

Cuestionarios “aniversario”

JFGH

14 de Marzo de 2015/14 Marzo de 2018

Resumen

Actividad para el nivel de E.S.O. y Bachillerato, aniversario de la Relatividad General, el día del número pi, y del nacimiento de Einstein (y fallecimiento de Hawking). Se trata de responder AL MENOS a uno de los cuestionarios, relativos a la vida y obra científica y divulgativa de S. W. Hawking y los personajes de su vida, tras el visionado de la película (subtitulada y gratuita en youtube) titulada *Hawking* (año 2004), que es una sucedánea y antecesora de la actual y exitosa *La Teoría del Todo*.

Índice

1. Cuestionario básico (I)	2
2. Cuestionario básico (II)	6
3. Cuestionario básico (III)	8
4. Cuestionario (IV): reto físico-matemático	10
5. Libros de Ciencia	15
6. Formulario de MRU y MRUA	16

1. Cuestionario básico (I)

La película *Hawking* (2004). **Indicación:** la película se puede ver de forma gratuita subtitulada aquí:

https://www.youtube.com/watch?v=U_ytm34YVCU

↻ **Cuestión 1.** ¿Cuál es el nombre completo, sin abreviaturas, del protagonista principal de la película y cuál es su fecha de nacimiento?

↻ **Cuestión 2.** ¿Cómo se llama la teoría del científico Hoyle que se menciona al principio? Explica brevemente en qué consiste.

↻ **Cuestión 3.** ¿Cuántos años tiene Hawking cuando le diagnostican la ELA, de acuerdo a la película?

↻ **Cuestión 4.** De acuerdo a la película, ¿cómo se autodefine profesionalmente Hawking? ¿A qué se dedica? Pista: lo menciona cuando le están haciendo pruebas en el hospital.

↻ **Cuestión 5.** ¿Qué enfermedad tiene un niño del hospital donde se halla Hawking? ¿En qué consiste esa enfermedad?

↻ **Cuestión 6.** ¿Qué elemento o elementos químicos mencionan los narradores indirectos de la historia de la película Arno y Bob en la entrevista fraccionada del film? ¿A qué tipo de energía o transferencia de energía hacen referencia al respecto?

↻ **Cuestión 7.** En el bar o pub, ¿a qué dos científicos del s.XX se menciona? ¿Qué logro o logros de los mismos?

↻ **Cuestión 8.** ¿Con qué adjetivos describe Hawking el tiempo en el bar/pub?

↻ **Cuestión 9.** Paseando con Jane, ¿de qué clase de estrellas hablan?

↻ **Cuestión 10.** El médico que atiende a Hawking en la película, ¿cómo llama también a la enfermedad conocida como ELA?

↻ **Cuestión 11.** Según el padre de Hawking, ¿qué pregunta le hizo éste de joven que no pudo como padre contestar?

↻ **Cuestión 12.** Escribe el nombre del supervisor de la tesis de Hawking en la película.

↻ **Cuestión 13.** Tras el encuentro del supervisor y el padre de Hawking, ¿a qué lugar llega Hawking?

↻ **Cuestión 14.** ¿Qué teoría de Einstein se menciona a su llegada al lugar anterior?

↻ **Cuestión 15.** ¿Qué matemático aparece en el pub?

↻ **Cuestión 16.** ¿Qué temas de tesis le propone el supervisor o “advisor” antes de la charla de Hoyle? ¿Por qué los rechaza? Averigua qué son dichos temas.

↻ **Cuestión 17.** ¿Qué teoría se opone a la de Hoyle que el mismo Hoyle tilda de errónea?

↻ **Cuestión 18.** ¿Con qué compara Hoyle su “teoría rival”?

↻ **Cuestión 19.** “(...)No Science, no rules(...)”. ¿Dónde ocurre tal cosa cuándo se menciona esa frase, según Hoyle?

↻ **Cuestión 20.** ¿Qué mataron mediante disparos en la antena los narradores Arno y Bob?

↻ **Cuestión 21.** ¿Qué compositor musical cita Penrose que era capaz de llenar “huecos” que otros no podían?

↻ **Cuestión 22.** ¿Qué problema cita Hawking en la casa de su supervisor de tesis como esencial en la teoría de Hoyle?

↻ **Cuestión 23.** ¿Qué otro trabajo de Hoyle se menciona cuando hablan su estudiante y Hawking? Averigua el nombre del estudiante de Hoyle, hindú,

que aparece en la película.

