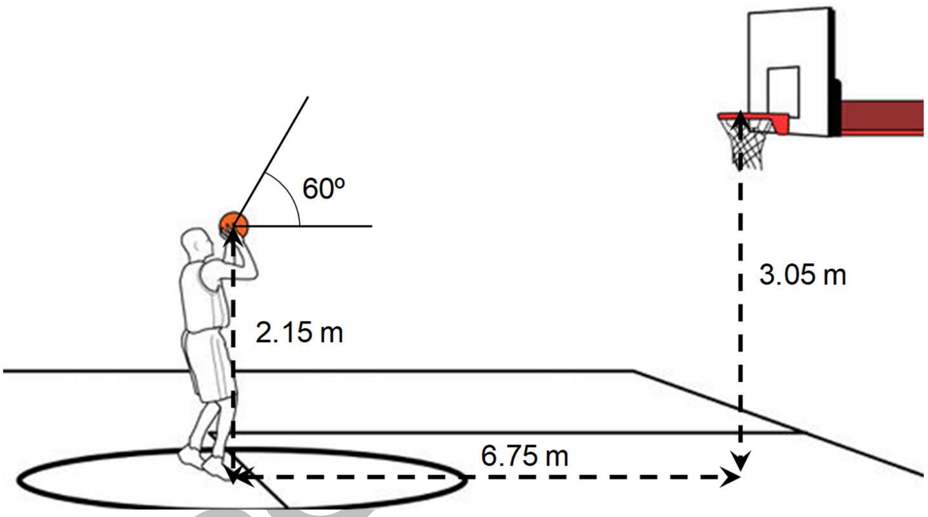
Curso 2021-2022

Clase extra – sábado 23 de octubre de 2021

Física I



ACADEMIA ESPECIALIZADA

JC PONZANO

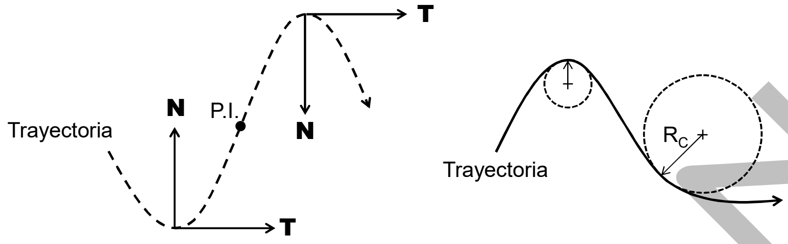
MINAS Y ENERGÍA

ALGUNOS RESULTADOS ÚTILES

T.1.- CINEMÁTICA DEL PUNTO

$$\vec{v} = v\vec{T}, \qquad \vec{a} = a_t\vec{T} + a_n\vec{N}, \qquad a^2 = a_t^2 + a_n^2$$

$$a_t = \frac{d|\vec{v}|}{dt}, \qquad a_n = \frac{|\vec{v}|^2}{R_C}$$



• **Radio de curvatura**, R_C

- Si la trayectoria es **rectilínea**, $R_C \to \infty, a_n = 0$
- Si es una trayectoria **circular** de radio R, $R_C = R$

Nota: Si en una trayectoria ocurre que $R_C = cte$ y **además**, la trayectoria es plana, entonces la trayectoria es circular.

• **Aceleración tangencial**

1) Si $\boldsymbol{a_t = 0}$ en un tramo (o punto) $\Rightarrow |\vec{v}| = cte$ en ese tramo (o punto), $|\vec{a}| = a_n$ en ese tramo (o punto).

   a) Si es una trayectoria rectilínea, $a_n = 0, a = 0 \Rightarrow$ MRU
   b) Si es una trayectoria circular, $a_n = \frac{|\vec{v}|^2}{R} = cte, a = a_n$

2) Si $\boldsymbol{a_t \neq 0} \Rightarrow |\vec{v}|$ cambia.

   a) Si es una trayectoria rectilínea, $a_n = 0, a = a_t$
   b) Si es una trayectoria circular, $a_n = \frac{|\vec{v}|^2}{R} \neq cte, \ a \neq a_t$

• **Aceleración normal**

1) Si $\boldsymbol{a_n = 0}$ en un **punto**:

