

Hydraulics 1 (2112-346)

Lecture Note (L 3)

Sucharit Koontanakulvong
Water Resources Engineering

ห้อง ๓๓๐๖
January 2017

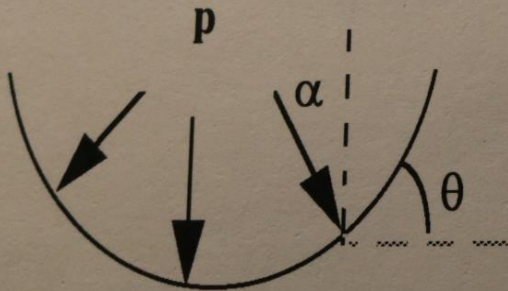
เนื้อหา

- ความกดดันของของไหล
- การเปลี่ยนแปลงความดันในของไหลสถิตย์
- ความดันบรรยากาศ
- เครื่องมือวัดความดัน

1. ความกดดันของของไหล (Pressure of fluid)

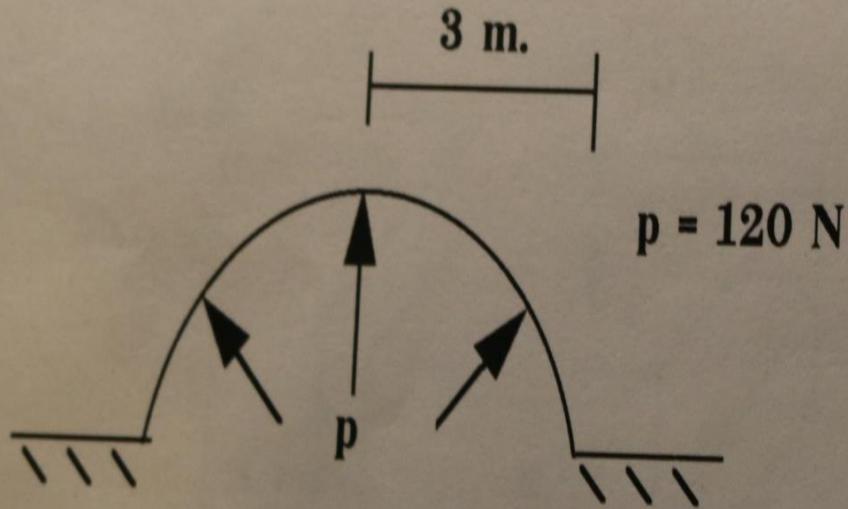
ความดันของของไหล คือ แรงกดดันต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ที่จุดจุดหนึ่งของของไหล
ความกดดันจะเท่ากันทุกทิศทาง โดยทั่วไปจะกระทำตั้งฉากกับผิวของภาชนะ

$$P = \frac{p}{a} \text{ N/m}^2$$



พื้นที่ผิวไม่ว่าจะมีลักษณะใด ๆ ก็ตามภายใต้
ความกดดันที่เท่ากัน ความกดดันรวมที่กระทำ
บนพื้นผิวนั้นในทิศทางหนึ่งทิศทางใด จะมีค่า
เท่ากับความกดดันนั้น คูณด้วยพื้นที่เงาของพื้น
ผิวนั้นในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศนั้น

Ex.



จากรูป

แรงที่จะยกภาชนะในแนวดิ่ง

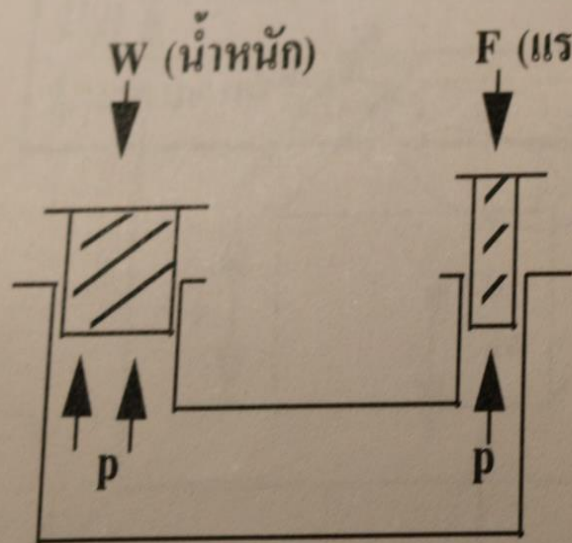
$= P \times$ พื้นที่เงาของผิวทรงกลมในแนวนอน

