ πριονίζεται χωρὶς νὰ θραύεται. Τὸ δὲ χαρακτηριστικὸν σημεῖον τῆς μεθόδου

ταύτης είναι ὅτι ἡ ὑγροποίησις τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος γίνεται ἀνεξαρτήτως τῆς ἐπιδράσεως τῆς περιβαλλούσης θερμοκρασίας, δι' ἐκμεταλλεύσεως δὲ ὀρισμένων φυσικῶν καὶ θερμοδυναμικῶν φαινομένων ἐπιτυγχάνεται ἡ οἰκονομικὴ, εὐχρηστος καὶ ἀσφαλὴς παραγωγή πάγου. Ὡς γνωστόν, τὸ κρίσιμον σημεῖον τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος εἶναι + 31,5 βαθμοὶ Κελσίου καὶ ἄρα διὰ θερμοκρασίας περιβάλλοντος + 25 βαθμῶν καὶ ἄνω ἡ ὑγροποίησις του καθίσταται δυσχερεστάτη καὶ δαπανηρά, ἡ δὲ ψυκτικὴ ἀπόδοσις τοῦ ὑγροῦ μικρά, φθάνουσα, εἰς τοὺς + 31,5 βαθμούς, τὸ μηδέν. Ἐκτὸς τούτων ὅμως αὐξάνουσι πολὺ αἱ ἀντιστοιχοῦσαι πιέσεις, τὰ δὲ μηχανήματα καὶ αἱ ἐγκαταστάσεις καθίστανται δαπανηρά, δύσχρηστα καὶ οὐχὶ τελείως ἀσφαλῆ.

Κατὰ τὴν νέαν μέθοδον ἡ πίεσις ὑγροποιήσεως δὲν ὑπερβαίνει τὰς 20 ἀτμοσφείρας, πρᾶγμα, τὸ ὁποῖον καθιστᾷ τὴν ἐγκατάστασιν καὶ τὰ μηχανήματα ἀπλᾶ καὶ εὐθηνά, τὴν δὲ χρῆσιν εὐκόλον καὶ ἀσφαλῆ. Διὰ τῆς χρησιμοποίησεως δὲ τοῦ φαινομένου ὅτι ἡ ὑπὸ ἰσοπίεσιν ψῦξις τοῦ αἰρίου ἐλαττώνει τὸν εἰδικὸν ὄγκον καὶ ἄρα τὸ ἀδιαβατικὸν ἔργον συμπίεσεως, ἐπιτυγχάνεται ἡ μικρὰ κατανάλωσις ἐνεργείας. Ἡ λεπτομερὴς ἐπιστημονικὴ ἐξήγησις καὶ ὁ ὑπολογισμὸς τῆς μεθόδου δίδεται κατωτέρω.

Δ. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΞΗΡΟΥ ΠΑΓΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Κατὰ V. D. I. Hauptversammlung 1936, σελ. 397, ὁ ξηρὸς πάγος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν -20°C. ἀποδίδει 148 θερμομονάδας, ἐνῶ ὁ κοινὸς πάγος εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ 52 θερμομονάδας. Ἄρα ἡ ἀπόδοσις τοῦ ξηροῦ πάγου εἰς τὴν θερμοκρασίαν ταύτην εἶναι ὑπὸ τὸ αὐτὸ βάρος τριπλασία τῆς τοῦ κοινοῦ πάγου, ἐὰν λάβωμεν ὅμως ὑπ' ὄψιν τὴν διαφορὰν τοῦ εἰδικοῦ βάρους, τότε ὑπὸ τὸν αὐτὸν ὄγκον, ἡ ἀπόδοσις τοῦ ξηροῦ πάγου εἶναι πενταπλασία τῆς τοῦ κοινοῦ πάγου. Τοῦτο ὅσον ἀφορᾷ τὴν καθαρῶς ψυκτικὴν ἀπόδοσιν, ἐνῶ πραγματικῶς ἡ ἀπόδοσις εἶναι μεγαλυτέρα, διότι τὸ παραγόμενον αἶριον διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος, ὡς ἔχον πολὺ μικρὸν συντελεστὴν θερμοπερατότητος καὶ μικρὰν εἰδικὴν θερμότητα, ἐνεργεῖ συντηρητικῶς ἀπὸ βιολογικῆς ἀπόψεως (Salmony σελ. 35). Ἐκαστον χιλιόγραμμον ξηροῦ πάγου ἐξαεριοῦται χωρὶς νὰ ἀφήσῃ οὐδὲν ἔχνος πάγου ἢ ὑγρασίας, παράγει δὲ 500 lit. αἰρίου διοξειδίου. Αἱ κατὰ τὴν συνήθη ψῦξιν διὰ κοινοῦ πάγου ἀναδιδόμεναι ὁσμαι ἐμποδίζονται ἀπολύτως κατὰ τὴν διὰ ξηροῦ πάγου ψῦξιν. Ὁ ξηρὸς πάγος ἐντὸς στεγανοῦ δοχείου ἐξαεριοῦται βραδέως, διότι παρεμβάλλεται μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τῶν θερμῶν τοιχωμάτων ψυχρὸν περίβλημα ἐξ αἰρίου διοξειδίου. Κατὰ τὴν ψῦξιν διὰ ξηροῦ πάγου ἀπαιτεῖται διὰ τὸν αὐτὸν χώρον ὅχι τόσον συχνὴ τροφодότησις, ὅπως εἰς περίπτωσιν χρησιμοποίησεως κοινοῦ πάγου. Διὰ τὰς μεταφορὰς ἐντὸς σιδηροδρομικῶν ὀχημάτων τοποθετεῖται ὁ ξηρὸς πάγος ἐντὸς μεμονωμένων δοχείων εἰς τὴν ὀροφὴν ἢ τὰ τοιχώματα τοῦ ὀχήματος. Τὰ ἐκ τῆς ἐξαερίωσεως

παραγόμενα ψυχρά βαρέα αέρια διοξειδίου του άνθρακος καταπίπτουσι βραδέως εκτοπίζοντα τὸν αέρα, καὶ περιβάλλοντα τὰ ὑπὸ μεταφορὰν εἶδη, ψύχουσι ταῦτα καὶ συντηροῦσι ταυτοχρόνως, ἐμποδίζοντα τὴν ὀξειδωσιν. Ἡ Ἀμερικὴ καὶ ἄλλα κράτη ἀποστέλλουσι μεγάλας ποσότητας νωπῶν ἰχθύων τῇ βοήθειά τοῦ ξηροῦ πάγου. Ἡ Ἰταλία (*Revue Générale du Froid* 1939, σελ. 10) κατεσκεύασεν εἰδικὰ αὐτοκίνητα διὰ τὴν μεταφορὰν νωπῶν ἰχθύων διὰ ξηροῦ πάγου (Plank, σελ. 97). Κατ' ἐκθέσεις τοῦ V. F. Taylor, ἡ ἀποστολὴ νωπῶν ἰχθύων τῇ βοήθειά ξηροῦ πάγου διὰ βαγονίων καὶ πλοίων, ἀκόμη καὶ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, ὅπως ἀπὸ Νέας Ὑόρκης εἰς St. Louis Kansas City ἢ Jamaica, ἐπιτυγχάνεται πλήρως. Κατὰ Salmony, σελ. 36, ἡ Dry Ice Corp. μεταχειρίζεται διὰ τὴν μεταφορὰν λαχανικῶν βαγόνια μήκους 13 μέτρων μὲ 1400 χιλιόγραμμα ξηροῦ πάγου, ὅστις ἐπαρκεῖ διὰ τὴν μεταφορὰν καὶ συντήρησιν ἐπὶ 6 - 15 ἡμέρας ἀναλόγως τῆς ἐξωτερικῆς θερμοκρασίας.

Διὰ τὴν συντήρησιν καὶ μεταφορὰν τροφῶν, αἵτινες ἀπαιτοῦσι θερμοκρασίαν κάτω τοῦ 0°, ὅπως κρέας, ἰχθύες, κυνήγιον, πουλερικά κλπ., πρέπει, ἐν τῇ περιπτώσει χρησιμοποιοῦμεν κοινὸν πάγον, νὰ προσθέσωμεν μαγειρικὸν ἄλας. Ἡ τοιαύτη ψῆξις δίδει ὑγρὰν καὶ ἀκάθαρτον ἀτμόσφαιραν καὶ προσβάλλει τὰ σιδηρὰ μέρη τῶν ἀποθηκῶν καὶ τῶν βαγονίων. Τοῦτο ὅμως δὲν συμβαίνει ὅταν ὡς ψυκτικὸν μεταχειρίζομεθα ξηρὸν πάγον. Ὁ πάγος ἐξαεριοῦται ἀπ' εὐθείας ἄνευ οἰασδῆποτε ὑγρασίας καὶ κατὰ τὰ πειράματα, 100 χλγρ. ξηροῦ πάγου ἀποδίδουσι ψυκτικὴν καὶ συντηρητικὴν ἐνέργειαν ἴσην μὲ ἐκείνην, ἣν θὰ ἀπέδιδον 1500 χιλιόγραμμα πάγου ὕδατος καὶ 300 χιλιόγραμμα ἄλατος. Κατὰ τὴν *Revista del Fredde* 1931, σελ. 366, ἀρκοῦσι 100 χιλιόγραμμα ξηροῦ πάγου διὰ ψῆξιν βαγονίου, ἀντὶ 1200 - 1300 χιλιόγραμμων πάγου ὕδατος.

Διὰ τὴν ἀποστολὴν νωποῦ κρέατος μέσον φορτηγοῦ αὐτοκινήτου ἀπαιτοῦνται ὅπως ἀναφέρει ὁ A. Horr, Brooklyn, ἐν *Ice and Cold Storage*, London 1928 - 31, σελ. 326, διὰ 300 χιλιόγραμμα κρέατος διὰ συντήρησιν ἐπὶ μίαν ἡμέραν, 18 χιλιόγραμμα ξηροῦ πάγου.

Θαυμάσια ἀποτελέσματα ἔσχον τὰ πειράματα συντηρήσεως ὁπωρῶν ἐν τεχνητῇ ἀτμοσφαιρᾷ διοξειδίου τοῦ άνθρακος ἐκ ξηροῦ πάγου. Οἱ Kidd and West περιγράφουσι ἐν *Ice and Cold Storage* 1921 σελ. 237 τὰ ἀποτελέσματα, ἅτινα ἔσχον ἐν ἀτμοσφαιρᾷ 15% διοξειδίου τοῦ άνθρακος εἰς 5° θερμοκρασίαν διὰ τὴν συντήρησιν μήλων ἀπὸ ἐποχῆς εἰς ἐποχὴν.

Ὅμοια πειράματα ἐπὶ ἀπίων ἐξετέλεσεν ὁ S. A. Troust (*Report Investigation Board-Cambridge* 1931, σελ. 92) ἐν ἀτμοσφαιρᾷ ἐξ 20% διοξειδίου τοῦ άνθρακος.

Κατὰ πειράματα γινόμενα ὑπὸ διαφόρων ἐπιστημόνων καὶ περιγραφόμενα ἐν ἐκτάσει εἰς τὰ τεύχη τῆς *Zeitschrift für die gesamte Kälte-Industrie* 1929-1936,

δύνανται όμοίως νά συντηρηθώσι πορτοκάλια, μανδάρinia, λεμόνια, ντομάτες, σταφύλια κλπ. Οί όροι βεβαίως, ύφ' ούς δέον νά γίνη ή συντήρησις έκάστου είδους, είναι διάφοροι διά τά διάφορα είδη και έξαρτώνται εκ πολλών παραγόντων, ών ή εξέτασις άποτελεϊ ειδικόν θέμα ούχι τοϋ παρόντος.

Σοβαρώταται είναι αί παρατηρήσεις τών Meran, Smith, Tomkins, τοϋ Low Temperatur Research Station in Cambridge επί τής επιδράσεως, ήν έξασκει ή εις διοξειδιον τοϋ άνθρακος περιεκτικότης τοϋ άέρος επί τής άναπτύξεως τών βακτηρίων και μυκήτων τοϋ συντηρουμένου κρέατος. Ως έξαγόμενον έχομεν, ότι 20% περιεκτικότης τοϋ άέρος εις διοξειδιον τοϋ άνθρακος διπλασιάζει τόν χρόνον συντηρήσεως τοϋ νωποϋ κρέατος ύπό τήν αϋτήν θερμοκρασίαν. Χοίρειον κρέας διατηρεϊται νωπόν τελείως επί 70 ήμέρας έν άτμοσφαίρα διοξειδίου τοϋ άνθρακος και ψύξει κανονικῇ, όπως απέδειξεν ό Gallow.

