

# Tercera Lista de Problemas

## **Primera Parte**

Matemáticas para las Ciencias Aplicadas I  
Facultad de Ciencias, UNAM

Flores Morán Julieta Melina  
Zarco Romero José Antonio

9 de noviembre de 2023

### 1. Sección 3.2

#### **Derivadas De Funciones Logarítmicas**

##### 1.1. Ejercicio 38

name

Encuentre  $dy/dx$  usando diferenciación logarítmica.

$$y = \frac{\sin x \cos x \tan^3 x}{\sqrt{x}}$$

$$\begin{aligned}
\ln(y) &= \ln(\sin x \cos x \tan^3 x) - \ln(\sqrt{x}) \\
&= \ln(\sin x) + \ln(\cos x) + \ln(\tan^3 x) - \ln(x^{\frac{1}{2}}) \\
&= \ln(\sin x) + \ln(\cos x) + 3 \ln(\tan x) - \frac{1}{2} \ln x \\
\frac{1}{y} \frac{dy}{dx} &= \frac{\cos x}{\sin x} + \frac{-\sin x}{\cos x} + \frac{3 \sec^2 x}{\tan x} - \frac{1}{2x} \\
\frac{dy}{dx} &= y \left[ \cot x - \tan x + \frac{3 \sec^2 x}{\tan x} - \frac{1}{2x} \right] \\
\therefore \frac{dy}{dx} &= \frac{\sin x \cos x \tan^3 x}{\sqrt{x}} \left[ \cot x - \tan x + \frac{3 \sec^2 x}{\tan x} - \frac{1}{2x} \right]
\end{aligned}$$

## 1.2. Ejercicio 57

name

Sea  $p$  el número de paramecios en una solución nutritiva  $t$  días después del inicio de un experimento, y supongamos que  $p$  es definido implícitamente como una función de  $t$  por la ecuación

$$0 = \ln p + 0.83 \ln(2.30.0046p)2.3t$$

Utilice la diferenciación implícita para demostrar que la tasa de cambio de  $p$  con respecto a  $t$  satisface la ecuación

$$\frac{dp}{dt} = 0.0046p(500 - p)$$

$$\begin{aligned}
\ln p - \ln(2.30.0046p) &= 2.3t - 0.83 \\
\frac{1}{p} \frac{dp}{dt} + \frac{0.0046}{2.3 - 0.0046p} \frac{dp}{dt} &= 2.3 \\
\frac{dp}{dt} \left[ \frac{1}{p} + \frac{0.0046}{2.3 - 0.0046p} \right] &= 2.3 \\
\frac{dp}{dt} \left[ \frac{2.3 - 0.0046p + 0.0046p}{p(2.3 - 0.0046p)} \right] &= 2.3 \\
\frac{dp}{dt} \left[ \frac{2.3}{2.3p - 0.0046p^2} \right] &= 2.3 \\
\frac{dp}{dt} &= 2.3 \left[ \frac{2.3p - 0.0046p^2}{2.3} \right] \\
&= 2.3p - 0.0046p^2 \\
\therefore \frac{dp}{dt} &= 0.0046p(500 - p)
\end{aligned}$$

## 2. Sección 3.3

### Derivadas De Funciones Trigonométricas Exponenciales E Inversas

#### 2.1. Ejercicio 54

name

Encuentre  $\frac{dy}{dx}$ .

$$y = x^2(\sin^{-1} x)^3$$

$$\begin{aligned}
\frac{dy}{dx} &= \left[ x^2 \cdot \frac{d}{dx}(\sin^{-1} x)^3 \right] + \left[ (\sin^{-1} x)^3 \cdot \frac{d}{dx} x^2 \right] \\
&= \left\{ x^2 \cdot \left[ 3(\sin^{-1} x)^2 \cdot \frac{d}{dx}(\sin^{-1} x) \right] \right\} + [(\sin^{-1} x)^3 \cdot 2x] \\
&= \left\{ x^2 \cdot \left[ 3(\sin^{-1} x)^2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \right] \right\} + [2x(\sin^{-1} x)^3] \\
&= \left\{ x^2 \cdot \left[ \frac{3(\sin^{-1} x)^2}{\sqrt{1-x^2}} \right] \right\} + 2x(\sin^{-1} x)^3 \\
\therefore \frac{dy}{dx} &= \frac{3x^2(\sin^{-1} x)^2}{\sqrt{1-x^2}} + 2x(\sin^{-1} x)^3
\end{aligned}$$

## 2.2. Ejercicio 70

name

Sea  $f(x) = \frac{exp(4-x^2)}{x}$ ,  $x > 0$ .