$$= P \times \pi r^2$$

$$= 120 \text{ N} \times \pi (3)^2$$

$$= 3,392 \text{ N} = 3.392 \text{ KN}$$

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ : เครื่องยกไฮโดรลิกส์



ตามหลักการ แรงดันภายในเท่ากัน

$$p = \frac{W}{A} = \frac{F}{a}$$

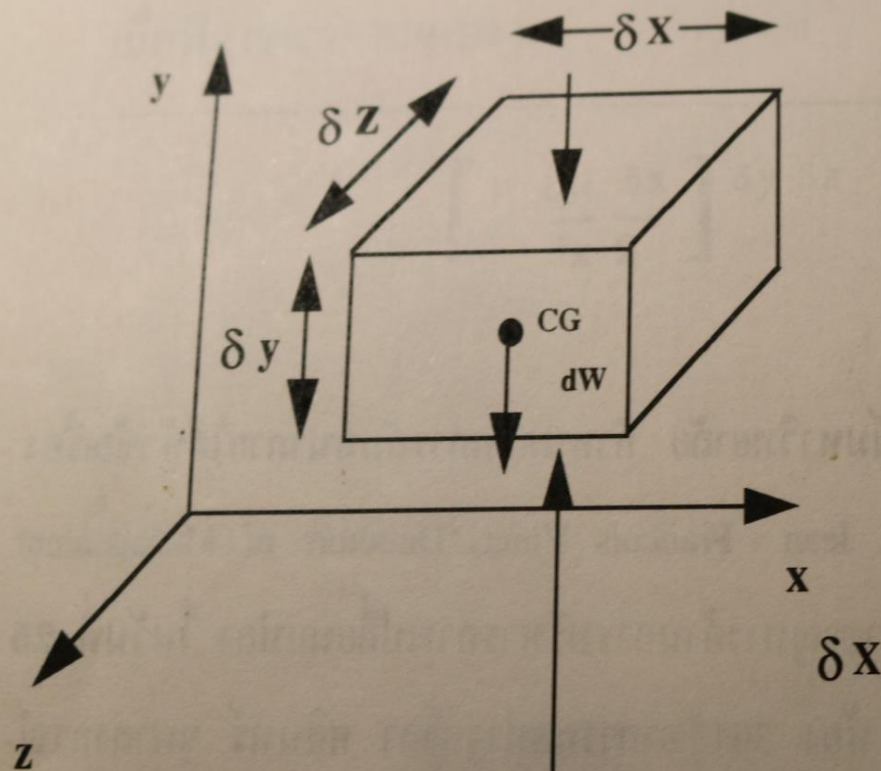
A (ram)
แท่นรับน้ำหนัก

a (plunger)
ลูกสูบ

$$a \frac{A}{a} \Rightarrow \frac{F}{W}$$

ใช้ประโยชน์ทางกลศาสตร์
เพื่อยกน้ำหนัก W โดยใช้แรง F

2. การเปลี่ยนแปลงความดันในของไหลสถิตย



ด้านบน

$$P + \frac{\partial p}{\partial y} \frac{\delta y}{2}$$

ด้านล่าง

$$P - \frac{\partial p}{\partial y} \frac{\delta y}{2}$$

ด้านซ้าย

$$P + \frac{\partial p}{\partial x} \frac{\delta x}{2}$$

ด้านขวา

$$P - \frac{\partial p}{\partial x} \frac{\delta x}{2}$$

$$\left[p - \frac{\partial p}{\partial y} \frac{\delta y}{2} - \frac{\partial p}{\partial z} \frac{\delta z}{2} \right] \delta x \delta z$$

สภาพสมดุลของแรง

เมื่อพิจารณาตามแกน x $\Sigma F_x = 0$

$$\left[p - \frac{\partial p}{\partial x} \frac{\delta x}{2} \right] \delta y \delta z - \left[p + \frac{\partial p}{\partial x} \frac{\delta x}{2} \right] \delta y \delta z = 0$$

