



FEB 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



INFORME FINAL DEL TEXTO

**“BIOFISICA BASADO EN COMPETENCIAS PARA LA
CARRERA DE ENFERMERIA”**

AUTOR:

Dr. HERNAN OSCAR CORTEZ GUTIERREZ

(Período de ejecución: 24 meses del 01-09-16 al 31-08-18)

(Resolución de aprobación N°785-2016-R.30-09-2016)

Callao, 2018

INDICE

	Pág.
II. PRÓLOGO.....	3
III. INTRODUCCIÓN.....	4
IV. CUERPO DEL TEXTO O CONTENIDO.....	8
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA BIOFISICA.....	10
1.1 Medidas físico-químicas.....	10
1.2 Factores de conversión.....	11
1.3 Fuerza y momento de fuerza.....	17
1.4 Tipos de palanca. Ley de la conservación de la energía.....	18
1.5 Guía para resolver problemas: Tipos de palanca en el cuerpo humano.....	23
1.6 Problemas propuestos.....	25
CAPITULO II: ASPECTOS GENERALES DE LA BIOFISICA DE LA HEMODINAMICA.....	27
2.1 Biofísica respiratoria.....	27
2.2 La ley de Boyle. El movimiento browniano.....	28
2.3 La ley de Poiseuille.....	29
2.4 Guía para resolver problemas: Criterios básicos para determinar soluciones con la leyes de Boyle, Brownianas y de Poiseuille.....	30
2.5 Problemas propuestos.....	31
CAPITULO III: ASPECTOS GENERALES DE LA BIOELECTRICIDAD EN MEMBRANAS BIOLÓGICAS.....	34
3.1 Bioelectricidad. Ley de Coulomb.....	34
3.2 La membrana y su circuito eléctrico equivalente.....	34
3.3 Potencial de acción de una membrana.....	35
3.4 Circuito RC de una membrana y descargas.....	35
3.5 Problemas resueltos con la ley de Coulomb.....	36

CAPITULO IV: LOS GRANDES MECANISMOS DISIPATIVOS Y SUS FUERZAS IMPULSORAS.....	37
4.1 Gradientes químicos. Difusión.....	37
4.2 Filtración y la hemodiálisis.....	37
4.3 Guía para resolver problemas de acuerdo al perfil del enfermero: Biofísica con la ley de Laplace.....	39
4.4 Problemas propuestos.....	39
V. REFERENCIALES	41
VI. APÉNDICE	42
VII. ANEXOS	49
• Anexo 1. Artículos científicos publicados basado en la investigación.....	49

5/5/2014

II. PRÓLOGO

Actualmente se viene discutiendo una nueva didáctica para la enseñanza de la biofísica con énfasis a la representación gráfica de todos los resultados prácticos.

Este texto orienta a los alumnos a realizar metaanálisis para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje por competencias de la biofísica y dar transparencia a toda la exploración posible de la aplicación a nivel microscópico y macroscópico. Esta inquietud se transmite a los estudiantes para que vean que la biofísica aparentemente puede ser considerada una ciencia incierta, pero día a día se van dando casos de violaciones de las leyes de la física en diferentes escenarios a nivel de nanotecnología dado que es difícil realizar sondeos a ese nivel y no queda otra que aplicar el principio de incertidumbre de W. Heisenberg y aplicar la Física estadística.

Este libro es también una guía para los estudiantes de la escuela de enfermería de la Facultad de Ciencias de la Salud en el logro de las competencias y su motivación correspondiente. La competencia involucra una actualización de la cura de las enfermedades con nanopartículas para que aumente la esperanza de vida. La biofísica hace posible el estudio de las propiedades física – químicas de los biomateriales utilizados.

Hernán Cortez Gutiérrez.

III. INTRODUCCION

La biofísica ha venido evolucionando en función a la solución de problemas relacionados a los seres vivos utilizando las leyes de la física. La esperanza de vida del ser humano es dependiente de los avances científicos de la biología y la física. Resulta curioso saber que esta pareja a lo largo de la historia ha fascinado a muchas mentes brillantes. Este texto pretende ser una guía de viaje al universo de la biofísica, donde se observe su relevancia en el área de la salud.

El texto revisa los aspectos generales de la biofísica, así como la aplicación de fuerza, momento de fuerza y la conservación de energía. Una vez conseguida cierta familiaridad con el uso de fuerzas externas estaremos preparados para entender la hemodinámica en medios viscosos. Actualmente la biofísica del ADN es estudiada con el enfoque de fuerzas externas y viscosidad del medio.

Finalmente se estudia la Bioelectricidad y los grandes mecanismos disipativos. Dado que actualmente la Biofísica de ADN por ejemplo también tiene un modelo eléctrico para su investigación.

La biofísica es una asignatura obligatoria en carreras como enfermería, educación física, medicina, bioingeniería, física, biólogos y nanotecnología. La Biofísica crea de manera novedosa una didáctica para resolver los problemas teórico y práctico de las carreras citadas en especial de enfermería superando la tradición de ser una aplicación de la física o biología para dar explicaciones del comportamiento de los seres vivos” como refieren los biofísicos Muñoz y Parisi (1) (2).

Texto de Temas de Biofísica de Mario Parisi (1) remarcan la nueva didáctica para el aprendizaje de la Biofísica. (2)

Los autores David Jou (3) y Pedro Pérez (4) consideran la física aplicada a la vida y la actividad física deportiva respectivamente.

