

אוניברסיטת תל אביב
בית הספר לפיזיקה ואסטרונומיה

מספר חוברת

148

סמסטר א' תשס"ז
בחינת מעבר מועד א'
מועד הבחינה: 15.02.07
משך הבחינה: שלוש שעות

ת.ז. 9999999999

ת.ז.

מבחן בקורס 1104-0321: "פרקים נבחרים בפיסיקה קלאסית"

פרופ' אלכסנדר פלבסקי
נדב ריצימן

ענה/י על שתי שאלות מתוך השלוש. כל שאלה שווה 50 נקודות.

הוראות לנבחן

1. אין להשתמש בכל חומר עזר כלשהו.
2. יש לשים את כל מכשירי הקשר במצב off ולהשאיר בילקוט או למסור למשגיחה.
3. תשובות יש לכתוב במחברת הבחינה בצורה ברורה. יש לפרט במקום את הנוסחאות והעקרונות בהם נעזרתם ואת שלבי הפתרון העיקריים.
4. בהצלחה!

שאלה	ציון
1	
2	
3	
סה"כ	

שאלה 1

מבצעים תהליך תרמודינמי על מול אחד של גז אידיאלי מונואטומי כך שהלחץ משתנה לפי הנוסחה: $P = \frac{A}{V^3}$, כאשר A הוא קבוע כלשהו.

- א. (10 נק') מהי העבודה שמבצעים על הגז בתהליך כאשר דוחסים את הגז מנפח V_1 לנפח V_2 ($V_1 > V_2$)? נתונה הטמפרטורה ההתחלתית T_1 .
- ב. (10 נק') מהי הטמפרטורה T_2 בסוף הדחיסה?
- ג. (10 נק') מהי כמות החום שנכנסה למערכת בתהליך הדחיסה?
- ד. (10 נק') האם ניתן לחזור למצב ההתחלתי (P_1, V_1, T_1) בתהליך אדיאבטי? נמקו.
- ה. (10 נק') מהו השינוי באנטרופיה בתהליך הדחיסה?

שאלה 2

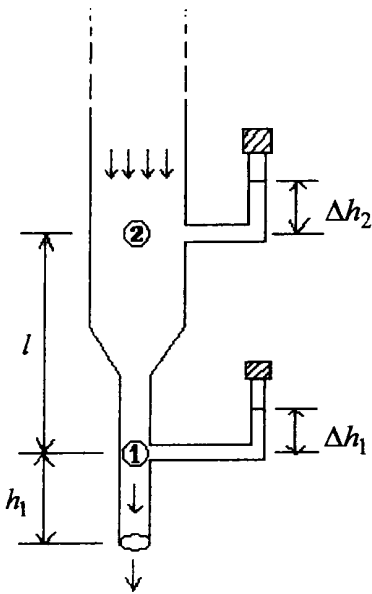
קוביית פלסטיק עם צפיפות ρ_{pl} ואורך צלע a צפה בנוזל עם צפיפות ρ_l ($\rho_l > \rho_{pl}$). הקובייה צפה אופקית ללא נטייה. נתון מתח הפנים γ של הנוזל עם האוויר.

- (10 נק') א. חשבו את הגובה של קצה הקובייה מעל פני הנוזל, כאשר מזניחים את מתח הפנים.
- (10 נק') ב. כמה ישתנה הגובה מסעיף א' אם הנוזל מרטיב לחלוטין את החומר ממנו עשויה הקובייה?
- (10 נק') ג. כמה ישתנה הגובה מסעיף א' אם הנוזל לא מרטיב לחלוטין את החומר ממנו עשויה הקובייה?

קודחים חור בקוטר b ($b < a$) לכל אורך הקובייה ממרכז הפאה העליונה עד למרכז הפאה התחתונה ומניחים בנוזל כך שהיא שוב צפה אופקית.

- (10 נק') ד. הסבירו איכותית כיצד ישתנה הגובה שחושב בסעיף א'. נמקו!
- (10 נק') ה. הסבירו איכותית כיצד ישתנה הגובה שחושב בסעיף ב'. נמקו!