↳ **Cuestión 24.** ¿Qué clase de “espacio matemático abstracto” hay escrito en la primera pizarra de Hawking en la película, que empieza a borrar? ¿Conoces algún otro tipo de espacios? Investiga un poco sus características.

↳ **Cuestión 25.** ¿Qué razón da Hawking para descartar la nueva teoría de Hoyle?

↳ **Cuestión 26.** ¿Qué le sugiere su supervisor de tesis a Hawking, en lugar de atacar la teoría de Hoyle?

↳ **Cuestión 27.** ¿Qué clase de “magia” o rama de las Matemáticas enseña Penrose en el parque anexo de Cambridge? Averigua un poco qué tipo de objetos matemáticos trata dicha rama de las Matemáticas.

↳ **Cuestión 28.** ¿Cuál es la velocidad de la luz en m.p.h. que cita Penrose?

↳ **Cuestión 29.** ¿Qué se forma, según Penrose, de forma inevitable cuando una estrella colapsa bajo la acción de la gravedad?

↳ **Cuestión 30.** ¿Qué medicamentos o compuestos químicos menciona el padre de Hawking cuando el médico le dice que no hay tratamiento posible para su enfermedad?

↳ **Cuestión 31.** ¿Qué propiedad curiosa tiene el reloj de la habitación de Penrose en la película?

↳ **Cuestión 32** ¿De qué se percató Hawking en la misteriosa estación del tren al que sube Hawking?

↳ **Cuestión 33.** De lo que se percató Hawking en la estación, ¿cómo se lo explica a Penrose?

↳ **Cuestión 34.** ¿Cómo le cuenta a su supervisor de tesis lo que ha descubierto Hawking el propio Hawking?

↯**Cuestión 35.** ¿Con qué o quién compara Penrose el cuarto capítulo de la tesis de Hawking?

↯**Cuestión 36.** ¿Qué menciona Hoyle que se debería encontrar para probar la idea de Hawking y comprobar experimentalmente la teoría rival e invalidar su propia teoría del Universo?

↯**Cuestión 37.** Los dos personajes indirectos de la película, son Arno y Bob, y van a recibir el premio Nobel por, ¿qué cosa y cuándo lo descubren? ¿Cuándo les dan el Nobel? ¿Qué temperatura (absoluta) mencionan? ¿Cuáles son los nombres completos de Arno y Bob?

↯**Cuestión 38.** En la escena final con Jane, ¿qué teorías menciona Hawking? ¿La unificación de qué teorías menciona?

↯**Cuestión 39.** ¿Qué tiempo menciona Hawking llevará encontrar esa unificación? ¿Se ha logrado?

↯**Cuestión 40.** En los “títulos finales” se mencionan 2 fechas, ¿cuáles son y qué ocurre en ambas?

2. Cuestionario básico (II)

Biografía y bibliografía científica de personajes. Este ejercicio consiste en elaborar una BREVE biografía vital Y (sobre todo Y) un resumen de las aportaciones científicas o divulgativas de 4 personajes de la película Hawking:

A) S.W.Hawking: biografía (no más de un cuarto de folio debe ser el resumen de su vida personal). Averigua el título de la tesis doctoral (Ph.D) de Hawking, e intenta averiguar el título y afirmaciones básicas del cuarto capítulo de su tesis. Además, haz una lista lo más exhaustiva posible de los artículos científicos de Hawking hasta la fecha. Elabora también una lista de los libros, tanto especializados como científicos o de divulgación, que ha publicado y SIN leerlos, averigua de qué tratan (un resumen de un párrafo o un par de líneas es suficiente). Finalmente, haz una lista de TODOS los “descubrimientos teóricos” (incluyendo conjeturas sin demostrar) que ha hecho Hawking hasta el momento en su vida.

B) Roger Penrose: biografía (no más de un cuarto de folio debe ser el resumen de su vida personal.). Averigua el título de la tesis doctoral (Ph.D) de Penrose y quién fue su supervisor. Además, haz una lista lo más exhaustiva posible de los artículos científicos de Penrose hasta la fecha. Elabora también una lista de los libros, tanto especializados como científicos o de divulgación, que ha publicado y SIN leerlos, averigua de qué tratan (un resumen de un párrafo o un par de líneas es suficiente). Finalmente, haz una lista de TODOS los “descubrimientos teóricos” (incluyendo conjeturas sin demostrar) que ha hecho Penrose hasta el momento en su vida.

