

高等学校教学用书

工程流体力学习题集

B. C. 雅布隆斯基 著
B. II. 雅布隆斯卡娅

高等教育出版社

高等學校教學用書



工程流体力学習題集

B. C. 雅布隆斯基 著
B. II. 雅布隆斯卡婭
陈 肇 和 譯

高等教育出版社

本書系根据苏联国立技术理論書籍出版社（Государственное издательство технико-теоретической литературы）出版的雅布隆斯基（В. С. Яблонский）和雅布隆斯卡婭（В. П. Яблонская）合著的“工程流体力学學習題集”（Сборник задач по технической гидро-механике）1951年版譯出。原書經苏联高等教育部审定为高等学校教学参考書。

本書原由商务印書館出版，自1957年1月起改由本社出版。

工程流体力学學習題集

В. С. 雅布隆斯基, В. П. 雅布隆斯卡婭著

陈肇和譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

上海國光印刷廠印刷 新華書店總經售

書號15010·137 開本500×1168 1/32 印張58/16 字數142,000

一九五四年三月商務初版（共印3,000）

一九五七年一月新一版

一九五七年一月上海第一次印刷

印數1—1,000

定價(10) ¥ 0.85

序 言

這一本工程流體力學習題集，按其實質上講，乃是“黏性液體水力學習題集”^①的大大地增訂和校訂了的第二版。

本習題集內包含了一系列的新的章節：流體繞物體外部的環流，液流或氣流作用於障礙物上的壓力，氣體動力學原理，水在明渠中的變速流及其他。

這樣，習題集的這一個新版本就接近於很多類型的工業大學的水力學教學大綱了。

根據教育學上的見解，本習題集內並未刊載全部習題的解法。原文中標有星形符號的某些典型習題之解法，列於本習題集之末。

爲了減輕解題起見，書末載有某些參考圖表。

第一章、第五章和第八章內所含習題，主要地是技術科學碩士 B. П. 雅布隆斯卡婭編著的，其餘的習題（第二、三、四、六、七、九、十、十一及十二章）則係 B. C. 雅布隆斯基教授所編寫。此外，B. П. 雅布隆斯卡婭並編寫了習題中大多數的解法，並且準備了付印用的原稿。

1951 年，序於莫斯科。

① B. C. 雅布隆斯基著：黏性液體水力學習題集（Сборник задач по гидравлике вязкой жидкости）。莫斯科。1937 年出版。

目 錄

序言

第一章 液體與氣體底基本物理性質	1
第一節 密度、比重 (1—6)	1
第二節 黏滯性 (黏度) (7—12)	2
第三節 壓縮性 (13—19)	3
第四節 汽壓 (20—21)	4
第二章 流體靜力學	6
第一節 巴斯噶定律，流體靜壓力，測壓管，壓力計，真空壓力計 (22—32)	6
第二節 平壁上的液體壓力 (33—52)	9
第三節 曲面上的液體壓力 (53—67)	14
第四節 物體之浮沉，阿基米德原理 (68—93)	19
第五節 相對靜止 (94—105)	25
第三章 柏努利方程式	31
第一節 連續方程式，流量，流速 (106—111)	31
第二節 水流的比能和功率，Корiolis 修正數，液流橫斷面內的流速分佈 (112—143)	32
第三節 速勢，循環量 (144—146)	40
第四節 流速測量和流量測量 (147—157)	41
第五節 射流對障礙物上的壓力，射流之反作用 (158—161)	43
第四章 流體繞物體外部的環流	45
第一節 物體的正面摩阻，物體在上昇氣流中的飛昇 (162—179)	45
第五章 黏性液體在管中的流動，運動摩阻	50
第一節 液體和氣體在管中流動的兩種狀態，過渡區 (180—192)	50
第二節 各種因素對液體流動之影響 (193—210)	52
第三節 各種流速分佈定律的研討 (211—218)	55
第四節 斷面不變的直管計算 (219—237)	57
第五節 黏滯性，水力摩阻係數 (238—243)	60
第六節 運送物體的功率 (244—246)	62
第七節 非圓柱形直管之計算 (247—251)	63
第八節 局部水力摩阻，等值長度，引伸長度 (252—264)	64