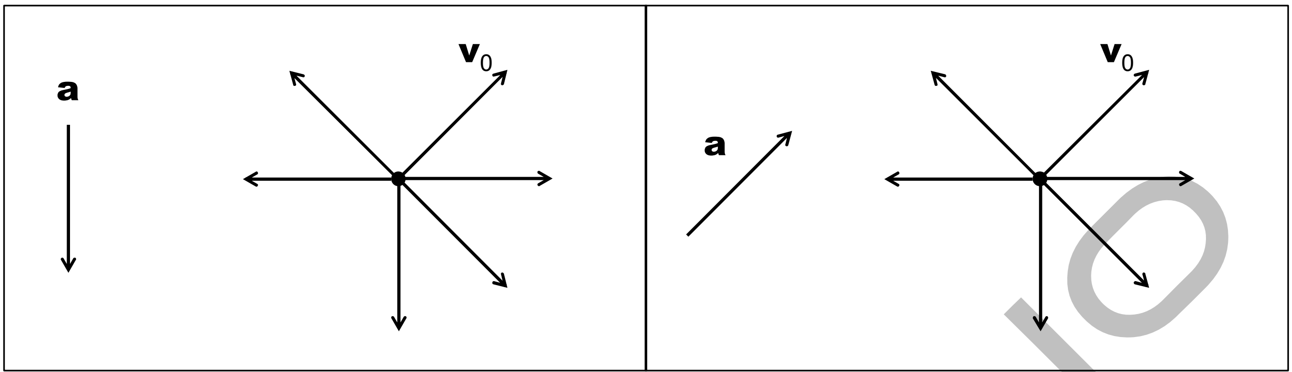
   - O bien $|\vec{v}| = 0$ en ese punto
   - O bien se trata de un P.I. (la dirección normal principal no está definida)

2) Si $\boldsymbol{a_n = 0}$ en un **tramo** de trayectoria $\Rightarrow$ trayectoria rectilínea

3) Si $\boldsymbol{a_n = cte \neq 0}$ en un **tramo** de trayectoria $\Rightarrow \frac{|\vec{v}|^2}{R} = cte$

   a) Si $|\vec{v}| = cte \Rightarrow R_C = cte$. Si **además** la trayectoria es plana $\Rightarrow$ Trayectoria circular
   b) Si $|\vec{v}| \neq cte \Rightarrow R_C \neq cte$

• Dibuja las trayectorias en función de la dirección de la velocidad inicial en los siguientes casos de **aceleración constante**:



T.2.- MOVIMIENTOS PARTICULARES

Dada una **trayectoria arbitraria** y un punto origen de la misma, en la que la partícula está en el instante inicial $t = 0$ con módulo de la velocidad v_0, tendremos:

Problema inverso ($a_t(t)$ conocida):

Paso 1: Obtenemos $v(t)$ y $s(t)$ por integración

$$a_t(t) \;\rightarrow\; v(t) = v_0 + \int_0^t a_t(\tau)d\tau \;\rightarrow\; s(t) = v_0 t + \int_0^t \left(\int_0^\tau a_t(u)du\right) d\tau$$

Paso 2: Obtenemos (si es posible) la aceleración normal $a_n(t) = \frac{v^2}{R_C}$ y/o la aceleración total $a(t)$

• CASOS PARTICULARES EN FUNCIÓN DE LA TRAYECTORIA

- Si la trayectoria es **rectilínea**, $a_n = 0, a = a_t$
- Si la trayectoria es **circular** de radio conocido $R \rightarrow a_n(t) = \frac{v(t)^2}{R} \rightarrow a = \sqrt{a_t^2 + \frac{v(t)^2}{R}}$
- Si **conocemos la aceleración total** $a \rightarrow a_n = \sqrt{a^2 - a_t^2}$

• CASOS PARTICULARES EN FUNCIÓN DE a_t:

1) $\boldsymbol{a_t = 0} \rightarrow v(t) = v_0 \rightarrow s(t) = v_0 t$

- Si la trayectoria es rectilínea, MRU
- Si la trayectoria es circular de radio conocido $R \rightarrow a_n(t) = \frac{v_0^2}{R} = cte = a$

2) $\boldsymbol{a_t = cte} \rightarrow \; v(t) = v_0 + a_t t \;\rightarrow\; s(t) = v_0 t + \frac{1}{2} a_t t^2$

- Si la trayectoria es rectilínea, MRUA
- Si la trayectoria es circular, la aceleración normal es constantemente variable.

