

## FÍSICA I

Profesores: Andrés Meza, Patricio Parada, Nelson Zamorano

Enero 2009

### Guía: Problemas de Cinemática en 1-Dimensión

#### OBJETIVOS

Esta guía procura reunir los problemas más representativos de cinemática en una dimensión. El trabajar con ellos y entender su solución permiten, a nuestro juicio, tener un dominio razonable de esta área básica.

Esta guía consta de 21 problemas de cinemática en una dimensión incluyendo aceleración constante.

1. Un pasajero llega a la estación de ferrocarril justo a tiempo para tomar el tren a Temuco. Cuando está a una distancia **D** del tren, éste parte con aceleración constante **a**. Suponiendo que el pasajero corre con velocidad constante **V**:

- a) Calcule el tiempo que demora en alcanzar el tren.
- b) ¿Existe alguna restricción sobre la velocidad **V**? Si es así, determine la velocidad mínima para que el pasajero pueda abordar el tren.

2. Un ascensor rápido circula entre los pisos 1 y 30 de un edificio. La separación entre estos pisos es de 150 metros. Para comodidad de los pasajeros se restringe la aceleración máxima del ascensor a  $3,7 \text{ m/s}^2$ . Por otra parte la velocidad máxima que puede alcanzar este ascensor, sin transgredir las normas de seguridad, es  $6,0 \text{ m/s}$ .

- a) ¿Cuál es el tiempo mínimo que se necesita para viajar entre el piso 1 y el 30?
- b) Determine el valor de la velocidad media para llevar a cabo dicho recorrido.

3. En una carrera de autos, un Ford Thunderbird y un Mercedes Benz se desplazan, uno al lado del otro, a lo largo de una recta a una rapidez de  $200 \text{ km/h}$ . El Thunderbird agota su combustible y se ve obligado a detenerse para rellenar el estanque. Comienza a desacelerar suavemente hasta detenerse después de recorrer una distancia de  $200 \text{ m}$ . Los mecánicos se demoran  $8 \text{ s}$  en cargar combustible y el conductor del Thunderbird acelera hasta alcanzar nuevamente una rapidez de  $200 \text{ km/h}$ , después de recorrer una distancia  $400 \text{ m}$ . En este preciso instante en que recupera su anterior rapidez, ¿a qué distancia se encuentra del Mercedes Benz, suponiendo que éste ha seguido moviéndose a  $200 \text{ km/h}$ ?

4. **Nota Introductoria:** Para Zenon, el padre de los atomistas, una de sus mayores preocupaciones fue entender el fenómeno del cambio. Dentro de este enigma está el movimiento, el cambio de un cuerpo de una posición a otra en el espacio. Las paradojas de Zenón están orientadas a mostrar que el movimiento no era posible. Una de éstas es la de Aquiles y la tortuga que se examina a continuación.

Aquiles, un héroe griego y una tortuga, participan en una carrera. La tortuga parte con ventaja. ¿Logrará adelantar Aquiles a la tortuga?

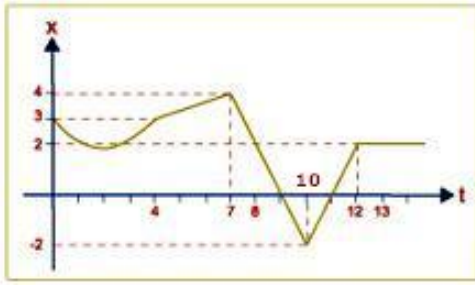
Zenón argumentaba así: En el momento inicial, Aquiles estará en la posición  $a_0$  y la tortuga en la posición  $t_0$ . Cuando Aquiles llegue al punto  $t_0$ , la tortuga estará en el punto  $t_1$ , y al llegar Aquiles al punto  $t_1$ , la tortuga se habrá trasladado ya al punto  $t_2$ . Y así sucesivamente. De modo que, a pesar que la distancia entre Aquiles y la tortuga disminuye continuamente, la tortuga siempre está por delante de Aquiles.



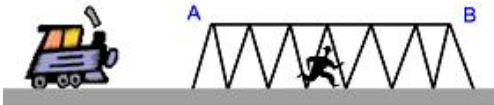
Otra forma de escribir esta *paradoja* es la siguiente: El más rápido de los hombres, Aquiles, no puede alcanzar al más lento de los animales, la tortuga, si ésta tiene una ventaja inicial en la carrera. Puesto que, mientras Aquiles recorre el camino de la ventaja inicial que los separa, la tortuga habrá recorrido otro tramo, aunque más pequeño. Cuando Aquiles haya recorrido este último tramo, la tortuga habrá avanzado otro más pequeño, y así la tortuga llevará siempre la ventaja hasta en espacios infinitamente pequeños, con lo cual, Aquiles no podrá alcanzarla nunca. Evidentemente hay un error en el razonamiento, pero ¿dónde está? O ¿es cierto que el movimiento es sólo una ilusión?