第六章 液體在明渠中和非壓力路管中之定量流	67
第一節 等速流 (265—292)	67
第二節 變速流 (293—322)	73
第七章 真實流體的出流	79
第一節 固定水頭下的孔口出流 (323—342)	79
第二節 固定水位下的管嘴出流 (343—353)	85
第三節 堰口出流 (354—366)	88
第四節 變動水位下的出流 (367—387)	93
第八章 液體在管路系統內流動的特種問題	100
第一節 串聯 (388—398)	100
第二節 並聯, 三庫問題 (399—414)	103
第三節 吸管, 虹吸管 (415—426)	109
第四節 輸水幹管, 輸水系統 (427—439)	113
第九章 管中液體的變量流	117
第一節 非彈性管內的非彈性液體的壓力波動, 平衡塔 (440—444)	117
第二節 管中的水錘作用 (445—454)	118
第十章 氣體和蒸汽的流動	120
第一節 輸氣管 (455—467)	120
第二節 蒸汽管 (468—469)	122
第三節 氣體動力學原理 (470—477)	122
第十一章 流體之滲透	125
第一節 滲透之一般定律 (478—489)	125
第二節 地下水 (481—487)	125
第三節 噴水(自流水), 石油與氣體之滲透 (488—493)	128
第十二章 非牛頓質的流體之流動	131
第一節 黏土溶液 (494—498)	131
第二節 水力運輸 (499—500)	132
某些習題的解法	133
附錄	163
名詞對照表	167
人名對照表	170

第一章 液體與氣體底基本物理性質

第一節 密度。比重

1. 以工程單位制計的液體密度為 $\rho = 95$ 仟克·秒²/米⁴。

求以物理單位制計的此液體之比重。

答： $\gamma = 914$ 達因/立方厘米。

2. 20% 的食鹽水溶液，在 15°C 的溫度時，密度為 1.1497 克/立方厘米。

求以工程單位制計的此種液體之密度。

答： $\rho = 117.27$ 仟克·秒²/米⁴。

3. 溫度 18°C 時的石油比重等於 0.9 公噸/立方米。

求溫度 5°C 時的此種石油之密度，以物理單位制計。

答： $\rho = 0.908$ 克/立方厘米。

4. 空氣的重量是天然氣重量的 1.2 倍。

求天然氣在溫度 23°C，壓力 750 毫米水銀柱時的密度，以物理單位制計。

答： $\rho = 0.00167$ 克/立方厘米。

5*. 以工程度量單位表示 20°C 及 735 毫米水銀柱時的沼氣之密度。

答： $\rho = 0.0657$ 仟克·秒²/米⁴。

6*. 某氣體的成分為：CH₄—85%，N—13%，CO₂—2%（重量百分比）。

求此種氣體在壓力為 20 個絕對大氣壓，溫度為 27°C 時的比重，以物理單位制計。

答： $\gamma = 13.4$ 達因/立方厘米。

第二節 黏滯性(黏度)

7*. 已知黏度為英格洛度 $E = 10^{\circ}$ ，比重為 $\gamma = 890$ 仟克/立方米。求動力黏滯係數，以工程單位制計。

答： $\eta = 0.0645$ 仟克/米·秒。

8*. 已知密度 $\rho = 0.75$ 克/立方厘米，及絕對黏滯係數 $\mu = 0.003$ 仟克·秒/平方米。

求運動黏滯係數，以物理單位制計。

答： $\nu = 0.392$ 平方厘米/秒²。

9. 用英格洛氏黏度計求得的石油黏度為 $E = 7.2^{\circ}$ 。同一石油之密度為 $\rho = 90$ 仟克·秒²/米⁴。

求以物理及工程單位制計的絕對黏滯係數。

答： $\mu = 0.455$ 泊； $\mu = 0.465 \times 10^{-2}$ 仟克·秒/平方米。

10. 空氣在溫度 0°C 時的絕對黏滯係數是 $\mu = 0.0001719$ 克/厘米·秒。

求在同樣溫度，和 720 毫米水銀柱壓力時，空氣之動力黏滯係數和運動黏滯係數。

答： $\eta = 0.168$ 克/秒⁸； $\nu = 0.14$ 平方厘米/秒。

11. 比重為 $\gamma = 900$ 達因/立方厘米的石油，在溫度 50°C 時之黏滯係數 $\mu = 0.0006$ 仟克·秒/米²。

求運動黏滯係數，以物理單位制及工程單位制計。

答： $\nu = 0.064$ 平方厘米/秒 $= 0.064 \times 10^{-4}$ 平方米/秒。

12. 石油在溫度 10°C 時的運動黏滯係數是 12 厘斯（1 厘斯 $= \frac{1}{100}$ 斯）。

設若石油在溫度 20°C 時的 $\rho=0.890$ 克/立方厘米, 求其絕對黏滯係數, 以工程單位制和物理單位制計。

答: $\mu=0.1074$ 克/厘米·秒 $=0.001095$ 仟克·秒/平方米。

第三節 壓縮性

13. 若水的原來體積, 等於 50 公升, 則當壓力由 1 個大氣壓昇至 100 個大氣壓時, 水的體積縮小多少?

