

**PRUEBAS SELECTIVAS PARA EL INGRESO EN EL CUERPO SUPERIOR  
DE METEORÓLOGOS DEL ESTADO**

**PRIMER EJERCICIO- PROMOCIÓN INTERNA**

1. En el movimiento curvilíneo de una partícula la aceleración:
  - a. Es tangente a la trayectoria
  - b. Apunta hacia la parte cóncava de la trayectoria
  - c. Apunta hacia la parte convexa de la trayectoria
  
2. El radio de la Tierra es aproximadamente 6370 km, mientras que el de Marte es de alrededor de 3440 km. ¿Cuál será la aceleración de la gravedad en Marte en  $m/s^2$ , si su masa es de 0.11 veces la de la Tierra? (Dato: tómese para la tierra  $g=9.8 m/s^2$ )
  - a. 3.7
  - b. 2.5
  - c. 4.2
  
3. Dadas dos capas esféricas concéntricas de masas  $M_1$  y  $M_2$  y con radios  $a$  y  $2a$ , una masa  $m$  se sitúa a una distancia  $r$  del centro, indique la respuesta incorrecta para la fuerza sobre la masa  $m$ :
  - a.  $r=3a$       $F=Gm(M_1+M_2)/(9a^2)$
  - b.  $r=0.5a$       $F=0$
  - c.  $r=1.5a$       $F=Gm(M_2-M_1)/(2.25a^2)$
  
4. De acuerdo con Stokes el arrastre sobre una esfera de radio,  $a$ , debido a un fluido, de viscosidad  $\mu$ , que tiene una velocidad asintótica  $U$ , viene dado por:  $6\pi\mu aU$ 
  - a. Sólo para números de Reynolds grandes
  - b. Sólo para números de Reynolds pequeños
  - c. Sólo para viscosidades muy pequeñas
  
5. La función de corriente:
  - a. Sólo existe para flujos planos e incompresibles
  - b. Sólo existe para flujos planos e irrotacionales
  - c. Define líneas de velocidad constante
  
6. Un líquido con coeficiente de viscosidad  $\mu$  rota rígidamente:
  - a. Los esfuerzos de cizalla son nulos
  - b. Los esfuerzos de cizalla aumentan con la distancia al eje
  - c. Los esfuerzos de cizalla disminuyen con la distancia

7. Cuando se pulsa la cuerda de una guitarra
- La longitud de onda de la vibración es igual a la del sonido que produce
  - La velocidad de propagación de la onda en la cuerda es igual a la del sonido que produce
  - La frecuencia de vibración es igual a la del sonido que produce
8. Para paquetes de ondas dispersivas
- La velocidad de grupo es mayor que la de fase
  - La energía se propaga a la velocidad de fase
  - La energía se propaga a la velocidad de grupo
9. Un satélite artificial emite una señal de 8 MHz que se recibe en Tierra a 8,02 MHz ¿Cuál es la velocidad, en km/s, con que se mueve el satélite?
- 1000
  - 750
  - 600
10. Para un gas ideal el cociente entre los calores específicos a presión constante y a volumen constante coincide con
- La constante de los gases perfectos
  - El número de moles
  - El índice adiabático
11. Un mol de un gas inicialmente a 1 atm y 0°C se comprime isotérmicamente de forma cuasiestática hasta 2 atm. (Dato  $R=8.3144 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ) Señale la respuesta falsa:
- Trabajo sobre el sistema  $W= 1573 \text{ J}$
  - Variación de energía interna  $\Delta U=0 \text{ J}$
  - Variación de energía interna  $\Delta U=W$
12. Según la ley de Clausius-Clapeyron, la variación de la tensión de saturación del vapor con la temperatura es:
- Directamente proporcional a la temperatura e inversamente proporcional al calor latente de evaporación
  - Inversamente proporcional a la temperatura y directamente proporcional al calor latente de evaporación
  - Inversamente proporcional a la temperatura y al calor latente de evaporación

