

”FUERZA DE ARRASTRE”

Paulina Valenzuela Coronado

Abril 2015

1. Introducción

Todo objeto de masa m que se mueve a muy alta velocidad en un fluido de densidad ρ , experimenta una fuerza de arrastre F_D contraria a la dirección de su movimiento y es dada por la ecuación:

$$F_D = \frac{1}{2}\rho u^2 C_D A$$

Donde u es la magnitud del vector velocidad del objeto, C_D es el coeficiente de arrastre (adimensional), A es el área transversal presentada por el objeto (sección eficaz). Por ejemplo, para una esfera el área transversal es $A = \pi r^2$, y el coeficiente de arrastre es $C_D = 0,47$

2. Tiro Parabólico con Fuerza de Arrastre

La actividad pide calcular el error al no considerar el arrastre del aire, al lanzar una bola esférica de masa $m=0.25\text{kg}$, y radio $R = 0.05\text{m}$. Después hacer un cálculo con y sin arrastre y comparar para ángulos complementarios por arriba y debajo de 45° . El programa sigue esta secuencia:

1. Pide al usuario insertar una posición, velocidad, aceleración y un ángulo inicial.
2. Pide al usuario ingresar el peso del objeto, así como su radio.
3. Da como resultado el tiempo total de vuelo, el alcance horizontal y la altura máxima del proyectil en cada caso (con o sin fricción).
4. Calcula la posición de un proyectil en diferentes tiempos.
5. Muestra el error porcentual al no considerar la fricción del aire.

2.1. Código en Fortran

La estructura del código es la siguiente:

1. Sección de declaración de variables.
2. Sección de declaración de constantes

3. Subrutina para cálculo de trayectoria con entradas: dt, x0, y0, v0x, v0y, ax, ay; salida: t, x, y
4. Subrutina para cálculo de fuerza de arrastre con entrada: m, densidad, A, CD, u0x, v0y ; salida: ax, ay.

A continuación se presenta el código completo.

```

module Constantes
implicit NONE
real, parameter :: degarad=(4.0*atan(1.0))/180
real, parameter :: pi=4.0*atan(1.0)
integer, parameter :: pts= 7000
real, parameter :: da = 1.29
real, parameter :: esfera = 0.47
end module Constantes

subroutine sinfriccion (x0,y0,v0,grad0,xmax,ymax,tiempo)
use Constantes
implicit none
integer :: I
real, dimension (1:pts) :: x, y, t
real :: x0, y0, v0, grad0
real :: xmax, ymax, tiempo

grad0=grad0*degarad
xmax = x0+((v0*v0*sin(2*grad0))/(9.8))
ymax = y0+((v0*v0*sin(grad0)*sin(grad0))/(19.6)
tiempo= (2*v0*sin(grad0))/(9.8)

open (1, file= "sinfriccion.dat")
do I=1, pts, 1
t(I)= float(I)*0.01
x(I)= x0+(v0*cos(grad0)*t(I))
y(I)= y0+(v0*sin(grad0)*t(I))-(4.9*t(I)*(t(I)))

write (1,1001) x(I), y(I)
1001 format (f11.5,f11.5)

if (y(I)<0) exit
end do
close (1)
end subroutine sinfriccion

subroutine friccion (x0,y0,v0,grad0,xmaxt,ymaxt,tiempot)
use Constantes
implicit none

```

```

integer :: I
character :: objeto
real, dimension (0:pts) :: a,b,c,vela,velb,la,lb
real :: x0,y0,v0,grad0
real :: xmaxt,ymaxt,tiempot
real :: ad, area, radio, cd, masa
print *, "Ingrese la masa en kg"
read *, masa
print *, "Como el proyectil es una esfera, presione E"
read *, objeto
select case (objeto)
case ("E")
print *, "¿Cual es el radio de la esfera?"
read *, radio
area=pi*radio*radio
cd=esfera
case DEFAULT
print *, "No existe"
end select

a(0) = x0
b(0) = y0
vela(0) = v0*cos(grad0)
velb(0) = v0*sin(grad0)
ad = (0.5*da*area*cd)/masa
la(0) = -ad*vela(0)*vela(0)
lb(0) = 9.8-(ad*velb(0)*velb(0))
c(0) = 0
open (2, file="friccion.dat")
write (2,1001) a(0), b(0)
1001 format (f11.5,f11.5)

do I=0, pts, 1
c(I+1)= c(I)+ 0.01
vela(I+1) = vela(I)+la(I)*c(I+1)
velb(i+1) = velb(I)+lb(I)*c(I+1)
la(I+1) = -ad*vela(I)*vela(I)
lb(I+1) = -9.8-(ad*vela(I)*vela(I))
a(I+1) = a(I)+vela(I)*c(I+1)+(0.5*la(I)*c(I+1)*c(I+1))
b(I+1) = b(I)+velb(I)*c(I+1)+(0.5*lb(I)*c(I+1)*c(I+1))
write (2,*) a(I+1), b(I+1)
if (b(I)<0) exit
end do
close (2)

