

0341-3229

26/08/11

מבוא לדינמיקה של האטמוספירה – מועד 2

משך הבחינה 3 שעות. המבחן עם מחברות פתוחות ודפי סיכום.
החלק הראשון (30 נקודות) הוא חובה. בחלק השני עליכם לענות על שתי שאלות (35 נקודות לשאלה).

שאלת חובה - זרימה במאון (5 נקודות על כל גרף סה"כ 30 נקודות)

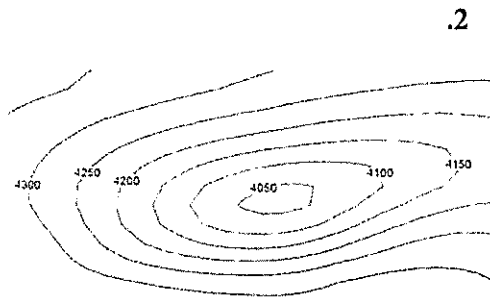
לפניכם שדות של קווים שווי גיא-פוטנציאל או לחץ אטמוספריים בקווי רוחב ממוזגים. גובה השכבה (ביחידות של גובה גיאומטרי או ביחידות לחץ) וההמיספירה מצוינים ליד כל שרטוט.

הניחו שהכח הצנטריפוגלי זניח, ושרטטו או ציינו על כל מפה את הדברים הבאים:

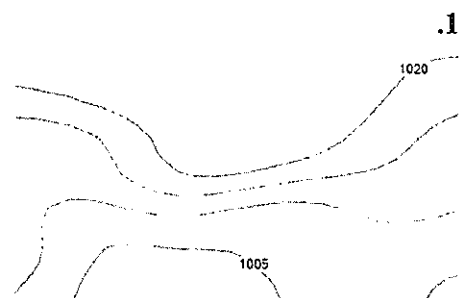
1. כוון הזרימה האופקית כפי שתהיה באטמוספירה. ציינו היכן המהירות האופקית חזקה במיוחד.
2. במקום אחד שרטטו את כוון הכוחות הפועלים על הזרימה (באופן סכמטי)
3. היכן שרלוונטי, סמנו אזורים שבהם תהיה בוודאות עליה או ירידה של אור.

הסבירו את בחירותיכם בקצרה במילים.

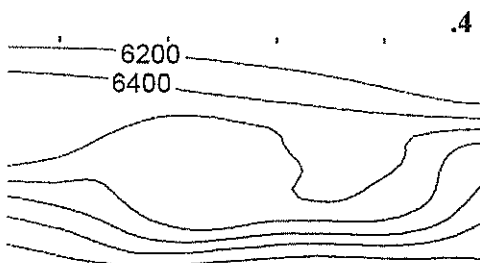
השדות:



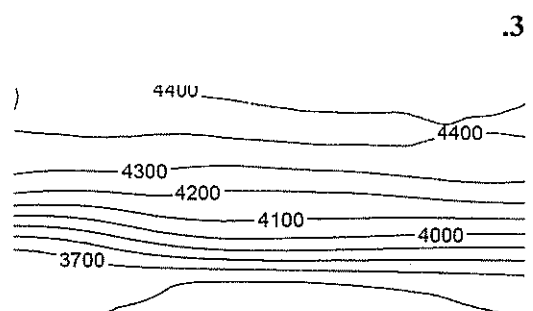
חצי דרומי גובה משטח 600 מיליבר



חצי צפוני לחץ בגובה פני הים



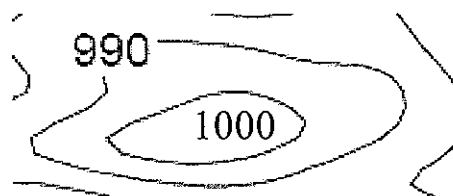
חצי צפוני גובה משטח 400 מיליבר



חצי דרומי גובה משטח 600 מיליבר

K-15

5.



חצי דרומי לחץ בגובה פני הים

6.



חצי צפוני לחץ בגובה פני הים

שאלות בחירה: ענו על שתי שאלות, כל שאלה שווה 30 נקודות

שאלה 1:

שאלה זו עוסקת בהיבטים שונים של הכוח הצנטריפוגלי.

א. כיצד ישפיע הכוח הצנטריפוגלי על צורת פני השטח של מים במיכל המסתובב במהירות זוויתית Ω ? קבלו ביטוי לגובה פני השטח במצב עמיד, והראו את מאזן הכוחות בכוון מקביל לפני השטח.

ב. הראו שניתן לשלב את הכוח הצנטריפוגלי וכוח הכובד לכוח אחד - כוח גרביטציה אפקטיבי, הפועל בכוון מאונך לפני המים. איזה כוח מאזן את הכבידה האפקטיבית? כיצד בא לידי ביטוי תיקון דומה לכוח הכובד במקרה של כדור הארץ?

ג. הראו שהאיבר $\frac{u^2 \tan \varphi}{a}$ במשוואת התנע המרידיונאלי בקואורדינטות ספריות, מבטא כוח צנטריפוגלי. הסבירו את פקטור הטנגנס באמצעות שרטוט.