1. Demuestre que  $f$  es uno a uno.

Para demostrar que la función  $f$  es uno a uno basta con demostrar que es creciente o decreciente en todo el dominio su  $f$ , lo que se deduce si la derivada no cambia de signo en ningún valor del dominio.

$$\begin{aligned}
f'(x) &= \frac{d}{dx} \left[ \frac{1}{x} \cdot e^{4-x^2} \right] = \left[ \frac{1}{x} \cdot \frac{d}{dx}(e^{4-x^2}) \right] + \left[ e^{4-x^2} \cdot \frac{d}{dx}(x^{-1}) \right] \\
&= \left\{ \frac{1}{x} \cdot \left[ e^{4-x^2} \cdot \frac{d}{dx}(4-x^2) \right] \right\} + \left[ e^{4-x^2}(-x^{-2}) \right] \\
&= \left\{ \frac{1}{x} \cdot \left[ e^{4-x^2}(-2x) \right] \right\} + \left[ e^{4-x^2}(-x^{-2}) \right] \\
&= \frac{-2x \cdot e^{4-x^2}}{x} - \frac{e^{4-x^2}}{x^2} = \frac{x(-2xe^{4-x^2}) - e^{4-x^2}}{x^2} \\
&= \frac{-e^{4-x^2}(2x^2 + 1)}{x^2} = -e^{4-x^2} \left( \frac{2x^2 + 1}{x^2} \right) \\
&= -e^{4-x^2} \left( \frac{2x^2}{x^2} + \frac{1}{x^2} \right) = -e^{4-x^2} \left( 2 + \frac{1}{x^2} \right) \\
\therefore f'(x) &= -e^{4-x^2} \left( 2 + \frac{1}{x^2} \right)
\end{aligned}$$

Los factores  $e^{4-x^2}$  y  $2 + \frac{1}{x^2}$  siempre serán positivos para toda  $x$ . Por lo que al multiplicarlo por  $-1$  podemos aseverar que:

$f'(x) < 0$  para toda  $x$ .

Sabiendo que la derivada no cambia de signo en todo el dominio de la función, y que la función es decreciente en todo el dominio queda demostrado que  $f$  es una función uno a uno.

2. Sea  $g(x) = f^{-1}(x)$  y defina  $F(X) = f([g(x)]^2)$ . Encuentre  $F'(\frac{1}{2})$

$$\begin{aligned} F'(x) &= \frac{d}{dx} [f([g(x)]^2)] = f'([g(x)]^2) \cdot \frac{d}{dx} [g(x)^2] \cdot g'(x) \\ &= f'([g(x)]^2) \cdot 2g(x) \cdot g'(x) \\ &= f'([f^{-1}(x)]^2) \cdot 2f^{-1}(x) \cdot (f^{-1})'(x) \end{aligned}$$

Podemos hacer uso de la fórmula  $(f^{-1})'(x) = \frac{1}{f'(f^{-1}(x))}$

$$= f'([f^{-1}(x)]^2) \cdot 2f^{-1}(x) \cdot \frac{1}{f'(f^{-1}(x))}$$

Notemos que para poder resolver  $F'(\frac{1}{2})$  necesitaremos conocer el valor de  $f^{-1}(\frac{1}{2})$ . Consideremos entonces que:

$$f(2) = \frac{e^{4-2^2}}{2} = \frac{e^{4-4}}{2} = \frac{e^0}{2} = \frac{1}{2}$$

Por lo tanto, ya que  $f(2) = \frac{1}{2}$ , entonces  $f^{-1}(\frac{1}{2}) = 2$ .  
Con esta información, procedemos a evaluar en  $\frac{1}{2}$ .