שאלה 3 קצב זרימה קבוע. ρ - גאומטריה הנוזל.



נתון צינור אנכי עם רוחב משתנה ובו זורם נוזל אידיאלי לא דחיס עם צפיפות ρ . הזניחו השפעת צמיגות ומתח פנים.

הצינור פתוח מלמטה לאויר ללחץ אטמוספרי (P_a). הצינור אינו פתוח מלמעלה.

בנקודות 1 ו-2 יוצאות שתי צינוריות הסגורות בפקק ובתוכן ואקום. נתון כי נקודה 1 נמצאת בגובה h_1 מעל פתח הצינור והנקודה 2 נמצאת בגובה l מעל הנקודה 1. כמו כן נתון היחס בין שטחי החתך

בנקודות: $r = \frac{A_1}{A_2}$ (לא נתונים).

בסעיפים הבאים בטאו ע"י h_1, l, ρ, P_a, r את הגדלים הבאים:

- א. (10 נק') מהו Δh_1 ?
- ב. (10 נק') בהנתן Δh_2 , מהו הלחץ P_2 בנקודה 2 ?
- ג. (30 נק') מהן מהירויות הנוזל v_1 ו- v_2 בנקודות 1 ו-2 ?

1045-1847

8

מחברת מס' _____
מתוך _____ מחברות

**הוראות לנבחנים ולנבחנות (נכתבו בלשון זכר אך נועדו לשני המינים)
לפני התחלת הבחינה מלא את כל הפרטים הבאים בכתב ברור וקרא בעיון את ההוראות:**

1. הנך נדרש לשמור על טוהר הבחינה ועל עבודה עצמית ולהישמע להוראות המשגיחים ולנוהלי האוניברסיטה. אין להעתיק, אין לדבר ואין להעביר חומר בין הנבחנים.

נבחן הנוהג בניגוד להוראות צפוי להפסקת בחינתו ולהעמדה לדין משמעתי.

2. על הנבחן להבחן בחדר שבו הוא רשום.

3. אין להחזיק טלפונים ניידים או אמצעי תקשורת ומכשירים אלקטרוניים כלשהם בזמן הבחינה. על הנבחן להניח את כל חפציו האישיים בצד החדר הרחק ממקום מושבו.

4. אין להחזיק בהישג יד, בחדר הבחינה או בסמוך לו, כל חומר הקשור לבחינה או לקורס פרט לחומר שהשימוש בו הותר בכתב על ידי המורה.

5. קריאת השאלון מותרת רק לאחר קבלת רשות מהמשגיח.

6. נבחן לא יעזוב את מקומו ולא את חדר הבחינה בטרם סיים את הבחינה ללא קבלת רשות מהמשגיח. בעת יציאה מן החדר, יפקיד הנבחן את מחברות הבחינה והשאלון (טופס הבחינה) בידי המשגיח.

7. נבחן שנכנס לחדר הבחינה וקיבל את השאלון לידי, לא יהא רשאי לעזוב אותו אלא כעבור חצי שעה לפחות ממועד תחילתה ורק לאחר שיחזיר למשגיח את המחברת ואת השאלון, ויקבל ממנו את התעודה המזהה שאותה מסר עם כניסתו לכיתה. נבחן שהחליט לעזוב בלי לכתוב את הבחינה ייחשב כמי שנבחן במועד זה וציונו יהיה "ס".

8. אין לכתוב את השם או כל פרט מזהה אחר בתוך המחברת. פרטי הנבחן ימולאו על כריכת המחברת במקום המיועד לכך בלבד.

9. אין לתלוש דפים מהמחברת. טיטוה תיכתב בתוך המחברת בלבד. אין להשתמש בדפים שהביא הנבחן.

10. יש לכתוב את התשובות בעט כחול או שחור, בכתב יד ברור ונקי. בתום הבחינה יחזיר הנבחן את המחברת והשאלון ויקבל מיד המשגיח את התעודה המזהה.

11. אין לכתוב מעבר לקו האדום משני צידי הדף.