Asimismo físicos nacionales como Elvar Quezada Castillo consideran una Biofísica como siendo una física aplicada. (5)

Los estudiantes de la Escuela Profesional de Enfermería de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Callao no cuentan con un texto de Biofísica, de manera que actualice los conocimientos y sus aplicaciones relevantes a salud y en consecuencia a enfermería.

a. Descripción y análisis del tema.

Las ciencias de la salud requieren del uso adecuado de las herramientas de la física para aplicar a problemas reales de salud y para poder simular de acuerdo a las variables involucradas y llegar a obtener resultados predictivos. Hay varios factores que influyen en el aprendizaje de la biofísica una de ellas son los métodos de resolución de los problemas ya que actualmente existe la convicción de que todos los problemas se encuentran más o menos resueltos.

Los usuarios en general y los estudiantes de la facultad de ciencias de la salud requieren la resolución de problemas de biofísica con estrategias adecuadas y de fácil replicación.

En un sentido amplio, el texto: "Biofísica basado en competencias para la carrera de enfermería" representan situaciones articuladas a las asignaturas de la carrera. Los temas tratados involucran temas como la ley de la conservación de la energía, tipos de palanca, leyes hemodinámicas con la ley de Poiseuille, biofísicas con la ley de Boyle, la bioelectricidad con la ley de Coulomb y mecanismos disipativos con gradientes químicos y difusión aplicados al problema de la

hemodiálisis. Temas complementarios sobre propiedades físico químicas de la anestesia local también serán analizados con un enfoque lógico y basado en competencias apoyados de las teorías físico-matemáticas.

Para facilitar el entendimiento físico-químico se resuelven en forma adicional los problemas de factores de conversión.

b. Planteamiento del problema de investigación

¿Existe un texto Biofísica basado en competencias para la carrera de enfermería, que permita a los estudiantes sistematizar la enseñanza-aprendizaje de manera cognitiva procedimental y actitudinal, en la Escuela Profesional de Enfermería-Facultad de Ciencias de la Salud UNAC?

c. Objetivos y alcance de la Investigación

Existe poca información bibliográfica nacional relacionada a un texto de Biofísica basado en competencias para la carrera de enfermería. Los objetivos son:

- Elaborar un texto: Biofísica basado en competencias para la carrera de enfermería con un marco teórico apropiado a la resolución de problemas de Biofísica que sirva como material bibliográfico de consulta para los para estudiantes de enfermería de la Facultad de ciencias de la salud prioritariamente de la Universidad Nacional del Callao.
- Complementar y afianzar los conocimientos impartidos en la asignatura de Biofísica de la Escuela Profesional de enfermería.
- Presentar al usuario conceptos biofísicos mínimos para la resolución de problemas de Biofísica y sea útiles para acompañar en su carrera académica y profesional. El texto también sea aplicable en el desarrollo de su desempeño académico.

El sector beneficiado será estudiantes, profesores y público interesado en conocer los conceptos básicos en la resolución de problemas de BIOFISICA para estudiantes de enfermería.

- Estudiantes: Tendrán un material de estudio y consulta que trata de las estrategias de resolución de problemas de Biofísica.
- Profesores de curso de Biofísica tendrán un Material de consulta.
- Interesados. Útil para todas aquellas personas que quieran iniciarse en la resolución de problemas de biofísica para estudiantes de educación física orientada a ciencias de la salud.

El texto que se pretende desarrollar es de naturaleza aplicada en el Área de Ciencias de la salud.

e. Importancia y Justificación de la Investigación

El texto Biofísica basado en competencias para la carrera de enfermería, es importante desarrollarlo porque se convertiría en una fuente de información y estudio, en forma particular, para los estudiantes de la Escuela Profesional de enfermería de la Universidad Nacional del Callao.

Se justifica el desarrollo del texto Biofísica basado en competencias para la carrera de enfermería, porque hay dos grupos de producción bibliográfica bien definidos: Un grupo de textos piden interpretar gráficos, un segundo grupo pide elaborar gráficos. Hay necesidad de introducir aspectos motivacionales que consideren ambos aspectos. El texto está basado en el enfoque de competencias que actualmente se vienen ejecutando en la Universidad Nacional del Callao – Facultad de Ciencias de la Salud.

Handwritten signature or mark.

IV. CUERPO DEL TEXTO O CONTENIDO

- **ANTECEDENTES TÉCNICOS Y DATOS VINCULADOS A LA INVESTIGACIÓN CON LA PRECISIÓN DE LA FUENTE BIBLIOGRÁFICA.**

TIPLER, Paul. (6) refiere una física aplicada a la ciencia y tecnología.

HEWITT Paul, en su Texto Titulado: "Física conceptual", refieren, que: "no puedes disfrutar de un juego a menos que conozcas las reglas; ya sea un juego de béisbol, un juego de computadora o simplemente un juego de mesa. Del mismo modo, no podrás apreciar por completo tu entorno hasta que comprendas las reglas de la naturaleza. La física es el estudio de dichas reglas, que muestran como todo en la naturaleza esta hermosamente conectado". (7)

La bibliografía (1-7) indicada ha sido analizada para poder ampliar la problemática de salud, estos antecedentes necesitan una generalización para determinar una formula general en función a las variables independientes. Por ejemplo, el libro de texto de Quezada (5), presenta resultados pasibles de ser ampliados, como es el caso del problema de difusión de gases en el pulmón.

- **MATERIALES Y MÉTODOS**

Teniendo en cuenta que el tema de investigación es elaborar un Texto, se utilizó el método descriptivo analítico con la meta análisis, se recogió información a partir de las siguientes fuentes:

- a) Currículo de la Escuela Profesional de Enfermería–Facultad de Ciencias de la salud–Sumilla y Objetivo General. Entrevista a las

profesionales de física para indagar sobre la aplicación del conocimiento teórico y/o práctico de las aplicaciones a salud.