$$\begin{aligned}
F' \left( \frac{1}{2} \right) &= f'([f^{-1}(x)]^2) \cdot 2f^{-1}(x) \cdot \frac{1}{f'(f^{-1}(x))} \Big|_{x=\frac{1}{2}} \\
&= f'([f^{-1} \left( \frac{1}{2} \right)]^2) \cdot 2f^{-1} \left( \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{1}{f'(f^{-1} \left( \frac{1}{2} \right))} \\
&= f'([2]^2) \cdot 2 \cdot 2 \cdot \frac{1}{f'(2)} \\
&= f'(4) \cdot 4 \cdot \frac{1}{f'(2)} = 4 \cdot \frac{f'(4)}{f'(2)} \\
&= 4 \cdot \frac{-e^{4-4^2} (2 + \frac{1}{4^2})}{-e^{4-2^2} (2 + \frac{1}{2^2})} = 4 \cdot \frac{e^{4-16} (2 + \frac{1}{16})}{e^{4-4} (2 + \frac{1}{4})} \\
&= 4 \cdot \frac{e^{-12} (\frac{33}{16})}{e^0 (\frac{9}{4})} = 4 \cdot e^{-12} \frac{\frac{33}{16}}{1 \cdot (\frac{9}{4})} \\
&= 4 \cdot \frac{1}{e^{12}} \cdot \frac{\frac{33}{16}}{\frac{9}{4}} = \frac{4}{e^{12}} \cdot \frac{4 \cdot 33}{9 \cdot 16} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 33}{9 \cdot 16 \cdot e^{12}} \\
&= \frac{11}{3e^{12}} \\
\therefore F' \left( \frac{1}{2} \right) &= \frac{11}{3e^{12}}
\end{aligned}$$

### 2.3. Ejercicio 76

name

Supongamos que la población de bacterias dependientes de oxígeno en un estanque se modela mediante la ecuación

$$P(t) = \frac{60}{5 + 7e^{-t}}$$

donde  $P(t)$  es la población (en miles de millones)  $t$  días después de una observación inicial en el momento  $t = 0$ .

1. Utilice una herramienta gráfica para representar gráficamente la función  $P(t)$ .



Figura: Gráfica de la función  $P(t)$ .

2. Explique con palabras qué le sucede a la población a lo largo del tiempo. Comprueba tu conclusión encontrando  $\lim_{t \rightarrow +\infty} P(t)$ .

En la gráfica se puede observar que la población se acerca a 12 miles de millones a medida que pasan los días pero nunca pasa de esta cantidad. Esto quiere decir que la población tiende a 12 conforme  $t$  crece.

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow +\infty} P(t) &= \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{60}{5 + 7e^{-t}} = \frac{\lim_{t \rightarrow +\infty} 60}{\lim_{t \rightarrow +\infty} (5 + 7e^{-t})} \\ &= \frac{60}{\lim_{t \rightarrow +\infty} 5 + \lim_{t \rightarrow +\infty} 7e^{-t}} \\ &= \frac{60}{5 + 7 \lim_{t \rightarrow +\infty} e^{-t}} \end{aligned}$$

Ya que  $\lim_{t \rightarrow +\infty} e^{-t} = 0$

$$\frac{60}{5 + 7 \cdot 0} = \frac{60}{5} = 12$$

Este resultado comprueba que por más grande que el valor de  $t$  se vuelva, la población tiende a 12 miles de millones.

3. En palabras, ¿qué sucede con la *tasa* de crecimiento de la población a lo largo del tiempo? Comprueba tu conclusión graficando  $P'(t)$ .

La tasa es creciente por un tiempo y después disminuye tendiendo a volverse 0 ya que la población tiende a no crecer y quedarse en 12 miles de millones, la tasa de crecimiento tiende a ser 0.

Para comprender el comportamiento de la tasa de crecimiento, que sería  $P'(t)$ , conviene calcularla.

$$\begin{aligned}
 P'(t) &= \frac{d}{dt} [60 \cdot (5 + 7e^{-t})^{-1}] \\
 &= 60 \cdot \frac{d}{dt} [(5 + 7e^{-t})^{-1}] \\
 &= 60 \cdot -(5 + 7e^{-t})^{-2} \cdot \frac{d}{dt}(5 + 7e^{-t}) \\
 &= 60 \cdot -(5 + 7e^{-t})^{-2} \cdot 7 \cdot \frac{d}{dt}e^{-t} \\
 &= 60 \cdot -(5 + 7e^{-t})^{-2} \cdot 7 \cdot -e^{-t} \\
 &= 60 \cdot \frac{1}{(5 + 7e^{-t})^2} \cdot 7 \cdot e^{-t} \\
 &= \frac{420 \cdot e^{-t}}{(5 + 7e^{-t})^2} = \frac{\frac{420}{e^t}}{(5 + \frac{7}{e^t})^2} \\
 &= \frac{420}{(\frac{5e^t+7}{e^t})^2 \cdot e^t} = \frac{420}{\frac{(5e^t+7)^2}{e^{2t}} \cdot e^t} = \frac{420}{\frac{(5e^t+7)^2}{e^t}} = \frac{420 \cdot e^t}{(5e^t + 7)^2}
 \end{aligned}$$

Con esta información, podemos auxiliarnos del  $\lim_{t \rightarrow +\infty} P'(t)$  para conocer cómo es la tasa de crecimiento mientras avanza el tiempo.