תאריך הבחינה 15.02.07
שם הקורס פרקים ב'ס'יקה קלאסית
שם המורה אדם פלנטיק
החוג/המגמה ס'יקה

מס' זיהוי
(העתק מכרטיס הנבחן/התלמיד)

03211104011
038797411

8



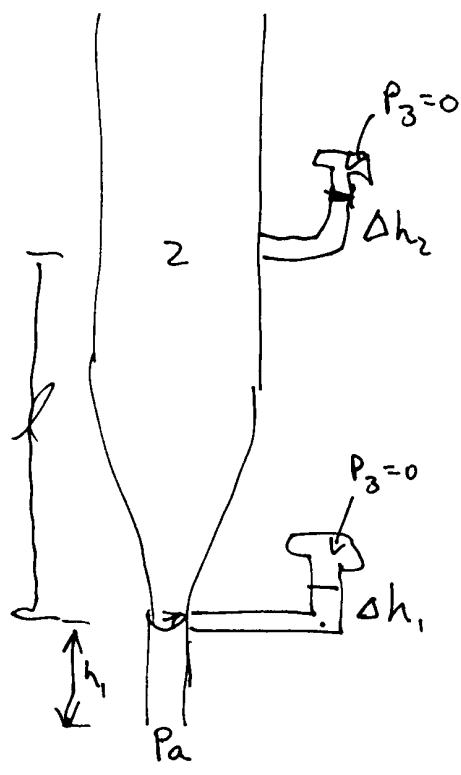
לשימוש המורה הבוחן:

הציון 100
המחברת נבדקה ביום 20.2.07
חתימת המורה מל-10

101574

בהצלחה.

3 ניסוי



$$\frac{A_1}{A_2} = r$$

למשל

h_1, l, ρ, P_a, r

למשל

$\Delta h_1, -?$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g h_1 = P_a + \frac{1}{2} \rho V_{out}^2$$

אם נניח שהמהירות היא זהה בכל מקום $\frac{dV}{dt} = A_1 V_1 = A_{out} V_{out} \Rightarrow A_1 = A_{out} \Rightarrow V_1 = V_{out}$

$$P_1 + \rho g h_1 = P_a \Rightarrow P_1 = P_a - \rho g h_1$$

$$P_1 = \rho g \Delta h_1 + 0 \quad \Delta h_1 = \frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_a - \rho g h_1}{\rho g} = \frac{P_a}{\rho g} - h_1$$

$$\boxed{\Delta h_1 = \frac{P_a}{\rho g} - h_1} \quad \checkmark$$

$$P_2 = \rho g \Delta h_2 + P_3 = \rho g \Delta h_2 + 0$$

למשל

$$\boxed{P_2 = \rho g \Delta h_2} \quad \checkmark$$

$$\frac{dV}{dt} = A_1 V_1 = A_2 V_2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{A_1}{A_2} = r \Rightarrow V_2 = r V_1$$

למשל

$$P_2 + \rho g l + \frac{1}{2} \rho V_2^2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2$$

$$\rho g \Delta h_2 + \rho g l + \frac{1}{2} \rho V_2^2 = \frac{P_a}{\rho g} + \frac{1}{2} \rho V_1^2$$

$$\rho g \Delta h_2 + \rho g l + \frac{1}{2} \rho v_2^2 = \cancel{P_1} P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

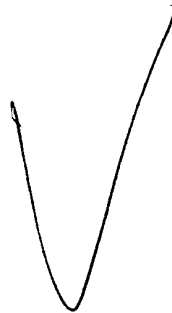
$$P_1 = P_a - \rho g h_1 \quad v_2 = r v_1$$

$$\rho g \Delta h_2 + \rho g l + \frac{1}{2} \rho r^2 v_1^2 = P_a - \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

$$v_1^2 \cdot \frac{1}{2} \rho (1 - r^2) = \rho g (\Delta h_2 + l + h_1) - P_a$$

$$v_1^2 = \frac{2g(\Delta h_2 + l + h_1) - \frac{2P_a}{\rho}}{(1 - r^2)}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2g(\Delta h_2 + l + h_1) - \frac{2P_a}{\rho}}{(1 - r^2)}}$$
$$v_2 = r v_1 = r \sqrt{\frac{2g(\Delta h_2 + l + h_1) - \frac{2P_a}{\rho}}{(1 - r^2)}}$$



$$n=1$$

$$P = \frac{A}{V^3}$$

$$PV = nRT = RT$$

1 סדר

ל אינטגרל

$$\frac{A}{V^3} = \frac{RT}{V} \quad A = V^3 RT$$

התהליך היזני-דניני הנמשך, התהליך $V^3 T$ נשאר קבוע לכל n .
התהליך (נמשך A קבוע).