- b) Revisión bibliográfica en textos artículos científicos sobre Biofísica en salud y la vida.

El análisis de la información orientó los temas que deben considerarse en el contenido del Texto: Biofísica basado en competencias para la carrera de enfermería.

h. cant. 3/5

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA BIOFISICA

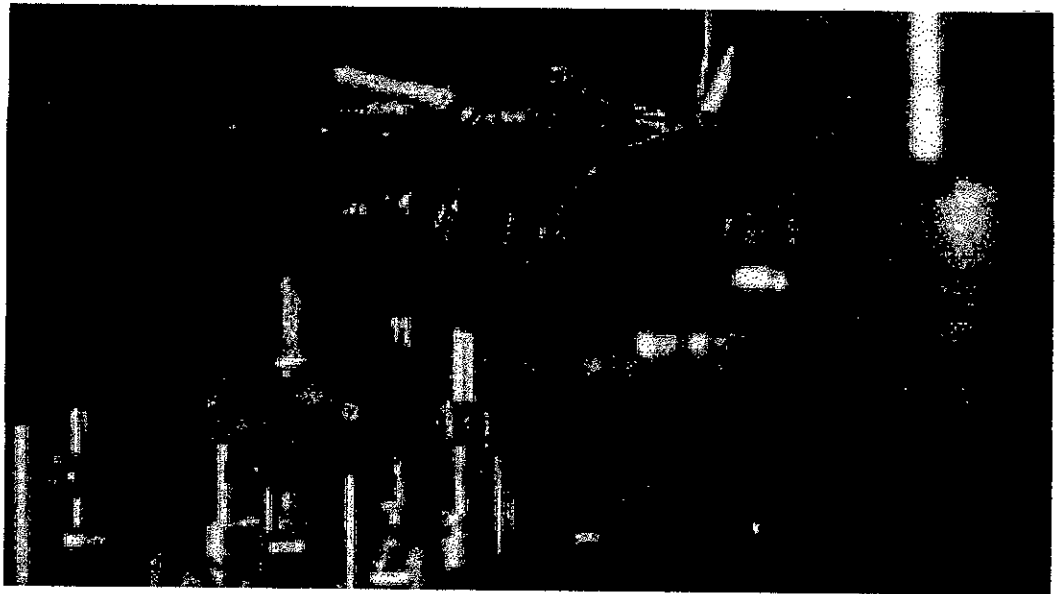
1.1 MEDIDAS FISICOQUIMICAS

Las medidas básicas son metro (m) para la longitud, kilogramo (kg) para la masa y segundos (s) para el tiempo.

El mundo microscópico de los materiales afecta al mundo macroscópico por tal motivo se debe establecer relaciones entre las medidas realizadas a ese nivel. Básicamente describimos usando desplazamiento y velocidad de los elementos que participan en los procesos físico-químicos y que causan todo el ensamblaje de los cuerpos materiales expresados en términos esenciales de longitud, masa y tiempo. Construimos tablas de medidas físicas y de químicas en diferentes sistemas de medición. Con el avance científico las medidas manométricas a nivel microscópico han desplazado a todas las medidas usuales para medir pequeñas cantidades.

Grandes problemas genera el valor positivo o negativo de las medidas físico-químicas, por ejemplo aceptar la existencia de una masa negativa de algunos fluidos atómicos como los de rubidio enfriados a una fracción por encima de cero absoluto. El equipo de rayos Laser ayuda a manipular los átomos. La existencia de positrones que son el opuesto de los electrones utilizado en la tomografía para los centros hospitalarios. Fig.1.0 Las ecuaciones matemáticas tipo Dirac a nivel molecular generan la existencia de partículas en pareja.

Fig.1.0 Equipo Laser para obtener fluidos del denominado condensado de Bose-Einstein.



FUENTE: PHYSICAL REVIEW LETTERS 115 (11), 113004.

1.2 FACTORES DE CONVERSION

Podemos tener medidas con una combinación de las medidas básicas. Por ejemplo la velocidad como cociente entre la variable espacial (m) y variable temporal tiempo (s). Considerando nuevamente cociente de la velocidad entre el tiempo tenemos la aceleración. La Fuerza será dada por el producto de la variable masa por la aceleración. El trabajo será dado por el producto de la fuerza por la distancia y será dado en unidades denominadas de Joules. En la práctica es utilizada la unidad de calorías cuya conversión es dada por: $4.18 \text{ Joules} = 1 \text{ caloría}$.

Las medidas de la presión como cociente entre la Fuerza y el área. Se puede dar en diferentes mediciones digamos en milímetros de mercurio o Pascal.

Usamos términos complementarios para poder transformar cantidades de una unidad en otra provenientes de la física o de la química. La regla de tres simples puede también ser utilizada para realizar las conversiones.

Handwritten signature or mark.

La estrategia simplificadora es usar factores en forma de fracción donde queda evidente la relación entre dos sistemas. Por ejemplo: 1000 m/1km, esto significa que por cada kilómetro tenemos 1000 metros.

En general se usaran factores de conversión del tipo A/B para transformar medidas relacionadas al sistema B para medidas relacionadas al sistema A.

Podemos realizar varias conversiones, por ejemplo dos factores A/B y B/C en este caso tenemos lo siguiente:

$$(A/B) \times (B/C) = A/C$$

En general:

$$(A_1/A_2) \times (A_2/A_3) \dots \times (A_{N-1}/A_N) = A_1/A_N$$

Ejemplo 1.1. Determinar el % en peso de una solución que se obtiene mezclando 10 g de NaCl en 90 gramos de agua.