ד. בפלגנות המסתובבות מאד לאט (כמו בנוגה) המאזן העיקרי בכוון מרידיונאלי הוא מעין מאזן ציקלוסטרופי: $\frac{u^2 \tan \varphi}{a} = -\frac{1}{a} \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi}$ (בקואורדינטות לחץ, כאשר $\Phi = gz$). השתמשו במאזן

הידרוסטטי ובחוק בגזים האידאליים, וגזרו לפי הלחץ, כדי לקבל ביטוי עבור הקשר בין הרוח התרמלית $\frac{\partial \omega}{\partial \ln p}$ לבין גרדיאנט הטמפרטורה המרידיונאלי $\frac{\partial T}{\partial \varphi}$. הראו שבמקרה בו הטמפרטורה משתנה עם קו הרוחב לפי $T \propto \cos(2\varphi)$, המהירות הזוויתית תלויה אך ורק בלחץ, ולא בקו רוחב.

שאלה 2:

משוואות התנועה במערכת מסתובבת (מהירות זוויתית Ω), בקואורדינטות גליליות עם חיכוך לינארי:

$$\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta^2}{r} - 2\Omega v_\theta = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} - \alpha v_r$$

$$\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_\theta v_r}{r} + 2\Omega v_r = -\frac{1}{\rho r} \frac{\partial p}{\partial \theta} - \alpha v_\theta$$

נסמן את סקלת גודל השקע האופיינית ב- L , את סקלת הזמן האופיינית ב- T , ואת סקלת המהירות האופיינית ב- V . כמו כן נניח שהמהירות הרדיאלית קטנה, בסדר גודל של $0.1V$, שסקלת הזמן ארוכה, בסדר גודל של $10/(2\Omega)$, ושמקדם החיכוך α קטן מספיק כדי שהחיכוך יהיה זניח.

א. ממשוואת התנע הרדיאלית, מה התנאי שיהיה מאזן גיאוסטרופי, ומה התנאי שיהיה מאזן ציקלוטרופי? כתבו מפורשות את המשוואה המתארת כל אחד ממאזנים אלו. איזה ממאזנים אלו יתקיים אם נניח ש $L=1000\text{km}$, $V=10\text{m/sec}$? קבלו הערכה גסה למפל הלחץ בקרקע (במיליבר) בין החוץ לפנים של השקע במקרה זה. הניחו $\Omega=10^{-4}\text{sec}^{-1}$.

ב. מאנאליזת סקלות על משוואת התנע המשיקית כאשר מניחים סימטריה זוויתית ($\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$), מה המשוואה המקורבת המתקבלת במאזן גיאוסטרופי? באלו תנאים יהיה מצב עמיד?

ג. מאנאליזת סקלות על משוואת התנע המשיקית כאשר מניחים סימטריה זוויתית ($\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$), מה המשוואה המקורבת המתקבלת במאזן ציקלוטרופי? מה ניתן לאמר על הצורה הרדיאלית של המהירות המשיקית במצב זה?

ד. הניחו עתה שבמצב ללא חיכוך יש מאזן גיאוסטרופי, אבל החיכוך אינו זניח. כתבו את המשוואות המקורבות עם איברי החיכוך. הניחו מצב עמיד ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$) והראו שהרוח המשיקית עם חיכוך חלשה מהרוח המשיקית הגיאוסטרופית. כמו כן קבלו ביטוי לרוח הרדיאלית. לאיזו כוון היא פונה בשקע ולאיזה כוון ברמה? מה זה אומר לגבי מזג האוויר הצפוי? הסבירו.

שאלה 3:

שתי תחנות מודדות נתונים אטמוספריים, כאשר האחת ממוקמת בדיוק מצפון לשנייה במרחק של 125 קילומטרים. הלחץ בין שתי התחנות קטן בדיוק בכוון צפון כך שמשטח ה- 700 מיליבר נמוך ב- 12.5 מטרים בתחנה הצפונית לעומת התחנה הדרומית.

א. מצאו את הרוח הגיאוסטרופית הממוצעת ב- 750 מיליבר באזור בין שתי התחנות.

ב. נתון שב- 500 מיליבר הרוח נושבת מכוון צפון מערב, בזווית של 60 מעלות לציר ה- x , בעוצמה של 20 מטר לשנייה. מה כוון ועוצמת גרדיאנט הטמפרטורה האופקי הממוצע בשכבה $500-750$ מיליבר? הניחו $f = 10^{-4}\text{sec}^{-1}$ ו- $g = 10\text{msec}^{-2}$.

ג. חשבו את ההתחממות הממוצעת בשכבת ה- $500-750$ מיליבר כתוצאה מאדבקציה של טמפרטורה על ידי הרוח הגיאוסטרופית, באזור שבין שתי התחנות.

ד. אם נתון לנו הפרופיל האנכי של הרוח האופקית בתחנה מסוימת (בקווי הרוחב הממוזגים), פרופיל הטמפרטורה האנכי, וכן גם קצב שינוי הטמפרטורה, כיצד ניתן להאריך את המהירות האנכית? איזה נתון חסר כדי שההערכה תהיה מדויקת? האם להערכתכם נתון זה משמעותי בגודלו או לא? הסבירו.