

ORIGEN Y NATURALEZA DEL UNIVERSO Y LA XII OLIMPIADA ESTATAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA DE BAJA CALIFORNIA

Enrique Gómez Treviño

CICESE, Ensenada, Baja California, 22860 México

Correo electrónico: egomez@cicese.mx

¿De dónde salió el Universo?

En estudios de distribuciones hipocentrales que relacionan las distancias entre posibles fuentes de información y sitios receptores de ésta con los correspondientes tiempos de recorrido, mediante la suposición o búsqueda de una velocidad de propagación dada, es importante estimar el efecto de variaciones en dicha velocidad sobre los tiempos de recorrido.

Definitivamente hay orden en el Cosmos, desde lo más pequeño a lo más grande, tal como lo intuyeron los filósofos jónicos de la antigua Grecia, quienes fueron los primeros en descubrir que podíamos descubrir lo que se oculta a primera vista.

La Tierra no se expande pero el Universo sí

Diagramas de rocas y diagramas de estrellas

Existen diferentes tipos de rocas, de diferente origen y de diferentes edades. Hay rocas derivadas de material reciclado de la corteza terrestre, y hay rocas que provienen de material relativamente primitivo del manto. Así también hay diferentes tipos de estrellas, de diferente origen y de diferentes edades. Hay estrellas derivadas de material reciclado de otras estrellas, y hay estrellas que provienen de material relativamente primitivo originado en los inicios del Universo. Y así como hay diagramas sobre la formación de rocas en función de presión y temperatura, así también hay diagramas para las estrellas. Se puede caracterizar su estado actual en términos de magnitud y temperatura, así como representar su evolución en el tiempo.

Antes de la teoría de la tectónica de placas, la formación de montañas y de las cuencas oceánicas se explicaba con la idea de la contracción o expansión de la Tierra. Estas explicaciones actualmente nos parecen risorias, pero en su tiempo eran muy serias. Tan serias, que los artículos al respecto aparecían en las mismas revistas en las que se publicaron más tarde los artículos que establecieron la tectónica de placas. Y de hecho, en algunos casos por los mismos autores.

En el caso de Universo las cosas pasaron al revés. Primero se suponía que era estático, porque no había evidencias de contracción o expansión, y después se descubrió que se está expandiendo. El descubrimiento fue doble, en el sentido que primero se hizo de una manera y después de otra. Einstein, cuando se puso a reformular la teoría de la gravitación de Newton para adecuarla a la relatividad, encontró que, en la nueva concepción, el espacio no podía existir estático.

Debía estar expandiéndose, pero como en ese tiempo todo mundo consideraba que debía estar estático, Einstein introdujo una constante en su teoría para forzar la situación. Cuando años después, Hubble descubrió, por observación, que las galaxias se separan a una velocidad proporcional a su distancia, Einstein se percató que al introducir su constante había cometido el peor error de su carrera, y así lo expresó tiempo después. Y es que la recesión de las galaxias no se puede entender en términos comunes como producto de una simple explosión. Las galaxias en realidad prácticamente no se están desplazando en el espacio, sino que es el espacio entre ellas el que se está expandiendo, y como consecuencia se separan unas de otras. Esto sucede solamente a gran escala, por lo que nadie se preocupe de que esté aumentando de volumen.

Un Universo gratuito

Según el modelo inflacionario, que combina aspectos de mecánica cuántica y cosmología, el Universo bien pudo aparecer como una simple fluctuación de energía, o más bien como una muy compleja fluctuación de energía. Y todo sin violar la conservación de la energía. El origen de la idea viene de los tiempos de la segunda guerra mundial, retomada hace casi dos décadas en combinación con los últimos descubrimientos en partículas elementales. La idea original en realidad es muy simple. Nació como una de esas coincidencias curiosas que se olvidan pero que con el tiempo se valoran en su verdadera dimensión. En su autobiografía, George Gamow rescata la anécdota de que cruzaban una avenida cuando le comentó a Einstein lo que Pascual Jordan había calculado la noche anterior.

