

기상역학

문 1. 로스비수(Rossby number, R_o)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

- ㄱ. R_o 가 0.1일 때 지균폭사를 만족한다.
- ㄴ. 수평속도규모와 길이규모가 일정할 때, R_o 는 고위도로 갈수록 작아진다.
- ㄷ. R_o 는 코리올리 힘에 대한 관성력의 크기비와 같다.

- ① ㄱ, ㄴ
- ② ㄴ, ㄷ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

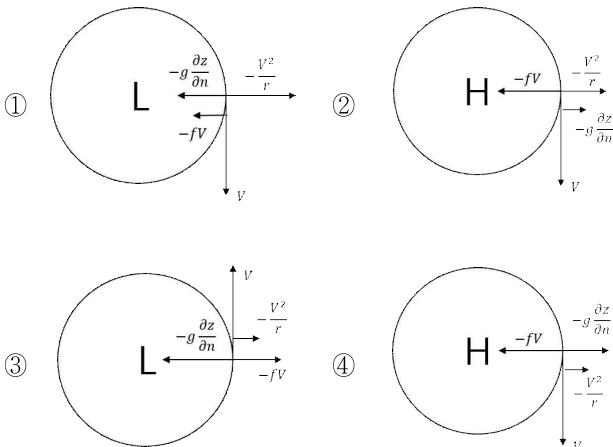
문 2. 다음은 안정 성층 대기에서 건조한 공기 덩이의 단열 연직 운동을 지배하는 방정식이다. 연직 변위가 주어진 공기 덩이의 연직 운동에 대한 설명 중 옳은 것만을 모두 고르면? (단, δz 는 공기 덩이의 연직 변위, ρ 와 p 는 각각 공기 덩이의 밀도와 기압, g 는 중력가속도이다.)

$$\frac{D^2}{Dt^2}(\delta z) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

- ㄱ. 공기 덩이의 밀도가 주변 공기보다 작으면 공기 덩이는 상승한다.
- ㄴ. 높이에 따른 온위의 증가율이 커질수록 공기 덩이의 상하 진동은 빨라진다.
- ㄷ. 공기 덩이와 주변 공기의 온도차가 클수록 공기 덩이의 상하 진동은 빨라진다.

- ① ㄱ, ㄴ
- ② ㄴ, ㄷ
- ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문 3. 북반구에서의 비기압적(antibaric)인 경도류를 나타낸 것은?



문 4. 북반구 위도 45도에서 로켓이 $4000\sqrt{2} \text{ m s}^{-1}$ 의 일정한 속력으로 동쪽을 향해 1000 km만큼 날아갔을 때, 전향력에 의해 편향된 수평 거리와 방향으로 가장 옳은 것은? (단, 지구자전각속도 $\Omega = 7.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 이고, 코리올리 매개변수의 변화와 곡률효과 및 연직운동은 무시한다.)

- ① 9 km, 남쪽
- ② 9 km, 북쪽
- ③ 18 km, 남쪽
- ④ 18 km, 북쪽

문 5. 다음은 건조공기에 대한 측고(thickness) 공식이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

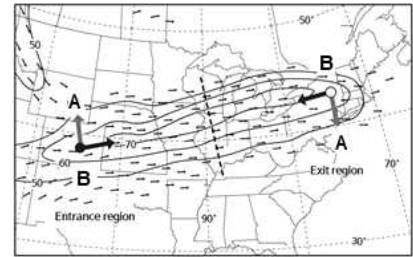
$$Z_T \equiv Z_2 - Z_1 = \frac{R}{g_0} \int_{p_2}^{p_1} T d \ln p$$

- ① 정적대기와 이상기체를 가정하여 만든 식이다.
- ② 측고가 크다는 것은 두 기층 간의 평균 기온이 높다는 것이다.
- ③ 지오폤텔셜 고도가 증가함에 따라 기압은 지수적으로 감소한다.
- ④ 등온대기를 가정하면 측고는 규모고도(scale height)에 반비례한다.

문 6. 온도풍에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 온도풍은 수평 온도경도에 반비례한다.
- ② 수평 온도경도가 일정한 경우 온도풍은 고위도로 갈수록 강해진다.
- ③ 온도풍은 주어진 층에서 상부와 하부 지오폤텔셜 차이의 수평 경도에 비례한다.
- ④ 남반구에서 온도풍은 찬 공기를 왼쪽에 두고 분다.