SOLUCIÓN:

DATOS: masa de NaCl=10 g , masa de agua = 90 g.

Fórmula:

Porcentaje de lo representativo en peso sustancia = (peso sustancia/peso total)x100

- En nuestro caso la masa total= 10g+90g=100g.
 - Porcentaje NaCl= (peso NaCl/peso total)x100=(10g/100g)x100=10
- La sustancia NaCl representa el 10 % del total la solución.

h. c. s. g. n.

Ejemplo 1.2. Se preparó una solución añadiendo agua a 31.2 g de etanol hasta un volumen de 100 ml. La densidad de la solución final es de 0.975 g/ml. ¿Cuál es el porcentaje de etanol en la solución?

SOLUCIÓN:

DATOS: masa de etanol =31.2 g , volumen solución = 100 ml , densidad solución=0.975 g/ml

Formula:

$$\text{Porcentaje de lo representativo en peso sustancia} = (\text{peso sustancia/peso total}) \times 100$$

$$\text{Masa} = \text{densidad} \times \text{volumen}$$

- La masa total o de la solución = $(0.975 \text{ g/ml}) \times (100 \text{ ml}) = 97.5 \text{ g}$
- Porcentaje etanol = $(\text{peso etanol/peso total}) \times 100 = (31.2 \text{ g} / 97.5 \text{ g}) \times 100 = 32$

La sustancia etanol representa el 32 % del total la solución.

Ejemplo 1.3. Se ha disuelto 4.6 g de alcohol etílico en 100 g de agua. ¿Cuál es la molaridad de la solución? Densidad de la solución es de 0.992 g/ml.

DATOS:

$$\text{Molaridad: } \frac{\text{\#moles de Solute}}{\text{Volumen (L)}}$$

$$M_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}} = 4.65$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 100\text{G}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{solución}} &= M_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}} + M_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= 100\text{g} + 4,6 \end{aligned}$$

$$M_{\text{solución}} = 104.6\text{g}$$

Rodriguez

SOLUCIÓN:

$$D = 0.992 \text{ g/mol}$$

$$\boxed{D = \frac{M}{V}} \quad \rightarrow \quad \boxed{V = \frac{M}{D}}$$

$$V \text{ solución} = m = \frac{104.6 \text{ gr solución}}{D = 0,992 \text{ g solución / mol}}$$

$$V \text{ solución} = 105,4 \text{ mol} \times \frac{1L}{1000 \text{ ml}}$$

$$= 0.1054 L$$

$$= 0.1054$$

Moles de alcohol etílico $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

$$M_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}} = \frac{W_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}}}{M_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}}} = \frac{46 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} \\ = 0.1 \text{ moles}$$

Nota: Masa atómica del $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} = 46 \text{ g/mol}$

Ejemplo 1.4.. Hallar La concentración molar y normal de una solución, que contiene 13g de $\text{Al}(\text{OH})_3$ en:

DATOS:

$$\bar{M} \text{ Al}(\text{OH})_3 = 27 + 3(16) + 3(1) = 78 \text{ g/mol.}$$

$$N \text{ Al}(\text{OH})_3 = \frac{W \text{ Al}(\text{OH})_3}{M \text{ Al}(\text{OH})_3} = \frac{13}{78}$$

$$= 0.1667 \text{ mol Al}(\text{OH})_3$$

ting

$$\text{Molaridad: } \frac{\text{\#moles de Solute}}{\text{Volumen (L)}}$$

$$M = \frac{0,1667}{0.1L} = 1,667 \text{ mol / L}$$

$$N = M \cdot \theta$$

$$\theta = 3$$

$$N = 1,667 \times 3 = 5,001N$$

Ejemplo 1.5. Cuantos gramos de Na_2CO_3 se deben pesar para preparar 250 ml de solución 0.5N?

DATOS:

$$V = 250\text{ml} = 0.25L$$

$$\text{Concentración Normal} = 0.5 N$$

$$\text{Peso Sustancia} = \text{Molaridad} \times \text{Volumen} \times \text{Peso Atómico}$$

M= MOLARIDAD

N = NORMALIDAD

θ = PARAMETRO

$$\theta = 2$$

$$M = \frac{N}{\theta}$$

$$\begin{aligned} \text{Masa} &= \frac{0.5 \cancel{\text{mol}} \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3}{2 \times \cancel{1L}} \times \frac{106 \text{gNa}_2\text{CO}_3}{\cancel{\text{mol}}} \times 0.25 \cancel{L} \\ &= 6.625 \text{g Na}_2\text{CO}_3 \end{aligned}$$

Ejemplo 1.6. Se mezclan 200 ml de una solución 4.0 M de Na(OH) CON 300ML DE Na(OH) CON 300ml de Na(OH) 6.0M. Cuál es la molaridad de la solución resultante?

$$\begin{aligned}
 CR &= \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2} = \frac{(200ml)(4.0) + (300ml) \times 6.0}{500ml} \\
 &= \frac{800 \text{ ml} \times M + 1800 \text{ ml} M}{500 \text{ ml}} \\
 &= \frac{2600 \text{ ml} \times M}{500 \text{ ml}} \\
 &= 5.2 \text{ M}
 \end{aligned}$$

Ejemplo 1.7. ¿Qué volumen de ácido acético glacial (17,4M) en litros se requiere para preparar 8.7 litros de ácido acético (0.6M)?

$$V \times C = V_f \cdot C_f$$

$$V = \frac{V_f C_f}{C}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{(8.7L) \times (0.6M)}{17.4 \text{ M}} \\
 &= 0.3 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Ejemplo 1.8. Al titular 20 ml de una base 0.2N con ácido se gastó 50 ml de este último ¿Cuál es la concentración del ácido?.

$$C = \frac{V_{base} \times C_{base}}{V}$$

$$C = \frac{20 \text{ ml} \times 0.2 \text{ N}}{50 \text{ ml}}$$

$$C = 0.08 \text{ N}$$

$$C = 0.08 \text{ mol/g}$$

In context

Ejemplo 1.9. ¿Cuál es el peso del H₂SO₄, contenido en 200 ml de una solución 0.5N?