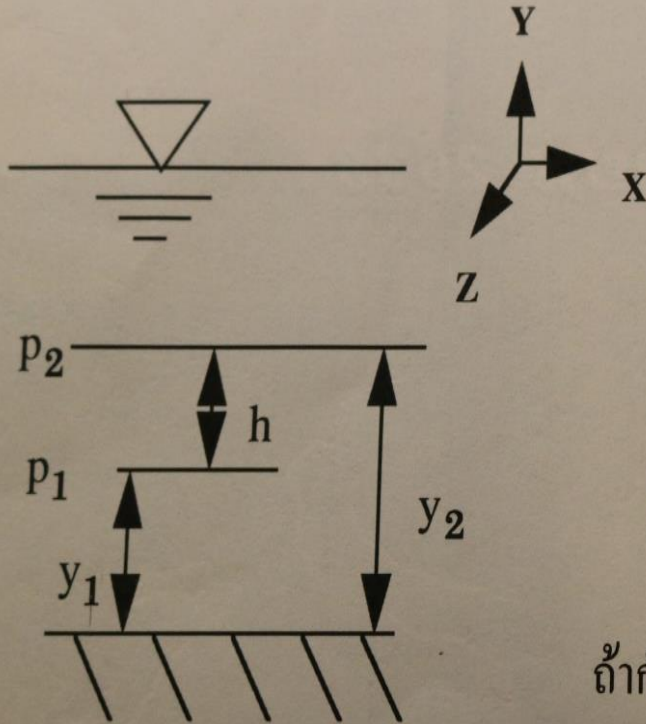
$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots(1)$$

เมื่อพิจารณาตามแกน y $\Sigma F_y = 0$

$$\left[p - \frac{\partial p}{\partial y} \frac{\delta y}{2} \right] \delta x \delta z - \left[p + \frac{\partial p}{\partial y} \frac{\delta y}{2} \right] \delta x \delta z - \gamma \delta x \delta y \delta z = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = -\gamma \quad \dots\dots(2)$$

ถ้าพิจารณาในแนวดิ่ง ผลต่างของความดันที่ความลึก y_1 และ y_2 จะเท่ากับ



$$\int_{P_1}^{P_2} dp = - \int_{y_1}^{y_2} \gamma dy$$

$$P_2 - P_1 = -\gamma (y_2 - y_1) = -\gamma h$$

or

$$P_1 = P_2 + \gamma h$$

ถ้ากำหนดให้ P_2 เป็นความดันบรรยากาศ และเท่ากับศูนย์ จะได้

หน่วย

h = เมตร

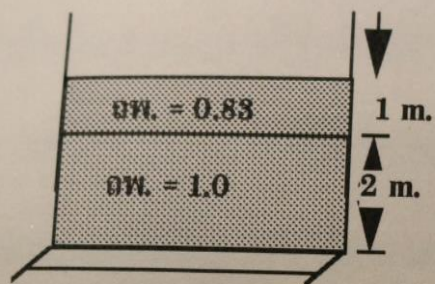
P = กก./ม.²

γ = กก./ม.³

$h = \frac{P}{\gamma}$: pressure head....

ความดันจึงขึ้นกับความลึก โดยที่ถ้าความลึกมากความดันจะมาก

Ex. ให้หาความดันที่ผิวสัมผัสและกันดั้มที่บรรจุของเหลวต่างชนิด ดังรูป



พื้นที่กันดั้ม $3 \times 4 \text{ m}^2$

ที่ผิวสัมผัส

$$h = 1 \text{ m}$$

γ น้ำมัน

$$= 0.83 \gamma \text{ น้ำ}$$

$$= 0.83 \times 1,000 \text{ กก/ม}^3 \times 9.81 \text{ ม/ว}^2$$

$$= 8,142.3 \text{ N/m}^2$$

$$P = \gamma h = 8142.3 \times 1 \text{ m} = 8,142.3 \text{ กก/ม}^2$$

ที่กันดั้ม

$$P_{\text{น้ำ}} = \gamma_{\text{น้ำมัน}} h_{\text{น้ำมัน}} + \gamma_{\text{น้ำ}} h_{\text{น้ำ}}$$