Η χρῆσις άρα τοϋ ξηροϋ πάγου, ως εμφαίνεται εκ τών άνωτέρω, επιβάλλεται διά τήν συντήρησιν τών διαφόρων τροφίμων, ως κρέατος, ίχθύων, πουλερικών, ώων, όπωρων, λαχανικών, τυροϋ, βουτύρου, γάλακτος. Η δέ επιτυχία έξαρτάται εκ τοϋ τρόπου χρησιμοποίησεως τοϋ ξηροϋ πάγου εις έκαστον τών ειδών τούτων. Σπουδαιοτάτη έπίσης είναι ή χρησιμοποίησις τοϋ ξηροϋ πάγου διά τήν κατασκευήν τοϋ παγωτοϋ, συντήρησιν και μεταφοράν αϋτοϋ.

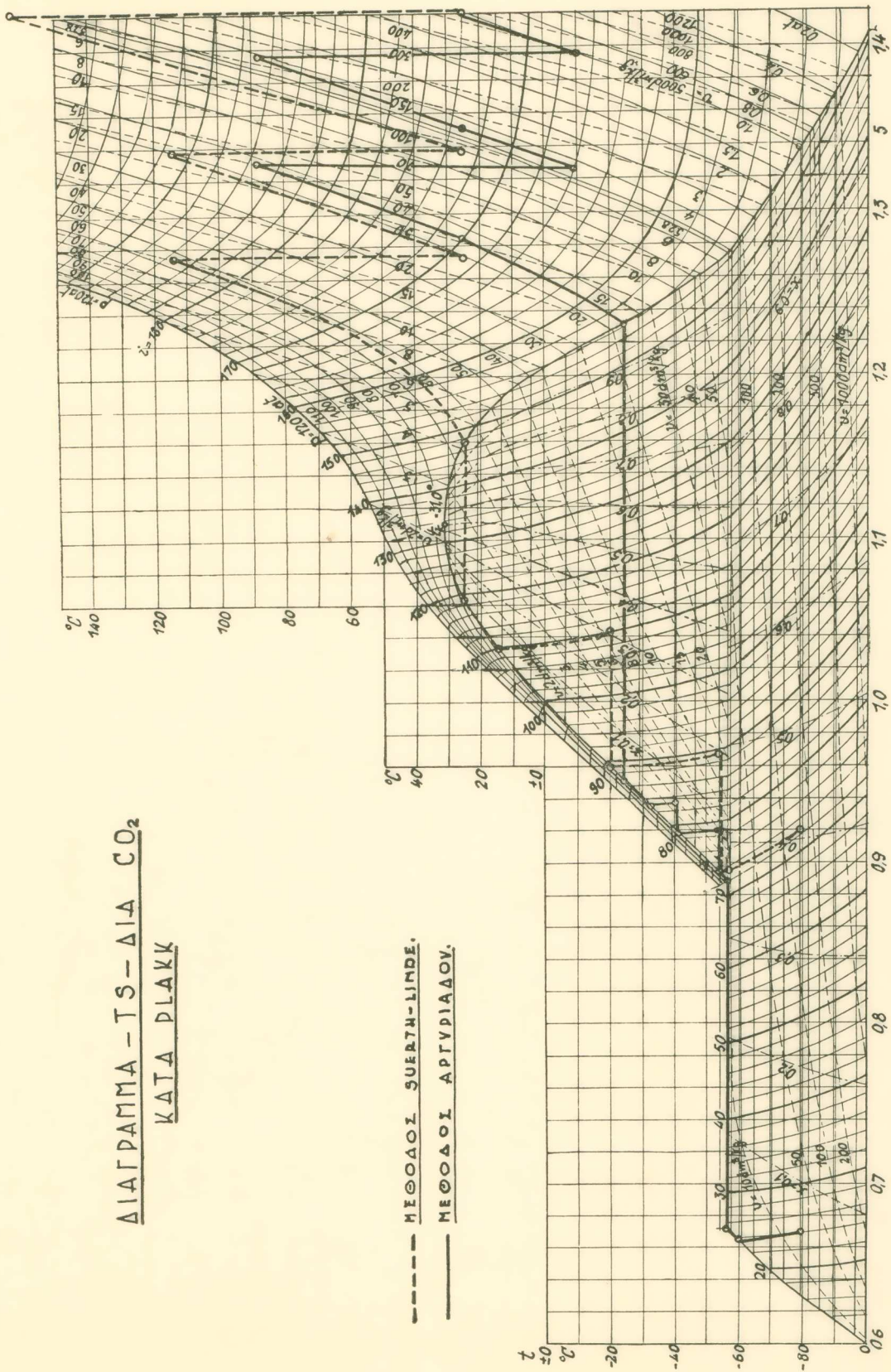
Ο ξηρός πάγος έπιτρέπει τήν έντός όλίγων λεπτών κατασκευήν τοϋ παγωτοϋ και τήν συντήρησιν αϋτοϋ έντός δοχείων τῇ προσθήκη τοϋ ξηροϋ πάγου. Έάν έχομεν έτοιμον μεϊγμα τών διαφόρων ύλικών, έξ ών άποτελεϊται τό παγωτόν, άρκεί νά προσθέσωμεν τριμμένον ξηρόν πάγον και άναμειγνύοντες άπλως νά έχομεν έντός 2 λεπτών έτοιμον τό παγωτόν. Υπάρχουσι βεβαίως και άπλᾳ μικρά μηχανήματα διά τήν θρύψιν τοϋ ξηροϋ πάγου και άνάμειξιν τοϋ παγωτοϋ, τό όποιον ένεκεν άκριβώς τῆς ταχυτάτης πήξεως, γίνεται ιδιαιτέρως εύγευστον. Διά τήν κατασκευήν 20 έως 30 λιτρών παγωτοϋ απαιτούνται 5 έως 6 χιλιογράμμων ξηροϋ πάγου (Salmony, σελ. 38).

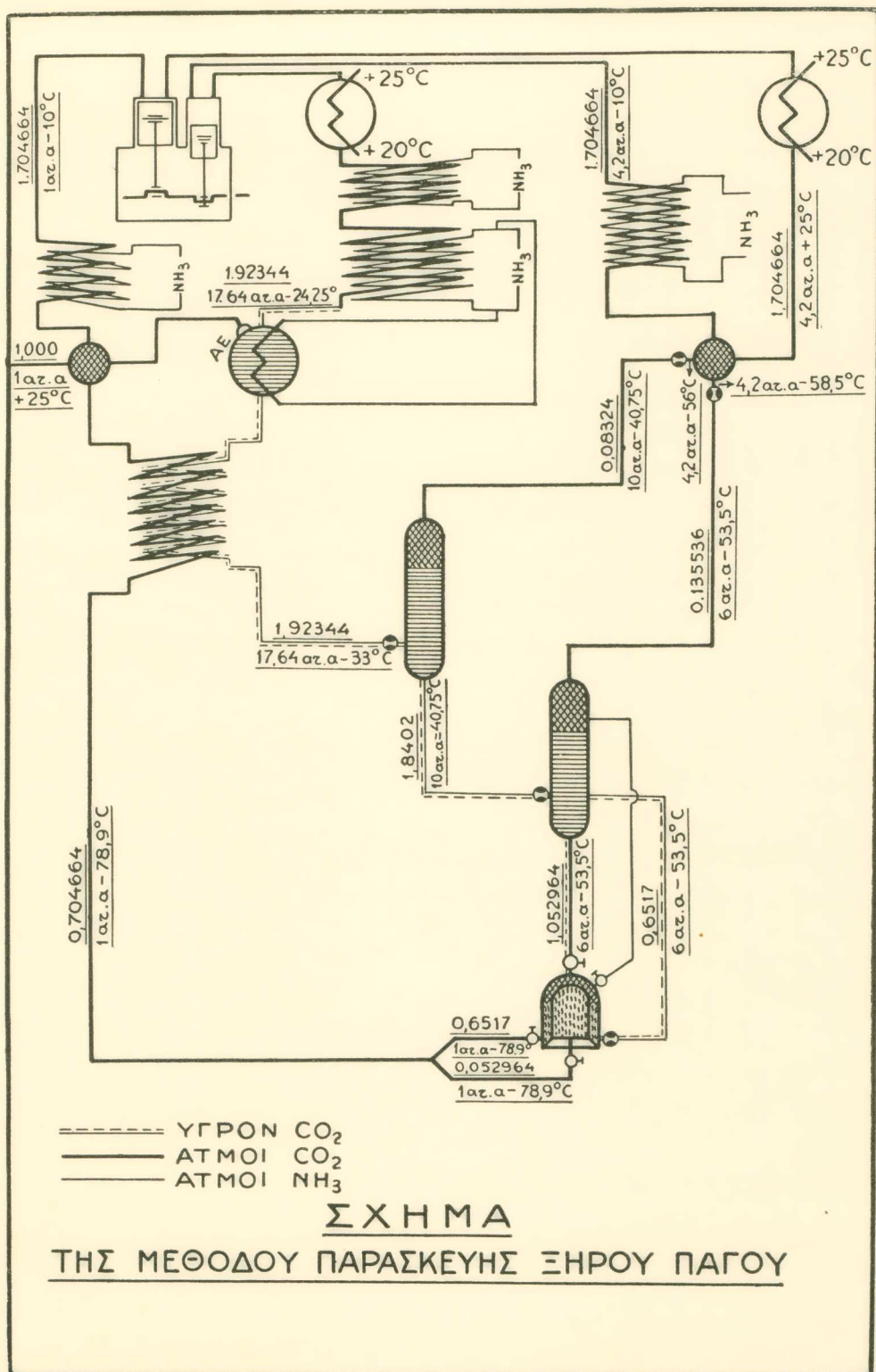
Διά τήν συντήρησιν και μεταφοράν παγωτοϋ τοποθετεϊται τοϋτο εις δοχεϊον διπλῶν τοιχωμάτων τῇ προσθήκη ξηροϋ πάγου, όποτε ή άπώλεια θά είναι 1% καθ' ώραν. Άλλά και έντός άπλοϋ χαρτίνου περιβλήματος μετὰ πριονιδίων ξύλου δύναται νά αποσταλῇ παγωτόν τῇ βοηθεία ξηροϋ πάγου.

Διά τήν αποστολήν μεγαλυτέρων ποσοτήτων παγωτοϋ ἢ βουτύρου ἢ άλλων τροφίμων εις μεγάλας άποστάσεις, έχει άποδειχθῇ ως καταλληλότεατον κιβώτιον περιλαμβάνον 25 χιλιογράμματα. Τό νεκρόν βάρος τοϋ κιβωτίου τούτου είναι 13 χιλιογράμματα. Τῇ προσθήκη 8 χιλιογράμμων ξηροϋ πάγου επιτυγχάνεται συντήρησις 48 ώρων εις θερμοκρασίαν -50° C. ἢ περισσοτέρων κατ' άναλογίαν ώρων εις ύψηλοτέραν θερμοκρασίαν.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ - TS - ΔΙΑ CO₂ ΚΑΤΑ PLANK

----- ΜΕΘΟΔΟΣ SUERTH-LINDE.
 — ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΡΓΥΡΙΑΔΟΥ.