Movimiento Armónico Simple (MAS)

Proyección de un MCU de radio A y velocidad angular ω (por tanto, de aceleración tangencial nula y de aceleración normal constante)

$$x(t) = A\,\mathrm{sen}(\omega t + \varphi_0) \to (x_0, v_0) = \begin{cases} (A, 0) \leftrightarrow \ \varphi_0 = \dfrac{\pi}{2} \\ (0, \pm\omega A) \leftrightarrow \begin{cases} \varphi_0 = 0 \\ \varphi_0 = \pi \end{cases} \\ (-A, 0) \leftrightarrow \ \varphi_0 = -\dfrac{\pi}{2}\ (\sim \dfrac{3\pi}{2}) \end{cases}$$

$$x_0 = \frac{A}{2} \to \varphi_0 = \begin{cases} = \dfrac{\pi}{6} & v_0 > 0 \\ = \dfrac{5\pi}{6} & v_0 < 0 \end{cases}$$

Dado ω, las cantidades $\{A, \varphi_0\}$ dependen únicamente de las condiciones iniciales. Por tanto, se pueden alterar sin cambiar ω.

$$v(t) = \omega A \cos(\omega t + \varphi_0)\,, \qquad a(t) = -\omega^2 A\,\mathrm{sen}(\omega t + \varphi_0)$$

$$v(x) = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}, \qquad a(x) = -\omega^2 x$$

$$|x_{máx}| = A, \qquad |v_{máx}| = \omega A \text{ en } (x = 0), \qquad |a_{máx}| = \omega^2 A = \omega |v_{máx}| \text{ en } (x = \pm A)$$

CUESTIONARIOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

1.- CINEMÁTICA DEL PUNTO

PRIMERA PARTE

1.1.- Se estudia la aceleración $\vec{a}$ de un punto móvil
- [**1.1**] Si en alguna de las posiciones de la trayectoria, la aceleración normal es nula, la aceleración $\vec{a}$ tiene la dirección de la velocidad $\vec{v}$ en dichas posiciones.

1.2.- Un punto describe una cierta trayectoria.
- Para asegurar que la aceleración normal a_n no es nula, basta con saber que $\left|\frac{d\vec{v}}{dt}\right|$ es igual a $\frac{d|\vec{v}|}{dt}$.

1.3.- Un punto móvil recorre una trayectoria no rectilínea.
- La aceleración tangencial del mismo nunca puede ser nula en todo el recorrido.

1.4.- Del movimiento de un cierto punto *P* se sabe que su trayectoria no es rectilínea.
- La aceleración normal de *P* no puede ser nula en todos los puntos de la trayectoria.

1.5.- De la trayectoria de un móvil se sabe que su radio de curvatura es de valor constante y no infinito en todo punto de la misma.
- Si el movimiento es uniforme (módulo de la velocidad constante), la aceleración es no nula en todo punto de la trayectoria.

1.6.- De la trayectoria de un móvil se sabe que no es rectilínea y que su radio de curvatura es constante en todo punto de la misma.

- Si el movimiento es uniformemente acelerado ($a_t = cte$), el módulo de la aceleración es constante en todo instante.

1.7.- Un móvil recorre una trayectoria no rectilínea y de radio de curvatura de valor constante. Se sabe que su aceleración y su velocidad son vectores de módulo constante.

- Se puede afirmar que la aceleración tangencial es nula y la aceleración normal es no nula y variable en módulo.

1.8.- El radio de curvatura de la trayectoria de cierto móvil es constante, y se sabe que la velocidad no mantiene constante su dirección.

- Si la trayectoria es plana, la aceleración debe tener módulo constante.

1.9.- Un punto móvil recorre una trayectoria no rectilínea con velocidad de módulo variable.

- Si la trayectoria no es plana, la aceleración normal no puede ser nula en todo instante.

1.10.- Un punto *P* describe una trayectoria plana.

- Si la aceleración normal de *P* no coincide en módulo con la aceleración del móvil, el módulo de su velocidad debe variar.