答: $\Delta V=0.25$ 公升。

14. 若海水面處的海水密度等於 1.02 克/立方厘米, 求深度 9000 米處的海水密度。

設海水的含鹽量和溫度在全部深度內均相同。

答: $\rho=1.07$ 克/立方厘米。

15*. 比重遵循門德列也夫熱膨脹定律

$$\gamma_t = \frac{\gamma_{15}}{1 + \alpha(t - 15)}$$

的液體, 盛於水平圓桶內。忽略圓桶的變形, 求當圓桶由溫度 t_1 加熱到 t_2 時, 液體所生的壓力增值。

$$\text{答: } \Delta p = \frac{1}{\beta} \ln \frac{1 + \alpha(t_2 - 15)}{1 + \alpha(t_1 - 15)}$$

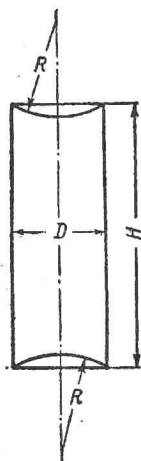
式中, β —液體的壓縮係數。

16. 作直徑 $d=400$ 毫米, 長度 $l=2$ 公里的輸水管之水壓力試驗時, 管內水壓力曾昇達 75 個大氣壓, 經 1 小時以後, 壓力降至 70 個大氣壓。

不計水管之變形, 求此種情況下, 經過疎散以後流出的水量若干?

答: $\Delta V=62.8$ 公升。

17. 圓形容器之尺寸為: 直徑 $D=2$ 米, 高度 $H=4.5$ 米, 底面半徑 $R=2$ 米。



第 17 題用的圖

不計容器之變形，求在水壓力試驗壓達 200 個大氣壓時，欲充滿容器所需水的體積。

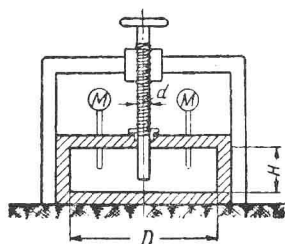
答： $V=14.59$ 立方米。

18. 直徑 $d=400$ 毫米，長度 $l=2$ 公里的水管試驗，以 75 個大氣壓的壓縮空氣來進行。經過 1 小時以後，壓力降至 70 個大氣壓。

求疎散以後，逸出的氣體數量，忽略水管之變形。

答： $V=18$ 立方米。

19. 在檢查壓力計用的機械內，有一根螺旋徑 $d=4$ 厘米，螺距 $t=1.2$ 厘米的螺絲桿，通過完全封閉的孔口，



第 19 題用的圖

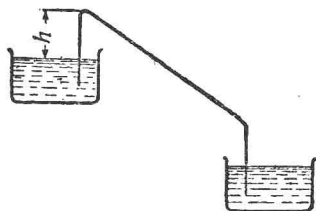
被擰入壓水蓄力器的水箱內，其內徑等於 $D=30$ 厘米，內部高度 $H=20$ 厘米，箱內充水。水的壓縮係數 $\beta = \frac{1}{20000}$ 平立厘米/仟克。