문 7. 다음은 겨울철 북미지역 300 hPa 상층제트 부근에서의 등풍속선 (단위: KT) 분포를 나타낸 그림이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



- ㄱ. 비지균풍은 붉은 검은색 화살표 방향으로, 지균풍은 붉은 회색 화살표 방향으로 분다.
- ㄴ. A 지역에는 상층 수렴, B 지역에는 상층 발산이 존재한다.
- ㄷ. 제트 입구 지역에는 간접순환, 제트 출구 지역에는 직접 순환이 형성된다.

- ① ㄴ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ

문 8. 북반구 중위도에서의 자유 순압 로스비파에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 로스비파가 평균류에 대해 동쪽으로 전파되는 원인은 베타 효과 때문이다.
- ② 로스비파의 파장이 클수록 평균류에 대해 서쪽으로 이동하려는 경향이 커진다.
- ③ 기압골(trough) 서쪽에서는 북풍을 따라 코리올리 매개변수가 커진다.
- ④ 기압마루(ridge) 서쪽에서는 남풍을 따라 상대 소용돌이도가 증가한다.

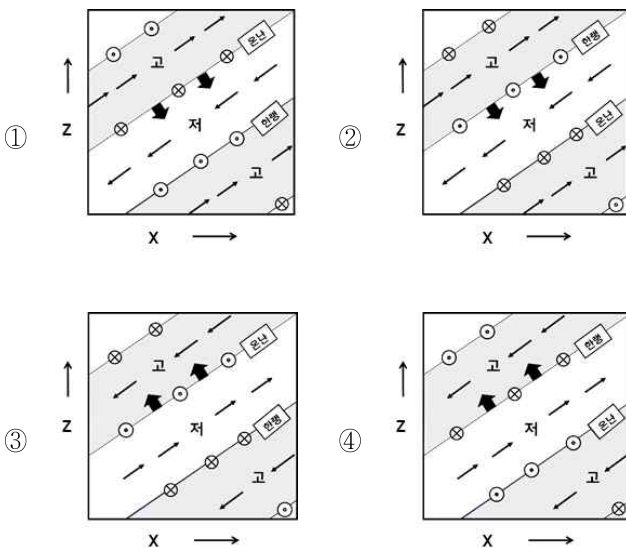
문 9. 다음은 구면 좌표계에서의 동서방향 운동방정식이다. 각 항을 규모분석 했을 때, (가)~(다)의 크기가 큰 순서대로 바르게 나열된 것은? (단, 중위도 중관규모 대기운동에서 전형적인 수평속도규모는 10ms^{-1} , 연직속도규모는 1cms^{-1} , 길이규모는 10^6m , 수평기압변화규모는 $10^3\text{m}^2\text{s}^{-2}$ 이고, Ω , ϕ , a , F_{rx} 는 각각 지구자전각속도, 위도, 지구반지름, 동서방향 점성력이다.)

$$\frac{Du}{Dt} - 2\Omega v \sin\phi + 2\Omega w \cos\phi + \frac{uw}{a} - \frac{uv \tan\phi}{a} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + F_{rx}$$

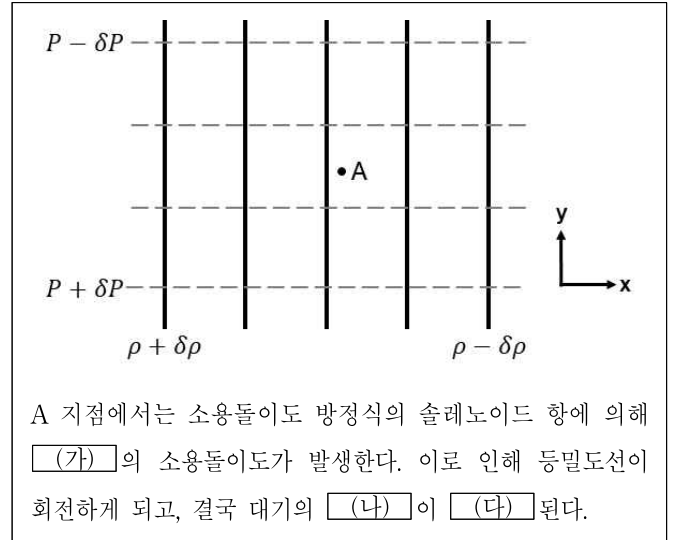
(가) 10^{-3} (나) 10^{-8} 10^{-5} (다) 10^{-12}

- ① (가)-(나)-(다) ② (나)-(가)-(다)
- ③ (다)-(가)-(나) ④ (다)-(나)-(가)

문 10. 북반구에서 연직상방으로 전파되는 관성중력파의 속도, 기압, 온도 섭동 사이 관계를 $x-z$ 단면으로 올바르게 표현한 것은? (단, 연직파수 $m < 0$, 진동수 $\nu > 0$ 이고, 가는 화살표는 동서-연직 섭동 바람, 굵은 화살표는 위상속도, ⊗는 북향 섭동 바람, ⊙는 남향 섭동 바람을 각각 의미한다.)