13. Se suministra una potencia de  $10^6$  W a un recipiente que contiene 50 kg de agua a  $40^\circ\text{C}$ . Supuesto un calor específico del agua de  $4200 \text{ J kg}^{-1}\text{grado}^{-1}$ , calcular en segundos el tiempo que tardara en alcanzar  $100^\circ\text{C}$ .
- 58.4
  - 28.9
  - 12.6
14. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta para un fotón?
- Se mueve a velocidad constante e independiente de la frecuencia
  - Tiene una energía independiente de la frecuencia
  - Tiene una energía dependiente de la masa
15. De qué orden será la temperatura superficial de una estrella gigante roja
- 4000 K
  - 6000 K
  - 8000 K
16. ¿Qué fenómeno físico explica el color azul del cielo durante el día?
- Dispersión Thompson
  - Dispersión Rayleigh
  - Emisión atmosférica
17. Si la temperatura de un cuerpo negro se duplica el flujo de radiación emitido se multiplica por
- 2
  - 8
  - 16
18. Siendo el potencial de un campo eléctrico, expresado en voltios,  $V = 2x^2 - y^2 + z^2$  ¿cuál es el trabajo realizado para llevar una carga de 2C del punto (3, 5, 0) al (3, 3, 3)?
- 25 J
  - 50 J
  - 60 J
19. Por una espira circular de radio se hace circular una corriente eléctrica. El campo magnético creado en el centro de la espira es
- Directamente proporcional al radio de la espira y la intensidad de la corriente
  - Directamente proporcional al radio de la espira pero inversamente proporcional a la intensidad de la corriente
  - Inversamente proporcional al radio de la espira pero directamente proporcional a la intensidad de la corriente

$$\vec{v}_1 = 3\vec{i} + 2\vec{j}$$

20. Dos partículas de 5 kg de masa se desplazan con velocidades  $\vec{v}_2 = 6\vec{i} - 4\vec{j}$

La velocidad del centro de masas es:

a.  $\vec{V} = 3\vec{i} - \frac{3}{2}\vec{j}$

b.  $\vec{V} = 6\vec{i} - 3\vec{j}$

c.  $\vec{V} = \frac{9}{2}\vec{i} - \vec{j}$

21. ¿Qué es la temperatura virtual:

- Temperatura del aire seco que a la misma presión tiene la misma densidad que el aire húmedo
- Temperatura del aire seco inestable
- Temperatura a la cual debe ser enfriado el aire, para alcanzar el punto de saturación

22. ¿Qué sucede en el ascenso adiabático de una burbuja de aire?

- Disminuye su temperatura
- Aumenta su temperatura
- Disminuye su volumen

23. En todos los casos, un proceso adiabático se verifica sin:

- Variación de densidad
- Variación de temperatura
- Variación de calor

24. En una burbuja de aire no saturada que asciende:

- La humedad relativa aumenta
- La humedad relativa disminuye
- La humedad relativa permanece constante

25. El enfriamiento necesario para la formación de nubes se produce por:

- La advección de una masa de aire de latitudes altas
- La advección de una masa de aire continental fría
- Ascenso de la masa de aire

26. Si una masa de aire que sube está seca, ¿cómo sabremos si es estable?

- La curva de estado está a la izquierda de la adiabática seca
- La curva de estado está a la derecha de la adiabática seca
- La curva de estado tiene menor pendiente que la pseudoadiabática

27. ¿Qué parámetro invariable podría ser útil para identificar una masa de aire que se traslada horizontalmente sobre tierra sin producir precipitación y modificando su temperatura?:
- La temperatura potencial virtual
  - La temperatura potencial del aire seco
  - La temperatura del punto de rocío
28. ¿Qué representa la energía potencial convectiva disponible?:
- El trabajo necesario para elevar la burbuja de aire desde el suelo hasta el nivel de convección libre
  - La máxima energía cinética que una burbuja de aire puede desarrollar en su ascenso desde el nivel de convección libre hasta el nivel de equilibrio
  - El área negativa en un diagrama termodinámico
29. Una masa de aire experimenta desplazamientos verticales durante los cuales produce precipitación. Si aceptamos que no se ha producido intercambio de calor con el aire circundante, ¿qué parámetro invariable podríamos usar para identificar la masa de aire a lo largo de sus transformaciones?:
- La temperatura potencial virtual
  - La temperatura potencial del aire seco
  - La temperatura potencial equivalente
30. A escala global, la fuerza del gradiente de presión se dirige desde el ecuador al polo en latitudes medias. ¿Qué fuerza provoca que este movimiento sea desviado de forma que fluya típicamente de oeste a este en latitudes medias?
- Fuerza centrípeta
  - Fuerza de gravedad
  - Fuerza de Coriolis
31. El número de Rossby es la razón entre las escalas de:
- Fuerza de presión y aceleración
  - Aceleración y fuerza de Coriolis
  - Fuerza de presión y de Coriolis
32. Para un tornado típico es aplicable la aproximación de un:
- Flujo ciclostrófico
  - Flujo geostrófico
  - Flujo turbulento
33. Diga cuál de las siguientes afirmaciones es falsa:
- El viento térmico es una medida de la cizalladura vertical del viento
  - La intensidad del viento térmico es proporcional a la temperatura media del estrato considerado
  - La dirección del viento térmico es paralela al gradiente horizontal de temperatura media del estrato considerado