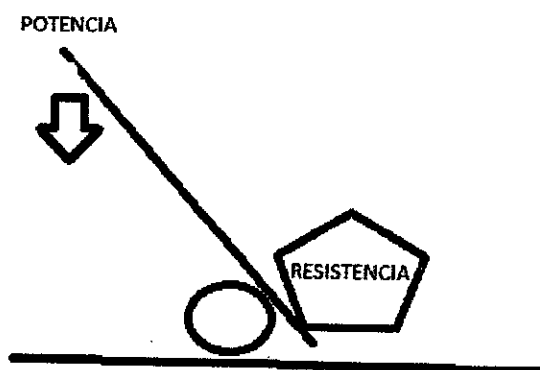
$$\text{Peso Sustancia} = \text{Molaridad} \times \text{Volumen} \times \text{Peso Atómico}$$

$$\begin{aligned}\text{Peso atómico} &= \frac{0.5 \text{ mol/g}}{2} \times 200 \text{ ml} \frac{1\text{L}}{1000\text{ml}} \times 98 \text{ g/mol} \\ \text{Peso atómico} &= \frac{0.25 \times 2 \times 98}{10} \\ &= \frac{9.8 \text{ g}}{2} = 4.90 \text{ g H}_2\text{SO}_4\end{aligned}$$

1.3 FUERZA Y MOMENTO DE FUERZA

Necesitamos una fuerza para modificar el movimiento de los cuerpos. El Momento de fuerza es dado por el producto de la fuerza por la distancia de acción de dicha fuerza. Un caso donde se ve la acción del momento de fuerza es en la maquina denominada: Palanca (Véase Fig.1) está compuesto por tres elementos: Potencia, punto de apoyo y una resistencia.

Fig.1.1 Representación de una palanca



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

1.4 TIPOS DE PALANCA. LEY DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA.

TIPOS DE PALANCA:

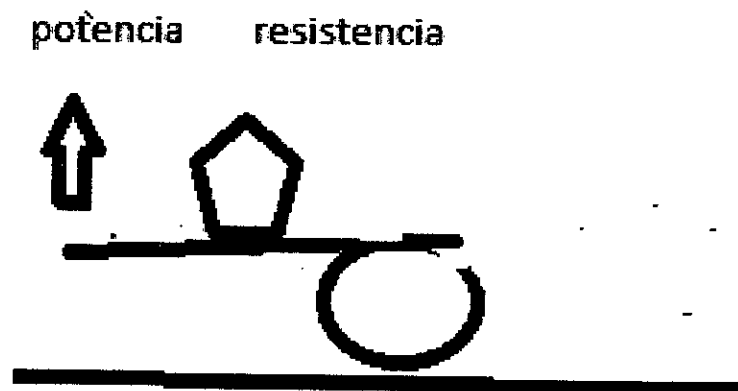
Palanca de **primera clase (RAP)**: El punto de apoyo esta entre la potencia y la resistencia.

Fig.1.2 Representación de una palanca de primera clase



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA
PALANCA DE SEGUNDA CLASE (PRA)

Fig.1.3 Representación de una palanca de segunda clase

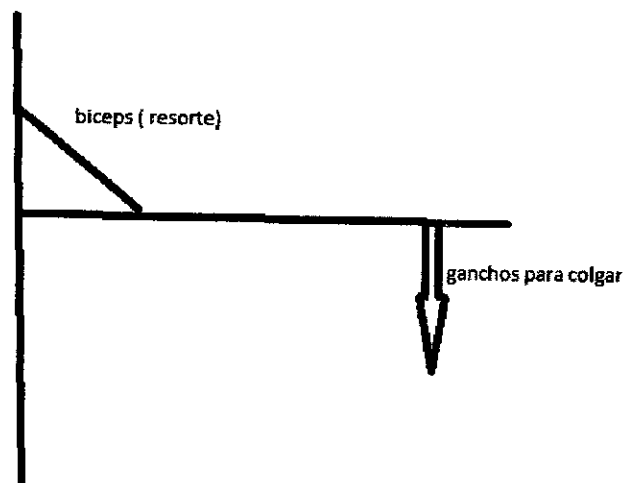


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA
PALANCA DE TERCERA CLASE (APR): LA POTENCIA ESTÁ ENTRE EL PUNTO DE APOYO Y LA RESISTENCIA.

teoría

Ejemplo 1.10. La figura 1.4 simula a un brazo humano. Con los datos:
Peso $R=0.25$ Kg, distancia del brazo de potencia a la articulación=10 cm;
Brazo de resistencia=20 cm.
Determinar la fuerza necesaria para el equilibrio.