Διὰ μεγάλας ποσότητας ὀπωρῶν, κρεάτων, ἰχθύων κλπ., μεταχειριζόμεθα εἰδικὰ ἰσόθερμα κιβώτια Containers. Τὰ κιβώτια ταῦτα πληρούμενα τροφίμων (ὀπωρῶν, κρέατος, ἰχθύων κλπ.) εἰς τὸν τόπον παραγωγῆς τῇ προσθήκῃ ξηροῦ πάγου, ἢ ἀπλῶς ψυχόμενα, μεταφέρονται καὶ διὰ πλοίων καὶ διὰ σιδηροδρόμου καὶ δι' αὐτοκινήτων χωρὶς νὰ ἀνοιχθῶσιν οὕτως, ὥστε τὸ μεταφερόμενον εἶδος κατ' οὐδὲν ὑποφέρει οὔτε ὑφίσταται τὰς λίαν βλαβερὰς μεταπτώσεις θερμοκρασίας (Salmony, σελ. 39). Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ξηροῦ πάγου διὰ τὰ σφαγεῖα, μεγάλη καὶ μικρὰ κρεοπωλεῖα, ἄλλαντοποιεῖα κλπ. ἔχει εὐρὺ μέλλον, διότι ὡς γνωστὸν κατὰ τὴν ψύξιν διὰ ξηροῦ πάγου δὲν παράγεται ὕδωρ τήξεως, ἄρα δὲν παράγεται ὑγρασία· ἀπ' ἐναντίας, ἡ ἀτμόσφαιρα διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος συντηρεῖ βιολογικῶς τὸ τρώφιστον. Ἡ ἐφαρμογὴ τοῦ ξηροῦ πάγου ἐν τῇ τεχνικῇ βιομηχανίᾳ εἶναι πολλαπλῇ, ὅπως εἰς τὰς χημικὰς βιομηχανίας, διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν AZO χρωμάτων, ἐκκρηκτικῶν ὑλῶν, εἰς τὴν χαρτοποιίαν κλπ. Χρησιμοποιεῖται ἐπίσης εἰς τὴν βυρσοδεψίαν καὶ τὴν βιομηχανίαν ἐλαστικοῦ. Ἀνάμειξις ξηροῦ πάγου μετὰ διοξειδίου τοῦ αἰθυλενίου χρησιμοποιεῖται ὡς ἐντομοκτόνον διὰ τὴν ἀποθήκευσιν τῶν σιτηρῶν (Amerikan Department of Agriculture) μετὰ μεγάλῃς ἐπιτυχίας. Εἰς τὴν ἱατρικὴν ἐγένοντο πειράματα θεραπείας τῆς λέπρας διὰ ξηροῦ πάγου ὑπὸ τοῦ Paldvorle, ἅτινα ἐστέφθησαν ὑπὸ ἐπιτυχίας. Ἐπίσης μεγάλη καὶ ἐπιτυχὴς χρησιμοποίησις αὐτοῦ, ἰδίως μετὰ τὰ πειράματα τοῦ Pusey ἐν Σικάγῳ, γίνεται διὰ τὴν κρυοθεραπείαν διαφόρων δερματολογικῶν, γυναικολογικῶν καὶ ὀφθαλμολογικῶν ἀσθενειῶν (Lortat - Jacob. L. καὶ G. Solente. La Cryotherapie, 1930).

Διὰ τὴν ἐπὶ 14 ἡμέρας ἀπολύτως νωπὴν συντήρησιν τοῦ ἄρτου χρησιμοποιεῖται ὁ ξηρὸς πάγος, ὡς ἀναφέρει ὁ Dr. Link.

Νέοι ὅλως ὀρίζοντες διανοίγονται εἰς τὴν βιομηχανίαν ἀεριούχων καὶ λεμονάδας, διότι ὁ ξηρὸς πάγος θὰ ἀποδίδῃ τὴν ἀπαιτουμένην ψύξιν, ἐν ταυτῷ δὲ ὑγροποιούμενος ἢ ἐξαεριούμενος καταλλήλως θὰ δίδῃ τὰς διὰ τὴν βιομηχανίαν ταύτην ἀναγκαίας ποσότητας διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Ἡ πρὸς τοῦτο συσκευὴ εἶναι ἀπλουστάτη καὶ εὐθηγῆ, θὰ τοποθετηθῇ δὲ ἐφ' ἅπαξ ὑπὸ τοῦ πελάτου, ὁ ὅποῖος ἀντὶ τῆς βαρείας καὶ δαπανηρᾶς φιάλης διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος θὰ ἀγοράζῃ τὸν πολὺ εὐθηνότερον ξηρὸν πάγον καὶ θὰ ἔχῃ ἐκτὸς τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος καὶ ψύξιν δωρεάν.

Μεταξὺ ἄλλων ὁ Otto Hartung εἰς τὴν Kälte-Industrie σελ. 24 περιγράφει τὴν ἀπλὴν συσκευὴν διὰ τὴν μεθυροποίησιν τοῦ ξηροῦ πάγου ἀφοῦ οὗτος ἀποδώσῃ τὴν ψυκτικὴν του ἰκανότητά. Ἡ Chemiker Zeitung 1934, σελ. 338, γράφει ὅτι εἰς τὴν Ἀγγλίαν τὰ 40% τῆς παραγωγῆς τοῦ ξηροῦ πάγου χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἀποστολὴν τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ὑπὸ στερεᾶν μορφήν, ἀντὶ, ὅπως μέχρι σήμερον, ὑπὸ ὑγρᾶν ἐντὸς χαλυβδίνων φιαλῶν. Ὁ ξηρὸς πάγος, μεταφερόμενος εὐθηνῶς ὡς ἐκ τῆς μεγάλῃς διαφορᾶς βάρους, ἐλλειπούσης τῆς φιάλης, μετα-

τρέπεται εἰς τὸν τόπον χρησιμοποίησεως εἰς ὑγρὰν ἢ ἀέριον κατάστασιν ἀποδίδων ταυτοχρόνως καὶ ψῦξιν. Ἐνεκα τούτου καθίστανται περιτταὶ αἱ διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ ὑγροῦ διοξειδίου ἀπαραίτητοι χαλύβδιναι φιάλαι, αἷτινες καὶ κεφάλαιον ἐγκαταστάσεως μέγα ἀπαιτοῦσι καὶ τὴν μεταφορὰν καθιστῶσι δαπανηρὰν καὶ δύσκολον. Αἱ φιάλαι ἐπιβαρύνουσι σήμερον τὸ διοξείδιον δι' ἐξόδων ἀποσβέσεως τοῦ νεκροῦ κεφαλαίου των, ἐξόδου μεταφορᾶς καὶ ἐπιστροφῆς καὶ ἄλλων εἰς μέγαν βαθμόν. Ἀποδείξεις τούτου εἶναι ὅτι, ἐνῶ τὸ ὑγρὸν διοξείδιον στοιχίζει 70 Pfennig κατὰ χιλιόγραμμα ἐν Γερμανίᾳ, ὁ ξηρὸς πάγος προσφέρεται εἰς τὴν οἰκίαν μὲ 35 ἕως 40 Pfennig καὶ ἀπὸ τοῦ ἐργοστασίου 25 Pfennig κατὰ χιλιόγραμμα μετὰ τοῦ περιβλήματός του. Ὑπὸ τὰς ἡμετέρας συνθήκας, ὅπου ἔχομεν τιμὴν ὑγροῦ διοξειδίου 16 δρχ. κατὰ χιλιόγραμμα, θὰ στοιχίσῃ τοῦτο εἰς τὸν καταναλωτὴν καὶ εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως, ὡς ἐκ τῶν ἐξόδων μεταφορᾶς καὶ ἐπιστροφῆς τῶν φιαλῶν, 19 δρχ. κατὰ χιλιόγραμμα ὑγροῦ, ἐνῶ ἐν ἀγοράσῃ οὗτος ἐν χιλιόγραμμα ξηροῦ πάγου, ὅστις δύναται νὰ πληρωθῇ, μὲ ἐπαρκὲς περιθώριον κέρδους, 9 δραχμάς, θὰ ἔχῃ ἐν χιλιόγραμμα ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακὸς καὶ 100 περίπου θερμομονάδας ψύξεως.

Ἐν συμπεράσματι, ὁ ξηρὸς πάγος ἔχει τὰ ἐξῆς πλεονεκτήματα ἥτοι:

1) Ἐχει μεγαλύτερον εἰδικὸν βάρος, ἥτοι ὑπὸ τὸν αὐτὸν ὄγκον 15πλάσιαν ἀπόδοσιν ἢ ὁ κοινὸς πάγος. Ὡς ἐκ τούτου γίνεται μεγάλη οἰκονομία χώρου, εὐθηνὴ μεταφορὰ, πολλαπλῇ ψυκτικῇ ἀπόδοσις. Δεδομένου ὅτι ἀντὶ 1500 χιλιόγραμμων πάγου ὕδατος θ' ἀπαιτηθῶν δι' ἐν βαγόνιον 100 χιλιόγραμμα μόνον ξηροῦ πάγου, τὸ βαγόνιον θὰ περιλάβῃ περισσότερον ἐμπόρευμα καὶ ἄρα ἡ μεταφορὰ κατὰ μονάδα ἐμπορεύματος θὰ εἶναι εὐθηνότερα.

2) Ἡ ἐξάτμισις τοῦ εἶναι ἄμεσος ἀνευ οἰουδήποτε ὑπολείμματος.

3) Ἐπειδὴ ὁ ξηρὸς πάγος ἐξαεριούμενος δίδει διοξείδιον τοῦ ἀνθρακὸς, τὸ ὁποῖον ἔχει τὸ ἥμισυ τῆς ἱκανότητος τοῦ ξηροῦ ἀέρος εἰς τὸ νὰ ἐξατμίξῃ τὸ ὕδωρ, τὰ τρόφιμα περιβαλλόμενα ὑπὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακὸς διατηροῦσι τὴν φυσικὴν αὐτῶν ὑγρασίαν περισσότερον.

4) Παράγει 152 θερμομονάδας κατὰ χιλιόγραμμα ἐναντι 80 θερμομονάδων τοῦ κοινοῦ πάγου.

5) Παρέχει πρὸς ἐκμετάλλευσιν τὸ ψῦχος τῶν ἀερίων διὰ τὴν περαιτέρω ψῦξιν, διότι τὰ ἀέρια αὐτὰ καθ' ἑαυτὰ εἶναι φορεῖς ψύχους.

6) Ἡ συντηρητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἀερίου διοξειδίου ἐμποδίζει τὴν σῆψιν καὶ καταστρέφει τὰ μικρόβια.

7) Παράγει ἀπομόνωσιν τοῦ ψυχομένου εἵδους ὑπὸ τοῦ ἀερίου διοξειδίου περιβάλλοντος τοῦτο. Ἡ μονωτικὴ δύναμις τοῦ ἀερίου εἶναι διπλάσια τῆς τοῦ ἀέρος.

8) Στερεῖται οἰασδῆποτε ἀκαθαρσίας.

9) Ἐπιτρέπεται πλήρη ἐκμετάλλευσιν τοῦ χώρου τοῦ ψυχομένου θαλάμου. Οὐδεμία σπατάλη δι' ἀγωγούς ἀερισμοῦ.

10) Δὲν ὑφίσταται ἀνάγκη συμπληρώσεως τοῦ ψυκτικοῦ κατὰ τὴν διὰ σιδηροδρόμου ἢ πλοίου μεταφορὰν διὰ περισσοτέρας ἡμέρας. Διὰ τὴν οἰκιακὴν χρῆσιν ἀναέωσις τοῦ ψυκτικοῦ ἀνὰ 10 περίπου ἡμέρας.

11) Δίδει διὰ τὴν βιομηχανίαν ἀεριούχων εὐθιγὴν ψῦξιν καὶ ἐκτὸς τούτου καὶ παραγωγὴν τοῦ ἀπαιτούμενου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ὑπὸ ὑγρὰν ἢ ἀερίαν κατάστασιν.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΩΓΗΣ ΞΗΡΟΥ ΠΑΓΟΥ Η ΣΤΕΡΕΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΟΣ.

ΦΥΣΙΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΟΣ.

1. Εἰς κατάστασιν ἀερίου.

Ἀριθμὸς ἀτόμων = 3.

Ἀκριβὲς μοριακὸν βάρος (μὲ βάσιν $O_2 = 32$) $M = 44,00$.

Πραγματικὸν βάρος εἰς χιλιόγραμμα ἑνὸς κυβικοῦ μέτρου ἀερίου εἰς θερμοκρασίαν $0^\circ C$ καὶ πίεσιν 760 χιλιοστῶν ὑδραργυρικῆς στήλης = 1,9768.

Σταθερὰ ἀερίου $R = 19,273$ (κατὰ Plank).

Εἰδικὴ θερμότης ὑπὸ πίεσιν 1 ἀτμοσφαίρας ἀπολύτου καὶ θερμοκρασίαν $+ 20^\circ C$. θὰ εἶναι: $c_p = 0,202$.

Εἰδικὴ θερμότης ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον $c_v = 0,156$.

Ἐκθετικὸς συντελεστὴς $k = c_p/c_v = 1,294878$, κατὰ δὲ Ostertag = 1,3.

2. Εἰς κατάστασιν ἀτμῶν.

Κρίσιμος θερμοκρασία κατὰ Amagat $t_k = 31,35^\circ C$., κατὰ Meyers καὶ van Dusen $t_k = 31,1^\circ C$., κατὰ Plank καὶ Kuprianof $t_k = 31,0^\circ C$.

Κρίσιμος πίεσις P_k κατὰ Meyers καὶ van Dusen 75,21 κατὰ Eichelberg 74,88, κατὰ Langen 74,43, κατὰ Plank 74,96 ἀτμ. ἀπ.

Κρίσιμος ὄγκος v'' κατὰ Plank καὶ Kuprianoff 2,156 λίτραι κατὰ χιλιόγραμμα.

3. Εἰς ὑγρὰν κατάστασιν.

Εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὑγροῦ κυμαίνεται ἀπὸ 0,94 θερμίδων κατὰ χιλιόγραμμα καὶ βαθμόν, διὰ θερμοκρασίας μεταξὺ 0 καὶ $+ 20^\circ C$., εἰς 0,48 διὰ θερμοκρασίας μεταξὺ 0 καὶ $- 20^\circ C$.

Εἰδικὸς ὄγκος κεκορεσμένου ὑγροῦ κατὰ Plank καὶ Kuprianoff εἰς θερμοκρασίαν $+ 31,0^\circ C$ θὰ εἶναι $v' = 2,156$ λίτρα/χλγρ., καὶ εἰς θερμοκρασίαν $- 56,6^\circ C$ $v' = 0,849$ λίτρα/χλγρ.

Τὸ τριπλοῦν σημεῖον, ἥτοι τὸ σημεῖον ὅπου αἱ τρεῖς καταστάσεις ἀερίαι, ὑγρὰ καὶ στερεὰ συνυπάρχουσιν, εὐρίσκεται εἰς πίεσιν 5,28 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίαν $- 56,6^\circ C$.

Θερμότης πήξεως τοῦ ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ὑπὸ πίεσιν 5,28 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-56,6^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν εἶναι 46,76 θερμίδες κατὰ χιλιόγραμμαμον.

4. Εἰς στερεὰν κατάστασιν.

Εἰδικὸν βάρος. Τὸ μέγιστον εἰδικὸν βάρος τοῦ στερεοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἐπιτυγχάνεται ὅταν ὑγρὸν διοξείδιον τοῦ ἀνθρακος στερεοποιηθῇ δι' ἐμβαπτίσεως ἐντὸς καταλλήλου ψυχροῦ λουτροῦ, ἐπὶ παραδείγματι ἐντὸς λουτροῦ ὑγροῦ ἀέρος. Κατὰ μετρήσεις γενομένας ὑπὸ τοῦ Behn, τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ οὕτω παρασκευαζομένου στερεοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἶναι 1,56 χιλιόγραμμα κατὰ λίτρον εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐξαχνώσεως $-78,9^{\circ}\text{C}$. Οἰαδήποτε βιομηχανικὴ παρασκευὴ ξηροῦ πάγου θὰ ἔδει νὰ τείνῃ νὰ ἐπιτύχῃ, δι' εὐχερῶν βεβαίως καὶ θερμικῶς οἰκονομικῶν μεθόδων, τὸ μέγιστον τοῦτο εἰδικὸν βάρος, διότι ἡ συντήρησις τοῦ ξηροῦ πάγου ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ εἰδικοῦ αὐτοῦ βάρους. Ἡ συνήθης ὁμως βιομηχανικὴ παρασκευὴ, ἔχουσα ὡς πρῶτον σταθμὸν παραγωγὴν χύονος διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, ἦν κατόπιν συμπίεζουσα διὰ καταλλήλων μηχανημάτων παράγει τὸν ξηρὸν πάγον, δὲν δύναται νὰ ἐπιτύχῃ τὸ εἰδικὸν τοῦτο βάρος καὶ ἀρκεῖται, ὅπως ὁ καθηγητὴς Plank ἀναφέρει, εἰς εἰδικὸν βάρος ἀπὸ 1,1 μέχρι 1,2 χλγρ/λίτρον. Καὶ αἱ ἄλλαι ὁμως βιομηχανικαὶ μέθοδοι, αἱ ἔχουσαι ὡς βάσιν τὴν πῆξιν τοῦ ὑγροῦ διοξειδίου δι' ἐσωτερικῆς ἀφαιρέσεως τῆς θερμότητος, ἥτις ἀφαιρέσεις εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς χρησιμοποιουμένης αὐτοεκτονώσεως τοῦ ὑγροῦ, δὲν ἐπιτυγχάνουσι καλύτερα ἀποτελέσματα, διότι ἡ οὕτω παραγομένη στερεὰ μᾶζα εἶναι κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον σπογγώδης ὡς ἐκ τῶν πολυαρίθμων κατὰ τὴν αὐτοεκτόνωσιν παραγομένων ἀπειροελαχίστων πόρων.

Κατὰ παρατηρήσεις τοῦ Mass καὶ Barness, ὁ εἰδικὸς ὄγκος τοῦ στερεοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, καὶ ἄρα τὸ εἰδικὸν αὐτοῦ βάρος, μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας καὶ εἶναι ἐπὶ παραδείγματι διὰ θερμοκρασίαν -183°C ὁ εἰδικὸς ὄγκος $v=0,599$ λίτρα κατὰ χιλιόγραμμαμον, τὸ εἰδικὸν βάρος $\gamma=1,669$ χιλιόγραμμα κατὰ λίτρον, ἐνῶ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν -80°C εἶναι ὁ εἰδικὸς ὄγκος $v=0,639$ λίτρα χλγρ. καὶ τὸ εἰδικὸν βάρος $\gamma=1,566$ χλγρ/λ.

Ὁ εἰδικὸς ὄγκος τοῦ ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ τριπλοῦ σημείου $-56,6^{\circ}\text{C}$. εἶναι $v=0,849$, καὶ τοῦ στερεοῦ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν $v'=0,661$ λίτρα/χλγρ., ἄρα, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ ὕδωρ, τὸ διοξείδιον τοῦ ἀνθρακος συστέλλεται κατὰ τὴν πῆξιν, ἡ δὲ συστολὴ αὕτη ἀνέρχεται εἰς 28,5 % περίπου.

Εἰς πίεσιν 760 χιλιοστῶν ὑδραργυρικῆς στήλης, ἡ θερμοκρασία ἐξαχνώσεως εἶναι $-78,9^{\circ}\text{C}$, ἡ θερμότης ἐξαχνώσεως εἰς τὴν θερμοκρασίαν $-78,9^{\circ}\text{C}$ εἶναι 136,89 θερμίδες κατὰ χιλιόγραμμαμον, ἡ δὲ εἰδικὴ θερμότης τοῦ στερεοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν $-78,9^{\circ}\text{C}$ εἶναι κατὰ Eucken $cp=0,294$, κατὰ

Plank $cp = 0,300$ και κατὰ Mass και Barness $cp = 0,318$ θερμίδες κατὰ χιλιόγραμμα και βαθμὸν C.

Ἡ προτεινομένη νέα μέθοδος παρασκευῆς ξηροῦ πάγου. Αἱ πλεῖσται τῶν μέχρι σήμερον γνωστῶν μεθόδων παραγωγῆς ξηροῦ πάγου ἐξ αέριου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἀκολουθοῦσι τὴν κατωτέρω διαδοχὴν τῶν διαφόρων φάσεων τοῦ κύκλου στερεοποιήσεως τοῦ αέριου. Ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἐξωτερικοῦ περιβάλλοντος ἥτις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ φυσικοῦ ὕδατος, συμπιέζεται τὸ αέριον διοξείδιον τοῦ ἀνθρακος δι' ἀναλώσεως μηχανικοῦ ἔργου και ὑδροποιεῖται τὸ οὕτω συμπιεσθὲν αέριον δι' ἀφαιρέσεως τῆς θερμότητος συμπίσεως και ὑδροποιήσεως ὑπὸ φυσικοῦ ψυκτικοῦ ὕδατος. Δεδομένου ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ φυσικοῦ ψυκτικοῦ ὕδατος εἰς τὰ σχετικῶς θερμότερα κλίματα εἶναι συνήθως $+20$ μέχρι $+25^{\circ}\text{C}$, ἡ συμπίσις και ὑδροποίησις αέριου γίνεται εἰς τὰ ὅρια τῆς κρισίμου καταστάσεως τοῦ αέριου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος και ἐνέχει ἄρα μεγάλην σχετικὴν κατανάλωσιν μηχανικοῦ ἔργου. Τὸ οὕτω λαμβανόμενον ὑγρὸν διοξείδιον τοῦ ἀνθρακος ἐκτονοῦται ἄνευ ἀποδόσεως ἐξωτερικοῦ ἔργου εἰς τινὰς μὲν μεθόδους μέχρι τῆς πίσεως τῆς μιᾶς ἀπολύτου ἀτμοσφαίρας, παρᾶγον χιόνα και ἀτμοὺς διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, εἰς ἄλλας δὲ μέχρι τοῦ τριπλοῦ σημείου ἢ ἐλάχιστον ἄνω αὐτοῦ, παρᾶγον μεῖγμα ὑγροῦ, κρυστάλλων και ἀτμῶν διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Καὶ εἰς μὲν τὴν περίπτωσιν τῆς παραγωγῆς χιόνος, αὕτη συμπιέζεται διὰ καταλλήλων μηχανημάτων πρὸς στερεόν, εἰς δὲ τὴν περίπτωσιν τοῦ μείγματος ὑγροῦ και κρυστάλλων πηγνυται τοῦτο πρὸς στερεόν διὰ περαιτέρω ἐκτονώσεως μέχρι μιᾶς ἀτμοσφαίρας ἀπολύτου, παρᾶγον στερεόν και ἀτμοὺς διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Τὸ χαρακτηριστικὸν ἄρα τῶν πλείστων ἐκ τῶν γνωστῶν μεθόδων εἶναι ἡ ὑπὸ τὴν ἐπήρειαν τῆς ἐξωτερικῆς θερμοκρασίας ὑδροποίησις και ἡ δι' ἐσωτερικῆς οὕτως εἰπεῖν ἀφαιρέσεως τῆς θερμότητος πήξεως στερεοποίησις τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Γνωστὴ εἶναι ἐπίσης ἡ μέθοδος, καθ' ἣν ἡ πῆξις τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, πρὸς ἀποφυγὴν κατανάλωσεως μεγάλου μηχανικοῦ ἔργου, ἐπιτυγχάνεται δι' ἐπιμόνου και ἐντατικῆς ἐξωτερικῆς ψύξεως τοῦ αέριου διοξειδίου, εὐρισκομένου ὑπὸ πίεσιν μιᾶς μέχρις 6 ἀτμοσφαιρῶν ἀπολύτων. Ἡ ἐξωτερικὴ ψύξις ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ δέον νὰ γίνηται εἰς θερμοκρασίας ἀναλόγους τῇ πίσει και ποικιλλούσας ἀπὸ $-56,6$ μέχρι $-78,9^{\circ}\text{C}$.

Εἰς ὅλας ὁμως τὰς ἄνω μεθόδους, ἡ κατὰ μονάδα βάρους παραγομένου πάγου κατανάλωσις μηχανικῆς ἢ χημικῆς ἐνεργείας εἶναι σχετικῶς μεγάλη, ὥς τοῦτο και ἐξ ὑπολογισμοῦ και διὰ χαράξεως τῶν διαφόρων μεθόδων εἰς τὸ θερμικὸν TS διάγραμμα διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἐξάγεται. Ἡ ἐπισταμένη μελέτη και ἐξέτασις τοῦ θερμικοῦ τούτου διαγράμματος δεικνύει ὅτι διὰ τὴν στερεοποίησιν αέριου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, τὸ ὅποῖον εὐρίσκεται ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν τῆς μιᾶς ἀτμοσφαίρας ἀπολύτου