34. En una atmósfera barotrópica se cumple que:
- La densidad depende exclusivamente de la presión
  - Las superficies isobaras no coinciden con las superficies isocoras
  - El viento geostrófico depende solamente de la altura
35. La ley de Kirchhoff dice que en un estado de equilibrio termodinámico a una temperatura  $T$ , el cociente de los coeficientes de emisión y absorción de un cuerpo para una radiación de longitud de onda determinada solo depende de:
- La longitud de onda y la temperatura del cuerpo
  - La temperatura y la forma del cuerpo
  - El color de la superficie del cuerpo y la temperatura
36. La constante solar se define como la cantidad de radiación solar por unidad de superficie y unidad de tiempo que llega:
- Al suelo
  - Al tope de la atmósfera
  - Al tope de la capa más alta de nubes opacas
37. El albedo de la superficie terrestre:
- Permanece constante a lo largo del día.
  - Tiene un máximo en las horas centrales del día.
  - Tiene un mínimo en las horas centrales del día.
38. La radiación de onda corta neta es:
- Mayor en un suelo irrigado que en uno semidesértico
  - Menor en un suelo irrigado que en uno semidesértico
  - Es aproximadamente igual en ambos
39. El espectro de las gotas de nube en función del radio de las mismas:
- Se hace más estrecho a medida que la nube envejece
  - En promedio permanece constante
  - Se hace más ancho a medida que la nube envejece
40. El principal proceso que hace que las gotas de nube se conviertan gotas de lluvia es:
- La condensación de vapor de agua sobre las gotas de nube
  - La coalescencia
  - El efecto de Bergeron-Findeisen
41. La presencia de cristales de hielo en las nubes se empieza a notar cuando éstas alcanzan una temperatura de:
- $0^{\circ}\text{C}$
  - $-5^{\circ}\text{C}$
  - $+4^{\circ}\text{C}$

42. El crecimiento de los cristales de hielo en una nube se produce por acreción:
- Cuando los cristales de hielo capturan gotas de agua sobreenfriadas
  - Cuando los cristales de hielo se unen por afinidad eléctrica de sus puntas dendríticas
  - Cuando el vapor de agua se sublima directamente sobre los cristales de hielo
43. El fenómeno óptico que se ve cerca del Sol o la Luna cuando éstos se ven a través de una capa delgada de nubes sin cristales de hielo o de niebla se llama:
- Halo
  - Corona
  - Gloria
44. En general se producen muchos más rayos:
- En tormentas sobre tierra
  - En tormentas sobre océanos abiertos
  - Se producen más o menos el mismo número en unas que en otras
45. En una tormenta típica los rayos de tierra son:
- Muchos más los positivos que los negativos
  - Muchos más los negativos que los positivos
  - Más o menos igual número de ambos
46. El TOVS (Tiros Operational Vertical Sounder) que llevan los satélites de la serie Tiros-NOAA es un sondeador:
- Activo
  - Pasivo
  - Puede funcionar de las dos maneras
47. Nubes que vistas en los canales típicos del Meteosat son muy brillantes en el visible, en el infrarrojo y en el de vapor de agua. Se trata de:
- Cirros
  - Nimbostratos
  - Cumulonimbos
48. Nubes que vistas en los canales típicos del Meteosat son poco brillantes en el visible, brillantes en el infrarrojo y grises en el de vapor de agua. Se trata de:
- Cirros
  - Nimbostratos
  - Estratos
49. La relación general entre la reflectividad de un radar meteorológico y la precipitación responde a una función:
- Exponencial
  - Potencial
  - Logarítmica