假若壁不變形，求螺旋五轉後的水壓力。

答： $\Delta p=107$ 個大氣壓。

第四節 汽壓

20. 比重 $\gamma=0.75$ 公噸/立方米的汽油，藉助於虹吸管而從上方容器流入下方容器內。



第 20 題用的圖

不計摩擦，而求虹吸管上肢可高於上方容器內油面之高度，設若汽油的汽壓（當溫度變動時）等於 450 毫米水銀柱。

答： $h=8.19$ 米。

21. 汽油在 38°C 時的汽壓等於 500 毫米水銀柱，而在溫度 20°C

時的密度 $\rho = 0.78$ 克/立方厘米。

求汽壓爲若干米高的汽油柱。

答： $H = 8.84$ 米汽油柱。

第二章 流體靜力學

第一節 巴斯噶定律。流體靜壓力。測壓管。

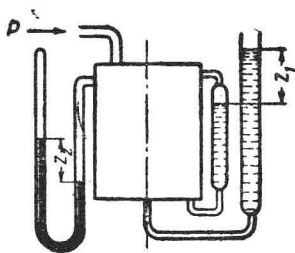
壓力計。真空壓力計

22. 若壓力計的管中水銀上昇高度 z_2 等於 50 毫米，求盛水鍋爐內的壓力 p 及測壓高度 z_1 。

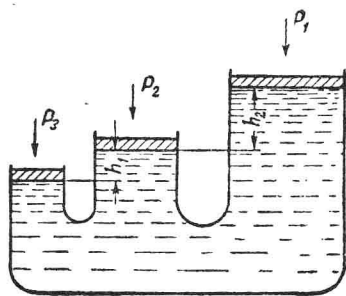
答： $z_1 = 0.68$ 米； $p = 0.068$ 大氣壓。

23. 若 P_1, P_2, P_3 三力分別作用於面積為 f_1, f_2, f_3 的三個活塞上，求高度 h_1 和 h_2 。

答： $h_1 = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{P_3}{f_3} - \frac{P_2}{f_2} \right)$ ； $h_2 = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{P_2}{f_2} - \frac{P_1}{f_1} \right)$ 。



第 22 題用的圖



第 23 題用的圖

24. 在熱水加熱系統中，鍋爐 A 將水熱至 90°C 在冷却器 B 內，水被冷至溫度 60°C 。 C, D 兩管均不傳熱。水的比重為 $\gamma_{90} = 940$ 仟克/立方米。 $\gamma_{60} = 980$ 仟克/立方米。高度差 $H = 7$ 米。

若工作時閥門關閉，則閥門兩方面的壓力差如何？

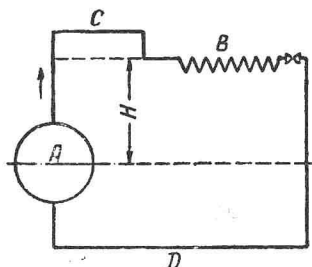
答： $\Delta p = 280$ 仟克/平方米。

25. 爐竈 A 裏的煙氣之平均溫度 $t_1 = 300^\circ\text{C}$ ，並約重 $(1.25 - 0.0027t)$ 仟克，立方米。外界空氣之溫度為 14°C ，壓力為 760 毫米。

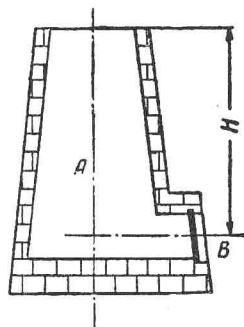
煙道高度 $H=5$ 米。

若竈門 B 關閉，則門兩方面的壓力差將如何？

答： $\Delta H=3.95$ 毫米水柱高。



第 24 題用的圖



第 25 題用的圖

26. 爲了測量容器內的壓力，我們採用多肢的雙液壓力計，如圖所示。

利用壓力計各肢內的液面讀數，求過剩壓力 p ，管內裝的是比重爲 γ_1 及 γ_2 ($\gamma_1 > \gamma_2$) 的兩種互不混合的液體。

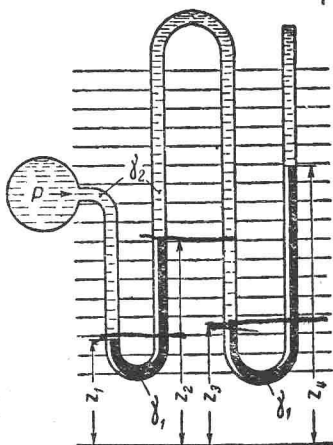
答：
$$p = [(z_2 - z_1) + (z_4 - z_3)]\gamma_1 - [(z_0 - z_1) + (z_2 - z_3)]\gamma_2$$