καὶ ὑπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, θὰ ἦτο δυνατόν νὰ ἀκολουθήσωμεν διαφόρους ὁδούς, ἡ σύγκρισις τῶν ὁποίων μᾶς δίδει τὴν ἐκ διαφόρων αἰτίων εὐνοϊκωτέραν τοιαύτην. Σημεῖα τῆς συγκρίσεως θὰ ἔδει νὰ εἶναι ἡ κατὰ χιλιόγραμμα παραγομένου πάγου διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἀναλίσκομένη ἐνέργεια, αἱ φυσικαὶ ιδιότητες τοῦ παραγομένου πάγου, ἰδίως δὲ τὸ εἰδικὸν βᾶρος αὐτοῦ, τὸ εὐχρηστον καὶ ἀσφαλὲς τῆς λειτουργίας τῶν πρὸς τὸν σκοπὸν τῆς στερεοποιήσεως τοῦ ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἀπαιτουμένων μηχανημάτων καὶ τέλος ἡ ταχύτης τοῦ φαινομένου τῆς μεταπτώσεως τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἀπὸ τῆς ἀερίου εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν. Διὰ τὴν σύγκρισιν τῶν διαφόρων μεθόδων σχετικῶς μὲ τὴν καταναλίσκομένην μηχανικὴν ἐνέργειαν προϋποθέτομεν ἀδιαβατικὴν συμπίεσιν τοῦ ἀερίου. Ἡ ἐκ τῆς μελέτης τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος TS ἐξαχθεῖσα καὶ προτεινομένη μέθοδος παρουσιάζει τὸ χαρακτηριστικὸν ὅτι ἀποφεύγει τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἐξωτερικοῦ περιβάλλοντος διὰ τὴν συμπίεσιν καὶ ὑγροποίησιν τοῦ ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος, χρησιμοποιοῦ ὠρισμένους νόμους τῆς θερμοδυναμικῆς διὰ τὴν ἐπίτευξιν μειώσεως τοῦ ἀδιαβατικοῦ ἔργου συμπίεσεως, καὶ στερεοποιεῖ τὸ ὑγρὸν διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος δι' ἐπιδράσεως ἐξωτερικῆς ψύξεως, προσερχομένης ἐξ αὐτῆς τῆς ἐξαχνώσεως χιόνος διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος. Κατὰ τὴν προτεινομένην μέθοδον, τὸ ἀέριον διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ὑγροποιεῖται συμπιεζόμενον καὶ ψυχόμενον ταυτοχρόνως, ἡ δὲ ὑγροποίησις γίνεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν κορεσμοῦ $-24,25^{\circ}\text{C}$, ἀνεξαρτήτως ἄρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἐξωτερικοῦ περιβάλλοντος. Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης ἐπιτυγχάνεται ἡ μικροτέρα κατανάλωσις μηχανικοῦ ἔργου ἀδιαβατικῆς συμπίεσεως καὶ ἡ ἀντικατάστασις ἐν μέρει τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας διὰ ψυκτικῆς τοιαύτης, παρεχόμενης ὑπὸ βοηθητικῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως, λειτουργούσης διὰ καταλλήλου ψυκτικοῦ μέσου. Ὡς γνωστόν, τὸ ἰσοδύναμον ἑνὸς μηχανικοῦ ὠριαίου ἵππου εἶναι 632 θερμίδες, ἐνῶ ὁ αὐτὸς μηχανικὸς ὠριαῖος ἵππος καταναλίσκόμενος διὰ παραγωγὴν ψυκτικῆς ἐνεργείας ἐντὸς ὠρισμένων συνθηκῶν ἐξαερίωσεως καὶ ὑγροποιήσεως καὶ ἀναλόγως τῶν φυσικῶν ιδιοτήτων τοῦ ψυκτικοῦ μέσου, ἀποδίδει πολλαπλάσιον τῶν 632 θερμίδων. Ἐκ τῶν διαφόρων ψυκτικῶν μέσων τὸ ὑγρὸν διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, ἕνεκα ἀκριβῶς τῆς θέσεως τοῦ κρισίμου αὐτοῦ σημείου, εὐρίσκεται ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας ἐξαερίωσεως καὶ ὑγροποιήσεως εἰς μειονεκτικὴν θέσιν, ὡς ἐπὶ παραδείγματι ἡ θεωρητικὴ ψυκτικὴ ἀπόδοσις κατὰ ὠριαῖον ἵππον εἰς θερμοκρασίαν ἐξαερίωσεως -15°C καὶ θερμοκρασίαν ὑγροποιήσεως $+25^{\circ}\text{C}$ εἶναι διὰ μὲν τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος 2230 θερμίδες, διὰ δὲ τὴν ἀνυδρὸν ἀμμωνίαν 3459 θερμίδες. Εἰς τὴν περὶπτωσιν διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἡ θέσις τοῦ κρισίμου αὐτοῦ σημείου, ἡ κρίσιμος αὐτοῦ θερμοκρασία καὶ ἡ ὥς ἐκ τούτου ὑψηλὴ τιμὴ τῆς συμπίεσεως καὶ κορεσμοῦ διὰ τὴν ὑγροποίησιν ἐπηρεάζει σοβαρῶς, διὰ θερμοκρασίας ὑγροποιήσεως πλησιαζούσας τὴν

κρίσιμον αὐτοῦ θερμοκρασίαν, τὴν ψυκτικὴν ἀπόδοσιν, μηδενίζει δὲ τελείως αὐτὴν διὰ θερμοκρασίαν ὑγροποιήσεως συμπίπτουσιν μὲ τὴν κρίσιμον αὐτοῦ θερμοκρασίαν τῶν 31,0°C. Διὰ τὴν ψυκτικὴν ἄρα ἐνέργειαν ἥτις ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ὑγροποίησιν καὶ ἐν μέρει καὶ διὰ τὴν στερεοποίησιν τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, θὰ ἔδει νὰ ἀποφευχθῇ κατὰ τὸ δυνατόν ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ὡς ψυκτικοῦ μέσου καὶ νὰ ἀντικατασταθῇ τοῦτο δι' ἄλλου, οὔτινος αἱ φυσικαὶ ἰδιότητες καθιστῶσιν αὐτὸ προσφορώτερον καὶ καταλληλότερον διὰ τὸν ἐπιδιωκόμενον σκοπόν, ὡς τοιοῦτον δὲ προκρίνεται ἡ ἀνυδροσ ἀμμωνία. Ἄρα διὰ τὴν ἀντικατάστασιν μέρους τῆς διὰ τὴν ὑγροποίησιν τοῦ ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἀπαιτουμένης μηχανικῆς ἐνεργείας ὑπὸ ψυκτικῆς τοιαύτης, ὡς ψυκτικὸν μέσον δέον νὰ προορισθῇ ἡ ἀνυδροσ ἀμμωνία. Ἐκτὸς ὅμως τῆς διὰ τῆς ἀντικαταστάσεως μέρους τοῦ μηχανικοῦ ἔργου ἀδιαβατικῆς συμπίσεως ὑπὸ ψυκτικῆς τοιαύτης ἐπιτυγχανομένης οἰκονομίας, γίνεται χρῆσις διὰ τὴν μείωσιν αὐτοῦ τούτου τοῦ ἀδιαβατικοῦ ἔργου συμπίσεως τοῦ ἐπομένου νόμου. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν ἀερίων, ὁ ὄγκος ἀερίου τινὸς εὐρισκόμενον ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν αὐξομειοῦται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἐὰν ἐπομένως ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ πρὸς συμπίεσιν ἀερίου μειωθῇ τότε καὶ ὁ ὄγκος αὐτοῦ θὰ σμικρυνθῇ ἀναλόγως. Τὸ ἀδιαβατικὸν ὅμως ἔργον συμπίσεως δι' ἐν χιλιόγραμμαμον ἀερίου δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$L = \frac{k}{k-1} \cdot P_0 V_0 \left[\left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

καὶ εἶναι ἄρα συνάρτησις τοῦ ἀρχικοῦ εἰδικοῦ ὄγκου τοῦ πρὸς συμπίεσιν ἀερίου. Ἡ σμίκρυνσις ἄρα τοῦ εἰδικοῦ ἀρχικοῦ ὄγκου τοῦ ὑπὸ συμπίεσιν ἀερίου ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐλάττωσιν τοῦ, διὰ τὴν ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς πίσεως P εἰς τὴν τελικὴν τοιαύτην P , ἀπαιτουμένου ἔργου ἀδιαβατικῆς συμπίσεως.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἄνω παρατηρήσεων ἡ προτεινομένη μέθοδος στερεοποιήσεως τοῦ ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἀκολουθεῖ τὴν κατωτέρω σειρὰν φάσεων.

Τὸ ὑπὸ θερμοκρασίαν τοῦ ἐξωτερικοῦ περιβάλλοντος καὶ ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀπολύτου ἀτμοσφαίρας εὐρισκόμενον ἀέριον διοξείδιον τοῦ ἀνθρακος ψύχεται διὰ τῆς βοηθητικῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως, ἥ διὰ τῶν ἐκ τῆς συσκευῆς στερεοποιήσεως ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος προερχομένων λίαν ψυχρῶν ἀτμῶν, εἰς τὴν θερμοκρασίαν -10°C καὶ οὕτω ψυχθὲν ὁδηγεῖται πρὸς συμπίεσιν εἰς τὸν κύλινδρον χαμηλῆς πίσεως διβαθμίου συμπιεστοῦ ὅπου συμπιέζεται ἀδιαβατικῶς εἰς τὴν πίεσιν τῶν 4,2 ἀτμ. ἀπ. (ὡς ἐλέγχθη, διὰ τὴν σύγκρισιν μόνον τίθεται ὁ ἀδιαβατικὸς ὡς τρόπος συμπίσεως).

Τὰ ἐκ τῆς πρώτης ταύτης βαθμίδος τοῦ συμπιεστοῦ μὲ πίεσιν 4,2 ἀτμ. ἀπ. ἐξερχόμενα ὑπερθερμα ὡς ἐκ τῆς συμπίσεως ἀέρια ψύχονται ἐν τῇ συσκευῇ ψύξεως

διὰ ψυκτικοῦ ὕδατος εἰς τὴν θερμοκρασίαν $+ 25^{\circ}\text{C}$ καὶ κατόπιν διὰ ψυχρῶν ἀτμῶν, ἐρχομένων ἐκ τῆς συσκευῆς παγοποιήσεως ἢ τῆς βοηθητικῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως, εἰς τὴν θερμοκρασίαν -10°C καὶ οὕτω εἰς τὴν δευτέραν βαθμίδα τοῦ συμπιεστοῦ, ἥτοι εἰς κύλινδρον ὑψηλῆς πίσεως, προσφέρεται πρὸς συμπέσιν ἀέριον διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ὑπὸ πίσιν 4,2 ἀτμ. ἀπ. καὶ -10°C θερμοκρασίας, ὅπου καὶ συμπιέζεται ἀδιαβατικῶς εἰς 17,64 ἀτμ. ἀπ. Τὸ ἐκ τῆς δευτέρας ταύτης βαθμίδος τοῦ συμπιεστοῦ ὑπὸ πίσιν 17,65 ἀτμ. ἀπ. ἐξερχόμενον ὑπέρθερμον ὡς ἐκ τῆς συμπίσεως ἀέριον διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ψύχεται ἐν τῇ συσκευῇ ψύξεως διὰ ψυκτικοῦ ὕδατος εἰς τὴν θερμοκρασίαν $+ 25^{\circ}\text{C}$ καὶ κατόπιν διὰ τῆς βοηθητικῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως ψύχεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν $-24,25^{\circ}\text{C}$, ἥτις θερμοκρασία ἀποτελεῖ τὴν θερμοκρασίαν κορεσμοῦ τοῦ ὑπὸ τὴν πίσιν 17,64 ἀτμ. ἀπ. εὑρισκομένου ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος. Διὰ τῆς αὐτῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως ἀφαιρεῖται καὶ ἡ θερμότης ὑγροποιήσεως τῶν ὑπὸ πίσιν 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-24,25^{\circ}\text{C}$ εὑρισκομένων κεκορεσμένων ἀτμῶν διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος καὶ οὕτω συλλέγεται εἰς τὸ συλλεκτικὸν δοχεῖον ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος εἰς ὑγρὰν κατὰστασιν θερμοκρασίας $-24,25^{\circ}\text{C}$ καὶ 17,64 ἀτμ. ἀπ. πίσεως. Τὸ δοχεῖον τοῦτο προφυλάσσεται ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τῆς ἐξωτερικῆς θερμότητος διὰ καταλλήλου μονωτικοῦ περιβλήματος καὶ ὑπὸ εἰδικῷ ὀφιοειδοῦς σωλήνος λειτουργοῦντος διὰ τῆς βοηθητικῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως, ἀσφαλτικὸν δὲ ἐπιστόμιον προστατεύει αὐτὸ ἀπὸ τὰς τυχόν ὑπερπίσεις.