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} P'(t) = \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{420 \cdot e^t}{(5e^t + 7)^2} = \frac{\lim_{t \rightarrow +\infty} 420 \cdot e^t}{\lim_{t \rightarrow +\infty} (5e^t + 7)^2} = \frac{\infty}{\infty}$$

Ya que da lugar a esta indeterminación podemos usar la regla de L'Hôpital.

$$\frac{\frac{d}{dt}(420 \cdot e^t)}{\frac{d}{dt}[(5e^t + 7)^2]} = \frac{420 \cdot e^t}{2(5e^t + 7) \cdot 5e^t} = \frac{420 \cdot e^t}{50e^{2t} + 70e^t} = \frac{42}{5e^t + 7}$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} P'(t) = \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{42}{5e^t + 7} = \frac{\lim_{t \rightarrow +\infty} 42}{\lim_{t \rightarrow +\infty} 5e^t + 7} = \frac{42}{\infty} = 0$$



Con esto demostramos que la tasa de crecimiento tiende a volverse 0 a lo largo del tiempo, comportamiento que se observa en la gráfica siguiente.

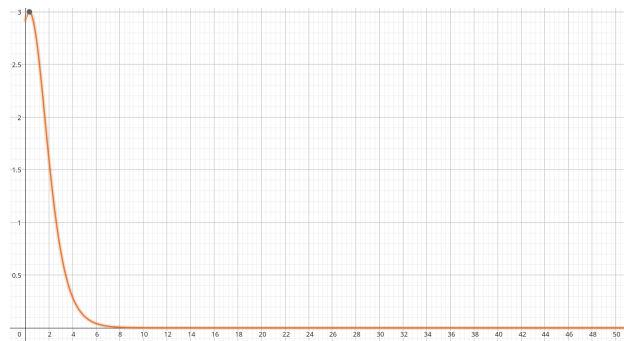


Figura: Gráfica de  $P'(t)$ .

## 2.4. Ejercicio 83

name

Supongamos que un rodamiento de bolas de acero se suelta dentro de una tina de fluido y comienza a hundirse. Según un modelo, la velocidad  $v(t)$  (en  $m/s$ ) del rodamiento de bolas  $t$  segundos después de su liberación viene dada por la fórmula

$$v(t) = \frac{9.8}{k}(1 - e^{-kt})$$

donde  $k$  es una constante positiva que corresponde a la resistencia que ofrece el fluido contra el movimiento del rodamiento. (Cuanto menor sea el valor de  $k$ , más débil será la resistencia). Para  $t$  fijo, determine el valor límite de la

velocidad cuando  $k \rightarrow 0^+$  y dé una interpretación física del límite.

$$\begin{aligned}\lim_{k \rightarrow 0^+} v(t) &= \lim_{k \rightarrow 0^+} \left[ \frac{9.8}{k} (1 - e^{-kt}) \right] \\ &= 9.8 \lim_{k \rightarrow 0^+} \frac{1 - e^{-kt}}{k}\end{aligned}$$

Aplicando la serie de MacLaurin, tenemos que:

$$\begin{aligned}&= 9.8 \lim_{k \rightarrow 0^+} \frac{1 - \left( 1 + \frac{(-kt)}{1!} + \frac{(-kt)^2}{2!} + \frac{(-kt)^3}{3!} + \dots \right)}{k} \\ &= 9.8 \lim_{k \rightarrow 0^+} \frac{1 - \left( 1 - kt + \frac{(kt)^2}{2!} - \frac{(kt)^3}{3!} + \dots \right)}{k} \\ &= 9.8 \lim_{k \rightarrow 0^+} \frac{kt - \frac{(kt)^2}{2!} + \frac{(kt)^3}{3!} - \dots}{k} \\ &= 9.8 \lim_{k \rightarrow 0^+} \left[ t - \frac{k(t)^2}{2!} + \frac{k^2 t^3}{3!} - \dots \right] \\ &= 9.8(t - 0 + 0 - \dots) \\ \therefore \lim_{k \rightarrow 0^+} v(t) &= 9.8t\end{aligned}$$

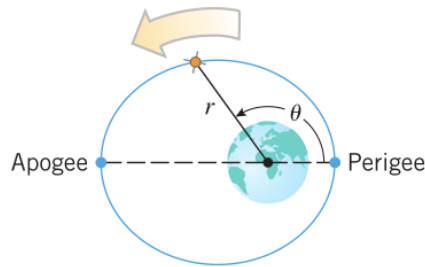
Esto significa que si el fluido no ofrece resistencia, entonces la velocidad aumentará a una tasa constante de  $9.8m/s$ .