$$= 8142.3 + 1,000 \times 9.81 \times 2$$

$$= 27,762.3 \text{ N/m}^2$$

แรง

$$F = PA$$

$$= 27,762.3 \times 3 \times 4$$

$$= 333,147.6 \text{ N}$$

3. ความกดดันบรรยากาศ

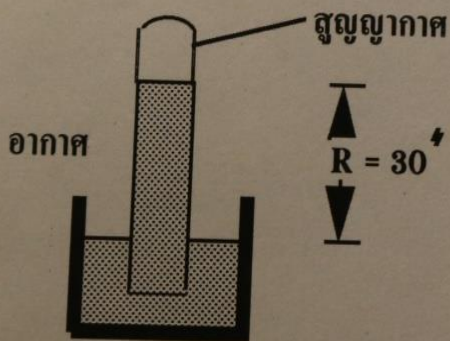
ความดันบรรยากาศที่ระดับผิวโลก คือ ความกดดันซึ่งเกิดจากน้ำหนักของอากาศ (เมื่อคิดตามแนวตั้ง) ที่อยู่เหนือผิวโลก การคำนวณหาความดันจะคิดแบบเดียวกับ การคิดหาความกดดันของของเหลวไม่ได้ เพราะอากาศเป็นของไหลที่หดตัวได้ (compressible) การวัดหาความดันบรรยากาศ จึงใช้วิธีวัดความสูงของของเหลว ที่อากาศค้ำหนุนได้ ของเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นปรอท ความดันบรรยากาศมาตรฐานเท่ากับความดันเฉลี่ยของบรรยากาศ วัดที่ระดับน้ำทะเล ปานกลางโดยใช้บารอมิเตอร์แบบปรอทวัด จะได้ความสูง 760 มม. (หรือ 30 นิ้วของ ปรอท, 34 ฟุตของน้ำ) เรียกว่า ความดัน 1 บรรยากาศ (1 atm)

(compressible) การวัดหาความดันบรรยากาศ จึงใช้วิธีวัดความสูงของของเหลว
ที่อากาศค้ำหนุนได้ ของเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นปรอท

ความดันบรรยากาศมาตรฐานเท่ากับความดันเฉลี่ยของบรรยากาศ วัดที่ระดับน้ำทะเล
ปานกลางโดยใช้บาร์อมิเตอร์แบบปรอทวัด จะได้ความสูง 760 มม. (หรือ 30 นิ้วของ
ปรอท, 34 ฟุตของน้ำ) เรียกว่า ความดัน 1 บรรยากาศ (1 atm)

แปลงเป็นความสูงปรอท $\frac{P}{\gamma} = h = 760 \text{ มม. ปรอท}$

$$\frac{P}{\gamma_w} = Sh = 13.6 \times 0.76 = 10.34 \text{ ม.ของน้ำ}$$



$$\begin{aligned} \text{ความดัน } P &= S\gamma h = 13.6 (9.81 \text{ kN/m}^3)(0.76) \\ &= 101.4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

ความกดดันสมบูรณ์ คือ ความกดดันที่วัดเทียบกับสุญญากาศ

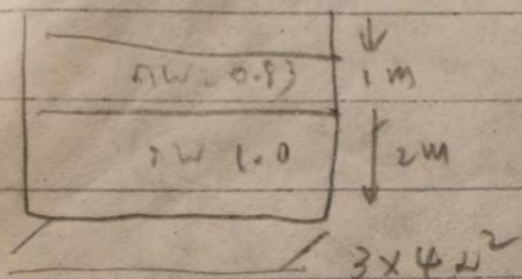
ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ + ความดันมาตร

absolute pressure = standard atm press + Gage pressure

Ex

หาแรงดันที่กระทำบนพื้นที่ 1 m²

น้ำจืด $h = 1 \text{ m}$



$$\rho_{\text{น้ำจืด}} = 0.83 \text{ t/m}^3$$

$$= 0.83 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 8142.3 \text{ N/m}^3$$