<u>SEGUNDA PARTE</u>: Aceleración constante

• <u>*Trayectoria rectilínea*</u>

1.11.- El movimiento de un punto es rectilíneo y el módulo de su aceleración constante.

a) Si en el instante inicial su velocidad es de sentido opuesto al de la aceleración, en todo instante posterior el módulo de la velocidad es no nulo.
b) Si en el instante inicial su velocidad es de sentido opuesto al de la aceleración, en algún instante posterior la aceleración y la velocidad poseerán el mismo sentido.
c) Si en el instante inicial su velocidad es de sentido opuesto al de la aceleración, el móvil no puede ocupar en dos instantes diferentes una misma posición.

1.12.- El movimiento rectilíneo de un cierto punto posee una aceleración constante.

a) Si en el instante inicial su velocidad es de la misma dirección que su aceleración, el móvil puede, en algún caso, ocupar en dos instantes diferentes la misma posición.
b) Si en el instante inicial su velocidad v_0 es de la misma dirección que su aceleración, su velocidad no se podrá anular en ningún caso en ninguna posición.
c) Si en el instante inicial su velocidad tiene la dirección de la aceleración, su velocidad mantendrá, en cualquier caso, un sentido invariable.

• <u>*Trayectoria Parabólica*</u>

1.13.- Se sabe que la aceleración $\vec{a}$ de cierto móvil es un vector constante.

a) Si en el instante inicial la velocidad y la aceleración son perpendiculares, la trayectoria podría ser una circunferencia.
b) Si en el instante inicial la velocidad inicial y la aceleración son perpendiculares, la trayectoria puede ser plana.
c) Si la velocidad inicial y la aceleración son de igual dirección, no podrán ser de sentido opuesto en ningún instante velocidad y aceleración.
d) Si la velocidad inicial es paralela a la aceleración, la velocidad del móvil coincidirá en dirección con la de la aceleración en todos los puntos de la trayectoria.
e) Si en el instante inicial v_0 y a son perpendiculares, la trayectoria debe ser una parábola.
f) El móvil ejecutará un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado con independencia de cuál sea el valor de su velocidad inicial, siempre que la dirección de ésta coincida con la de la aceleración.

1.14.- Se tiene un movimiento plano referido a unos ejes cartesianos XOY. El móvil posee una aceleración constante $\vec{a} = A\vec{j}$ $(A > 0)$ y debe ir desde el punto $P_1(0{,}0)$ al $P_2(1{,}1)$.

a) [**1.2**] Si es v_0 su velocidad inicial en P_1, su primera componente v_{0x} puede ser negativa.

b) [**1.3**] Si es v_0 su velocidad inicial en P_1, debe cumplirse que v_{0y} sea positiva.

c) [**1.16**] Siendo v_0 su velocidad inicial en P_1, podría ocurrir que v_{0x} y v_{0y} sean de signo diferente.

1.15.- Se tiene un movimiento plano referido a unos ejes cartesianos XOY. El móvil posee una aceleración constante $\vec{a} = A\vec{i}$ $(A > 0)$ y debe ir desde el punto $P_1(0{,}0)$ al $P_2(1{,}1)$.

a) [**1.3**] La componente v_{0x} de su velocidad inicial puede ser positiva o negativa.

b) [**1.3**] La componente v_{0y} de la velocidad inicial puede ser positiva o negativa.

c) [**1.17**] Las componentes v_{0x} y v_{0y} de su velocidad inicial pueden ser de distinto signo.

1.16.- Se tiene un movimiento plano referido a unos ejes cartesianos XOY. El móvil posee una aceleración constante y debe ir desde el punto $P_1(0,h)$ al $P_2(0,-h)$, siendo la aceleración $\vec{a} = a_y\vec{j}$, con a_y negativa.

- [**1.4**] Como la velocidad inicial debe tener $v_{ox} = 0$, su otra componente v_{oy} tiene que ser positiva.

1.17.- Se tiene un movimiento plano referido a unos ejes cartesianos XOY. El móvil posee una aceleración constante y debe ir desde el punto $P_1(1{,}0)$ al $P_2(-1{,}0)$, siendo$\vec{a} = a\vec{j}$.

a) [**1.5**] La componente v_{0x} de su velocidad inicial debe ser negativa.

b) [**1.19**] La componente v_{0x} de la velocidad inicial debe ser nula.