### 3. Sección 3.4

#### Tasas Relacionadas

##### 3.1. Ejercicio 23

name



◀ Figure Ex-23

Un satélite se encuentra en una órbita elíptica alrededor de la Tierra. Su distancia  $r$  (en millas) desde el centro de la Tierra está dada por

$$r = \frac{4995}{1 + 0.12 \cos \theta}$$

donde  $\theta$  es el ángulo medido desde el punto de la órbita más cercano a la superficie de la Tierra (consulte la figura adjunta).

1. Encuentre la altitud del satélite en el **perigeo** (el punto más cercano a la superficie de la Tierra) y en el **apogeo** (el punto más alejado de la superficie de la Tierra). Utilice  $3960mi$  como radio de la Tierra.
2. En el instante en que  $\theta$  es  $120^\circ$ , el ángulo  $\theta$  aumenta a razón de  $2.7^\circ/min$ . Encuentre la altitud del satélite y la velocidad a la que cambia la altitud en este instante. Expresé la velocidad en unidades de  $mi/min$ .

### 3.2. Ejercicio 36

name

Un helicóptero de la policía vuela hacia el norte a  $100mi/h$  y a una altitud constante de  $\frac{1}{2}mi$ . A continuación, un automóvil viaja hacia el oeste por una carretera a  $75mi/h$ . En el momento en que el helicóptero cruza la carretera, el automóvil se encuentra a 2 millas al este del helicóptero.

1. ¿A qué velocidad cambia la distancia entre el automóvil y el helicóptero en el momento en que el helicóptero cruza la carretera?
2. ¿La distancia entre el coche y el helicóptero aumenta o disminuye en ese momento?

### 3.3. Ejercicio 45

name

Un meteorito entra en la atmósfera terrestre y se quema a un ritmo que, en cada instante, es proporcional a su superficie. Suponiendo que el meteorito es siempre esférico, demuestre que el radio disminuye a un ritmo constante.

### 3.4. Ejercicio 47

name



◀ Figure Ex-47

Se vierte café a una velocidad uniforme de  $20\text{cm}^3/\text{s}$  en una taza cuyo interior tiene forma de cono truncado (consulte la figura adjunta). Si los radios superior e inferior de la taza son 4 cm y 2 cm y la altura de la taza es 6 cm, ¿con qué rapidez aumentará el nivel del café cuando el café esté a la mitad? [*Sugerencia*: extienda la copa hacia abajo para formar un cono.]

## 4. Sección 3.6

### La Regla De L'Hôpital; Formas Indeterminadas

#### 4.1. Ejercicio 58

name

Hay un mito que circula entre los estudiantes principiantes de cálculo que afirma que todas las formas indeterminadas de tipos  $0^0$ ,  $\infty^0$  y  $1^\infty$  tienen valor 1 porque "cualquier cosa elevada a cero es 1" y "1 elevado a cualquier potencia es 1". La falacia es que  $0^0$ ,  $\infty^0$  y  $1^\infty$  no son potencias de números, sino descripciones de límites. Los siguientes ejemplos, sugeridos por el Prof. Jack

Staib de la Universidad de Drexel, muestran que estas formas indeterminadas pueden tener cualquier valor real positivo. valor:

$$(a) \lim_{x \rightarrow 0^+} [x^{(\ln a)/(1+\ln x)}] = a \quad (\text{forma } 0^0)$$

$$(b) \lim_{x \rightarrow +\infty} [x^{(\ln a)/(1+\ln x)}] = a \quad (\text{forma } \infty^0)$$

$$(c) \lim_{x \rightarrow 0} [(x+1)^{(\ln a)/x}] = a \quad (\text{forma } 1^\infty)$$

Verifique estos resultados.

## 4.2. Ejercicio 63

name

## 4.3. Ejercicio 65

name