Ἐκ τοῦ δοχείου τούτου τὸ ὑγρὸν ἀφ' οὗ ψυχθῇ δι' εἰδικῷ θερμικοῦ ἐναλλακτῆρος, λειτουργοῦντος διὰ τῶν ἐκ τῆς συσκευῆς παγοποιήσεως ἐξερχομένων ψυχρῶν ἀτμῶν, εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν -33°C , ἐκτονοῦται δι' εἰδικῷ ἀκροφυσίου ἢ ρυθμιστικῆς βαλβίδος εἰς τὴν πίσιν τῶν 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ ῥεῖ εἰς τὸ πρῶτον ἐνδιάμεσον δοχεῖον, ψυχθὲν ἤδη διὰ τῆς ἐκτονώσεως εἰς θερμοκρασίαν $-40,75^{\circ}\text{C}$. Οἱ κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν ταύτην παραγόμενοι ψυχροὶ ἀτμοὶ χρησιμοποιοῦνται πρὸς ψύξιν δι' ἀναμείξεως τοῦ ἐκ τῆς πρώτης βαθμίδος τοῦ συμπιεστοῦ μετὰ τὴν δι' ὕδατος εἰς $+ 25^{\circ}\text{C}$ πρόψυξιν ἐξερχομένου ἀερίου, ὅπερ εὑρίσκεται ὑπὸ πίσιν 4,2 ἀτμ. ἀπ. Ἐκ τοῦ πρώτου ἐνδιαμέσου δοχείου, ὅπου τὸ ὑγρὸν διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος εὑρίσκεται ὑπὸ πίσιν 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-40,75^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν, ἐκτονοῦται τοῦτο δι' εἰδικῷ ἀκροφυσίου ἢ ρυθμιστικῆς βαλβίδος εἰς τὴν πίσιν τῶν 6 ἀτμ. ἀπ., ψυχόμενον ἕνεκα τῆς ἐκτονώσεως εἰς $-53,5^{\circ}\text{C}$, καὶ ῥεῖ εἰς τὸ δεύτερον ἐνδιάμεσον δοχεῖον ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος. Καὶ οἱ κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν ταύτην παραγόμενοι ψυχροὶ ἀτμοὶ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος πίσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίας $-53,5^{\circ}\text{C}$, ἀφ' οὗ ἐκτονωθῶσιν εἰς 4,2 ἀτμ. ἀπ., χρησιμοποιοῦνται διὰ πρόψυξιν τοῦ ἐκ τῆς πρώτης βαθμίδος τοῦ συμπιεστοῦ προερχομένου ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ὅπερ εὑρίσκεται ὑπὸ πίσιν 4,2 ἀτμ. ἀπ., καὶ θερμοκρασίαν μετὰ τὴν δι' ὕδατος πρόψυξιν $+ 25^{\circ}\text{C}$.

Ἐκ τοῦ δευτέρου τούτου ἐνδιαμέσου δοχείου, ὅπου τὸ ὑγρὸν εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίαν $-53,5^{\circ}\text{C}$, πληροῦνται οἱ ἐσωτερικοὶ κύλινδροι τῶν ἐκ διπλῶν κυλίνδρων, ἐντὸς ἀλλήλων εὐρισκομένων, ἀποτελουμένων κυψέλων στερεοποιήσεως τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Εἰς τὸν ἐξωτερικὸν κύλινδρον τῆς κυψέλης ταύτης, ὅστις περιβάλλει τὸν ἐσωτερικὸν τοιοῦτον καὶ εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 1 ἀτμ. ἀπ., ἐκτονοῦται ὑπὸ ρυθμιστικῆς βαλβίδος ποσότης τις ὑγροῦ εὐρισκομένου ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$, εἰς τὴν πίεσιν τῆς 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-78,9^{\circ}\text{C}$, καὶ σχηματίζεται οὕτω ποσότης χιόνος διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Διὰ τῆς ἐξαχνώσεως τῆς οὕτω σχηματισθείσης χιόνος, τὸ ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ ἐν τῷ ἐσωτερικῷ κυλίνδρῳ τῆς κυψέλης ἐγκεκλεισμένον ὑγρὸν, οὗτινος ἡ κατὰ χιλιόγραμμαμον θερμότης εἶναι: $i_1 = 73,5$ θερμίδων, ψύχεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν -60°C καὶ ὡς ἐκ τούτου παράγεται μείγμα στερεοῦ καὶ ἀτμῶν. Ἡ θερμότης τοῦ μείγματος τούτου κατὰ χιλιόγραμμαμον εἶναι $i_2 = 23,8$ θερμίδων. Ἰνα στερεοποιήσωμεν κατὰ τὸ μέγιστον δυνατὸν τὸ μείγμα τοῦτο, τὸ ὅποῖον εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ -60°C , ἐκτονοῦμεν αὐτὸ εἰς 1 ἀτμ. ἀπ., ὅποτε σχηματίζεται στερεὸς πάγος διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος καὶ ἀτμὸς διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος πίεσεως 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-78,9^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας. Ὁ κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν ταύτην παραγόμενος ἀτμὸς εἶναι 0,0503 χλγρ. κατὰ χιλιόγραμμαμον μείγματος.

A. ΔΙΑΔΟΧΗ ΤΩΝ ΠΡΟΨΥΞΕΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΟΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΟΣ.

α) Διὰ νὰ ἀφαιρέσωμεν τὴν θερμότητα πῆξεως 1 χιλιογράμμου ὑγροῦ διοξειδίου, εὐρισκομένου ὑπὸ θερμοκρασίαν $-53,5^{\circ}\text{C}$ καὶ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ., πρέπει ἐν τῷ ἐξωτερικῷ κυλίνδρῳ τῆς κυψέλης νὰ ἐκτονώσωμεν ὀρισμένην ποσότητα ὑγροῦ θερμοκρασίας $-53,5^{\circ}\text{C}$ καὶ 6 ἀτμ. ἀπ. πίεσεως, εἰς τὴν πίεσιν τῆς 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-78,9^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν. Κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν ταύτην παράγεται χιών διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, ἥς ἡ θερμότης ἐξαχνώσεως καλύπτει τὴν θερμότητα πῆξεως τοῦ ἐγκεκλεισμένου ὑγροῦ.

β) Κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν τοῦ ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ -60°C θερμοκρασίαν εὐρισκομένου μείγματος στερεοῦ καὶ ἀτμοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἰς τὴν πίεσιν 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-78,9^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν, παράγεται, κατὰ τὸ διάγραμμα TS, ἐξ ἑνὸς χιλιογράμμου μείγματος 0,0503 χλγρ. ἀτμοῦ καὶ 0,9497 χλγρ. πάγου. Διὰ νὰ ἔχωμεν ἄρα 1 χλγρ. πάγου, πρέπει νὰ ἐγκλείσωμεν ἐν τῷ ἐσωτερικῷ κυλίνδρῳ τῆς κυψέλης 1,052964 χλγρ. ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, πίεσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίας $-53,5^{\circ}\text{C}$.

Ἡ κατὰ χιλιόγραμμαμον θερμότης τοῦ ἐγκεκλεισμένου ὑγροῦ εἰς πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν, εἶναι: $i_1 = 73,5$ θερμίδων καὶ ἡ θερμότης τοῦ μείγματος χιόνος καὶ ἀτμῶν ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ -60°C εἶναι: $i_2 = 23,8$ θερμίδων. Πρέπει

ἄρα ἐξ ἐκάστου χιλιογράμμου ὑγροῦ 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ νὰ ἀφαιρέσωμεν θερμότητα $Q = 73,5 - 23,8 = 49,7$ θερμίδων, καὶ ἄρα διὰ 1,052964 χλγρ. ἐγκλεισμένου ὑγροῦ πιέσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ πρέπει νὰ ἀφαιρέσωμεν 52,332 θερμίδας, ἵνα μετατρέψωμεν αὐτὸ εἰς μεῖγμα στερεοῦ καὶ ἀτμῶν πιέσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ -60°C θερμοκρασίας.

γ) Ἡ θερμότης ἐξαχνώσεως χιόνος διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἰς πίεσιν 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίας $-78,9^{\circ}\text{C}$ εἶναι 136,89 θερμίδες κατὰ χιλιόγραμμα.

Κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν 1 χιλιογράμμου ὑγροῦ πιέσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ εἰς πίεσιν 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-78,9^{\circ}\text{C}$ παράγεται $x_1 = 0,4134$ χλγρ. ἀτμῶν καὶ $(1 - x_1) = 0,5866$ χλγρ. χιόνος. Ἡ θερμότης ἐξαχνώσεως τῆς ποσότητος ταύτης τῆς χιόνος εἶναι $0,5866 \times 136,89 = 80,299$ θερμίδες. Διὰ νὰ ἔχωμεν ἄρα τὴν ποσότητα 52,332 θερμίδων, ἥτις θερμότης ἐξαχνώσεως μᾶς ἀναγκαιοῖ, πρέπει νὰ ἐκτονώσωμεν $52,332 / 80,299 = 0,6517$ χλγρ. ὑγροῦ θερμοκρασίας $-53,5^{\circ}\text{C}$ καὶ πιέσεως 6 ἀτμ. ἀπ. εἰς πίεσιν 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-78,9^{\circ}\text{C}$.

δ) Κατὰ τὴν ἐν τῇ κυψέλῃ ἄρα παρασκευὴν τοῦ στερεοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, παράγονται $0,6517 \times 0,052964 = 0,0704664$ χλγρ. ψυχρῶν ἀτμῶν πιέσεως 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-78,9^{\circ}\text{C}$. Οἱ ἀτμοὶ οὗτοι χρησιμοποιοῦνται μέσον ειδικῆς συσκευῆς πρὸς ψύξιν τοῦ ὑγροῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, τοῦ εὐρισκομένου ὑπὸ πίεσιν 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-24,25^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία τῶν μετὰ τὴν ψύξιν τοῦ ὑγροῦ ἀπερχομένων ἀτμῶν λαμβάνεται ἴση μὲ -25°C . Ἡ ὑπὸ ἐνὸς χιλιογράμμου ἀτμοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν $-78,9^{\circ}\text{C}$ καὶ μίαν ἀτμόσφαιραν ἀπὸλυτον πίεσιν εἶναι $i_1 = 152,8$ θερμίδες καὶ εἰς τὴν θερμοκρασίαν -25°C καὶ 1 ἀτμ. ἀπ. $i_2 = 164,2$ θερμίδες, ἄρα ἕκαστον χιλιόγραμμα ἀτμοῦ, θερμαινόμενον ὑπὸ $-78,9^{\circ}\text{C}$ εἰς -25°C , ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν ἀπορροφεῖ τὴν θερμότητα $Q_1 = i_2 - i_1 = 164,2 - 152,8 = 11,4$ θερμίδων. Ἐκ τῆς θερμάνσεως ἄρα τῶν ὑπαρχόντων 0,704664 χλγρ. ἀτμῶν πιέσεως 1 ἀτμ. ἀπ. ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας $-78,9^{\circ}\text{C}$ εἰς -25°C , ἀπορροφῶνται $0,704664 \times 11,4 = 8,033$ θερμίδων. Οἱ ἐκ τῆς συσκευῆς ψύξεως τοῦ ὑγροῦ μὲ θερμοκρασίαν -25°C καὶ 1 ἀτμ. ἀπ. ἀπερχόμενοι ἀτμοὶ χρησιμοποιοῦνται ὅπως ψύξωσι διὰ μείξεως τὸ ἐκ τοῦ ἀεριοφυλακίου τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος προερχόμενον ἀέριον διοξείδιον τοῦ ἀνθρακος, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίαν $+25^{\circ}\text{C}$. Τὸ βάρος τῶν ψυχρῶν ἀτμῶν ἀνέρχεται εἰς 0,704664 χλγρ., τὸ δὲ βάρος τοῦ ἐκ τοῦ ἀεριοφυλακίου προερχομένου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἀνέρχεται εἰς 1,00 χιλιόγραμμα.

Ἡ θερμοκρασία τοῦ οὕτω παραγομένου ἀερίου μείγματος θὰ εἶναι :

$$T_m = \frac{0,704664 \times 248 + 1,00 \times 298}{1,704664} = 277,33^{\circ} \text{ ἀπολύτου θερμοκρασίας, ἢ :}$$

$$t_m = +4,33^{\circ}\text{C}.$$

ε) Τὸ οὕτω ἐκ τῆς ἀναμείξεως παραχθὲν διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος βάρους 1,704664 χλγρ. ὑπὸ θερμοκρασίαν $+4,33^{\circ}\text{C}$ καὶ 1 ἀτμ. ἀπ. ψύχεται διὰ βοθητητικῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως δι' ἀμμωνίας εἰς -10°C κατὰ δὲ τὴν ψῦξιν ταύτην δαπανᾶται τὸ ποσὸν θερμότητος $Q=1,704664 \times (169,7 - 167,1) = 1,704664 \times 2,6 = 4,43$ θερμίδων. Διὰ ψυκτικὴν ἐγκατάστασιν ἀνύδρου ἀμμωνίας, 1 ὥριατος ἵππος παράγει διὰ θερμοκρασίαν ἐξαερίωσης -15°C καὶ θερμοκρασίαν ὑγροποιήσεως $+25^{\circ}\text{C}$ τὸ ποσὸν 3459 θερμίδων, καὶ ἄρα ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ψῦξιν ταύτην καὶ ἀνά χλγρ. ξηροῦ πάγου τὸ ἔργον $4,43/3459 = 0,00128$ ὥριαίων ἵππων, ἐνδεικνυμένων.