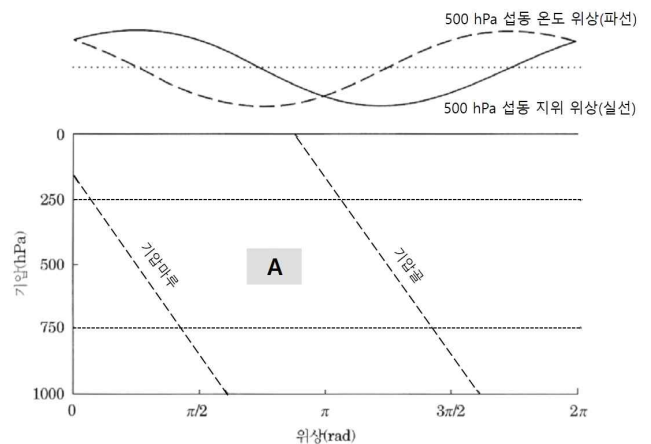


문 11. 다음과 같은 기압(P)과 밀도(ρ)의 조건에서 (가)~(다)에 들어갈 말을 바르게 연결한 것은? (단, 바람은 지균풍이라고 가정한다.)



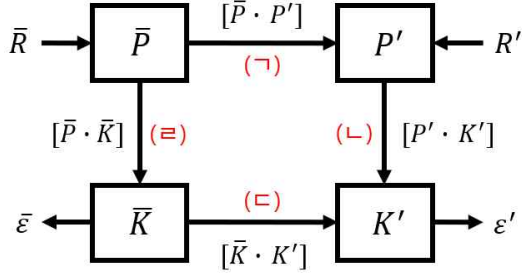
- | | (가) | (나) | (다) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | 양 | 순압성 | 강화 |
| ② | 음 | 순압성 | 약화 |
| ③ | 음 | 경압성 | 강화 |
| ④ | 양 | 경압성 | 약화 |

문 12. 다음은 중위도 경압불안정과 관련된 준지균 이층 모형에 의한 경압파의 섭동 구조를 나타낸 것이다. A 지역에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 북반구를 가정한다.)



- ① 하강기류가 발생한다.
- ② Q 벡터의 발산이 나타난다.
- ③ 500 hPa에서 섭동 연직 바람장과 섭동 지위장의 위상차는 4분의 1 파장만큼이다.
- ④ 섭동 남북 바람 v' 과 평균기온의 남북방향경도 $\frac{\delta \bar{T}}{\delta y}$ 에 대해 $v' \frac{\delta \bar{T}}{\delta y}$ 는 음수이다.

문 13. 다음은 오일러(Euler) 평균 관점에서 묘사된 로렌츠(Lorenz) 에너지 순환의 모식도이다. (ㄱ)~(ㄴ) 과정에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, P 는 가용위치에너지(APE), K 는 운동에너지(KE), R 는 비단열적 에너지 생성, ε 은 운동에너지 소산을 의미하며 각 기호의 상단바(—)는 동서방향으로의 평균, 프라임(')은 동서방향 에디, $[A \cdot B]$ 는 A 에서 B 로의 에너지의 변환을 의미한다.)



- ① (ㄱ) : 저위도에서 생성된 각운동량이 중위도 지역으로 수송된다.
- ② (ㄴ) : 에디 내에서의 남북 운동을 통하여 에디 APE가 에디 KE로 전환된다.
- ③ (ㄷ) : 중위도 날씨 시스템에서 발생한 에디가 평균류를 강화시킨다.
- ④ (ㄹ) : 적도 지역에서의 평균 해들리 순환을 유지하는 역할을 한다.