Einstein se detuvo impresionado y por poco los atropellan a los dos. Lo que Jordan había calculado era muy simple: que la energía gravitacional -negativa por naturaleza- de cualquier masa es exactamente igual a la energía de su masa -positiva por naturaleza-, cuando la masa se concentra en un solo punto.

La idea de Jordan era que, en principio, una estrella podría nacer de la nada. El modelo inflacionario retomó esta idea aplicándola a todo el Universo.

Recapitulando

En los últimos 100 años, varias generaciones de científicos han realizado descubrimientos sobre cómo se comporta la materia a niveles atómicos y subatómicos. Durante el mismo periodo, también se han hecho descubrimientos de cómo se comportan y de qué están hechas las estrellas. Combinando estos conocimientos de lo más pequeño y cercano, con los de lo más grande y lejano, ha surgido un modelo del universo que contempla no sólo su comportamiento actual, sino también su pasado y su futuro. Los descubrimientos más espectaculares, algunos buscados y otros inesperados, apuntan a que el universo tuvo un inicio en el tiempo y que, aunque parezca absurdo, bien pudo haber aparecido de la nada. Desde entonces, el universo se ha estado expandiendo sin que sepamos a ciencia cierta su destino final. Si bien el modelo no está completo en el mismo sentido en que lo está el modelo del átomo, los aspectos principales están comprobados y recomprobados y muy difícilmente el modelo dará un vuelco. Faltan algunos detalles y se está trabajando en ellos. Lo que se tiene es lo suficientemente coherente y confiable, así que bien vale la pena familiarizarse con las principales evidencias. Después de todo, se trata del mundo en que vivimos. ¿Dónde y cómo se formaron los átomos de carbono y oxígeno de que estamos hechos? ¿Existen desde el inicio del universo? ¿Y los de hidrógeno, tienen el mismo origen? Además de las respuestas, que bien podrían ser en uno u otro sentido, lo importante es el cómo. Esto es, el cómo los científicos saben estas cosas, pues es obvio que ellos no estuvieron allí cuando pasó todo lo que dicen.

Recomendaciones para los estudiantes

Las preguntas de la XII olimpiada girarán alrededor del origen y naturaleza del universo en que vivimos, más o menos en las líneas indicadas más arriba. Las palabras o conceptos clave son: Big Bang o Gran Explosión; Expansión del Espacio; Radiación de Fondo de Microondas Cósmicas o Cosmic Background Radiation; Modelo Inflacionario o Inflationary Model; Satélite COBE; Telescopio Hubble; Supernova o Supernovae; Supernovas Históricas, particularmente la SN 1987A; Las Estrellas mas Viejas; Origen del Sistema Solar; Diagrama HR de clasificación de las estrellas, y la trayectoria en el diagrama HR de estrellas que evolucionan dependiendo de su masa. Formulen ustedes mismos preguntas posibles. Por ejemplo, sobre temperaturas en diferentes etapas, personajes, distancias típicas, millones de años de tal o cuál proceso o sobre los procesos mismos. Hay muchas páginas en la Red sobre estos aspectos, tanto en español como en inglés (la Wikipedia está en muchos idiomas). En la Red hay simuladores muy divertidos del diagrama HR.

Este año la guía no contiene las preguntas explícitas con sus cuatro respuestas opcionales para contestarlas de antemano. Las preguntas explícitas y las opciones, o sea el examen mismo, lo tendrán hasta el día del evento, a la hora de iniciar la competencia. Ello implica que cambia un poco la manera de prepararse para el examen. Se recomienda que revisen los diferentes temas y que los discutan entre ustedes y con sus maestros. Otra vez: planteen preguntas ustedes mismos y hagan exámenes para practicar. Esto ayuda a enfocar la atención en la búsqueda e incluso a recordar mejor lo que se lee. Descubrirán que el tema del origen del universo dejó de estar basado en especulaciones para pasar a ser un tema de la ciencia hecha y derecha. Para no ir muy lejos, revisen las contribuciones de los Premio Nobel de Física de este año.