50. El teorema de circulación de Kelvin dice que:
- La circulación absoluta se conserva siguiendo el movimiento de una parcela de aire en una atmósfera barotrópica
  - La circulación absoluta solo puede cambiar con la fuerza del gradiente de presión
  - La circulación absoluta se conserva siguiendo la trayectoria de una burbuja en una atmósfera baroclina
51. ¿Cuál es el orden de magnitud de la componente vertical de la vorticidad relativa ( $\zeta$ )?
- $\sim 10^{-10} \text{s}^{-1}$
  - $\sim 10^{-5} \text{s}^{-1}$
  - $\sim 10^{-1} \text{s}^{-1}$
52. El término denominado advección diferencial de espesores en la ecuación cuasi-geostrófica de la tendencia del geopotencial contiene
- El mecanismo de perturbación de escala sinóptica que desarrolla la inclinación con la altura de los ejes de las vaguadas y dorsales
  - El mecanismo de amplificación o disipación de los sistemas sinópticos de latitudes medias
  - Las advecciones geostróficas de vorticidad relativa y planetaria
53. ¿De qué otra forma se conoce a las ondas de Rossby?
- Ondas sonoras
  - Ondas de gravedad
  - Ondas planetarias
54. Las ondas de Rossby deben su existencia a
- La variación de temperatura con la altitud
  - La variación de la fuerza de Coriolis con la latitud
  - La variación del geopotencial con la latitud
55. Para que se produzcan perturbaciones baroclínicamente inestables es necesario que la correlación entre la velocidad a lo largo del meridiano y la temperatura y la correlación entre la velocidad vertical y la temperatura sean
- Ambas negativas
  - Ambas positivas
  - Negativa la primera y positiva la segunda
56. ¿Qué contribuye a la frontogénesis?
- Un campo de viento convergente
  - Un campo de viento divergente
  - Un campo de viento zonal
57. En general, ¿en que frentes aparecen nubes estratiformes?
- Frente frío
  - Frente cálido
  - Frente ocluido

58. Normalmente, se encuentra la corriente en chorro del frente polar entre los niveles de presión:
- 850 y 700 hPa
  - 500 y 300 hPa
  - 250 y 50 hPa
59. En primera aproximación, las ecuaciones de la capa límite planetaria expresan un equilibrio entre
- La fuerza de Coriolis, la fuerza del gradiente de presión y la fuerza de rozamiento
  - La fuerza del gradiente de presión, la fuerza de rozamiento y la fuerza gravitatoria
  - La fuerza de Coriolis, la fuerza centrífuga y la fuerza de rozamiento
60. La zona de convergencia intertropical se sitúa:
- En el Ecuador
  - En el Atlántico entre unos 5° y 10° de latitud norte y en el Pacífico entre 5° y 10° de latitud sur
  - En el Atlántico y en el Pacífico entre 5° y 10° de latitud norte
61. ¿Qué tipo de radiación absorbe el ozono estratosférico?
- Radiación solar ultravioleta
  - Radiación solar visible
  - Radiación solar infrarroja
62. Las ondas de Kelvin en la estratosfera ecuatorial tienen un periodo de
- 4 a 5 días
  - 12 a 20 días
  - 24 a 30 días
63. El ciclo natural del carbono está siendo alterado principalmente por los procesos de quema de combustibles fósiles y de cambio de uso de suelo. El CO<sub>2</sub> así producido parcialmente se invierte actualmente en un incremento de la concentración atmosférica de este gas, y en una absorción adicional por parte de los océanos y de la superficie terrestre. Ordene de mayor a menor el porcentaje del destino del CO<sub>2</sub> producido por los tres procesos:
- Absorción por el océano, absorción por la superficie terrestre, aumento de la concentración atmosférica
  - Absorción por la superficie terrestre, aumento de la concentración atmosférica, absorción por el océano
  - Aumento de la concentración atmosférica, absorción por la superficie terrestre, absorción por el océano
64. Los parámetros orbitales de Milankovich son responsables de los cambios climáticos en escalas temporales del orden de:
- Pocos siglos
  - Decenas de miles de años
  - Millones de años