ς) Τὸ ὑπὸ πίεσιν 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίαν $-24,25^{\circ}\text{C}$ ὑγρὸν διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος καὶ εἰς βάρος 1,92344 χλγρ. κατὰ χιλιόγραμμα ξηροῦ πάγου ψύχεται, ὡς ἀνωτέρω ἐλέχθη, ὑπὸ τῶν ἐκ τῆς συσκευῆς στερεοποιήσεως προερχομένων ψυχρῶν ἀτμῶν θερμοκρασίας $-78,9^{\circ}\text{C}$, κατὰ τὴν ψῦξιν δὲ ταύτην ἀφαιροῦνται ἀπ' αὐτοῦ 8.033 θερμίδες. Ἡ θερμοχωρητικότης τοῦ ὑγροῦ, ὑπὸ πίεσιν 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-24,25^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν εὐρισκομένου, ἀνέρχεται εἰς $i_1 = 87$ θερμίδας, ἡ δὲ θερμοχωρητικότης αὐτοῦ, μετὰ τὴν διὰ τῶν ψυχρῶν ἀτμῶν ψῦξιν, θὰ εἶναι $i_2 = 87 - 8033/1,92344 = 87 - 4,1764 = 82,823$ θερμίδες, καὶ ἄρα τὸ ὑγρὸν τοῦτο θὰ ἔχη μετὰ τὴν ψῦξιν θερμοκρασίαν -33°C .

ζ) Ὅπως ἀνωτέρω ἐλέχθη, δι' ἐν χλγρ. ξηροῦ πάγου ἀπαιτοῦνται 1,704664 χλγρ. ὑγροῦ πίεσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίας $-53,5^{\circ}\text{C}$. Διὰ νὰ ἔχωμεν τὸ ποσὸν τοῦτο τοῦ ὑγροῦ, πρέπει νὰ ἐκτονώσωμεν ὠρισμένον ποσὸν ὑγροῦ πίεσεως 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-40,75^{\circ}\text{C}$ εἰς 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$. Ἐν χιλιόγραμμα ὑγροῦ πίεσεως 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-40,15^{\circ}\text{C}$, ἐκτονούμενον εἰς τὴν πίεσιν τῶν 6 ἀτμ. ἀπ. μᾶς δίδει $x_2 = 0,07368$ χλγρ. ἀτμοῦ πίεσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας, καὶ $(1 - x_2) = 0,92632$ χλγρ. ὑγροῦ πίεσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$. Διὰ νὰ ἔχωμεν ἄρα ποσὸν 1,704664 χλγρ. ὑγροῦ ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας, πρέπει νὰ ἐκτονώσωμεν 1,8402 χλγρ. ὑγροῦ πίεσεως 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-40,75^{\circ}\text{C}$, ὅτε λαμβάνομεν 1,704664 χλγρ. ὑγροῦ καὶ 0,135536 χλγρ. ἀτμῶν πίεσεως 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας. Οἱ ἀτμοί, οἱ εὐρισκόμενοι ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$, ἐκτονούμενοι εἰς τὴν πίεσιν τῶν 4,2 ἀτμ. ἀπ., λαμβάνουσι τὴν θερμοκρασίαν $-58,5^{\circ}\text{C}$.

η) Διὰ τὴν παραγωγὴν τῆς ἀπαιτουμένης ποσότητος 1,8402 χλγρ. ὑγροῦ πίεσεως 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-40,75^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας, πρέπει νὰ ἐκτονώσωμεν ποσότητά τινα ὑγροῦ πίεσεως 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ 33°C θερμοκρασίας. Ἐν χιλιόγραμμα ὑγροῦ πίεσεως 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ -33°C θερμοκρασίας, ἐκτονούμενον εἰς 10 ἀτμ. ἀπ., δίδει $x^3 = 0,04328$ χλγρ. ἀτμοῦ καὶ $(1 - x^3) = 0,95672$ χλγρ. ὑγροῦ πίεσεως 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-40,75^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας. Διὰ τὴν ἀπαιτουμένην ἄρα ποσότητα τῶν 1,8402 χλγρ. πίεσεως 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-40,75^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας, πρέπει νὰ ἐκτονώσωμεν 1,92344

χλγρ. υγροῦ πίεσεως 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ -33°C θερμοκρασίας εἰς τὴν πίεσιν τῶν 10 ἀτμ. ἀπ., ὅποτε παράγεται 1,7402 χλγρ. υγροῦ καὶ 0,08324 χλγρ. ἀτμοῦ πίεσεως 10 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίας $-40,75^{\circ}\text{C}$. Ὁ ἀτμὸς οὗτος, ἐκτονούμενος εἰς τὴν πίεσιν 4,2 ἀτμ. ἀπ., λαμβάνει τὴν θερμοκρασίαν -56°C .

θ) Ἡ ἐκ τῆς πρώτης βαθμίδος τοῦ συμπιεστοῦ παρεχόμενη ποσότης ἀερίου 1,704664 χλγρ., ἀφ' οὗ προψυχθῇ ὑπὸ τῆς δι' ὕδατος λειτουργούσης συσκευῆς εἰς $+25^{\circ}\text{C}$., ἀναμειγνύεται μετὰ τοῦ ἐκ τοῦ πρώτου καὶ δευτέρου ἐνδιαμέσου δοχείου προερχομένων ψυχρῶν ἀτμῶν. Ἐκ τοῦ πρώτου ἐνδιαμέσου δοχείου προέρχονται 0,08324 χλγρ. ἀτμῶν πίεσεως 10 ἀτμ. καὶ $-40,75^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας οἱ ὅποιοι πρὸ τῆς ἀναμείξεως ἐκτονοῦνται εἰς τὴν πίεσιν τῶν 4,2 ἀτμ. ἀπ., ψυχόμενοι κατὰ τὴν ἐκτόνωνσιν ταύτην εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν -56°C . Ἐκ τοῦ δευτέρου ἐνδιαμέσου δοχείου προέρχονται 0,135536 χλγρ. ἀτμοῦ πίεσεως 6 ἀτμ. ἀπ., καὶ $-53,5^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίας, οἱ ὅποιοι ἐπίσης πρὸ τῆς ἀναμείξεως ἐκτονοῦνται εἰς τὴν πίεσιν τῶν 4,2 ἀτμ. ἀπ., ψυχόμενοι κατὰ τὴν ἐκτόνωνσιν ταύτην εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν $-58,5^{\circ}\text{C}$.

Διὰ τῆς ἀναμείξεως ταύτης σχηματίζεται τὸ ποσόν:

$g = 1,704664 + 0,08324 + 0,135536 = 1,92344$ χλγρ., ἔχον θερμοκρασίαν μείγματος:

$T_m = (0,0834 \times 217 + 0,135536 \times 214,5 + 1,704664 \times 298) / 1,92344 = 555,3264 / 1,92344 = 288,7^{\circ}$ ἀπολύτου θερμοκρασίας ἢ $t_m = +15,7^{\circ}\text{C}$.

ι) Ἡ ὑπὸ τὴν πίεσιν 4,2 ἀτμ. ἀπ. καὶ $+15,7^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν ποσότης 1,92344 χλγρ. ἀερίου ψύχεται διὰ τῆς βοηθητικῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως ἀνύδρου ἀμμωνίας εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν -10°C καὶ οὕτω ψυχθεῖσα, ὁδηγεῖται εἰς τὴν δευτέραν βαθμίδα τοῦ συμπιεστοῦ. Διὰ τὴν ἐπίτευξιν τῆς ψύξεως ταύτης, πρέπει ἀπὸ τῆς ποσότητος ταύτης νὰ ἀφαιρεθῇ θερμότης $Q = 1,92344 (171,3 - 165,95) = 1,92344 \times 5,35 = 10,29$ θερμίδων. Εἰς ὠριαῖος ἥππος ἀποδίδει εἰς ψυκτικὴν ἐγκατάστασιν δι' ἀνύδρου ἀμμωνίας ὑπὸ θερμοκρασίαν ἐξαερώσεως -15°C καὶ θερμοκρασίαν ὑγροποιήσεως $+25^{\circ}\text{C}$ τὸ ποσὸν 3459 θερμίδων, ἐπομένως δι' ἓν χλγρ. ξηροῦ πάγου θὰ ἀπαιτηθῇ $10,29 / 3459 = 0,00297$ ὠριαίου ἥππου ἐνδεικνυμένου.

ια) Μετὰ τὴν ἀδιαβατικὴν συμπίεσιν ἐν τῇ δευτέρᾳ βαθμίδι τοῦ συμπιεστοῦ εἰς τὴν πίεσιν τῶν 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ τὴν πρόψυξιν δι' ὕδατος εἰς $+25^{\circ}\text{C}$, τὸ ποσὸν τῶν 1,92344 χλγρ. ἀερίου διοξειδίου ψύχεται κατὰ πρῶτον διὰ βοηθητικῆς ψυκτικῆς ἐγκαταστάσεως εἰς -10°C καὶ μετὰ ταῦτα εἰς τὴν θερμοκρασίαν κορεσμοῦ, τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν πίεσιν τῶν 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ ἥτις εἶναι $-24,25^{\circ}\text{C}$, δι' ἐτέρας ψυκτικῆς βοηθητικῆς ἐγκαταστάσεως, καὶ ὑγροποιεῖται διὰ τῆς αὐτῆς ἐγκαταστάσεως ὑπὸ τὴν σταθερὰν πίεσιν τῶν 17,64 ἀτμ. ἀπ. καὶ ὑπὸ θερμοκρασίαν ὑγροποιήσεως τὴν θερμοκρασίαν κορεσμοῦ $-24,25^{\circ}\text{C}$. Διὰ τὴν

ψύξιν τοῦ ποσοῦ τούτου εἰς 10°C, δέον νὰ ἀφαιρεθῇ ἡ ποσότης θερμότητος $\bar{O} = 1,92344 (170 - 160,75) = 17,76$ θερμίδων. Ἡ θερμότης τῶν 17,76 θερμίδων ἀφαιρεῖται ὑπὸ τῆς ψυκτικῆς βοηθητικῆς ἐγκαταστάσεως ὑπὸ θερμοκρασίαν ἐξαερώσεως -15°C καὶ θερμοκρασίαν ὑγροποιήσεως $+25^{\circ}\text{C}$. Τὸ ἀπαιτούμενον ἄρα ἔργον θὰ εἶναι: $N_1 = \frac{17,76}{3459} = 0,00513$ ὠριαίων ἱππων, ἐνδεικνυμένων

Διὰ τὴν ψύξιν καὶ ὑγροποίησιν τοῦ ὑπὸ πίεσιν 17,64 ἀτμ. ἀπ. αὐτοῦ ποσοῦ αερίων ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας τῶν -10°C εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν $-24,25^{\circ}\text{C}$, εἶναι ἀνάγκη νὰ ἀφαιρεθῇ ἡ θερμότης:

$$Q = 1,92344 (160,75 - 87) = 141,91 \text{ θερμίδων.}$$

Ἡ θερμότης αὕτη τῶν 141,91 θερμίδων ἀφαιρεῖται ὑπὸ τῆς ψυκτικῆς βοηθητικῆς ἐγκαταστάσεως ὑπὸ θερμοκρασίαν ἐξαερώσεως 25°C καὶ θερμοκρασίαν ὑγροποιήσεως $+25^{\circ}\text{C}$. Τὸ ἀπαιτούμενον ἄρα ἔργον θὰ εἶναι $N_2 = 141,91/2540 = 0,0558$ ὠριαίων ἱππων, ἐνδεικνυμένων.

Β. ΕΡΓΟΝ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΝ ΔΙΑ ΤΗΝ ΔΙΒΑΘΜΙΟΝ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗΝ ΣΥΜΠΙΕΣΙΝ

ΑΠΟ 1 ΑΤΜ. ΑΠ. ΕΙΣ 17,64 ΑΤΜ. ΑΠ.

Πρώτη βαθμὶς:

Ποσότης αερίου 1,704664 χλγρ. κατὰ χλγρ. ξηροῦ πάγου.

Ἀρχικὴ πίεσις = 1 ἀτμ. ἀπ.

Ἀρχικὴ πίεσις = 1 ἀτμ. ἀπ.

Ἀρχικὴ θερμοκρασία ἐπιτυγχανομένη ὡς ἄνω ἐξηγήθη = -10°C .

Θερμοκρασία ψυκτικοῦ ὕδατος = $+20^{\circ}\text{C}$.