5. La figura muestra el gráfico de la posición de una partícula en función del tiempo. Entre  $t = 0$  y  $t = 4$  s, la curva es parte de una parábola. Encuentre la velocidad media durante los siguientes intervalos:

- $0 < t < 4$  s.
- $7 < t < 10$  s.
- $0 < t < 13$  s.
- $10 < t < 13$  s.

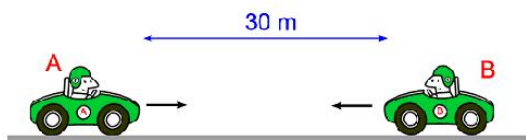


6. Una persona cruza un puente de la vía férrea cuyos extremos denominamos **A** y **B**. Cuando se encuentra en camino hacia **B** y ha recorrido  $3/8$  del tramo **AB**, se escucha el silbido del tren que se aproxima desde el lado **A** con una velocidad de 80 km/hr. Si el hombre corre hacia la salida **A**, el tren lo alcanzaría en **A**. Si corre hacia **B**, el tren lo alcanzará en **B**. Entonces, ¿con qué rapidez corre este hombre? Haga un gráfico con la posición del tren y de la persona para entender la situación.



7. Dos autos **A** y **B** se encuentran inicialmente detenidos, separados por una distancia de 30 m. Repentinamente, el auto **A** parte del reposo con una aceleración constante de  $10 \text{ m/s}^2$ . Un segundo después, el auto **B** parte, en dirección contraria, al encuentro de **A** con una velocidad constante de 10 m/s.

- Haga un gráfico que señale la posición de ambos autos en función del tiempo.
- ¿Cuánto tiempo tardan en encontrarse?
- ¿Qué distancia ha recorrido cada uno de los autos hasta el instante en que se encuentran?



8. Durante las vacaciones decides viajar en tren para saber cómo es la sensación. Aprovechas de visitar a un gran amigo que vive en Temuco. Sin embargo, te retrasas y llegas a la estación justo cuando el tren comienza a partir. Cuando llegas a la entrada del andén, el tren que se ubica 30 m delante de ti, comienza a moverse. Tú puedes correr a una velocidad máxima de 30 km/h y el tren está acelerando a  $1 \text{ m/s}^2$ . El andén mide 50 m de largo y termina en una barrera que te impedirá seguir corriendo. ¿Alcanzas a subirte al tren? Justifica claramente tu respuesta usando las ecuaciones de movimiento y haciendo un gráfico con tu posición y la del tren en función del tiempo.

9. Un conductor que viaja a velocidad constante de 50 km/h, pasa por una zona de escuela cuyo límite de velocidad legal es 30 km/h. En ese momento, un policía que por casualidad estaba en su motocicleta junto a la señal de advertencia, arranca con aceleración constante de  $3 \text{ m/s}^2$  para dar alcance al infractor. Suponiendo que el conductor del auto no cambia su velocidad:

- ¿Cuánto tarda el policía en alcanzar al infractor?
- ¿Cuál es la velocidad del policía en el instante que se ubica al lado del infractor?
- ¿Cuál es la distancia total que ha recorrido cada vehículo hasta ese instante?

10. Dos jóvenes están en un balcón a una altura **H** del suelo. Uno de ellos arroja una pelota en dirección vertical hacia abajo con velocidad  $V_0$ . Simultáneamente, el otro lanza una pelota verticalmente hacia arriba con la misma velocidad  $V_0$ .

- ¿Cuál es la diferencia de tiempo que las pelotas pasan en el aire? Nota: NO necesita calcular el tiempo que cada una de ellas permanece en el aire.
- ¿A qué altura, respecto del suelo, se encuentra la segunda pelota en el instante en que la otra llega al suelo?
- ¿Cuál es la velocidad de cada pelota cuando alcanza el suelo? ¿Son diferentes?

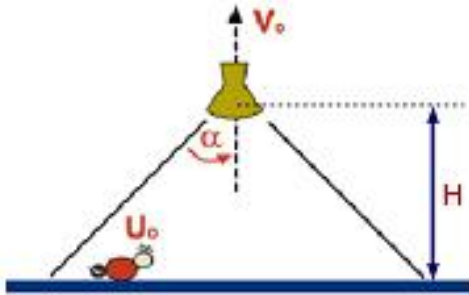
11. Juan lanza una pelota verticalmente hacia arriba desde la parte superior de un edificio que mide 25 m de altura. La velocidad inicial de la pelota es 12,0 m/s. Al mismo tiempo, su amiga María que está ubicada en la base del edificio a una distancia de 8 m, comienza a correr por la calle acercándose a la pared del edificio.