C) Fred Hoyle: biografía (no más de un cuarto de folio debe ser el resumen de su vida personal.). Averigua el título de la tesis doctoral (Ph.D) de Hoyle y quién fue su supervisor. Haz un resumen o lista de las aportaciones de Hoyle y su estudiante más destacado (que aparece en la película) a la Física.

D) El supervisor de la tesis de Hawking: biografía (no más de un cuarto de folio debe ser el resumen de su vida personal.). Averigua el título de la tesis doctoral (Ph.D) de este supervisor y quién fue su supervisor (o sea, quién fue el supervisor de la tesis del supervisor de Hawking). Haz un resumen o lista de las aportaciones de estos supervisores a la Física.

3. Cuestionario básico (III)

Es de Biología, Química, vida extraterrestre, y el futuro de la Humanidad. También permite hacer algo de investigación, más que de Física o Matemáticas, al tocar algunos temas de otras áreas del saber colateralmente.

↻**Cuestión 1.** ¿Qué es la ELA? ¿Qué otros nombres recibe?

↻**Cuestión 2.** ¿Qué síntomas y tratamientos existen actualmente frente a la ELA?

↻**Cuestión 3.** ¿Qué tratamientos se están investigando actualmente contra la ELA? ¿Cuáles son las líneas de investigación más importantes en estos momentos para intentar curar la enfermedad en el futuro?

↻**Cuestión 4.** ¿Por qué crees que Hawking es un caso muy especial entre todos los pacientes de ELA? Indicación: no es sólo que sea famoso, hay cuestiones médicas importantes en la respuesta.

↻**Cuestión 5.** ¿Qué otras enfermedades similares a la ELA hay?

↻**Cuestión 6.** a) Hawking ha advertido en numerosas ocasiones sobre los intentos de contactar con especies alienígenas. ¿En qué se basa? ¿Qué argumentos da?

b) Hawking ha advertido también sobre los peligros que enfrenta la especie humana si no colonizamos el espacio exterior. ¿Qué argumentos usa? ¿Cuáles añadirías?

↻**Cuestión 7.** Hawking también ha advertido de los peligros, no sólo de las ventajas, de la inteligencia artificial (I.A, o I.A. en inglés). ¿Por qué?

↻**Cuestión 8.** Hawking, como buen whovian y trekkie, también ha investigado sobre los viajes en el tiempo.

a) ¿Cuál es el nombre técnico de las máquinas del tiempo entre los físicos teóricos?

b) La posibilidad de los viajes en el tiempo es algo que está en la frontera del conocimiento actual de la Física. La Física Clásica parece permitirlos, pero la Física Cuántica parece prohibirlos. ¿Qué conjetura ha dado Hawking

sobre la posibilidad o imposibilidad de los viajes en el tiempo? ¿Cómo se puede entender heurísticamente sin tecnicidades, en palabras llanas que ha popularizado el propio Hawking?

↳ **Cuestión 9.** Recientemente, se ha especulado nueva y fuertemente sobre un tipo de vida basado en una química diferente a la del carbono, que puede residir en Titán y otros lugares del espacio. ¿Qué química es esa? ¿Qué es un azotosoma? ¿Qué otras químicas no basadas en el carbono especulan los astrobiólogos que podrían dar lugar a formas de vida en el espacio u otros exoplanetas?

↳ **Cuestión 10.** ¿Cuál es la opinión de Hawking actual sobre la contraposición de la Ciencia frente a la Filosofía tradicional y la religión? Resume sus posturas **Y da tu propia opinión personal** al respecto de la opinión de Hawking, contraponiéndola a las propias que tengas.

4. Cuestionario (IV): reto físico-matemático

Podríamos titularlo también: “**Aventuras asombrosas con la Física y las Matemáticas**”, y requiere algo más de ánimo, perseverancia y ganas de realizarlo. Es un viaje a través de algunos de los descubrimientos de Hawking a uno de los lugares más recónditos y fantásticos de la Física y del Universo conocido: los agujeros negros y su Termodinámica. De hecho, la radiación de Hawking está asociada a la temperatura y explosiones que los agujeros negros pueden producir.

En la película de *La Teoría del Todo*, no en la visionada de *Hawking*, aparece una ecuación asociada a uno de los descubrimientos que han hecho famoso a Hawking:

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8\pi G M k_B}$$

Esta ecuación representa la temperatura de la radiación de cuerpo negro emitida por un agujero estático sin rotación, de masa M .