Las preguntas van a ser simples, no se preocupen demasiado. Lo importante es que con las diferentes lecturas y discusiones puedan por ustedes mismos contar la historia del universo en sus aspectos más generales y, sobre todo, que piensen en los diferentes argumentos y evidencias. Las respuestas a las preguntas serán entonces más que obvias. Además, no podrán sino sentir mucho respeto por todo lo que los rodea, por la Tierra, por el Sol, por todas las estrellas y por ustedes mismos. Los átomos de sus cuerpos, los átomos que respiran y que se comen, no siempre estuvieron aquí y ni siquiera provienen del Big Bang. Estos átomos nacieron después, como una especie de subproducto de la actividad de las estrellas. Estamos hechos de polvo de estrellas, pero muy bien formaditos y con código ADN en nuestras células, ADN que también está hecho de polvo de estrellas. ¿Cómo se combinó todo para que nosotros llegásemos a existir? Este es un tema mucho más difícil que el del origen del universo. Tal vez lo veamos en otra ocasión. Por lo pronto concéntrense en el tema de este año. Suerte con el examen.

Los ganadores de la Décimo Segunda Olimpiada

Primer lugar: Antonio Valdez Ceballos, COBACH Plantel Mexicali. Profesora Talpa Lara Moreno.

Segundo lugar: Daniel Sheimbaum Frank, Centro Educativo Patria (Ensenada). Profesor Samuel Ayón.

Tercer lugar: Beatriz Alina Juárez Álvarez, Universidad del Noroccidente de Latinoamérica (Ensenada). Profesor Luis Ramón Siero González.

Se les otorgaron medallas de oro, plata y bronce, al primero, segundo y tercer lugar, respectivamente, y premios en efectivo. Todos los maestros y estudiantes recibieron su constancia de participación.

El examen

XII Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra

Unión Geofísica Mexicana, A.C.

CICESE

Sábado 25 de noviembre de 2006

Ensenada, Baja California

1. La cosmología es el estudio a gran escala de la estructura y la historia del universo. En particular, trata los temas relacionados con su origen y su evolución. Es material de estudio para la física, astronomía, filosofía y religión. La cosmología moderna nació en 1916 con la publicación de la Teoría General de la Relatividad. Esta teoría fue desarrollada por el científico.

- a) Rutherford
- b) Einstein
- c) Hubble
- d) Lemaitre

2. La Teoría General de la Relatividad es una teoría de la gravedad, y se basa en una especie de coincidencia que fue primero notada por Newton. La coincidencia es que la masa gravitacional es exactamente igual a la masa inercial. Dicho de otra forma, la capacidad de una masa para producir gravedad es exactamente igual a su resistencia para moverse. Newton calibró sus leyes para que así fuese, pues conocía los resultados de Galileo de que todos los cuerpos caen con la misma aceleración. En la Teoría General de la Relatividad esta coincidencia se tomó como evidencia de algo más profundo en la naturaleza, y con esa suposición se llegó a una formulación más completa de la gravedad, con la que se pudieron abordar fenómenos más complejos que los que abordaba la teoría original de Newton. A la relación entre la masa inercial y la gravitacional se le conoce como el principio de

- a) igualdad
- b) exactitud
- c) equivalencia
- d) coincidencia

3. El científico que desarrolló la Teoría General de la Relatividad se dio cuenta que sus ecuaciones implicaban que el espacio solamente podía existir expandiéndose, lo cual a su vez implicaba un universo en expansión. Como en ese tiempo, 1916, no se tenía evidencia de un universo en expansión, sino que se consideraba que el universo era estático, este científico introdujo una constante artificial en sus ecuaciones para forzarlas a que se adecuaran a la realidad, o sea a un universo estático. La introducción artificial de esta constante la consideró este científico como el error más grande de su carrera científica, pues poco después se descubrió por observaciones la expansión del universo. A esta constante se le conoce como la constante.