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{A}{V^3} dV = A \int_{V_1}^{V_2} V^{-3} dV = \frac{A V^{-2}}{-2} \Big|_{V_1}^{V_2} =$$

$$= \frac{A}{-2} \left(\frac{1}{V_2^2} - \frac{1}{V_1^2} \right) = \frac{A}{2} \left(\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2} \right)$$

יש הסתקה מתוצרת הנס. נמשך למטה כי מספר 3 הוא שלילי
לכן $\frac{1}{V_1^2} < \frac{1}{V_2^2} \Leftrightarrow V_1 > V_2$ והסתקה מתוצרת 2

$$W = \frac{A}{-2} \left(\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2} \right) \quad \text{הנס הוא } -W_{1 \rightarrow 2} \text{ כנראה}$$

$$A = V_1^3 RT_1$$

T_1, V_1 הנמשך, A נמשך

$$W = \frac{V_1^3 RT_1}{-2} \left(\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2} \right) = \frac{RT_1}{-2} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right) =$$

$$W = \frac{RT_1}{2} \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 - 1 \right]$$

2 אינטגרל

כאשר התהליך $A = R V^3 T$ נשאר נמשך התהליך

$$A = R V_1^3 T_1 = R V_2^3 T_2 \Rightarrow \left[T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^3 \right]$$

2 ד"ר

$$Q_{1 \rightarrow 2} = W_{1 \rightarrow 2} + \Delta U_{1 \rightarrow 2}$$

העבודה
עשויה
היא
(חיובי)

$$W_{1 \rightarrow 2} = \frac{RT_1}{2} \left[1 - \left(\frac{V_1^2}{V_2^2} \right) \right]$$

היא היא אדמ'ס, פס, מן פ"מ:

$$\Delta U = n C_v \Delta T$$

(עבור גזים ריאליים) $C_v = \frac{3}{2} R$: $n=1$ U n C_v

$$\Delta U = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R \left(\frac{V_1^2}{V_2^2} T_1 - T_1 \right) = -\frac{3}{2} R T_1 \left(1 - \frac{V_1^2}{V_2^2} \right)$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \right) \left[R T_1 \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right) \right] = -\frac{R T_1}{2} \left(1 - \frac{V_1^2}{V_2^2} \right)$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = -\frac{R T_1}{2} \left(1 - \frac{V_1^2}{V_2^2} \right)$$



3 ד"ר

1 \Rightarrow $V_1 > V_2$ \Leftrightarrow $T_2 > T_1$ \Leftrightarrow $Q_{1 \rightarrow 2} < 0$

העבודה עשויה חיובית.

1 \Rightarrow $T_2 > T_1$ \Leftrightarrow $Q_{1 \rightarrow 2} < 0$

יהיה שני 'ד"ר' באתיקה הפנימית.

העבודה אדמ'ס $dQ=0$ ומן פ"מ $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = \frac{5}{3}$$

עבור גז מונואטומי

העבודה אדמ'ס $\Delta U = -W$ $V_2 < V_1$ \Rightarrow $Q=0$ \Rightarrow $Q_{1 \rightarrow 2} < 0$

העבודה אדמ'ס \Rightarrow $Q=0$ \Rightarrow $Q_{1 \rightarrow 2} < 0$

הסבר וניסוח נקודות למען תהליך קצב (3) (100)