Τελικὴ πίεσις τῆς ἀδιαβατικῆς συμπίεσεως τῆς πρώτης βαθμίδος = 4,2 ἀτμ. ἀπ.

Ἀδιαβατικὸν ἔργον συμπίεσεως δι' ἐν χιλιόγραμμον αερίου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος.

$$L_1 = \frac{k}{k-1} \cdot P_o V_o \left[\left(\frac{P}{P_o} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

Ὁ εἰδικὸς ὄγκος τοῦ αερίου εἰς πίεσιν 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ $-78,9^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασίαν εἶναι $v_o = 0,36512 \mu.3$ χλγρ.

Εἰς θερμοκρασίαν -10°C ἢ $T_o = 263$ θὰ ἔχωμεν:

$$V_o/V_o' = T_o/T_o = 262/194,1$$

$$V_o = 0,36512 \times 1,355 = 0,494737 \mu.3/\chi\lambda\gamma\rho.$$

$$\text{Κατὰ Plank } V = \frac{RT/P - 0,0825 + 1,225 \times 10^{-7} \times PH}{(T/100)^{10/3}}$$

Τὸ ἄθροισμα ἄρα τῶν διὰ τὴν ὅλην βοηθητικὴν ἐγκατάστασιν ψύξεως δι' ἀμμουρίας ἀπαιτουμένων μερικῶν ἔργων θὰ εἶναι: $N = 0,00128 + 0,00297 + 0,00513 + 0,0558 = 0,06518$ ὠριαῖοι ἐνδυνεμένοι ἱπποί.

όπου $R = 19,273$ και ἄρα $V = 0,5233 \mu^3/\chi\lambda\gamma\rho.$, και ἄρα

$$V_0 = V \times 263/273 = 0,5233 \times 273 = 0,5042.$$

Ἡ διαφορὰ τοῦ εἰδικοῦ ὄγκου τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ὑπὸ πίεσιν 1 ἀτμ. ἀπ. και θερμοκρασίαν -10°C , ἥτις ἐκ τῶν δύο τύπων προκύπτει, εἶναι $\Delta V = 0,5042 - 0,49437 = 0,09363$, ἄρα ἐλαχίστη.

Ὁ ἐκθετικὸς συντελεστὴς k διὰ τὸ διοξείδιον τοῦ ἀνθρακος $k = 1,3$ ἄρα τὸ ἀδιαβατικὸν ἔργον συμπίσεως διὰ τὴν πρώτην βαθμίδα θὰ εἶναι κατὰ χιλιόγραμμα ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος: $L_1 = 1,3/0,3 \times 10000 \times 0,5041 \times (1,39-1) = 4,333 \times 5041 \times 0,39 = 8518,38$ χιλιογραμμόμετρα κατὰ χιλιόγραμμα διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος.

Κατὰ χιλιόγραμμα ξηροῦ πάγου ἢ διὰ 1,704664 χλγρ. ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, τὸ ἀδιαβατικὸν ἔργον συμπίσεως διὰ τὴν πρώτην βαθμίδα θὰ εἶναι:

$$L_1 = 8518,38 \times 1,704664 = 14520,91 \text{ χιλιογραμμόμετρα ἢ } 14520,91/270000 = 0,05378 \text{ ἀδιαβατικὸς ἵππος.}$$

Δευτέρα βαθμὶς:

Ποσότης ἀερίου $= 1,92344$ χλγρ. κατὰ χλγρ. ξηροῦ πάγου.

Ἀρχικὴ πίεσις $= 4,2$ ἀτμ. ἀπ.

Ἀρχικὴ θερμοκρασία -10°C .

Θερμοκρασία ψυκτικοῦ ὕδατος $+20^\circ\text{C}$.

Τελικὴ πίεσις τῆς δευτέρας βαθμίδος συμπίσεως $= 17,64$ ἀτμ. ἀπ.

Θερμοκρασία εἰς τὸ τέλος τῆς ἀδιαβατικῆς συμπίσεως τῆς πρώτης βαθμίδος:

$$T/T_0 = (P/P_0)^{k-1/k} = 4,2^{0,23} = 1,39$$

$$T = T_0 \times 1,39 = 263 \times 1,39 = 365,57$$

Εἰδικὸς ὄγκος τοῦ ἀερίου εἰς τὸ τέλος τῆς ἀδιαβατικῆς συμπίσεως τῆς πρώτης βαθμίδος:

$$V_0/V = (P/P_0)^{1/k} = 4,2^{1/1,3} = 4,2^{0,769} = 3,01$$

$$V = V_0/3,01 = 0,5041/3,01 = 0,16747 \mu^3/\chi\lambda\gamma\rho.$$

$$V_{-10^\circ} = V \frac{363}{365,57} = 0,16747 \times \frac{263}{365,57} = 0,1204 \mu^3/\chi\lambda\gamma\rho.$$

Ἀδιαβατικὸν ἔργον συμπίσεως κατὰ χιλιόγραμμα διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος εἰς τὴν δευτέραν βαθμίδα:

$$L_{II} = \frac{k-1}{k} \cdot P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_{II}}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] = 1,3/0,3 \cdot 42000 \cdot 0,1204 \cdot 0,39 = 4,333 \cdot 5056,8 \cdot 0,39 = 8544,67$$

χιλιογραμμόμετρα κατὰ χιλιόγραμμα διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ἄρα κατὰ χιλιόγραμμα ξηροῦ πάγου

$L_{II} = 1,92344 \times 8544,67 = 16435$ χιλιογραμμόμετρα $= 16435/270000 = 0,0608$ αδιαβατικοί ἴπποι.

Συνολικὸν ἀδιαβατικὸν ἔργον δι' ἐν χιλιόγραμμον ξηροῦ πάγου θὰ εἶναι ἄρα:

$$N_{AJ} = 0,05378 + 0,0608 = 0,11458 = \text{ἀδιαβατικοὶ ἴπποι.}$$

Συνολικὸν ἔργον ψυκτικῆς ἐνεργείας δι' ἐν χιλιόγραμμον ξηροῦ πάγου εἶναι ὡς προηγουμένως ὑπελογίσθη:

$$N_{\psi} = 0,06518 \text{ ἐνδεικνύμενοι ἴπποι,}$$

ἄρα σύνολον ἔργου διὰ 1000 χλγρ. ξηροῦ πάγου θὰ ἔχωμεν:

$$N_{1000} = 114,58 + 65,18 = 179,76 \text{ ἴπποι.}$$

Τὸ κατανάλισκόμενον ἄρα κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην ἔργον διὰ παραγωγὴν 1000 χιλιογράμμων ξηροῦ πάγου ὑπὸ ἀερίου διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος πίεσεως 1 ἀτμ. ἀπ. καὶ θερμοκρασίας $+25^{\circ}\text{C}$, εἶναι πολὺ ὀλιγώτερον τῶν συνήθων μεθόδων, καίτοι ὡς ἔργον συγκρίσεως ἐλήφθη ἀδιαβατικὸν καὶ οὐχὶ πολύτροπον.

ZUSAMMENFASSUNG

Das vorgeschlagene Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass es die nachteilige Einwirkung der Umgebungstemperatur für die Verdichtung und Verflüssigung des Kohlensäuregases umgeht, durch die Anwendung bestimmter thermodynamischer Gesetze, die Verminderung des für die Verdichtung nötigen adiabatischen Arbeitsaufwandes erzielt, und die flüssige Kohlensäure nicht durch Selbstexpansion, sondern durch die auf die flüssige Kohlensäureeinwirkung äusserer Wärmeentziehung von Sublimation der von Kohlensäureschnee, die das thermisch geeignete Gefäss, in dem die zu verfestigende Kohlensäure, die einen grösseren Druck als derjenige des Tripelpunktes aufweist, eingeschlossen ist, gebührend verfestigt. Durch Ersatz eines Teiles des für die Gasverflüssigung unter gewöhnlicher Temperatur nötigen Arbeitsbedarfes, durch Kälteeinwirkung des als Kältemittel benutzten Ammoniaks, durch Verminderung mittels Vorkühlung des spezifischen Volumens des zu verdichtenden Gases vor jeder Verdichtungsstufe und durch geeignete Wahl des Verflüssigungsdruckes von 17,64 ata und der entsprechenden Temperatur $-24,25^{\circ}\text{C}$, wird das Minimum des für die Gasverflüssigung nötigen Arbeitsaufwandes und Kälteverbrauches erzielt.

Das erzielte Minimum des nötigen Arbeitsaufwandes ist das charakteristische für dieses Verfahren, welches sich dadurch von allen bis jetzt bekannten unterscheidet. Andererseits, durch die wirtschaftliche stufenweise und ständige Vorkühlung der so erzeugten Flüssigkeit und durch Festigung der unter einem grösseren Druck, als der des Tripelpunktes, sich

befindenden vorgekühlten Flüssigkeit. Durch Einwirkung äusserer Wärme-entziehung wird ein Trockeneis erzeugt, welches absolut kompakt, kristallinisch, schwerbrechend und von einem spezifischen Gewicht ist, welches am meisten dem theoretischen nahesteht. Das so erzeugte Trockeneis, besitzt demzufolge Eigenschaften, die bis heute nicht einwandfrei erzielt werden konnten.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΙΣ.—Περὶ τῶν ἐξαιρετικῶν συνδυασμῶν τῶν ἀκεραίων συναρτήσεων*, ὑπὸ Ἰωάννου Ἀν. Ἀναστασιάδου. Ἀνεκρινώθη ὑπὸ τοῦ κ. Κωνστ. Ματθεζου.

Ὁ Θ. Βαρόπουλος¹ ἔχει φανερώσει τὴν σημασίαν, διὰ τὸ πλῆθος τῶν ἐξαιρετικῶν τιμῶν μιᾶς ἀλγεβροειδοῦς, τὴν ὁποίαν ἔχουσιν αἱ γραμμικαὶ σχέσεις αἱ ὑπάρχουσαι μεταξὺ τῶν ἀκεραίων συναρτήσεων, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζονται ὡς συντελεσταὶ τῆς ἐξισώσεως, ἣτις ὀρίζει τὴν ἀλγεβροειδῆ.

Ὁ P. Montel², εἰσάγων τὴν βασικὴν ἔννοιαν τοῦ ἐξαιρετικοῦ συνδυασμοῦ, ἔδωκε μίαν ἄλλην ἔννοιαν, ἐπίσης ἐνδιαφέρουσαν, τὴν τῆς ἐξαιρετικῆς ἐνελίξεως.

Τέλος ὁ M. Ghermanescu³, γενικεύων τὰ ἀποτελέσματα τοῦ Montel διὰ τοὺς ὁμογενεῖς συνδυασμούς, εἰσήγαγε τὴν ἔννοιαν τῶν πρωταρχικῶν ἐξαιρετικῶν συνδυασμῶν.

Αἱ τρεῖς αὗται ἔννοιαι, ἅν καὶ ἔχωσι τελείως διάφορον σημασίαν, ἔχουσιν ὅμως ἓνα κοινὸν σύνδεσμον. Εἶναι σχέσεις γραμμικαί, ὁμογενεῖς ἢ μὴ, μεταξὺ τῶν συναρτήσεων, αἱ ὁποῖαι ὀρίζουν τὴν ἀλγεβροειδῆ ἢ τὸν συνδυασμὸν.

Ἐστω τὸ σύστημα $\{f(z)\}$ ν ἀκεραίων συναρτήσεων

$$f_1(z), f_2(z), \dots, f_n(z)$$

καὶ θεωρήσωμεν τὸν συνδυασμὸν

$$\lambda_0 + \lambda_1 f_1(z) + \lambda_2 f_2(z) + \dots + \lambda_n f_n(z) \quad (1)$$

ὅπου $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_n$ εἶναι σταθεραί.

Θὰ λέγωμεν ὅτι ὑπάρχει κοινὴ ἐξαιρετικὴ ἐνελίξις, ὅταν ὑπάρχωσι σταθεραὶ $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_n$ τοιαῦται, ὥστε ὁ συνδυασμὸς (1) νὰ γίνεται μηδέν.

Θέσωμεν

$$f_i(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n^{(i)} z^n \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

* J'ÉAN A. ANASTASSIADIS.—Sur les combinaisons exceptionnelles des fonctions entières.

¹ Sur le nombre des valeurs exceptionnelles des fonctions multiformes, *Bull. de la Soc. Math. de France*, **53**, 1925, p. 23-34.

² Sur les familles complexes et leurs applications, *Acta Mathem.*, **49**, 1926, p. 115-161.

³ Le théorème de Picard-Borel, *Annales de l'École Normale Sup.*, **52**, 1935, p. 221-268.