65. Los tres términos principales del balance vertical de energía en la superficie terrestre, promediados espacialmente para todo el globo y temporalmente durante un año son: radiación neta, flujo de calor sensible y flujo de calor latente. Ordene de menor a mayor estos tres términos:
- Flujo de calor sensible, flujo de calor latente, radiación neta
  - Flujo de calor latente, flujo de calor sensible, radiación neta
  - Radiación neta, flujo de calor sensible, flujo de calor latente
66. La superficie cubierta por el hielo marino ártico muestra una clara oscilación que tiene un periodo:
- Anual
  - De 11 años coincidente con el de las manchas solares
  - Semestral
67. La oscilación cuasibienal se observa en:
- Los vientos medios zonales de la baja estratosfera ecuatorial
  - Los vientos superficiales de latitudes medias
  - La temperatura superficial de las latitudes polares
68. La clasificación climática de Köppen se basa en:
- El concepto de evapotranspiración potencial y en el balance de vapor de agua
  - El balance de energía
  - Las temperaturas y las precipitaciones
69. La distribución espacial de la precipitación muestra un máximo de variabilidad interanual en la zona de:
- Latitudes extratropicales
  - Las proximidades del ecuador
  - Las proximidades de los polos
70. La salinidad suele expresarse en gramos de material disuelto en un kilogramo de agua de mar y es por lo tanto adimensional. El valor medio anual de la salinidad superficial del agua del mar tiene una distribución espacial con valores mínimos en:
- Las zonas ecuatoriales ya que la salinidad es inversamente proporcional a la temperatura superficial del agua del mar
  - El mar Mediterráneo ya que al ser un mar casi cerrado, las aportaciones de los grandes ríos tienden a reducir la salinidad
  - Latitudes árticas
71. La sensibilidad del clima de equilibrio frente a los forzamientos radiativos se suele definir como el cambio en la temperatura anual media global de la superficie que se alcanza tras duplicar la concentración de dióxido de carbono equivalente en la atmósfera una vez alcanzado el equilibrio. El rango probable de dicha sensibilidad se mueve entre los valores:
- 2° - 4.5°C
  - 8° - 16.5°C
  - 0.5° - 1.5°C

72. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa en relación con los modelos climáticos de circulación general?
- No incluyen los componentes dinámicos que describen la circulación de océano y atmósfera
  - Incluyen parametrizaciones para representar los procesos físicos no resueltos explícitamente por la rejilla del modelo, tales como la formación de nubes y precipitación
  - Su formulación está basada en principios físicos
73. Los registros paleoclimáticos de los últimos 500 000 años permiten detectar claramente la secuencia de ciclos glaciares – interglaciares. Podría estimar el orden del periodo de tales ciclos:
- 1 000 años
  - 10 000 años
  - 100 000 años
74. La ecuación de estado del agua de mar permite obtener la densidad a partir de:
- La temperatura, la presión y la salinidad
  - La temperatura y la salinidad
  - La conductividad, la salinidad y la temperatura
75. Superpuestos al sistema general de circulación oceánica existen unos vórtices o remolinos oceánicos que transportan la mayor parte de la energía cinética total de los océanos. ¿Qué escala espacial tienen dichos vórtices?
- Aproximadamente la misma que los sistemas de presión sinópticos atmosféricos de latitudes medias
  - Aproximadamente 100-300 km
  - Aproximadamente 10-30 km
76. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa en relación con ENSO y NAO?
- ENSO es un fenómeno acoplado entre atmósfera y océano
  - Un índice NAO negativo favorece que las depresiones extratropicales atraviesen el océano Atlántico con trayectorias más desplazadas hacia el norte
  - Una contribución sustancial a la variabilidad del clima sobre Europa está asociada a la NAO
77. La concentración actual de CO<sub>2</sub> en la atmósfera excede el rango natural registrado en al menos los últimos 650 000 años tal y como se determina a partir de los testigos de hielo de la Antártida y Groenlandia. Señale la respuesta correcta tanto para dicho rango natural en los últimos 650 000 años (exceptuando los dos últimos siglos) como para el valor actual.
- 180-300 ppm para el rango natural y ligeramente superior a 380 ppm para el valor actual
  - 80-180 ppm para el rango natural y ligeramente superior a 280 ppm para el valor actual
  - 380-400 ppm para el rango natural y ligeramente superior a 480 ppm para el valor actual

78. ¿Cuál de los siguientes términos no está asociado a las bases de datos relacionales?

- a. Foreign key (clave secundaria)
- b. Primary key (clave primaria)
- c. Data mining

79. Señale cuál de las siguientes opciones no es una tipología de red:

- a. Anillo
- b. Árbol
- c. Diferencial

80. ¿A qué clase pertenece la dirección IP 10.1.132.202?