- a) universal
- b) cosmológica
- c) galáctica
- d) de Hubble

4. En la ciencia, si un científico no considera una posibilidad en sus teorías u observaciones, otros están listos para considerarla. Así, en 1922, un meteorólogo y matemático de la ex Unión Soviética, quien muriera poco después de neumonía tras realizar observaciones meteorológicas en globo en pleno invierno, publicó las primeras soluciones de las ecuaciones de la Relatividad General que mostraban como posibilidad un universo en expansión. El apellido de este científico era

- a) Friedmann
- b) Lemaitre
- c) Einstein
- d) Cobe

5. En la ciencia es común que científicos de diferentes partes del mundo hagan descubrimientos similares más o menos al mismo tiempo e independientemente unos de otros. Así, en 1927, un sacerdote católico de Bélgica, quien había estudiado física y matemáticas, resolvió las ecuaciones de la

Relatividad General encontrando soluciones que implicaban que el espacio se está expandiendo. El apellido de este sacerdote era

- a) Friedmann
- b) Lemaitre
- c) Einstein
- d) Cobe

6. Si el espacio se está expandiendo y el universo haciéndose más grande, entonces en el pasado era más pequeño. Extrapolando hacia atrás en el tiempo podemos inferir que hubo un momento en que todo el universo debió estar concentrado en un solo punto. Con base en sus soluciones de la Relatividad General y en algunas observaciones sobre lo que en ese entonces se conocía como nebulosas espirales, las cuales después se determinó que estaban fuera de nuestra galaxia y que eran galaxias por sí mismas, el sacerdote jesuita de Bélgica propuso que el universo entero alguna vez estuvo concentrado en lo que llamó el “átomo”

- a) universal o completo
- b) divino o celestial
- c) supertodo o superátomo
- d) primordial o primigenio

7. La explosión de este “átomo” inicial fue lo que más tarde se llamaría el Big Bang o Gran Explosión. La idea no es que de un solo átomo que explotó salieron todos los átomos de universo, sino más bien que todos los átomos del universo estuvieron juntos en el pasado en un volumen muy pequeño, una especie de huevo de donde salió todo el universo. De hecho, el sacerdote jesuita de Bélgica lo llamo el huevo

- a) cósmico
- b) universal
- c) divino
- d) atómico

8. La teoría rival más importante del Big Bang se conoce como Teoría del Estado Estacionario. Se acepta que el universo está en expansión pero no se acepta que haya tenido un principio. Se postula un universo eterno cuya densidad global de materia no cambia. Para que la densidad de materia no cambie a pesar de que haya expansión se requiere que

- a) desaparezca materia
- b) aparezca nueva materia
- c) se conserve la misma materia
- d) desaparezcan galaxias

9. La Teoría del Estado Estacionario fue propuesta por un científico que hizo descubrimientos muy importantes en el tema de la evolución de las estrellas y de la síntesis de los elementos químicos, y quien además fue un renombrado autor de ciencia ficción. Murió en el año 2001. Su nombre:

- a) Arthur Clarke
- b) I. Assimov
- c) A. Einstein
- d) F. Hoyle

10. Irónicamente, el nombre con el que se le conoce a la teoría más aceptada, la del Big Bang, fue acuñado por su oponente principal, el autor de la Teoría del Estado Estacionario. En una entrevista en la BBC de Londres, este autor, queriendo explicar en una forma burlona lo ridículo de un universo que se inicia con una explosión, se refirió a esa teoría como la de un Big Bang. El autor del término se llamaba