Fig.1.4 Representación de un brazo humano como palanca de tercera clase



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

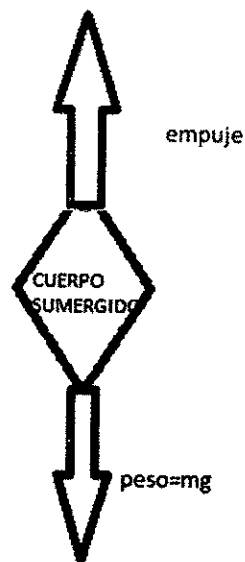
LEY DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA

La energía es un concepto muy utilizado en las ciencias y que cuantificarlos es en algunos casos imposible. Por ejemplo determinar la cantidad de energía posee una persona para cumplir sus funciones vitales. Podemos observar una variación de peso después de ingerir los alimentos y determinar variaciones de energía pero la energía original quedaría incognita. Asimismo saber la energía de las estrellas del universo por ejemplo sería un reto porque cada estrellas nos ilumina y representan un total de aproximadamente el número de Avogadro.

trans

En el mundo deportivo tenemos la natación para un análisis biomecánico, es decir para analizar magnitudes mecánicas: las velocidades y empuje.

Fig.1.3. Fuerza de empuje



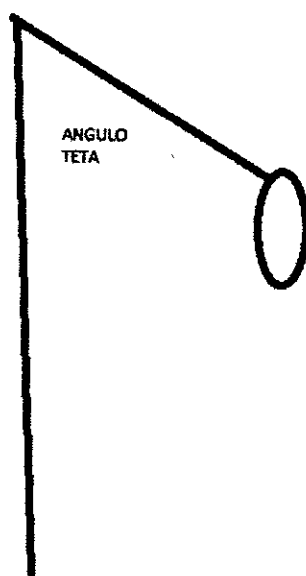
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Consideramos energías mecánicas asociadas a las magnitudes mecánicas. La energía cinética asociada a la velocidad. La energía potencial asociada a la altura.

La interacción con el medio viscoso y no viscoso involucra la flotabilidad, es decir depende de la diferencia de dos fuerzas provenientes del peso de la persona y de la fuerza de empuje. La fuerza de empuje conocida como "Ley de Arquímedes" indica que todo cuerpo en un medio líquido o fluido experimenta un impulso hasta arriba proporcional al peso del volumen desplazado.

Teoría

Fig.1.6 Representación de los movimientos con su respectiva energía.

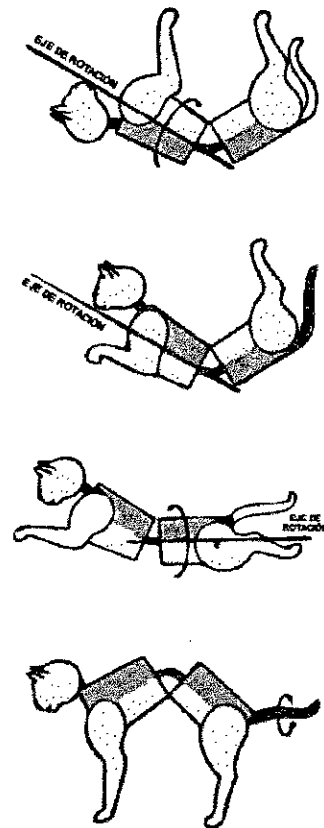


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Siempre la existencia de una fuerza debe existir para modificar el movimiento según la Física clásica. El concepto inercia ayuda para explicar el movimiento de ciertos cuerpos que desafían las leyes de Newton como la caída de los gatos (véase Figura 1.7).

Handwritten signature

Fig.1.7 Representación de los movimientos de un gato en caída.

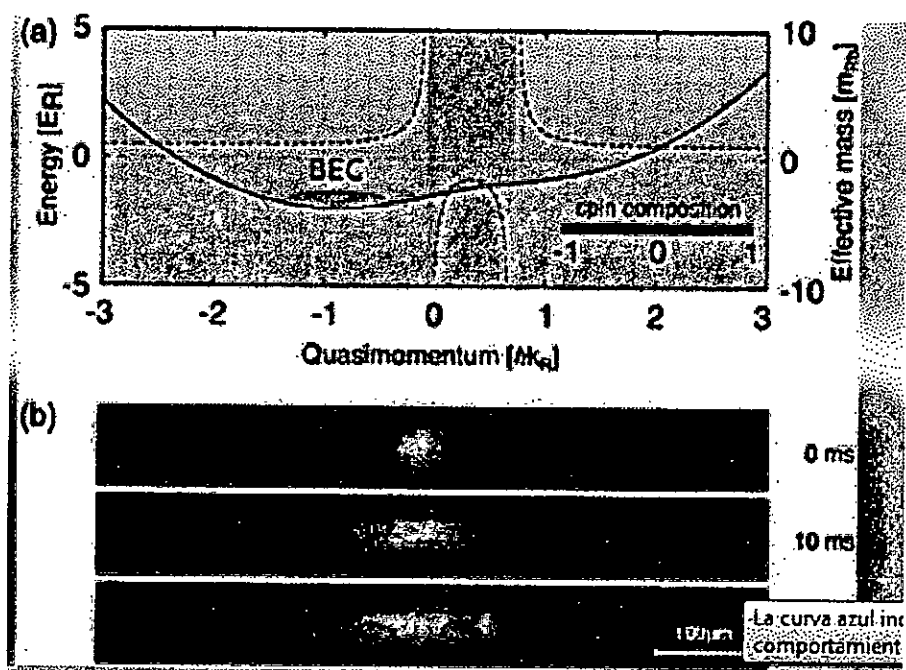


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El gato genera dos inercias en pleno aire que se contrarrestan y de esta manera mantiene su momento de inercia nulo. Se consideran el gato formado por dos cilindros, el momento de inercia para cada cilindro es: $IC = MR^2 / 2$, donde M representa la masa y R el radio de cada cilindro.