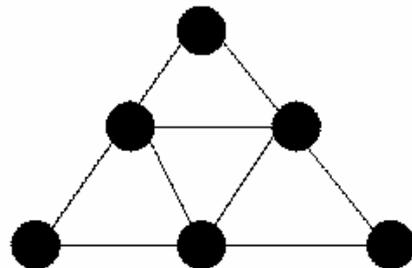
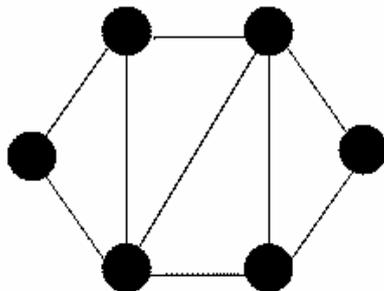
- a. Clase A
- b. Clase B
- c. Clase C

81. Indique qué tipo(s) de clave(s) es(son) necesaria(s) en el cifrado de clave pública:

- a. Clave pública
- b. Clave pública y privada
- c. Clave privada

82. Indique cuál de las siguientes respuestas es cierta para los dos grafos de la figura

- a. Son isomorfos, pues tienen el mismo número de vértices
- b. Son isomorfos, pues tienen el mismo número de aristas
- c. No son isomorfos, pues en uno hay dos vértices de grado 2 y en el otro hay tres vértices de grado 2



83. ¿Cuál de estas características no se puede aplicar al lenguaje XML?

- a. Estructurado
- b. Orientado a objetos
- c. Lenguaje de marcas

84. Indique cuál de las siguientes opciones no es un shell de UNIX:

- a. Aaron Shell (ash)
- b. Bourne Shell (sh)
- c. Korn Shell (ksh)

85. Indique cuál de las siguientes opciones no es un tipo de sistema de archivos:
- FAT32
  - NTFS
  - FATZ
86. ¿Qué política de acceso a datos usa una lista de tipo “pila”?
- LIFO
  - FIFO
  - LRU
87. Indique cuál de los siguientes componentes tiene memoria volátil:
- Memoria RAM
  - Disco duro
  - CD-ROM
88. Según la ley Orgánica 3/2007, se considera discriminación indirecta por razón de sexo:
- La situación en que una disposición, criterio o práctica aparentemente neutros pone a personas de un sexo en desventaja particular con respecto a personas del otro salvo que dicha disposición, criterio o práctica puedan justificarse objetivamente en atención a una finalidad legítima y que los medios para alcanzar dicha finalidad sean necesarios y adecuados
  - La situación en que se encuentra una persona que sea, haya sido o pudiera ser tratada, en atención a su sexo, de manera menos favorable que otra en situación comparable
  - El condicionamiento de un derecho o de una expectativa de derecho a la aceptación de una situación constitutiva de acoso sexual
89. Respecto de los informes sobre impacto de género, según la ley Orgánica 3/2007.
- Los proyectos de disposiciones de carácter general y los planes de especial relevancia económica, social, cultural y artística que se sometan a la aprobación del Consejo de Ministros deberán incorporar un informe sobre su impacto por razón de género
  - Serán de aplicación exclusiva en disposiciones de índole laboral y de Seguridad Social
  - Tienen como finalidad que la generalidad de interesados puedan alegar lo que estimen conveniente a su derecho

90. La Ley Orgánica 1/2004, de 28 de diciembre, de Medidas de Protección Integral contra la Violencia de Género tiene por objeto:

- a. Actuar contra la violencia que se ejerce por los hombres sobre las mujeres con independencia del ámbito, motivación o relación existente
- b. Actuar contra la violencia que se ejerce por los hombres sobre las mujeres o viceversa con independencia del ámbito, motivación o relación existente
- c. Actuar contra la violencia que se ejerce por los hombres sobre las mujeres, pero sólo por parte de quienes sean o hayan sido sus cónyuges o de quienes estén o hayan estado ligados a ellas por relaciones similares de afectividad

**Tribunal de Oposición al Cuerpo Superior de Meteorólogos del Estado  
Orden ARM/1551/2008 de 27 de mayo (BOE 4 de junio)**

**PRUEBAS SELECTIVAS PARA EL INGRESO EN EL CUERPO SUPERIOR  
DE METEOROLOGOS DEL ESTADO**

**SEGUNDO EJERCICIO PARTE B – PROMOCIÓN INTERNA**

**METEOROLOGÍA PROBLEMA 1.-**

Suponiendo que la conductividad de la atmósfera,  $\lambda$ , varía con la altura,  $z$ , según una función del tipo  $\lambda = a + b z^2$ .