- a) Arthur Clarke
- b) I. Assimov
- c) A. Einstein
- d) F. Hoyle

11. La Radiación Cósmica de Fondo es la energía electromagnética que:

- a) causó al Big Bang
- b) sobró del Big Bang
- c) le faltó al Big Bang
- d) mantiene al Universo

12. Las primeras estrellas que se formaron después de Big Bang estaban compuestas de:

- a) todos los elementos
- b) H, He y Na y U
- c) Fe y Ni
- d) H y He

13. El porcentaje de H que predicen las leyes físicas para después del Big Bang, una vez que la materia se enfrió lo suficiente para formar átomos es de:

- a) 0
- b) 25
- c) 50
- d) 75

14. El porcentaje de He que predicen las leyes físicas para después del Big Bang, una vez que la materia se enfrió lo suficiente para formar átomos es de:

- a) 0
- b) 25
- c) 50
- d) 75

15. El porcentaje de Fe predicen las leyes físicas para después del Big Bang, una vez que la materia se enfrió lo suficiente para formar átomos es de:

- a) 0
- b) 25
- c) 50
- d) 75

16. ¿Qué científico realizó los primeros cálculos de las proporciones de elementos que se formaron después del Big Bang?

- a) Gamow
- b) Wilson
- c) Hubble
- d) Einstein

17. ¿Cuántos millones de años después del Big Bang se formó el Sol?

- a) 100
- b) 1,000
- c) 5,000
- d) 10,000

18. Los primeros átomos se formaron después del Big Bang cuando la temperatura de la materia se redujo por la expansión a (en grados Centígrados)

- a) 3
- b) 30
- c) 300
- d) 3,000

19. ¿Cuántos años después del Big Bang aparecieron los primeros átomos de elementos químicos?

- a) 300
- b) 3,000
- c) 30,000
- d) 300,000

20. ¿A qué temperatura el Universo se volvió transparente a la radiación electromagnética? (grados Centígrados)

- a) 3
- b) 30
- c) 300
- d) 3,000

21. Cuando se inició la formación de elementos químicos después del Big Bang el Universo era más pequeño de lo que es ahora. ¿Cuántas veces más pequeño?

- a) 10
- b) 100
- c) 1,000
- d) 10,000

22. Una millonésima de segundo después del Big Bang el Universo era más o menos del tamaño de Sistema Solar. ¿Cuál era su temperatura? (millones de grados)

- a) 10
- b) 100 m
- c) 1,000
- d) 10,000

23. Año en que se descubrió la Radiación Cósmica de Fondo.

- a) 1964
- b) 1954
- c) 1944
- d) 1934

24. Científicos que descubrieron la Radiación Cósmica de Fondo.

- a) Penzias y Wilson
- b) Einstein y Hoyle
- c) Gamow y Freeman
- d) Hubble y Bode

25. La Radiación Cósmica de Fondo fue predicha años antes de que se descubriera mediante observaciones, bajo la hipótesis de que el Universo era más pequeño en el pasado, y que debió de ser opaco a la radiación electromagnética en alguna época para después volverse transparente. El científico que la predijo fue

- a) Gamow
- b) Hubble
- c) Einstein
- d) Hoyle

26. De las mediciones realizadas por el satélite COBE se determinó que la temperatura actual del Universo es de (grados Kelvin)

- a) 2.27
- b) 7.22
- c) 2.99
- d) 2.72

27. La curva del espectro que se obtuvo del satélite COBE tiene exactamente la forma que predice la teoría. A esta radiación se le conoce como la radiación del cuerpo

- a) opaco
- b) blanco
- c) caliente
- d) negro

La teoría del Big Bang predice la forma específica del espectro de la Radiación Cósmica de Fondo, misma que fue confirmada por las mediciones del satélite COBE. La ordenada y la abscisa de esta curva son, respectivamente

- a) Intensidad y longitud de onda
- b) intensidad y magnitud
- c) longitud de onda y espectro
- d) velocidad y frecuencia