문 14. 다음은 준지귤 운동량 방정식이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

$$\frac{D_g \vec{V}_g}{Dt} = -f_0 \vec{k} \times \vec{V}_a - \beta y \vec{k} \times \vec{V}_g$$

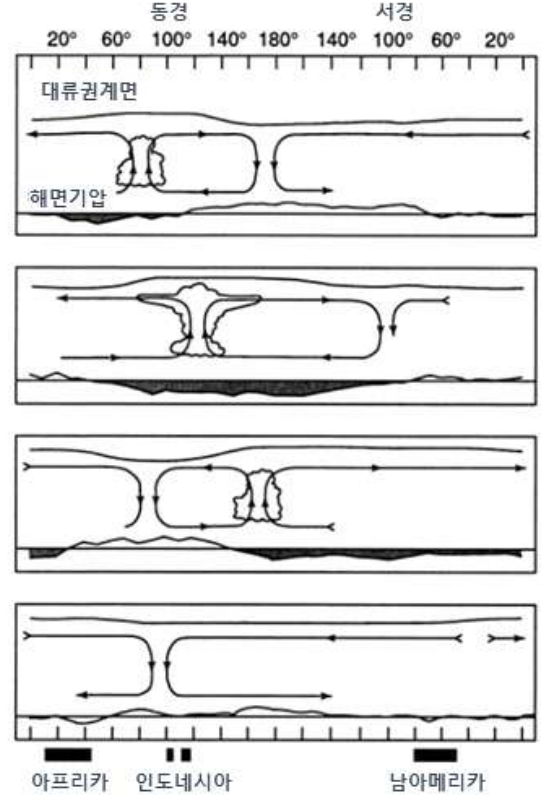
- ㄱ. 원시방정식계의 운동량 방정식에 중위도 베타평면 근사를 적용하여 유도되었다.
- ㄴ. 원시방정식계의 수평방향 운동량 방정식에서 정역학 균형을 제거한 결과로 해석할 수 있다.
- ㄷ. 우변 첫 번째 항은 비지귤풍에 의한 코리올리 효과를 의미한다.
- ㄹ. 로스비수(R_o)에 대해, $|\frac{V_a}{V_g}| \sim O(R_o)$ 이다.

- ① ㄱ, ㄴ, ㄷ
- ② ㄱ, ㄴ, ㄹ
- ③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
- ④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

문 15. 대기경계층에서의 마찰수렴에 의하여 유도된 2차 순환에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 2차 순환의 깊이는 경압대기보다 순압대기에서 얇다.
- ② 2차 순환을 통해 경계층 내의 영향이 자유 대기로 전달되는 과정을 에크만 펌핑이라고 한다.
- ③ 회전류를 가진 회전 유체에서만 발생한다.
- ④ 안정적으로 성층화된 경압대기에서 2차 순환은 정적 안정도에 비례해서 높이에 따라 감소한다.

문 16. 다음은 열대 계절안진동인 매든-줄리안 진동(MJO)의 공간적인 전파 특성을 보여주는 경도-고도 단면도를 위에서부터 시간 순서대로 나열한 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 각 그림은 약 10일 간격이며, 화살표는 동서순환을, 음영은 해면기압의 편차가 0보다 작음을 의미한다.)

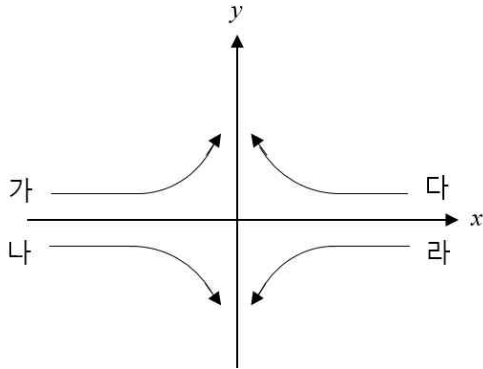


- ① 30~60일 주기를 가지며 인도양에서부터 서태평양까지 약 15 ms^{-1} 의 속도로 동진한다.
- ② 대류가 강하게 발달한 지역에서는 해면기압의 음의 편차가 나타나며, 대류권계면 고도도 증가한다.
- ③ 대류가 발달한 지역의 동쪽 방향에는 대류권 하층의 동풍과 대류권 상층의 서풍이 존재하는데, 이는 적도 켈빈파와 관련이 있다.
- ④ 대류가 발달하는 지역을 중심으로 대류권 하층의 바람은 수렴하고, 대류권 상층의 바람은 발산한다.