27*. 把水銀逐次地(一小部分一小部分地)注入直立的，管徑不變的 U 形管內，管之一端是封閉的。

求管左肢和管右肢內液面高度 z_1 和 z_2 之間所存在的關係如何？

答：
$$p_a \frac{z_2}{h - z_2} = \gamma(z_1 - z_2)$$

28. 由具有雙底的鋼箱所組成的儀器供測量海底深度之用。上部裝以體積 800 立方厘米的蒸餾水，而下部裝入水銀。當儀器沉入海底



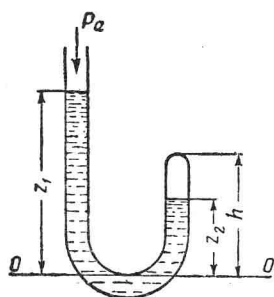
第 26 題用的圖

時,高度壓縮的海水就通過容器的孔口而進入下層容器中,水銀則通過閥門衝入上層容器內。

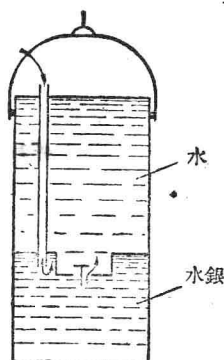
若海水深度為 10000 米,海水比重 $\gamma = 1.02$ 公噸/立方米。海水的壓縮係數是 $\beta = \frac{1}{20000}$ 平方厘米/仟克。

求水銀進入上層容器的數量若干?

答: $G = 672$ 克。

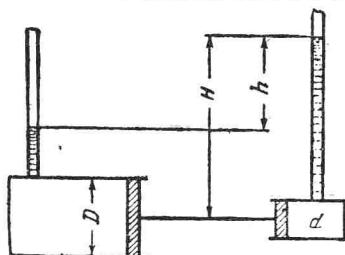


第 27 題用的圖



第 28 題用的圖

29. 求倍加器的活塞平衡時,測壓管的水面差 h , 設若活塞直徑之比 $\frac{D}{d} = 3$, 且右管水面高度等於 H 。



第 29 題和 30 題用的圖

答: $h = \frac{8}{9} H$ 。

30. 在上題所研究的倍加器內,通過左邊的測壓管,加入體積等於 V 的水。

求活塞移動量 a 。

答: $a = \frac{35 \Gamma}{10\pi D_{Tp}^2} = 1.14 \frac{V}{D_{Tp}^2}$ 。

31. 氣球昇高以前,氣球下的懸艇內置以帶熱水的節熱器(上昇頂點處的水溫等於 $+65^\circ\text{C}$)。求在何高度時,節熱器內的水開始沸騰? 全部昇程內的大氣認為是等溫的氣體(溫度 $+10^\circ\text{C}$), 地球表面的壓力為

760 毫米水銀柱。

答： $H=11500$ 米。

32. 用精密氣壓計，來測量氣球飛昇高度。當起飛時，氣壓計指示 745 毫米水銀柱，而在昇程最高點處，壓力則表示 500 毫米水銀柱。設全部昇程內的空氣溫度不變，並等於 10°C ，求氣球的飛昇高度。

答： $H=3300$ 米。

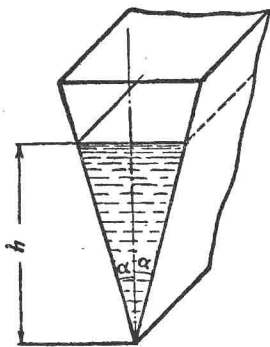
第二節 平壁上的液體壓力

33. 求作用於三角形平壁上的總壓力，並求其壓力中心的座標 z_0 。

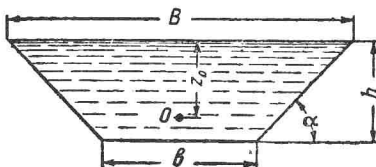
答： $P=\gamma \frac{h^3}{3} \operatorname{tg} \alpha$ ， $z_0=\frac{h}{2}$ 。

34. 求鉛垂平壁上的總壓力之大小，及其作用點的座標 z_0 ，平面壁之尺寸如下： $h=18$ 米， $b=40$ 米， $\alpha=45^{\circ}$ ，設液體比重 $\gamma=1000$ 仟克/立方米。

答： $P=8420$ 公噸； $z_0=11.3$ 米。



第 33 題用的圖



第 34 題用的圖

35. 求水作用於梯形平壁（見習題 34 用的圖）上之總壓力 P 的大小，及作用點 z_0 ，梯形尺寸為： $h=1.8$ 米， $b=26$ 米， $B=32$ 米。