ההתנהגות של המערכת היא כזו:

$$P_\alpha = \frac{A}{V^3} = \frac{RT_1 V_1}{V^3} = \frac{\alpha}{V^3}$$

התהליך הוא איזותרמי

~~$P_\beta = \frac{P_1 V_1^{3/2}}{V^{3/2}}$~~

התהליך קצב איזותרמי

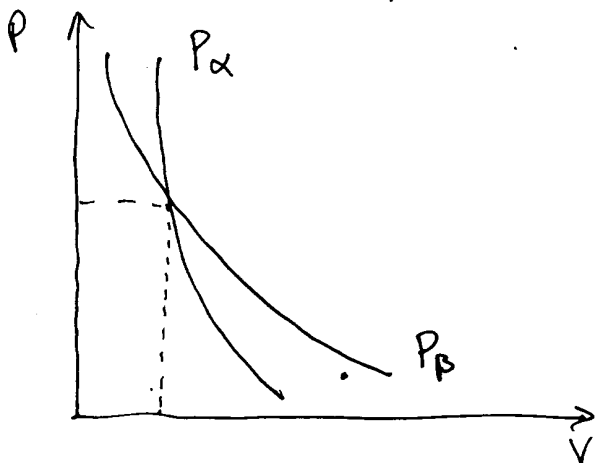
$$P_\beta = \frac{P_1 V_1^{3/2}}{V^{3/2}} = \frac{RT_1 V_1^{3/2}}{V^{3/2}} = \frac{\beta}{V^{3/2}}$$

קבועים α, β

התנאי $P_\alpha = P_\beta$ (התנאי) הוא כזה:

התנאי $P-V$ (התנאי) הוא כזה:

התנאי $P-V$ (התנאי) הוא כזה:



$$P_1 V_1 = R T_1 \Rightarrow P_1 = \frac{R T_1}{V_1} \quad \text{התנאי של } PV^\gamma \text{ שיהיה זהה}$$

$$P_2 = \frac{A}{V_2^3} = \frac{V_1^2 R T_1}{V_2^3}$$

$$P_1 V_1^\gamma = \frac{R T_1}{V_1} V_1^{\frac{5}{3}} = \cancel{R T_1} R V_1^{\frac{2}{3}}$$

$$P_2 V_2^\gamma = \frac{V_1^2 R T_1}{V_2^3} V_2^{\frac{5}{3}} = \cancel{R T_1} \frac{V_1^2}{V_2^{\frac{4}{3}}} R T_1$$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow V_1^{\frac{2}{3}} = \frac{V_1^2}{V_2^{\frac{4}{3}}} \Rightarrow V_2^{\frac{4}{3}} = V_1^{\frac{4}{3}} \Rightarrow V_1 = V_2$$

זהו התנאי של PV^γ שיהיה זהה

לכן, $P_1 = P_2$ והתנאי של PV^γ שיהיה זהה, $V_1 > V_2$ לכן
 זהו התנאי של PV^γ שיהיה זהה

התנאי של PV^γ שיהיה זהה
 ה' 4/100

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$$

$P = \frac{RT}{V}$ ו $A = V^2 RT$

$$dQ = n C_v dT + P dV = \frac{3}{2} R dT + \frac{A}{V^3} dV = \frac{3}{2} R dT + \frac{V^2 R T}{V^3} dV$$

התנאי של $dQ = du + dw$

$$P = \frac{A}{V^3}$$

$$A = V^2 RT$$

$$dQ = \frac{3}{2} R dT + \frac{RT}{V} dV$$

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{3}{2} R \frac{dT}{T} + \int_{V_1}^{V_2} R \frac{dV}{V} = \frac{3}{2} R \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} =$$

התנאי של PV^γ שיהיה זהה

~~$$\Delta S = \frac{3}{2} R \ln \left(\frac{V_2^2}{V_1^2} \right) + R \ln \frac{V_2}{V_1} = 4R \ln \frac{V_2}{V_1}$$~~

התנאי של PV^γ שיהיה זהה

$$\Delta S = \frac{3}{2} R \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

$$\Delta S = \frac{3}{2} R \ln \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 - R \ln \frac{V_1}{V_2} = 3 R \ln \frac{V_1}{V_2} - R \ln \frac{V_1}{V_2}$$

$$\Delta S = 2 R \ln \frac{V_1}{V_2}$$