문 17. 순압 대기에서 반경 200 km인 원형의 공기 덩이가 처음에는 운동이 없이 적도에 있다고 가정하자. 이 공기 덩이가 면적을 일정하게 유지하면서 등압면을 따라 북위 30도 지역으로 이동하였을 때, 원돌레에 대한 순환의 평균접선속도의 크기와 방향을 바르게 연결한 것은? (단, 지구자전각속도 $\Omega = 7 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 라고 가정한다.)

- ① 7 ms^{-1} , 저기압성 순환
- ② 7 ms^{-1} , 고기압성 순환
- ③ 14 ms^{-1} , 저기압성 순환
- ④ 14 ms^{-1} , 고기압성 순환

문 18. 북반구에서 순압 대기를 가정하였을 때, 공기 덩이의 절대 소용돌이도가 보존되는 수평 궤적만을 모두 고르면? (단, x 는 동서방향, y 는 남북방향을 의미한다.)



- ① 가, 나 ② 다, 라
③ 가, 라 ④ 나, 다

문 19. 다음은 순수 관성진동(pure inertial oscillation)에 대한 운동 방정식이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, $v, \delta y, u_g, f$ 는 각각 남북방향 바람, 남북변위, 동서방향 지균풍, 코리올리 매개변수를 의미한다.)

$$\frac{Dv}{Dt} = -f\left(f - \frac{\partial u_g}{\partial y}\right)\delta y$$

- ㄱ. $\frac{\partial u_g}{\partial y} = 0$ 인 경우, 북반구와 남반구 모두에서 파는 진동한다.
ㄴ. 북반구에서 $\frac{\partial u_g}{\partial y} > 0$ 인 경우, 파는 진동한다.
ㄷ. 남반구에서 $\frac{\partial u_g}{\partial y} > 0$ 인 경우, 파는 진동한다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

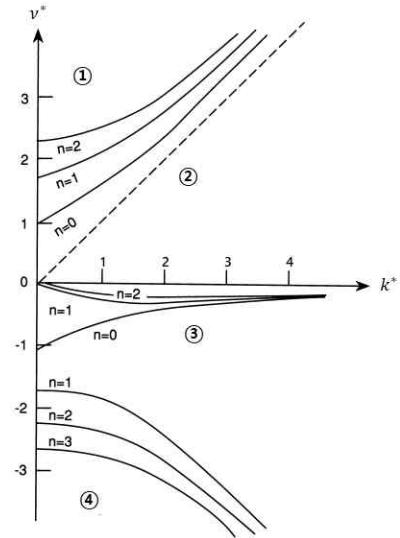
문 20. 파동별 분산 관계식이 옳은 것만을 모두 고르면?

파동	분산 관계식
ㄱ. 음파	$\nu = k(\bar{u} \pm \sqrt{\gamma R T})$
ㄴ. 내부중력파	$\nu = \bar{u}k \pm \frac{Nk}{\sqrt{k^2 + m^2}}$
ㄷ. 로스비파	$\nu = \bar{u}k - \frac{\beta l}{k^2 + l^2}$

ν : 진동수 $\bar{u}$: 동서평균바람 R : 건조공기 기체상수 T : 평균기온
 k : 동서파수 l : 남북파수 m : 연직파수 N : 부력진동수
 γ : 비열비 β : 위도에 따른 코리올리 매개변수의 변화

- ① ㄱ ② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

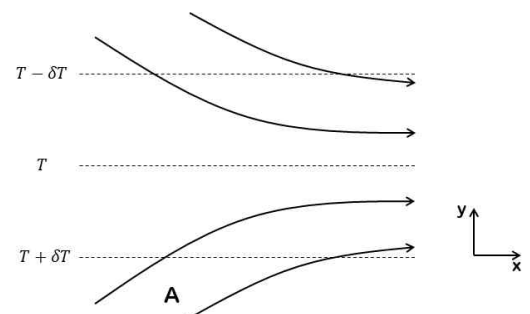
문 21. 다음은 자유 적도파에 대한 분산 선도이다. 각각의 영역에 해당하는 파동의 이름으로 옳지 않은 것은? (단, k^* 와 ν^* 는 각각 무차원화된 동서파수와 주파수, n 은 남북파수와 관련된 정수이다.)