$$p = \rho h = 814.23 \text{ N/m}^2$$

น้ำจืด

$$p_{\text{น้ำจืด}} = \rho_{\text{น้ำจืด}} h_1 + \rho_{\text{น้ำจืด}} h_2$$

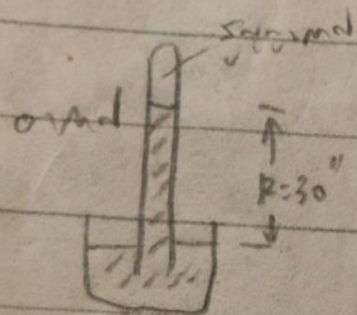
$$= 814.23 + 1000 \times 9.81 \times 2$$

$$= 27762.3 \text{ N/m}^2$$

$$F = p A$$

$$= 27762.3 \times 3 \times 4 = 333147.6 \text{ N}$$

3. ความดันในของไหล



ความดันในของไหลที่ความสูง h = ความดันบรรยากาศ
 + ความดันที่เกิดจากความสูงของของไหลที่ความสูง h หรือ
 ความดันของของไหลที่ความสูง h = ความดันบรรยากาศ + ความดันของของไหล
 ที่ความสูง h = ความดันบรรยากาศ + ความดันของของไหล (1 atm)

ความดันของของไหลที่ความสูง h = ความดันบรรยากาศ + ความดันของของไหล

$$\frac{p}{\rho} = h = 760 \text{ mm Hg}$$

$$\frac{p}{\rho} = Sh = 13.6 \times 0.76 = 10.34 \text{ N}$$

ความดัน

$$\frac{p}{\rho} = Sh = 13.6 (9.81 \text{ kN/m}^3) (0.76)$$

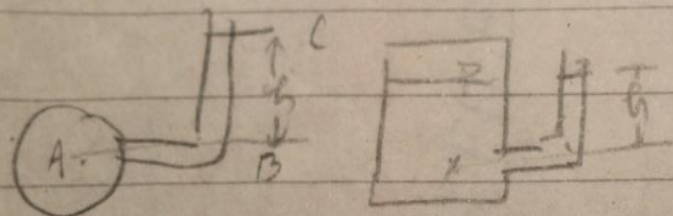
$$= 101.4 \text{ kN/m}^2$$

ความดันสัมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ + ความดันของของไหล
 absolute pressure = standard atm. press. + Gauge pressure

4. 1. 1030 2. 1030 3. 1030 4. 1030

3/4

1. piezometer



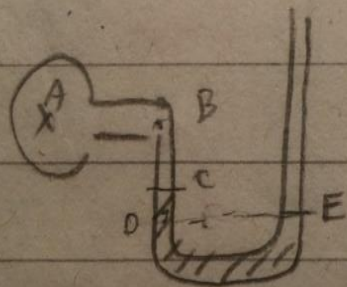
$$P_A = P_B$$

$$= P_C + \rho h$$

$$P_A = P_{atm} + \rho h \quad (\text{absolute})$$

$$P_A - \rho h \quad (\text{Gage pressure})$$

2. Manometer (U tube)



$$P_D = P_E$$

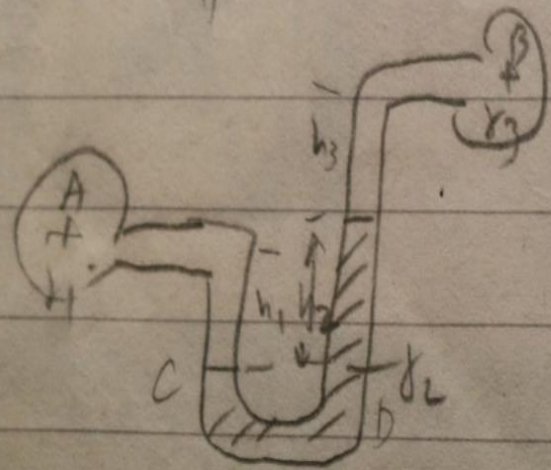
$$P_B + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 = P_E$$

$$\therefore P_A = P_D, P_E = P_{atm}$$

$$P_A = P_{atm} + -\gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 \quad (\text{absolute})$$

$$P_A = -\gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 \quad (\text{Gage pressure})$$