- a) Calcular la densidad volumétrica de carga en función de la altura y los valores que toma en los extremos de un estrato entre 0.5 y 2 km.
- b) Calcular la carga total del estrato por unidad de superficie.
- c) Determinar la distribución vertical del gradiente de potencial.
- d) Calcular la diferencia de potencial entre los extremos del estrato 0.5 – 2 km.

Datos:

densidad de corriente constante con la altura  $i = 3 \cdot 10^{-12} \text{ A m}^{-2}$

$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$

Para  $z = 1 \text{ km}$ ,  $\lambda = 1.91 \cdot 10^{-14} \text{ mho m}^{-1}$

Para  $z = 1.5 \text{ km}$ ,  $\lambda = 2.1725 \cdot 10^{-14} \text{ mho m}^{-1}$

## METEOROLOGÍA PROBLEMA 2.-

**PARTE A.-** El contenido de agua de una nube cuyo espesor es 2 km varía linealmente desde  $1 \text{ gr m}^{-3}$  en su base a  $3 \text{ gr m}^{-3}$  en la cima. Una gota de  $100 \mu\text{m}$  de radio comienza a caer desde la cima de la nube, considerando que la eficiencia de colección es de 0.8 y que no hay velocidad vertical del aire, calcular el tamaño de la gota cuando pasa por la base de la nube.

**PARTE B.-** La velocidad límite de una gota de lluvia es  $6 \text{ m s}^{-1}$  y su radio es 0.1 cm y al descender se encuentra con una nube que tiene una concentración de gotas igual a  $2 \cdot 10^3 \text{ gotas m}^{-3}$ . Suponiendo que todas las gotas de nube poseen el mismo radio de  $5 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$ :

- a) Calcular la masa de agua que capta la gota que desciende durante 20 s, siendo el coeficiente de eficiencia de 0.75.
- b) Calcular la velocidad de crecimiento de la gota al caer.

### METEOROLOGIA PROBLEMA 3.-

Dada la siguiente expresión para el campo de geopotencial:

$$\Phi = \Phi_0(p) + cf_0 \left\{ -y \left[ \cos\left(\frac{\pi p}{p_0}\right) + 1 \right] + \frac{1}{k} \sin[k(x - ct)] \right\}$$

Donde  $\Phi_0$  es una función que solamente depende de  $p$ ,  $c$  es una velocidad constante,  $k$  es un número de onda zonal, y  $p_0 = 1000$  hPa. Obtener:

- Las expresiones de las componentes del viento geostrófico.
- De la vorticidad geostrófica relativa.
- La expresión de la advección de vorticidad geostrófica relativa.
- Las expresiones de las componentes del viento térmico.
- La expresión de la velocidad vertical en coordenadas isobáricas  $\omega$  integrando con respecto a la presión la ecuación cuasi-geostrófica de la vorticidad, que es

$$\frac{\partial \zeta_g}{\partial t} = -\vec{V}_g \cdot \nabla(\zeta_g + f) + f_0 \frac{\partial \omega}{\partial p}$$

y suponiendo que  $\omega(p_0) = 0$  y que se hace la aproximación de plano  $\beta$ , o sea, que  $\frac{df}{dy} = 0$ .

- Hacer un esquema aproximado de la forma del campo de geopotencial a 750 y 250 hPa y señalar en el dibujo las zonas de advección de vorticidad geostrófica positiva.
- Obtener la expresión de la velocidad vertical en coordenadas isobáricas  $\omega$  a partir de la ecuación termodinámica, que es

$$\left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V}_g \cdot \nabla \right) \left( -\frac{\partial \Phi}{\partial p} \right) - \sigma \omega = 0$$

suponiendo que los procesos son adiabáticos.

- Obtener el valor de  $k$  que hace iguales las expresiones de  $\omega$  calculadas en los apartados e) y g).

# 14

Conveyor belts in grocery stores usually work quite well, but occasionally one will fail. The great oceanic conveyor can also fail, tipping the world into new and unexpected climates.