- ① 동진 중력파(eastward gravity wave)
② 켈빈파(Kelvin wave)
③ 로스비파(Rossby wave)
④ 혼합 로스비-중력파(mixed Rossby-gravity wave)

문 22. 다음은 준지균 이론으로부터 정의되는 $\vec{Q}$ 벡터를 표현한 식이다. 300 hPa에서의 유선과 등온도선이 그림과 같이 주어졌을 때, (가)~(다)에 들어갈 말을 바르게 연결한 것은?

$$\vec{Q} \equiv (Q_1, Q_2) = \left(-\frac{R}{p} \frac{\partial \bar{V}_g}{\partial x} \cdot \nabla T, -\frac{R}{p} \frac{\partial \bar{V}_g}{\partial y} \cdot \nabla T\right)$$



A 지점은 $\vec{Q}$ 벡터가 (가) 하는 지역이고, 이로 인해 (나) 운동이 유도되며, 남북방향의 온도경도는 (다) 된다.

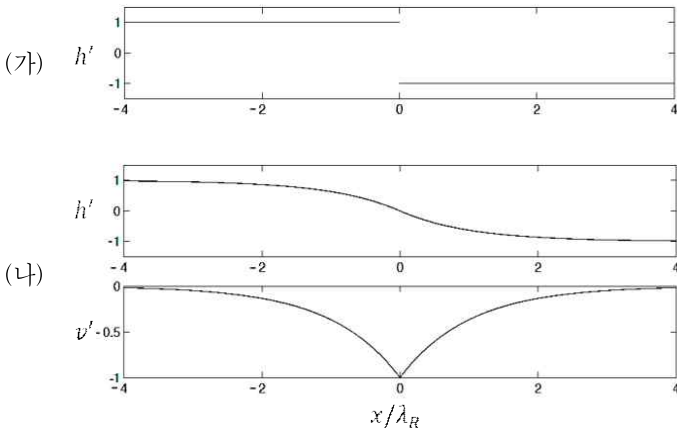
- | | | | |
|---|-----|-----|-----|
| | (가) | (나) | (다) |
| ① | 수렴 | 상승 | 약화 |
| ② | 발산 | 하강 | 약화 |
| ③ | 수렴 | 상승 | 강화 |
| ④ | 발산 | 하강 | 강화 |

문 23. 변형된 오일러 평균(TEM) 방정식에서 정의된 위도-고도 평면에서의 EP속(Eliassen-Palm flux)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 준지균 베타평면을 가정한다.)

- ㄱ. 연직방향 EP속은 에디에 의한 남북방향의 열수송이 있음을 의미한다.
 ㄴ. 남북방향 EP속은 에디에 의한 동서방향 운동량의 남북방향 수송이 있음을 의미한다.
 ㄷ. 위치소용돌이도속은 EP속 벡터의 발산에 비례한다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ
 ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문 24. 다음은 회전계에서 (가)와 같이 초기에는 높이 섭동(h')만을 가진 유체가 최종적으로 (나)와 같은 높이 섭동(h')과 남북방향 속도 섭동(v')에 도달한 모습을 나타낸다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



- ㄱ. 천수와 계에서의 지균 조절 과정에 의해 지균 평형상태에 도달하였다.
 ㄴ. 정상상태 해의 수평규모는 로스비 변형 반경(λ_R)이다.
 ㄷ. 지균 조절 과정 동안 단위길이당 방출된 위치에너지의 3분의 1만 운동에너지로 전환된다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ
 ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

문 25. 준지균 이층 모형으로부터 동서방향으로 전파하는 경압파의 중립안정도 곡선은 다음과 같이 표현된다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

$$\frac{\beta^2 \lambda^4}{k^4 (2\lambda^2 + k^2)} = U_T^2 (2\lambda^2 - k^2)$$

(단, $\lambda^2 \equiv f_0^2 / [\sigma(\delta p)^2]$ 이며, k 는 수평파수, U_T 는 온도풍, 코리올리 매개변수 $f \equiv f_0 + \beta y$, σ 는 등압좌표계에서의 정적안정도, δp 는 이층 모형에서 층간 기압 간격이다.)

- ㄱ. U_T 가 0이라면 순압파의 성질을 따른다.
 ㄴ. 다른 조건이 일정하다면, 베타효과가 커질수록 불안정파를 만들어 내기 위한 $|U_T|$ 의 최솟값은 작아진다.
 ㄷ. 불안정파를 만드는 U_T 의 최솟값은 $k^2/2\lambda^2$ 이 $1/\sqrt{2}$ 일 때 나타난다.

- ① ㄷ ② ㄱ, ㄴ
 ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