```

```

xmaxt = a(I)
ymaxt = MAXVAL(b)
tiempot = c(I)*10
end subroutine friccion

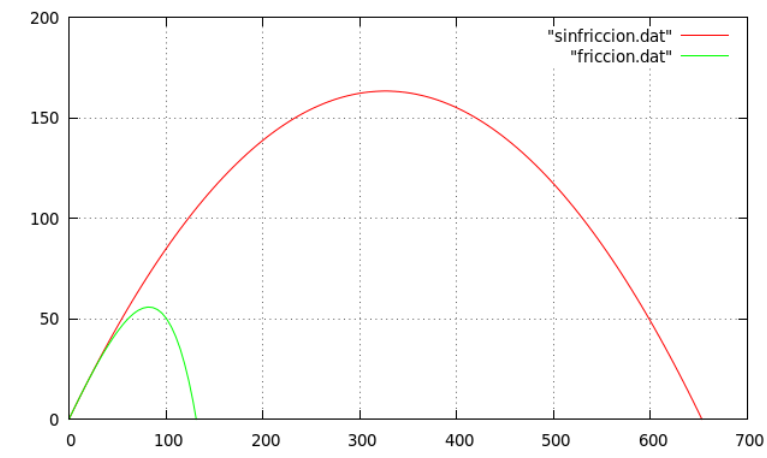
program proyectilf
use Constantes
implicit none
real :: x0,y0,v0,grad0
real :: xmax,ymax,tiempo,xmaxt,ymaxt,tiempot
real :: error
print *, "Inserte los valores inciales de x,y,v y grad"
read *, x0,y0,v0,grad0
call sinfriccion (x0,y0,v0,grad0,xmax,ymax,tiempo)
call friccion (x0,y0,v0,grad0,xmaxt,ymaxt,tiempot)
error = ((xmax-xmaxt)/xmaxt * 100)
print *, "Coordenadas en", x0,y0
print *, "Velocidad inicial de", v0,"m/s"
print *, "Angulo de", grad0
print *, "----"
print *, "Sin friccion"
print *, "Tiempo en el aire=", tiempo,"s"
print *, "Altura maxima=", ymax, "m"
print *, "Alcance horizontal=", xmax,"m"
print *, "----"
print *, "Con friccion"
print *, "Tiempo en el aire=", tiempot,"s"
print *, "Altura maxima=", ymaxt,"m"
print *, "Alcance horizontal=", xmaxt,"m"
print *, "Y el error al no considerar ninguna el arrastre del aire es=", error
end program proyectilf

```

3. Ejemplos y sus gráficas

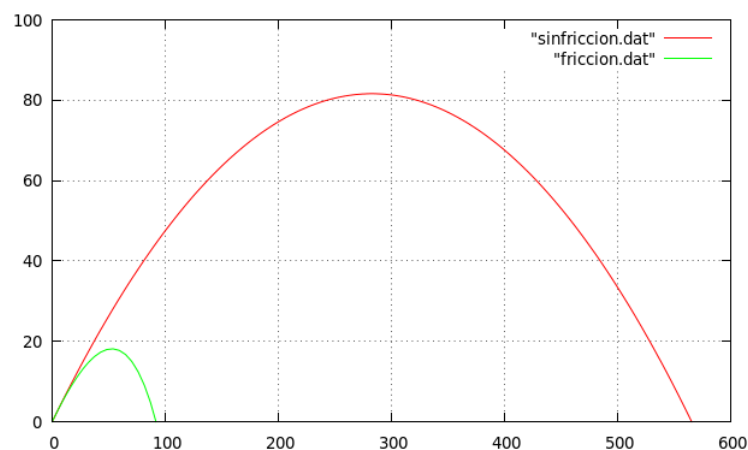
3.1. Ángulo de 45° , con $V_0=80$ m/s

```
Terminal
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
pfvalenzuela@ltsp36:~/ProgFortran/ProgramacionF/Producto6$ ./P
Inserte los valores iniciales de x,y,v y grad
0
0
80
45
Ingrese la masa en kg
0.25
Como el proyectil es una esfera, presione E
E
¿Cual es el radio de la esfera?
0.05
Coordenadas en 0.00000000 0.00000000
Velocidad inicial de 80.0000000 m/s
Angulo de 0.785398185
---
Sin friccion
Tiempo en el aire= 11.5446005 s
Altura maxima= 163.265305 m
Alcance horizontal= 653.061218 m
---
Con friccion
Tiempo en el aire= 3.19999957 s
Altura maxima= 653.366699 m
Alcance horizontal= 132.451874 m
Y el error al no considerar ninguna el arrastre del aire es= 393.055511
```



3.2. Ángulo de 30° , con $V_0=80$ m/s

```
Terminal
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
Inserte los valores iniciales de x,y,v y grad
0
0
80
30
Ingrese la masa en kg
0.25
Como el proyectil es una esfera, presione E
E
¿Cual es el radio de la esfera?
0.05
Coordenadas en 0.00000000 0.00000000
Velocidad inicial de 80.000000 m/s
Angulo de 0.523598790
---
Sin friccion
Tiempo en el aire= 8.16326523 s
Altura maxima= 81.6326523 m
Alcance horizontal= 565.567627 m
---
Con friccion
Tiempo en el aire= 2.10000014 s
Altura maxima= 566.034180 m
Alcance horizontal= 92.2364120 m
Y el error al no considerar ninguna el arrastre del aire es= 513.171753
pfvalenzuela@ltsp36:~/ProgFortran/ProgramacionF/Producto6$
```



3.3. Ángulo de 60° , con $V_0=80$ m/s

```
Terminal
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
Inserte los valores iniciales de x,y,v y grad
0
0
80
60
Ingrese la masa en kg
0.25
Como el proyectil es una esfera, presione E
E
¿Cual es el radio de la esfera?
0.05
Coordenadas en 0.00000000 0.00000000
Velocidad inicial de 80.0000000 m/s
Angulo de 1.04719758
---
Sin friccion
Tiempo en el aire= 14.1391907 s
Altura maxima= 244.897980 m
Alcance horizontal= 565.567566 m
---
Con friccion
Tiempo en el aire= 4.29999876 s
Altura maxima= 565.599915 m
Alcance horizontal= 151.117477 m
Y el error al no considerar ninguna el arrastre del aire es= 274.256866
pfvalenzuela@ltsp36:~/ProgFortran/ProgramacionF/Producto6$
```