1.18.- En un tiro parabólico, en el plano XOY, la aceleración es $\vec{a} = -g\vec{j}$ y la velocidad inicial, en el origen de coordenadas, es $\vec{v}_0 = v_0\vec{i}$.

a) [**1.7**] Si el proyectil tiene que impactar en un blanco situado en la horizontal $y = -H$, cuanto mayor sea v_0, más lejos del eje OY debe situarse el blanco.

b) [**1.14**] Si el proyectil tiene que impactar en un blanco situado por debajo del punto de salida, pero a una distancia $x = L$, cuanto menor sea el valor de v_0, más abajo habría que colocar el blanco.

c) [**1.14**] Si el proyectil tiene que impactar en un blanco situado en la horizontal $y = -H$, y a una distancia $x = L$ del eje OY, entonces v_0 no queda suficientemente determinado con los datos aportados, es decir, no se puede conocer su valor.

1.19.- Se tiene un movimiento plano referido a unos ejes cartesianos XOY. El móvil posee una aceleración constante y debe ir desde el punto $P_1(1{,}0)$ al $P_2(-1{,}0)$, siendo la aceleración $\vec{a} = a_y\vec{j}$, con a_y positiva.

- [**1.12**] La velocidad inicial v_0 tiene que tener la componente v_{0x} positiva.

1.20.- Se tiene un movimiento plano referido a unos ejes cartesianos XOY. El móvil posee una aceleración constante $\vec{a} = -a\vec{j}$ y debe ir desde el punto $P_1(0{,}0)$ al $P_2(1{,}0)$.

a) [**1.6**] La componente v_{0y} de su velocidad inicial en P_1 puede ser positiva o negativa.

b) [**1.13**] La velocidad inicial v_0 en P_1 puede ser nula.

c) [**1.20**] La componente v_{0x} de la velocidad inicial enP_1 debe ser positiva.

1.21.- Se tiene un movimiento plano referido a unos ejes cartesianos XOY. El móvil posee una aceleración constante y debe ir desde el punto $P_1(0,h)$ al $P_2(0-,h)$, siendo $\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$, con a_x y a_y positivas.

- [**1.18**] La componente v_{0x} de la velocidad inicial debe ser nula.

2.- MOVIMIENTOS PARTICULARES

• *Aceleración Normal y Tangencial*

2.1.- Un punto móvil describe una trayectoria circular.
- Si la velocidad es de módulo constante, su aceleración normal a_N es nula.

2.2.- Un punto se mueve describiendo una trayectoria circular.
- [**2.1**] Si la aceleración tangencial es constante y no nula, la aceleración $\vec{a}$ tiene que tener su módulo constante.

2.3.- En el movimiento de cierto punto, cuya velocidad se mantiene constante en módulo, se observa que el módulo de la aceleración normal toma el mismo valor en todos los puntos de la trayectoria.
- Esto es posible si la trayectoria es un segmento rectilíneo.

2.4.- En el movimiento de un punto se observa que el ángulo que forman la velocidad $\vec{v}$ y la aceleración $\vec{a}$ es constante en toda la trayectoria.
- [**2.2**] Esto es posible si la trayectoria es circular y la aceleración tangencial es constante y no nula.

2.5.- En el movimiento de un punto la trayectoria es curvilínea, siendo constantes y no nulas las aceleraciones normal y tangencial, creciendo permanentemente el módulo de la velocidad.
- [**2.3**] Esto es posible si la trayectoria del punto es circular.

2.6.- Dos puntos móviles recorren sendas trayectorias de igual longitud. El primero P describe un cuarto AB de circunferencia de radio R, luego un tramo recto BC de longitud $L = \pi R$ y por último otro cuarto CD. El segundo punto móvil P' describe una trayectoria circular $A'B'C'D'A'$ también de radio R. Ambos parten de A y A', con igual velocidad inicial al mismo tiempo. Los dos tienen la misma aceleración tangencial a_T constante.

a) [**2.4**] El punto móvil P pasa por posiciones en las que su aceleración es menor que la aceleración de P'.

b) [**2.4**] La a_N de P' es menor que la de P en todo instante.