🔗 **Cuestión 1.** Averigua el valor de las constantes \hbar, k_B, c en el S.I.

🔗 **Cuestión 2.** Un alienígena imaginario, llamado Pum, inventa un aparato capaz de convertir cualquier objeto con masa en un agujero negro. Decide usarlo contra un profesor de Física terrícola de 75kg muy particular, que está en principio indefenso. Pum, a 2 metros y por sorpresa, dispara con su aparato al profesor y le convierte en un agujero negro. ¿Qué temperatura alcanza el agujero negro en que ha convertido Pum al profesor de Física terrícola? Averigua, si puedes, a qué longitud de onda correspondería la energía (temperatura) obtenida. ¿Qué piensas que le pasará a Pum cuando reciba la radiación del profesor convertido en agujero negro?

🔗 **Cuestión 3.** Los agujeros negros son el último episodio de la evolución de algunas estrellas, hasta quizás unas 33 masas solares. Halla la temperatura y longitud de onda de la radiación emitida por un agujero negro estático producido por el colapso gravitacional de una estrella de 15 masas solares y la temperatura y longitud de onda de la radiación de Hawking que corresponderían a nuestro sol, de 1 masa solar.

☞ **Cuestión 4.** En el corazón lejano de la Vía Láctea, en las profundidades de Sagitario A, reside un agujero negro supermasivo cuya masa se estima en unos 4 millones de masas solares. Calcula la temperatura y la longitud de onda de la radiación emitida por este agujero negro supermasivo.

☞ **Cuestión 5.** La entropía (S) es otra cantidad imprescindible en el conocimiento de las propiedades termodinámicas de los agujeros negros. Para agujeros negros estáticos, Hawking demostró, confirmando y refinando una conjetura del físico Bekenstein, que su valor depende del área del llamado horizonte de sucesos de un agujero negro, mediante la expresión siguiente:

$$S_{BH} = \frac{c^3 k_B A}{4 \hbar G} = \frac{4 \pi k_B M^2 G}{\hbar c}$$

¿En qué unidades se mide la entropía? Demuestra explícitamente que las unidades la fórmula de Bekenstein-Hawking producen las unidades adecuadas de la entropía.

☞ **Cuestión 6.** ¿Cuál es la entropía de los agujeros negros de masa 75 kg, 1 masa solar, 15 masas solares y 4 millones de masas solares que hemos visto en los ejercicios anteriores? ¿Cuál sería la entropía de agujero negro microscópico que tuviera la misma masa que un electrón? ¿Cuál sería en tal caso su temperatura?

☞ **Cuestión 7.** La entropía es generalmente entendida como una medida del “desorden” de un sistema. Realmente, a nivel microscópico, está relacionado con el número de “microestados” o configuraciones internas de un sistema. Ludwig Boltzmann, en el s.XIX, descubrió esta conexión de la entropía con el número de configuraciones, llamémoslas Ω , siendo Ω un número posiblemente muy grande, a través de una ecuación extremadamente simple:

$$S = k_B \ln \Omega$$

Calcula Ω para los agujeros negros cuya masa es igual a: 1 vez la masa del electrón, el del profesor de Física, el de masa solar, el de 15 masas solares, y el supermasivo de 4 millones de masas solares en la Vía Láctea.

Que la entropía de los agujeros negros sea proporcional al área y no al volumen es un resultado sorprendente, pues en general la entropía debería ser proporcional al volumen. Este hecho originó el concepto que se ha venido en llamar **Principio Holográfico**.

☞**Cuestión 8.** ¿Cuál o cuáles son los enunciados del Principio Holográfico? ¿Por qué resulta sorprendente, desafiando la intuición o sentido común? Pon un ejemplo de lo que significa.

☞**Cuestión 9.** Hawking postuló que los agujeros negros radian y finalmente se “evaporan” en una terrible explosión de radiación. Averigua cuál es la ecuación (semiclásica) que permite calcular el tiempo de evaporación de un agujero negro. Calcula el tiempo de evaporación para los agujeros negros vistos en ejercicios anteriores. Comenta los resultados. Halla la masa de un agujero negro que se evaporara en este preciso momento (edad del Universo) y halla su masa. Compara esta masa con la masa de la Luna.