Suppose you wanted to stop a grocery conveyor. You could locate some of the store's special, limited-time-only, free-with-\$40-purchase flatware, grab a fork, and try to jam it into the mechanism. A good plan is to stick the fork into the gap where the conveyor belt goes down. The conveyor will try to pull the fork down but get it stuck, which may cause the conveyor to bind up and stop.

In the same way, the easiest place to influence the global ocean conveyor is the downgoing site, the north Atlantic. If the surface of the north Atlantic were a bit less salty, its water could not get cold enough to sink—it would chill and freeze without ever becoming as dense as the deeper waters. Then, warm water wouldn't flow north to replace the sinking water, European winters would switch from warm and wet to cold and dry, and polar bears might replace roses in the north of Great Britain. Just as freezing the U.S.-Canadian Great Lakes will chill Buffalo, freezing the north Atlantic would make Iceland much icier.

The north Atlantic is actually in a delicate balance at all times. The tropical ocean sends hot, salty water to the north Atlantic, but the tropics also send water vapor north in the

atmosphere to rain or snow on the land and ocean. After the salty surface water leaves the tropics heading north, it gains more fresh water from rivers and rain than it loses to evaporation. The surface water is in a race—if cooling is faster than freshening, sinking happens in the far north; if freshening wins, the water gets stuck on the surface.

Suppose that a little more fresh water were delivered to the north Atlantic, because of more rainfall, or ice melt, or river runoff. Many researchers have built computer models of the ocean-atmosphere system. These models typically agree in showing that extra fresh water could “jam” the conveyor, greatly slowing or stopping it for a while before it restarted, and causing large, abrupt, widespread changes in the atmosphere that are very similar to those recorded in the ice cores, tree rings, and other sediments of the world. Other researchers have used subtle clues in ocean sediments to track the history of the conveyor strength. Many of these records indicate that the conveyor has weakened or stopped at times when the ice cores record sudden coolings in Greenland and elsewhere, and that the conveyor restarted when Greenland warmed. We will look at models of the conveyor next, and then at conveyor history.

### Modeling the Conveyor

To model the behavior of the ocean, an ice sheet, the atmosphere, or almost any other system, you must first learn how that system works. You also must figure out what might cause the system to change, and what state the system is in at some time. These pieces constitute a model, which you can use to predict how the system will change. A wise person always tests a model to see if it works. Testing requires either predicting the future and seeing if the predictions come true, or starting the model sometime in the past and seeing whether (without cheating by looking at the answer) the model can “predict” the things that you know have happened. Hence, modelers like to know the history of whatever they are studying.

There are many ways to make models. The Biosphere II, for example, was a well-publicized attempt to build and study a model Earth in a big glass bubble in the Arizona desert. But the Biosphere was wildly expensive, and didn't do an especially good job of mimicking Earth. (It is a wonderful laboratory for other purposes, but it isn't the whole Earth.) The most affordable way we know of to model large pieces of Earth is to write equations for how we believe the Earth system behaves, and solve those equations on computers. If it bothers you to place any trust in computer models, remember that computer models have been used extensively in the design and testing of most of our cars, airplanes, buildings, bridges, and bombs for quite some time, with great success. Computer models can fail spectacularly, but when used wisely, they are valuable tools.

Many workers have built such models of the oceans and the atmosphere. These models probably are not as advanced yet as are models of bridges, but researchers are doing good things with the climate models. These models usually show that too much extra fresh water in the north Atlantic can have a significant effect. When only a little fresh water is supplied to the north Atlantic from continents or the atmosphere, the north Atlantic water is salty and sinks rapidly, allowing much more hot ocean water to flow into the north. When more fresh water is supplied to the north Atlantic, the water there sinks more slowly. But if the sinking slows too much, and the surface waters of the north Atlantic become too fresh, the sinking stops altogether.

This is a sort of “catastrophe.” Once the sinking has stopped, the atmosphere continues to deliver fresh water to the north Atlantic, but this fresh water is not removed efficiently; instead, it puddles on the surface and may freeze in the winter. The sinking is then very hard to get started again; lowering the fresh-water supply a little bit still leaves fresh water pooled on the surface and the circulation stopped. You may have to make the nearby ocean really warm and salty before the sinking can start, bringing heat near the frozen puddle to melt it and allow the hot, salty water back to the far north, where it can cool rapidly during the next winter. Once