2.7.- Para ir desde A hasta B, un móvil poder seguir el camino AB formado por un cuarto de circunferencia de radio L y centro O_1, o un segundo camino formado por un tramo AC recto de longitud $L/2$, un cuarto de circunferencia CD de radio $L/2$ y centro O_2 y un último segmento DB de longitud $L/2$. Ambos recorridos los hace con velocidad v_o constante e igual en ambos casos.

a) [**2.5**] La aceleración toma el valor mayor en puntos de la segunda trayectoria.

b) [**2.5**] Como la aceleración normal a_N es nula en parte de la segunda trayectoria, la velocidad del móvil al final ha cambiado menos su dirección comparada con la inicial, cuando recorre esta segunda trayectoria.

2.8.- Un punto móvil P describe una trayectoria formada por tres cuartos de circunferencia. El primero AB de radio $O_1A = R$, el segundo de radio $O_2B = R/2$ y el tercero de radio $O_3C = R/4$.

a) [**2.6**] Si la aceleración tangencial de P es constante, su aceleración $\vec{a}$ tiene módulo constante en toda la trayectoria.

b) [**2.6**] Si la velocidad de P es constante en módulo, cambia más deprisa su dirección en el último tramo, lo que significa que la aceleración normal es mayor en dicha parte final CD.

2.9.- La figura representa dos trayectorias diferentes para un punto móvil P que parte de la posición A y que siempre se mueve con una velocidad de módulo constante v_o. En ambas trayectorias recorre tramos curvos, que son arcos de circunferencia de radio R y de centros en O_1 y O_2, y tramos rectos (BC y EF en la primera trayectoria y $B'C'$ y $E'F'$ en la segunda).

a) [**2.7**] La aceleración normal a_N de P tiene el mismo valor en los tramos curvos de ambas trayectorias.

b) [**2.7**] El cambio en la dirección de la velocidad, cada vez que P recorre el arco de centro en O_1, es mayor en la segunda trayectoria, porque en este tramo curvo, la aceleración normal de P es mayor que en la primera trayectoria en todos sus puntos.

2.10.- Un punto móvil P puede ir de A a B recorriendo una de estas tres trayectorias, todas de la misma longitud $L = 2\pi R$. La primera formada por dos semicircunferencias de radio R. La segunda constituida por cuatro semicircunferencias de radios $R/2$ y la última dibujada con ocho de radio $R/4$. Sale siempre de A con velocidad inicial nula y siempre con la misma aceleración tangencial constante a_T, siga la trayectoria que siga. En la segunda trayectoria el móvil cambia la dirección de su velocidad más rápidamente que cuando recorre la primera y más lentamente que si describe la tercera.

- [**2.8**] Por eso la aceleración normal a_N de P en esta segunda trayectoria tiene un valor intermedio entre los que toma para las otras trayectorias, para cada instante de tiempo t (prescindiendo de todos los puntos de inflexión en los que se pasa de una semicircunferencia a otra, en los que $a_N = 0$.

2.11.- Un punto móvil P puede ir de A a B recorriendo una de estas tres trayectorias, todas de la misma longitud $L = 2\pi R$. La primera formada por dos semicircunferencias de radio R. La segunda constituida por cuatro semicircunferencias de radios $R/2$ y la última dibujada con ocho de radio $R/4$. Sale siempre de A con velocidad inicial nula y siempre con la misma aceleración tangencial constante a_T, siga la trayectoria que siga.

- [**2.8**] El móvil llega a B teniendo en su último tramo una aceleración normal menor si recorre la tercera trayectoria, que si se mueve por las otras.

2.12.- La trayectoria de cierto punto móvil está contenida en un plano.

- Si la aceleración normal es variable en módulo el movimiento no puede ser circular de velocidad constante.

• *Trayectorias Cónicas*

2.13.- Un proyectil describe una trayectoria parabólica con aceleración $\vec{a} = \vec{g}$ constante.

- [**2.9**] La aceleración normal se va haciendo menor a medida que disminuye la velocidad del proyectil, y se hace mínima en el vértice V.

2.14.- Un punto móvil describe una trayectoria elíptica con velocidad de módulo constante.