La masa representa la cantidad de materia. La inercia la propiedad de un cuerpo de mantenerse en reposo o permanecer en movimiento con velocidad constante. A mayor masa mayor inercia o resistencia al movimiento. La Fig. 1.8 muestra un caso que viola la segunda ley de Newton. Después de haberse creado un fluido atrapando átomos con rayos laser tendrá un comportamiento de masa negativa según indica la figura.

Fig.1.8 Representación del movimiento de un fluido que muestra en color azul el movimiento impregnado al cuerpo, la línea roja demuestra que regresa



FUENTE: PHYSICAL REVIEW LETTERS 115 (11), 113004.

1.5 GUIA PARA RESOLVER PROBLEMAS: TIPOS DE PALANCA EN EL CUERPO HUMANO

a) Conceptuales-Procedimentales: Las palancas en el cuerpo humano se dan por ejemplo en la posición de la cabeza en equilibrio, el pie y el brazo.

Los problemas consideran la Ley de Palancas:

$$B_R \cdot R = B_F \cdot F$$

Donde B_R = Brazo de resistencia= distancia de la resistencia al punto de apoyo.

Donde B_F = Brazo de potencia= distancia de la potencia al punto de apoyo.

La fuerza necesaria para el equilibrio en la palanca es: $F = B_R \cdot R / B_F$.

to long

Fig.1.9 Ejecución de una parada de manos



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Ejemplo 1.11. Energía consumida en la parada de manos

Considere la masa del alumno de 57 Kg. La fuerza motriz aplicada al muslo será de 126.43 N usando la ley de Palancas. La distancia del recorrido para 128° será de 36.74 cm. La energía consumida será dada por el trabajo, es decir Trabajo=Fuerza*distancia=126.43 N*0.3674m=45.51 Joules=10.88 calorías.

b) Procedimentales: Con el instrumento altura medir la longitud del muslo. Para el ejemplo se ha determinado la longitud del muslo igual a 38 cm

c) Brazo de resistencia= (longitud del muslo)*0.433.

En nuestro caso: Brazo de resistencia= (38 cm)*0.433

toanf

1.6 PROBLEMAS PROPUESTOS

TIPOS DE PALANCA. LEY DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA

Problema 1. Energía consumida en la parada de manos para un peso en general

Para una parada de manos de una persona de masa m según figura 4 determinar la energía consumida en función a dicha masa. Realizar el grafico correspondiente.

Problema 2. Energía consumida en la patada de Taekwondo

Para una patada de Taekwondo podemos determinar la energía consumida. Para la figura 1.10 considerar un ángulo.

Fig.1.10 Ejecución de una patada de Taekwondo



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Problema 3. Energía consumida en la patada de Taekwondo en función al peso

Determinar la energía consumida en la patada en función del peso de la persona.

Problema 4. En la simulación del brazo. Considere que la resistencia se encuentra a 30 cm de la articulación. Determine la potencia para obtener equilibrio.

Problema 5. En la simulación del brazo. Considere que la resistencia se encuentra a 40 cm de la articulación. Determine la potencia para obtener equilibrio.

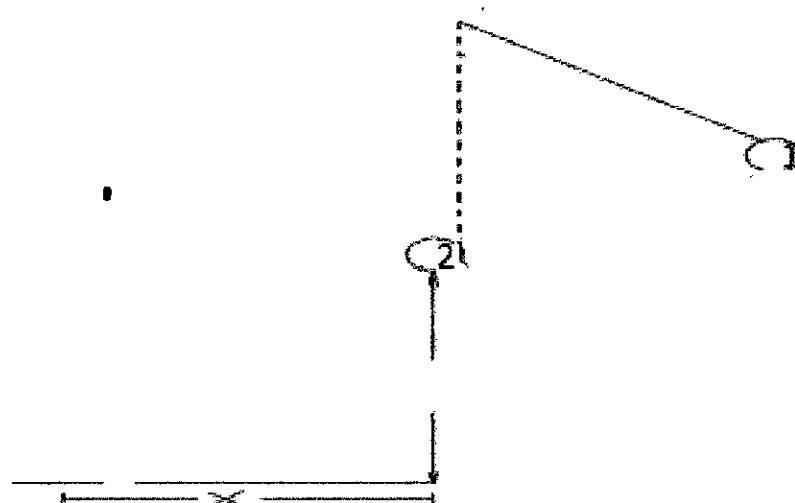
Problema 6. Energía Mecánica en el salto de una piletta.

Indicar el tipo de energía mecánica en cada etapa.

Problema 7. Energía Mecánica en choque elástico de 2 bolas.

Considere dos bolas con idéntica masa y después de un choque podemos predecir su velocidad de la segunda bola. Considerando conservación la cantidad de movimiento. Véase Figura 1.11.