29. En 1671 se determinó la escala o tamaño absoluto del sistema solar. Antes de ese año se conocían sólo las distancias relativas entre los planetas y el Sol. El sistema se calibró midiendo por triangulación la distancia de la Tierra a

- a) la Luna
- b) el Sol
- c) Marte
- d) Venus

30. La triangulación para establecer la escala absoluta del sistema solar se hizo tomando como base del triángulo una línea imaginaria entre Europa y América del Sur. Las mediciones se realizaron simultáneamente en ambos continentes por científicos de

- a) Francia
- b) Inglaterra
- c) Holanda
- d) Alemania

31. La estrella más cercana al Sol es Próxima Centauro. La distancia que nos separa de esta estrella es muy grande para expresarla en kilómetros. Es más conveniente utilizar como unidad un año-luz, que es la distancia que viaja la luz en un año. La distancia a Próxima Centauro es: (en años luz)

- a) 0.422
- b) 4.22
- c) 42.2
- d) 422.2

32. Se estima que el diámetro del Universo observable es de (en millones de años-luz):

- a) 30,000
- b) 1,500
- c) 150,000
- d) 150

33. La Vía Láctea, la galaxia en que vivimos, tiene un diámetro de (en años-luz)

- a) 100
- b) 1,000
- c) 10,000
- d) 100,000

34. En la Vía Láctea existen muchas estrellas. ¿Más o menos cuántas? (en millones)

- a) 100
- b) 1,000
- c) 10,000
- d) 100,000

35. En el Universo existen muchas galaxias. (Más o menos cuántas? (en millones)

- a) 100
- b) 1,000
- c) 10,000
- d) 100,000

36. En comparación con otras galaxias el tamaño de la Vía Láctea es

- a) muy pequeño
- b) pequeño
- c) promedio
- d) muy grande

37. Las dos Nubes de Magallanes, la grande y la pequeña, son dos galaxias que se encuentran relativamente cerca de la Vía Láctea. La distancia a la que se encuentra la pequeña es de 200,000 años-luz. Esta cantidad comparada con el diámetro de la Vía Láctea es

- a) la cuarta parte
- b) la mitad
- c) igual
- d) el doble

38. La Vía Láctea tiene, en millones de años-luz, un diámetro de

- a) 0.001
- b) 0.01
- c) 0.1
- d) 1.0

39. Las galaxias por lo general se concentran en grupos. El Grupo Local al que pertenece nuestra galaxia tiene un diámetro de alrededor de 5 millones de años luz. Comparada con el diámetro de nuestra galaxia esta cantidad es mayor

- a) 5 veces
- b) 50 veces
- c) 500 veces
- d) 5,000 veces

40. Los grupos de galaxias tienden a concentrarse a su vez en lo que se llaman Superclusters. El Supercluster al que pertenece nuestro Grupo Local tiene un diámetro de alrededor de 100 millones de años-luz. Esto significa que el Supercluster Local es mayor que el Grupo Local

- a) 2 veces
- b) 4 veces
- c) 10 veces
- d) 20 veces

41. Los superclusters más cercanos al Supercluster Local están a una distancia de 300 millones de años luz. Esta distancia es mayor al diámetro de nuestro supercluster

- a) 0.03 veces
- b) 0.3 veces
- c) 3 veces
- d) 30 veces

42. Si la distancia entre superclusters es de 300 millones de años-luz: ¿Cuántos superclusters caben en un diámetro del Universo?

- a) 100
- b) 1,000
- c) 10,000
- d) 100,000

43. ¿Más o menos cuántas galaxias tiene el Grupo Local al que pertenece la Vía Láctea?