- ¿Cuál debe ser la velocidad media de María para lograr atrapar la pelota en la parte inferior del edificio? Suponga que María atrapa la pelota 1 m antes de que llegue al piso.

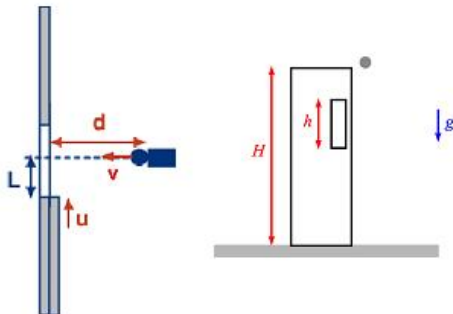
- b) Suponga ahora que Juan lanza la pelota desde la azotea del edificio utilizando la misma componente vertical de la velocidad inicial de la parte a), pero de manera tal que María no tenga que moverse para alcanzarla y la reciba en sus manos, a 1 m del suelo. ¿Cuál es el valor del ángulo con el cual Juan lanzó la pelota? No se pide encontrar el valor exacto del ángulo, basta hacer una estimación. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad con que Juan lanzó la pelota?

12. Una ampolleta con su pantalla se desplaza con una velocidad  $V_0$  en la dirección vertical, como se indica en la figura. Una cuncuna se desplaza a lo largo de una recta horizontal con una rapidez constante  $U_0$ . En el instante  $t = 0$ , la cuncuna se encuentra en un extremo de la zona iluminada y la ampolleta se encuentra a altura  $H$  respecto del piso,

- a) ¿Cuánto tarda en salir de esta zona iluminada?  
b) ¿Existe una posibilidad de que quede atrapada en la zona iluminada sin poder salir?



13. Una compuerta deslizante de ancho  $D$ , se cierra con velocidad  $u$ . A una distancia  $d$ , perpendicular al plano de la compuerta, se ubica un cañón que dispara proyectiles con velocidad constante  $v$  (desprecie la gravedad) en un plano horizontal, perpendicular al de la compuerta. Si el cañón comienza a disparar cuando la compuerta se encuentra a una distancia  $L$  de la línea de disparo del cañón y éste dispara  $N$  balas por minuto, calcule cuántas balas alcanzan a cruzar la compuerta antes de que ésta se cierre.



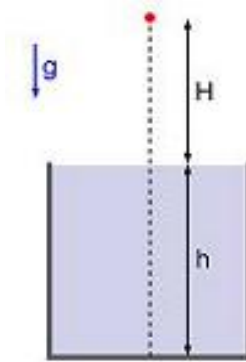
14. Una bola de acero se deja caer desde el techo de un edificio. Un observador parado enfrente de una ventana de altura  $h$  nota que la bola cruza la ventana en  $\tau$  segundos. La bola continúa cayendo hasta chocar en forma completamente elástica con el piso (es decir, el módulo de su velocidad no cambia) y reaparece en la parte baja de la ventana  $\tau_0$  segundos después. Demuestre que la altura del edificio está dada por

$$H = \frac{g}{8} \left[ \tau_0 + \tau + \frac{2h}{g\tau} \right].$$

Note que este resultado no depende explícitamente de la altura a la cual se encuentra la ventana.

15. Un malabarista desea mantener 3 manzanas en el aire, lanzando una cada 0,5 s. ¿Cuál es la rapidez con la cual debe lanzarlas verticalmente?  
16. Se deja caer una piedra desde el borde superior de un pozo. Pasado un tiempo  $T$ , se escucha el sonido del choque de la piedra con el agua.

- a) Determine la profundidad del pozo  $H$  si la velocidad del sonido es  $U = 340$  m/s.  
b) Si  $T = 5$  s, calcule la profundidad del pozo  $H$ . Estime el valor límite de  $H$  para el cual tiene sentido considerar la velocidad del sonido en la solución del problema.

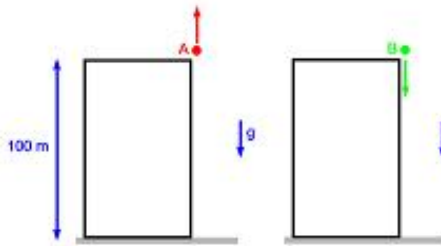


17. Una bolita de plomo se deja caer desde un trampolín de altura  $H$  sobre una piscina llena con agua.

- a) Determine la velocidad con que golpea la superficie del agua.  
b) Después de golpear la superficie, la bolita continúa su movimiento, hundiéndose en el agua con una velocidad constante, igual a la que tenía al momento de golpear la superficie, hasta alcanzar el fondo de la piscina. Si la bolita toca el fondo de la piscina  $T$  segundos después de que se ha soltado, ¿qué profundidad  $h$  tiene la piscina?