答： $P=4520$ 公噸； $z_0=11.78$ 米。

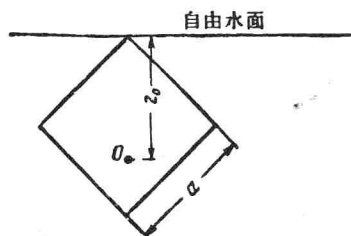
36. 求正方形（ $a=8$ 米）鉛垂平壁上的總水壓力。平壁位置如圖所示。

答： $P=362$ 公噸； $z_0=6.58$ 米。

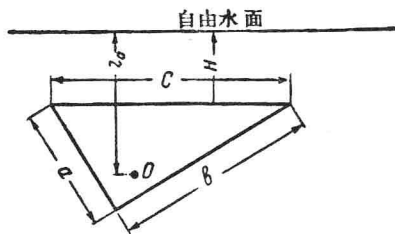
37. 求三角形鉛垂平壁上的總水壓力。三角形尺寸為 $a=3$ 米，

$b=4$ 米, $c=5$ 米, $H=2$ 米。

答: $P=16.8$ 公噸; $z_0=2.915$ 米。



第 36 題用的圖



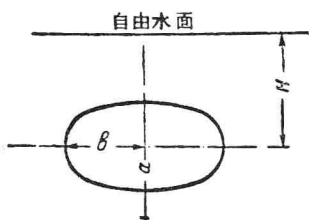
第 37 題用的圖

38. 求橢圓形垂直平壁上的總水壓力。橢圓形的尺寸為: $a=3$ 米, $b=7$ 米, $H=5$ 米。

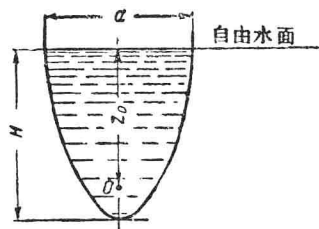
答: $P=330$ 公噸。

39. 求尺寸為 $a=68$ 米, $H=10$ 米的拋物線所圍成之鉛垂平壁上底總壓力。

答: $P=1813$ 公噸; $z_0=5.71$ 米。



第 38 題用的圖



第 39 題用的圖 ①

40. 求自動水槽槽底平面上的總壓力,其形狀與尺寸如圖所示。

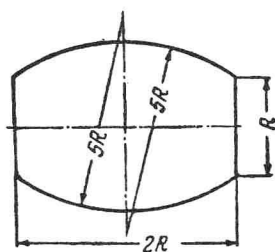
答: $P=0.674 R^3 \gamma$ 。

41. 求直徑 $D=2.2$ 米的水平圓槽的木質平壁上之總壓力。若槽內汽油面位於距底 $H=2.4$ 米處。汽油比重 $\gamma=720$ 仟克/立方米。

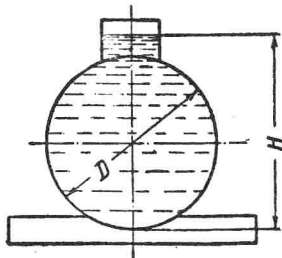
① 附圖不是按比例尺繪出的。

油槽密閉，自由液面上的汽油蒸汽過剩壓力為 367 毫米水銀柱。

答： $P=22.5$ 公噸， $z_0=1.335$ 米。



第 40 題用的圖



第 41 題用的圖

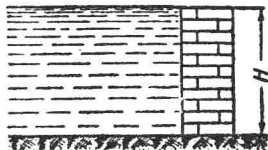
42. 寬度 200 米的矩形鉛垂胸牆抵抗着高度 $H=10$ 米的水頭。

求總壓力及傾覆力矩。

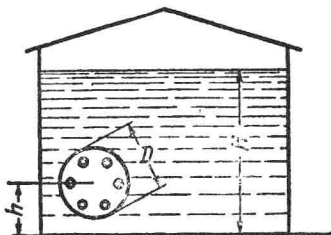
答： $P=10000$ 公噸； $M_{\text{onp}}=33000$ 公噸-米。

43. 將比重 $\gamma=860$ 仟克/立方米的煤油注入油箱內。若箱中油面位於距底 $H=8$ 米處，進入孔直徑 $D=0.75$ 米，進入孔重心距底 $h=1$ 米。試求固接進入孔之蓋門用的螺旋直徑，並求蓋上的壓力中心。假設螺旋的容許破裂應力 $\sigma=700$ 仟克/平方厘米。

答： $d=0.9$ 厘米； $z_0=7.005$ 米。



第 42 題用的圖



第 43 題用的圖

44*. 一水平圓桶內，注入兩種不相混合的液體，其比重各為 γ_1 及 γ_2 ($\gamma_2 > \gamma_1$)。較重液體盛到 $\frac{1}{3}$ 桶徑的高度處。

求底面上的液體總壓力。