☞**Cuestión 10.** Uno de los grandísimos problemas que provoca el hecho de que los agujeros negros se evaporan, es la llamada Paradoja de la Información. Esencialmente consiste en lo siguiente, si tu lanzas una maravillosa Enciclopedia, tus libros favoritos, tus DVDs, tus colecciones de comic, tus canciones, o lo que quieras a un agujero negro, este devolverá solamente radiación térmica en forma de radiación de Hawking, y por lo tanto, en principio NO se puede recuperar la información contenida en esos objetos de ninguna forma. Esto es paradójico porque la Teoría Cuántica, a diferencia de la teoría gravitacional de Einstein, no permite hacer eso (no al menos en su formulación actual), debido a los detalles matemáticos de dicha teoría. La teoría de Einstein predice que la información se pierde en forma de radiación y la teoría cuántica que eso no puede ser. Este conflicto no resuelto de las dos grandes teorías del siglo XX no puede solventarse con Física conocida. Hace unos años se pensaba que dos ideas, la complementariedad y la correspondencia AdS-CFT podrían resolver el problema, incluso el propio Hawking dio por perdida una apuesta sobre este problema, pero ahora sabemos que la cuestión no está resuelta todavía. Averigua el significado de los conceptos: **complementariedad**, **correspondencia AdS-CFT**, **unitariedad**, **localidad**, y **principio de equivalencia**. ¿Qué concepto se ha introducido recientemente que ha reabierto el debate sobre la Paradoja de la Información de los agujeros negros? ¿Por qué es importante resolver este pro-

blema? ¿Qué ha postulado ahora Hawking sobre esta cuestión últimamente?

✎ **Cuestión 11.** Escribe los enunciados de las 4 leyes de la Termodinámica tradicional, en palabras y ecuaciones. Luego compáralas con los enunciados de las 4 leyes de la Termodinámica de los Agujeros Negros. ¿A qué se llama ergosfera de un agujero negro? ¿Qué es el horizonte de eventos o sucesos de un agujero negro? ¿Qué es el llamado “proceso de Penrose”?

✎ **Cuestión 12.** En 2015 se celebró el centenario de la Relatividad General, el nombre de la teoría relativista de la gravitación que construyó A. Einstein tras descubrir la Relatividad Especial y comprender el significado del Principio de Equivalencia. Encuentra y escribe las ecuaciones de Einstein de la Relatividad General, que se publicaron por primera vez entre 1915 y 1916.

✎ **Cuestión 13.** Einstein pudo haber predicho la expansión del Universo si no hubiera tenido preconcepciones filosóficas y religiosas sobre el Universo. En su lugar, “amañó” las ecuaciones introduciendo un término extra, llamado término cosmológico, que mantenía estático el Universo. ¿Qué ley matemática descubrió E. Hubble que hizo pensar a A. Einstein que el término cosmológico fue el mayor error de su vida? Escribe la ecuación de Hubble y el valor de la constante de Hubble medida actualmente. ¿Qué unidades tiene? ¿Qué dimensiones físicas en términos de magnitudes del S.I. tiene la constante de Hubble?

✎ **Cuestión 14.** En 1998, dos equipos independientes probaron que el Universo se expande acelerada y POSITIVAMENTE (más precisamente, que el espacio entre galaxias y cúmulos de galaxias se expanda con aceleración positiva). Eso significa que existe una constante cosmológica como Einstein predijo y pensó, erróneamente, que fue su mayor error. ¿Qué valor tiene la constante cosmológica actualmente? ¿Qué porcentaje de la energía del Universo representa? *Moraleja: Hasta cuando se equivocan, los genios como Einstein siempre suelen llevar algo de razón en lo dicen y piensan.* Nota: el descubrimiento de la expansión acelerada del Universo les valió un premio Nobel a sus investigadores. Averigua quiénes fueron premiados por ese descubrimiento y cuándo.

✎ **Cuestión 15.** Un universo acelerado positivamente es lo que se llama Universo de “de Sitter”. ¿Quién fue de Sitter? ¿Qué es un espacio de De

Sitter? ¿Y un espacio anti de Sitter? ¿Qué efecto debido a espacios acelerados como el espacio de De Sitter descubrieron Hawking y Gibbons, un colega de Cambridge?

🔗**Cuestión 16.** Averigua el valor estimado de la masa (o energía) del Universo. ¿A qué se llama energía oscura? ¿Y materia oscura?