- c) Ahora, suponga que se saca toda el agua de la piscina y se arroja la bolita de nuevo desde el trampolín, pero con una velocidad inicial  $V_o$  desconocida, de manera que toca el fondo de la piscina en los mismos  $T$  segundos. ¿Cuál es la velocidad inicial  $V_o$  de la bolita? En esta parte, puede suponer que la profundidad  $h$  de la piscina es conocida.

18. Una pelota **A** se lanza verticalmente hacia arriba a 5 m/s desde la azotea de un edificio ubicada a 100 m de altura sobre el nivel de la calle. Otra pelota **B** se arroja hacia abajo desde el mismo punto 2 s más tarde con una rapidez de 20 m/s. ¿Cuándo y a qué altura respecto a la calle se encontrarán ambas pelotas?



19. En una película de acción para la TV (es decir, mala) el facineroso suelta una bomba poderosísima desde la azotea de un rascacielos de 300 m de altura. Como es una ficción, la bomba aparece en caída libre, despreciando las corrientes de aire alrededor del edificio o el roce con el aire... Cinco segundos más tarde aparece en escena SuperLenteja (el héroe norteamericano, por supuesto) que se lanza desde el mismo tejado para intentar salvar a la humanidad de este peligro inventado. Este superhéroe puede regular su aceleración entre  $a = 0$  (levitación) hasta un máximo de  $a = 2g$ .

- Suponga que el superhéroe no recurre a sus megapoderes y sólo se lanza desde la azotea con un impulso vertical (velocidad inicial). ¿Cuál debe ser el valor de esta rapidez inicial del superhéroe para que logre alcanzar la bomba justo antes que ésta impacte en el piso?
- Dibuje un gráfico cualitativo (a mano alzada, pero que muestre las características principales) de  $V_o/g$  versus  $\sqrt{H/g}$ . Discuta el rango de validez de este gráfico para los diversos valores de  $\sqrt{H/g}$ .
- Una situación más realista. Considere los siguientes cambios en el caso anterior. Superlenteja se deja caer

( $V_o = 0$ ). Usa sus poderes y baja y frena con las aceleraciones que sus poderes le permiten (no depende de la aceleración de gravedad  $g$ ). Su superobjetivo es alcanzar la bomba en vuelo y posteriormente frenar y llegar al suelo con velocidad cero (posarse en el piso). Encuentre una de las alternativas posibles en la cual esto ocurre.

- Mediante un gráfico cualitativo, discuta el rango de posibilidades que tiene Superlenteja a su disposición.

20. Una piedra se deja caer, partiendo del reposo, desde un puente de altura  $H$ . Una segunda piedra se arroja verticalmente hacia abajo  $T$  segundos más tarde, con una velocidad inicial  $V_o$  desconocida. Si ambas llegan simultáneamente al río, ¿cuál es la velocidad inicial  $V_o$  de la segunda piedra? ¿Es este problema similar al inmediatamente anterior? Explique.

21. Se deja caer una pelota desde una altura  $h$ . La pelota choca con el piso y rebota con una velocidad proporcional a la que tenía en el instante que tocó el suelo, es decir:  $V_{\text{rebote}} = k V_{\text{llegada}}$  con  $0 < k < 1$ . La pelota sube y luego cae una vez más, volviendo a rebotar, de modo que la rapidez del rebote cumple la misma relación ya señalada. El movimiento continua con sucesivos rebotes hasta que la pelota deja de moverse. Considerando que todos estos rebotes ocurren manteniendo el movimiento en la dirección vertical, calcule:

- La altura que alcanza la pelota después del primer rebote.
- La altura que alcanza la pelota después del segundo rebote.
- La altura que alcanza la pelota después del  $n$ -ésimo rebote.
- La distancia total recorrida desde que se soltó la pelota hasta el  $n$ -ésimo rebote.
- La distancia total recorrida por la pelota hasta que se detiene (tome  $n$  tendiendo a infinito en la expresión anterior).
- Esta es una pregunta para comentar con sus compañeros. Si Ud. estuviera haciendo un cálculo numérico más complejo, por ejemplo, simulando el choque de muchas partículas, como el derrame de una duna de arena (hay investigadores que estudian estos problemas, vea la página del Depto. de Física). No puede dejar el computador calculando infinitos choques, obviamente. ¿Qué criterio usaría Ud. para detener esta seguidilla de choques? ¿Cómo dejaría los dos cuerpos, después de parar la simulación?