- a) 3
- b) 30
- c) 300
- d) 3,000

44. El término “parallax” o paralaje se refiere a la alteración producida en la posición aparente de un objeto cuando el observador se cambia de posición. Observen un dedo de su mano a una distancia de unos 20 cm y cierren alternativamente uno y otro ojo. El dedo está en los dos casos en el mismo lugar. Sin embargo, ustedes pueden ver cómo cambia su posición aparente con respecto al fondo (pared, puerta, etc.) Esta diferencia de posición es lo que nos permite estimar distancias. A medida que alejan el dedo, la diferencia en la posición aparente con uno y otro ojo

- a) queda igual
- b) aumenta
- c) disminuye
- d) se incrementa

45. 360 grados equivale a 2π radianes ($\pi=3.1416$). ¿Cuánto vale un grado en radianes?

- a) 0.17
- b) 0.017
- c) 1.7
- d) 17

46. ¿Y cuánto vale un minuto de arco en radianes? (un grado equivale a 60 minutos de arco)

- a) 0.00029
- b) 0.0029
- c) 0.029
- d) 0.29

47. ¿Y cuánto vale un segundo de arco en radianes? (un minuto equivale a 60 segundos de arco)

- a) 0.0000048
- b) 0.000048
- c) 0.00048
- d) 0.0048

48. En un triángulo isósceles en el que los dos lados iguales son mucho mayores que la base, se cumple que el ángulo pequeño (t) es igual a la base (b) entre la altura (a). Esto es, que $t=b/a$. La relación se cumple cuando el ángulo se expresa en radianes. Si la base del triángulo vale la unidad, se puede calcular la altura simplemente conociendo el pequeño ángulo opuesto a la también pequeña base. La fórmula para la altura es

- a) $a=t$
- b) $a=bxt$
- c) $a=1/t$
- d) $a=2/t$

49. Si la base del triángulo isósceles vale la unidad y el ángulo t opuesto a la base vale un grado: ¿Cuál es la altura del triángulo?

- a) 59 unidades
- b) 5.9 unidades
- c) 0.59 unidades
- d) 590 unidades

50. Si la base del triángulo isósceles vale la unidad y el ángulo t opuesto a la base vale un minuto de arco: ¿Cuál es la altura del triángulo?

- a) 3450 unidades
- b) 345 unidades
- c) 34.5 unidades
- d) 3.45 unidades

51. Si la base del triángulo isósceles vale la unidad y el ángulo t opuesto a la base vale un segundo de arco: ¿Cuál es la altura del triángulo?

- a) 208,300 unidades
- b) 20,830 unidades
- c) 2,083 unidades
- d) 208 unidades

52. En astronomía se utiliza como base del triángulo isósceles el diámetro de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. La altura del triángulo es lo que se desea calcular. Esta altura corresponde a la distancia a la estrella que se está estudiando. Obviamente no se puede hacer observaciones de ángulos simultáneamente en lados opuestos de la órbita. Para que las mediciones correspondan a una base de un diámetro de la órbita, es necesario hacer las observaciones separadas por un periodo de

- a) 12 meses
- b) 6 meses
- c) 3 meses
- d) un mes

53. La unidad astronómica (UA) de distancia es la distancia de la Tierra al Sol. Esta distancia es de (en millones de kilómetros)

- a) 1.5
- b) 15
- c) 150
- d) 1500

54. La distancia a las estrellas es muy grande (nos hemos dado cuenta poco a poco) para expresarse en kilómetros o incluso en UA. Los astrónomos acostumbran utilizar, además del año-luz, una unidad de distancia que llaman el pársec (parallax of one arc second, o paralaje de un segundo de arco). Un pársec es la altura de un triángulo isósceles cuya base es una UA y cuyo ángulo opuesto a la base es un segundo de arco. La altura de este triángulo, un pársec, equivale a

- a) 208,300 UA
- b) 20,830 UA
- c) 2,083 UA
- d) 208 UA

55. Un pársec corresponde a una distancia de 3.26 años-luz. La estrella Alfa Centauro se encuentra a una distancia de 4.29 años luz. Esta distancia corresponde en pársec a