- [**2.10**] La aceleración normal a_N es mínima en las posiciones en las que la velocidad es paralela al eje mayor de la elipse.

2.15.- Un punto móvil describe una trayectoria elíptica.

- [**2.11**] Se puede afirmar que el módulo de la velocidad del punto no permanece constante en todo el recorrido, si al pasar por los extremos A y B del eje mayor de la elipse, la aceleración no tiene la dirección de dicho eje.

2.16.- Se sabe que un punto móvil ejecuta un movimiento que posee aceleración normal no nula.

- [**2.12**] Si la aceleración tangencial es nula, la trayectoria puede ser parabólica.

2.17.- Un punto móvil describe una trayectoria parabólica con aceleración tangencial nula ($a_T = 0$).

- [**2.13**] Es posible que su aceleración normal sea constante.

2.18.- Un punto móvil recorre una trayectoria elíptica con aceleración normal a_N constante.

- [**2.14**] El módulo $|\vec{a}|$ de su aceleración puede coincidir con el valor de a_N.

2.19.- Un punto describe una trayectoria elíptica con aceleración tangencial nula ($a_T = 0$).

- [**2.14**] Su aceleración normal a_N puede ser constante.

2.20.- Un punto móvil describe un movimiento parabólico siendo su aceleración normal a_N constante.

- [**2.13**] Su aceleración tangencial a_T debe ser no nula.

2.21.- Un punto móvil describe un movimiento elíptico, siendo constante su aceleración normal a_N.

- [**2.14**] Su aceleración tangencial debe cambiar de sentido en cuatro puntos de la trayectoria.

2.22.- Un punto móvil describe una trayectoria parabólica, siendo constante el módulo $|\vec{v}|$ de su velocidad.
- [**2.13**] Puede ser también constante el módulo $|\vec{a}|$ de su aceleración.

• *MAS*

2.23.- Se comparan dos movimientos armónicos simples de la misma amplitud A.
- Puede afirmarse que el que tenga mayor valor de su aceleración máxima, tendrá también mayor valor de su velocidad máxima, si la frecuencia angular ω es mayor que la unidad.

2.24.- Un punto móvil describe un movimiento armónico simple de amplitud A y periodo T.
- Cuanto mayor sea A, es decir cuánto más largo sea el recorrido que ha de realizar el móvil, mayor será el periodo T, es decir, el tiempo que tarda en recorrer en ida y vuelta su trayectoria.

2.25.- En un puesto de tiro al plato de una feria, un soldado de metal se mueve realizando un movimiento armónico simple. Para acertar el tiro y tumbarlo debe dispararse cuando el soldado se mueva más despacio.
- Para asegurar que se hace blanco conviene apuntar al punto medio del recorrido del soldado.

2.26.- Un punto móvil describe una trayectoria tal que sus proyecciones sobre los ejes coordenados OX y OY vienen dadas por dos movimientos armónicos simples: $x = A\cos(\omega t + \varphi_0)\,, y = B\,\text{sen}(\omega t + \varphi_0)$.
- La trayectoria del punto es elíptica de semiejes A y B.

2.27.- Un punto móvil describe un movimiento armónico simple.
- Cuánto más lejos se encuentre el punto central del segmento que describe, mayor es su aceleración en valor absoluto.

2.28.- Un punto móvil P describe una trayectoria circular de radio R y origen en el centro de coordenadas.

a) Las proyecciones de P sobre los ejes coordenados originan sendos movimientos armónicos simples ambos de igual amplitud y de igual frecuencia, solamente si el movimiento circular de P no tiene aceleración tangencial.

b) Las proyecciones de P sobre los ejes coordenados originan sendos movimientos armónicos simples ambos de igual amplitud y de igual frecuencia, solamente si el movimiento circular de P tiene aceleración normal constante.

2.29.- Un primer movimiento armónico simple tiene la ecuación horaria $x = A\cos\omega t$. Un segundo movimiento armónico simple tiene la misma amplitud y la misma fase que el primero, pero frecuencia doble.
- El móvil recorre los mismos puntos del eje OX en ambos movimientos, pero al pasar por el origen $(x = 0)$ lo hace con doble velocidad en el primer movimiento.