3. Differential manometer

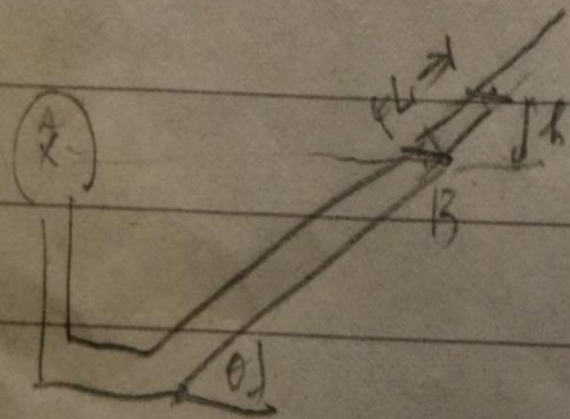


$$P_C = P_D$$

$$P_A + \rho_1 h_1 = P_B + \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$$

$$P_A - P_B = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 - \rho_1 h_1$$

4. Inclined Manometer



$$P_A = P_B$$

$$= P_C + \rho h$$

$$P_A = P_{atm} + \rho L \sin \theta \quad (\text{absolute } p.)$$

OR

$$P_A = \rho L \sin \theta \quad (\text{gage } p.)$$

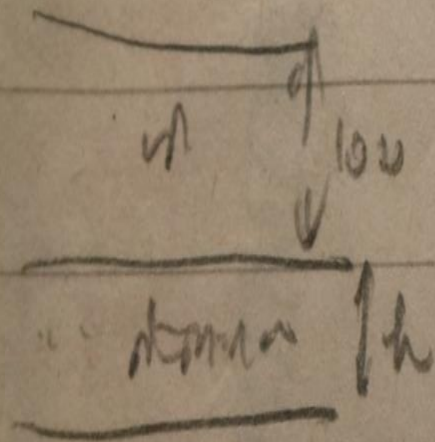
Рх.1. Водонапорная башня высотой 10 м. радиус $R = 2.4$

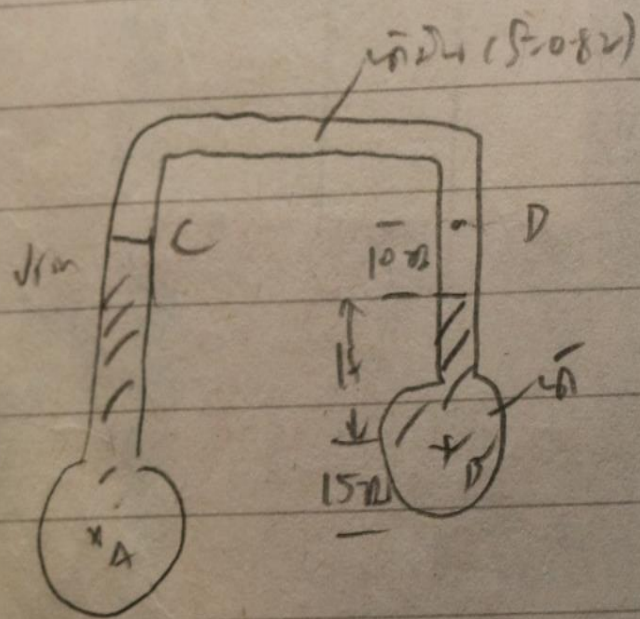
гидростатическое давление 130 кПа диаметр башни

$$P = \rho g h_w + \rho g h$$

$$130 = 9.81 \times 10 + 2.4 \times 9.81 \times h$$

$$h = 1.35 \text{ м.}$$





$$\text{in } P_A - P_B = 100 \text{ kPa in H}$$

$$P_C = P_D$$

$$P_C = P_A - S_{Hg} \gamma_w h_{Hg}$$

$$P_D = P_B - \gamma_w h - S_{oil} \gamma_w h_o$$

$$P_A - P_B = S_{Hg} \gamma_w h_{Hg} - \gamma_w h - S_{oil} \gamma_w h_o$$

$$100 = 13.6(9.81)(0.10 + h + 0.15)$$

$$-9.81 h - (0.82 \times 9.81 \times 0.10)$$

$$h = 0.5257 \text{ m}$$

$$= 52.57 \text{ cm}$$