- a) 12.5
- b) 13.7
- c) 1.78
- d) 1.32

56. En 1929 se descubrió que el espectro de la luz de galaxias lejanas era similar al de nuestro sol pero que estaba desplazado o corrido hacia el color rojo, indicando que dichas galaxias se están alejando de nosotros. El corrimiento es hacia longitudes de onda

- a) mayores
- b) cortas
- c) menores
- d) blancas

57. La expansión del espacio opera a nivel de

- a) átomos
- b) planetas
- c) estrellas
- d) galaxias

58. Como consecuencia de la expansión del espacio nuestros cuerpos y todo lo que nos rodea se está haciendo cada vez más grande

- a) falso
- b) es posible
- c) cierto
- d) no se sabe

59. El concepto o mecanismo de inflación cósmica explica el Universo en sus etapas

- a) finales
- b) intermedias
- c) más allá del final
- d) más tempranas

60. La supernova SN 1987A explotó a una distancia de la Tierra de 51.5 kilo-parsec. Esto implica que en realidad no explotó en 1987 cuando lo vimos nosotros, sino muchos años antes. ¿Cuántos años antes?

- a) 170
- b) 1,700
- c) 17,000
- d) 170,000

61. Unas horas antes de que llegara la luz de la explosión de SN 1987A a la Tierra, se registró la llegada de neutrinos producto de la misma explosión. ¿Cuántas horas antes?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

62. El hecho de que los neutrinos hayan llegado primero que la luz de la SN 1987A concuerda con los modelos físico-matemáticos que se tienen de las supernovas. La llegada anticipada de los neutrinos se interpreta como

- a) que viajan más rápido que la luz
- b) la luz se produce horas después de la explosión del núcleo que produce los neutrinos
- c) los neutrinos vienen de otra parte
- d) los neutrinos se aceleraron en el camino

64. Las estrellas llegan a existir varios miles de millones de años, por lo que nadie puede observar la evolución de una única estrella desde su nacimiento hasta su muerte. ¿Cómo entonces se construyen modelos de la evolución estelar?

- a) Observando el Sol con mucho detalle
- b) comparando la astronomía griega y china con la actual
- c) Volviendo al Big Bang
- d) observando muchas estrellas que se encuentren en diferentes etapas de su existencia

65. En el diagrama H-R de evolución estelar el Sol se encuentra actualmente en la región que se conoce como

- a) estrellas promedio
- b) secuencia principal
- c) sector rojo
- d) secuencia secundaria

66. El Sol terminará cuando se agoten los procesos de fusión en su interior como una estrella

- a) enana roja
- b) enana azul
- c) enana blanca
- d) enana café

67. Las estrellas brillan y se mantienen sin colapsarse porque en su interior se libera energía. Cuando se fusionan elementos ligeros entre sí se libera energía, de tal forma que el elemento (átomo) resultante tiene menos energía que los originales. La liberación de energía cesa cuando el elemento resultante es el

- a) Na
- b) He
- c) Fe
- d) U

68. Astrónomos chinos observaron y describieron en el año 1054 la aparición, y desaparición después de tres semanas, de una estrella muy brillante. El brillo era tal que podía verse de día. Ahora se sabe que se trató de la explosión de una supernova, los remanentes de la cual se observan actualmente como una nebulosa. ¿Cómo se llama esta nebulosa?

- a) Cangrejo
- b) Orión
- c) Osa Mayor
- d) China

69. Los restos de la supernova observada por los chinos está a 6,500 millones de años-luz de la Tierra. Esto implica que se encuentra en la

- a) Nube de Magallanes
- b) Galaxia M2
- c) Vía Láctea
- d) Galaxia Andrómeda

70. ¿En qué galaxia explotó la SN 1987A?

- a) Nube de Magallanes
- b) Galaxia M2
- c) Vía Láctea
- d) Galaxia Andrómeda