Práctica 2

1. Estudiar la convergencia de las siguientes series:

   (a) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2+3n-1}{2n^2+3}$ (b) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{2^n}$ (c) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{10n}}$

   (d) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n+1}{n}$ (e) $\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{n}{n+1}\right)^{n^2}$ (f) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{2/3}}$

   (g) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1+n}{3+n^2}$ (h) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2+2n+3}$ (i) $\sum_{n=1}^{\infty} \sin(\frac{1}{n})$

2. Hallar la suma de las siguientes series:

   (a) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{3^{n-2}}$ (b) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)(2n+1)}$ (*sug.:* fracciones simples)

   (c) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n(n+1)(n+2)}$ (d) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^n+3^n}{6^n}$

3. Hallar la suma de la serie $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n^2-4n+2}{n!}$.
   Sugerencia: descomponer el término general en la forma
   $$\frac{3n^2-4n+2}{n!} = \frac{A}{n!} + \frac{B}{(n-1)!} + \frac{C}{(n-2)!}$$

4. Cuántos primeros términos hay que tomar en las series siguientes para que su suma difiera no más que en $1/10^6$ de la suma de las series correspondientes:
   $$\text{(a)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{2^n}, \qquad \text{(b)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n}, \qquad \text{(c)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!}.$$

5. ¿Es cierto que si $\sum_{n=1}^{\infty} a_k$ y $\sum_{n=1}^{\infty} b_k$ son dos series divergentes, entonces $\sum_{n=1}^{\infty} a_k b_k$ es divergente?

6. i) Demostrar la desigualdad
   $$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \cdots + \frac{1}{n} > \ln(n+1) > \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \cdots + \frac{1}{n+1}$$
   Sugerencia: Recordar la demostración del criterio de comparación con una integral impropia.

   ii) Si $r_n = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \cdots + \frac{1}{n} - \ln(n)$, demostrar que r_n converge.
   Nota: El límite de r_n se conoce como la *constante de Euler-Mascheroni*. Su valor aproximado es
   $0,57721566490153286060651209008240243104215933593992\ldots$.

7. Establecer el *criterio de Raabe*: la serie de términos positivos $\sum a_n$ converge o diverge según
$$n\left(\frac{a_n}{a_{n+1}}-1\right)$$
sea mayor que $1+\varepsilon$ o menor o igual que 1 para todo n suficientemente grande, y para algún $\varepsilon>0$ independiente de n.

8. Probar el siguiente teorema de Abel: Si $\{a_n\}$ es una sucesión decreciente de números positivos, y si $\sum a_n$ converge, entonces $na_n\to 0$ si $n\to\infty$.

   Sug.: $na_{2n}\le a_{n+1}+a_{n+2}+\cdots+a_{2n}\to 0$ si $n\to\infty$, y similarmente para na_{2n+1}.

9. Probar el siguiente criterio de convergencia (condensación de Cauchy): Sea b_n una sucesión decreciente de números no negativos. Entonces la serie $\sum b_n$ converge si y sólo si la serie $\sum 2^n b_{2^n}$ converge.

10. Decir si las siguientes series convergen condicional o absolutamente:
$$\text{(a)}\ \sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}}{n\cdot 2^n},\qquad \text{(b)}\ \sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{\ln(n)},\qquad \text{(c)}\ \sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\frac{n^2-2n-1}{n!}.$$

11. (a) Mostrar que si $\sum a_n$ converge absolutamente, entonces $\sum a_n^2$ converge. ¿Vale este resultado si $\sum a_n$ converge sólo condicionalmente?

    (b) ¿Si $\sum a_n$ converge y $a_n\ge 0$, se puede concluir algo de $\sum\sqrt{a_n}$?

12. Sean $\{a_n\}_n$ y $\{b_n\}_n$ sucesiones de números reales. Llamemos $S_n=\sum_{k=1}^n a_k$.

    (a) Probar la siguiente fórmula de suma por partes:
$$\sum_{k=1}^{n}a_kb_k=S_nb_n-\sum_{k=1}^{n-1}S_k(b_{k+1}-b_k).$$

    (b) Probar el siguiente criterio de Dirichlet:
    Si $\{b_n\}_n$ es una sucesión monótona decreciente de números positivos, tal que $\lim b_n=0$ y la sucesión $\{S_n\}_n$ es acotada, entonces la serie $\sum a_mb_m$ es convergente.

13. Sea $|\alpha|<1$. Mostrar que
$$\frac{1}{(1-\alpha)^2}=\sum_{k=1}^{+\infty}k\alpha^{k-1}.$$

14. Hallar los valores de x para los cuales convergen las series:

    (a) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{x^n}{2^n}$
    (b) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^nx^n}{n^2}$
    (c) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{x^n}{n+\sqrt{n}}$
    (d) $\sum_{n=1}^{\infty}2^n\sin(\frac{x}{3^n})$
    (e) $\sum_{n=1}^{\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n^2}(x-2)^n$
    (f) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^nn!}{n^n}(x+1)^n$
    (g) $\sum_{n=1}^{\infty}3^{n^2}x^{n^2}$
    (h) $\sum_{n=1}^{\infty}n!(x+1)^n$.