🔗**Cuestión 17.** Averigua la expresión matemática teórica de la temperatura de Bekenstein-Hawking para un agujero negro con masa M , carga eléctrica Q y momento angular (carga “rotacional”) J . ¿Y si tuviera, además de M , Q y J adicionalmente una constante cosmológica igual a Λ ?

🔗**Cuestión 18.** ¿En qué consiste la apuesta de Hawking-Preskill-Thorne? ¿Qué otras apuestas ha hecho Hawking sobre sus ideas que ha PERDIDO?

🔗**Cuestión 19.** ¿Qué es el efecto Unruh y cómo se relaciona con la teoría de Hawking de que los agujeros negros emiten radiación? ¿Están demostradas experimentalmente las fórmulas de Hawking y de Unruh? Investiga y menciona diversos experimentos relacionados con estos descubrimientos teóricos.

🔗**Cuestión 20.** Los agujeros negros, en la Ciencia Ficción, han sido objeto de especulaciones teóricas interesantes relacionadas con sus propiedades. En particular, se ha propuesto los agujeros negros como máquinas para obtener energía para naves interestelares o hasta para viajes en el tiempo. Esto último fue esencialmente el motivo y argumento esencial de la película *Horizonte Final* y muchos episodios de series longevas de ciencia-ficción como *Star Trek* y *Doctor Who*. Busca el nombre de un artículo científico que INVESTIGA de forma seria la posibilidad de que los agujeros negros sean fuente de energía de una nave espacial (se valorará la inclusión de datos técnicos). Busca el nombre de un agujero negro que PERMITE la existencia de “máquinas del tiempo”, de acuerdo a la teoría gravitacional de Einstein.

Curiosidad: en la reciente película titulada *Interestelar* se representa la imagen de un agujero negro en rotación, y su horizonte de sucesos.

5. Libros de Ciencia

Adicionalmente, se puede ganar otro medio punto (tope) para la nota final del curso, interesante para aquellos que puedan verse en peligro de suspender en Junio o para ayudar a decidir la nota del profesor si ésta se queda en el límite entre dos notas. Consiste en leer un libro de temática científica de la siguiente página:

<http://www.librosmaravillosos.com/catalogo.html#ciencia>

Es importante e imprescindible consultar al profesor sobre el libro que se desee escoger.

Se responderá igualmente a las siguientes 4 cuestiones:

☞ **Cuestión 1.** Resumen del libro. Nunca más 1 folio por las 2 caras en DIN-A4. ¿Por qué elegiste este libro?

☞ **Cuestión 2.** ¿Qué conceptos, cuestiones o ideas de Física y Química/Biología y Geología/Matemáticas/Ciencia trata el libro?

☞ **Cuestión 3.** ¿Por qué piensas que el libro es útil e interesante? Nota: no vale responder que es por las décimas para aprobar o subir la calificación de la asignatura.

☞ **Cuestión 4.** ¿Qué has aprendido leyendo el libro? ¿Por qué lo recomendarías? Nota: la respuesta a esta pregunta se deberá exponer en menos de 2 minutos en clase.

6. Formulario de MRU y MRUA

Ecuaciones a SABERSE para los exámenes de MRU Y MRUA:

MRU

Ecuación espacio tiempo:

$$s = s_0 + vt \text{ m o bien } s = s_0 + v(t - t_0) \text{ m}$$

Ecuación velocidad tiempo y velocidad media:

$$v = \text{constante} \text{ m/s, } v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ m/s}$$

Ecuación aceleración tiempo:

$$a = 0 \text{ m/s}^2$$

MRUA

Ecuación espacio tiempo:

$$s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2 \text{ m, o bien } s = s_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 \text{ m}$$

Ecuación velocidad tiempo y velocidad media:

$$v = v_0 + at \text{ m/s, o bien, } v = v_0 + a(t - t_0) \text{ m/s}$$

Ecuación aceleración tiempo:

$$a = \text{constante} \text{ m/s}^2$$

Ecuación velocidad espacio:

$$v^2 - v_0^2 = 2a(s - s_0) \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Dos cuerpos móviles, A y B, se encuentran en un tiempo dado si sus espacios finales con respecto a un origen fijo coinciden, es decir, si $s_A = s_B$. Un cuerpo se dice que está en reposo si no se mueve, es decir, si su posición NO varía con el tiempo en un intervalo dado, y se mueve en caso contrario.