Fig.1.11 La colisión de dos bolas con un tiempo no infinitesimal corto.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

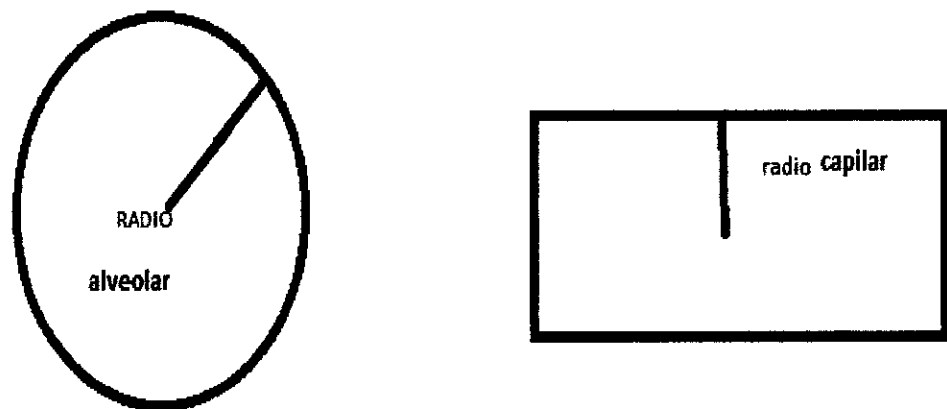
CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA BIOFISICA DE LA HEMODINAMICA

2.1 BIOFISICA RESPIRATORIA.

El ingreso del aire por las narinas conlleva a la difusión de gases en las cavidades alveolares, capilares y membrana correspondiente. Podemos representar los alveolos y capilares por geometrías esféricas y cilíndricas respectivamente (véase Figura 2.1).

Figura 2.1 Representación geométrica en el plano del alveolo y capilar



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para un buen funcionamiento del sistema respiratorio se debe captar el oxígeno (O_2) y eliminar el dióxido de carbono (CO_2) en el menor tiempo posible. El factor tiempo es calculado en función al coeficiente de difusión en un medio gaseoso (alveolo) y a los medios líquidos (capilares y membranas) (Véase la tabla en la figura 2.2).

Handwritten signature

TABLA 2.1 Coeficiente de difusión de la molécula oxígeno y dióxido de carbono en medio gaseoso (aire) y en medio líquido (sangre).

gases	Medio de transporte	difusion-m^2s^{-1})
Dióxido de carbono(CO₂)	Aire	$20 \cdot 10^{-9}$
oxígeno	Agua	$1.0 \cdot 10^{-9}$
oxígeno	Aire	$1.8 \cdot 10^{-5}$
Hemoglobina	Agua	$6.9 \cdot 10^{-11}$

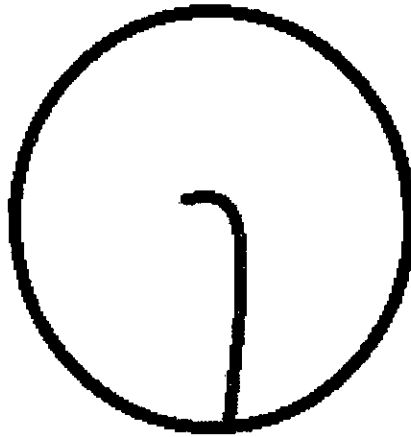
FUENTE: LIBRO QUEZADA, E FÍSICA APLICADA A LA CIENCIA DE LA VIDA

2.2 LA LEY DE BOYLE. EL MOVIMIENTO BROWNIANO.

- a) La Ley de Boyle determina la relación: $PV = \text{constante}$, donde P representa la presión y V el volumen. Esta ley gobierna el proceso de inspiración y espiración. Durante la inspiración el diafragma se contrae y baja facilitando la entrada del aire por las narinas por diferencia de presión. Inversamente la espiración o se expulsa aire por los pulmones cuando la presión ejercida supera a la presión atmosférica.
- b) La difusión de los gases es aleatorio y denominado movimiento browniano.

Fig.

Figura 2.3 Movimiento aleatorio a partir del centro en una esfera y que puede ser considerado en un alveolo.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El recorrido de los gases es tipo zig-zag por lo que se debe aproximar por una línea recta como una aproximación a la situación real del movimiento browniano de los gases en el medio líquido y en el medio gaseoso. La teoría de Einstein relaciona el desplazamiento (cuadrático o elevado al cuadrado) con el coeficiente de difusión, es decir:

$(\text{Desplazamiento cuadrático} / 2 * \text{tiempo}) = \text{coeficiente de difusión.}$

Esta fórmula ayuda a calcular el tiempo que demora en llegar el oxígeno del centro de un alveolo al centro (eje radial) de un capilar.

2.3 LA LEY DE POISEUILLE.

Para el análisis de la dinámica de líquidos en capilares o medios cilíndricos tenemos la Ley de Poiseuille que indica.

$\text{FLUJO} = \text{Diferencia de presión entre entrada y salida} / \text{Resistencia}$

Donde el Flujo se considera la variación del volumen en la unidad de tiempo y la resistencia dependiente de la **viscosidad** del líquido.

Fig.

Ejemplo 2.1 En la transfusión es importante calcular la presión de entrada y la altura sobre el brazo

SOLUCIÓN:

Se debe aplicar la Ley de Poiseuille: Flujo=diferencia presión/resistencia y para la altura la relación de la presión hidrostática.

2.4 GUIA PARA RESOLVER PROBLEMAS: CRITERIOS BASICOS PARA DETERMINAR SOLUCIONES CON LAS LEYES DE BOYLE, BROWNIANAS Y DE POISEUILLE.

a) Ley de Boyle

Planteamiento: Los datos para la resolución de problemas son: Presión, Volumen, la masa y cantidad de sustancia (número de moles).

SOLUCIÓN:

Aplicar la Ley de los gases ideales: $PV=NRT$,

Donde $R= 8,314 \text{ J}/(\text{mol.K})=0.08206 \text{ atm.L}/(\text{mol.K})$, T =temperatura.

Se ha indicado que cuando se da inspiración el diafragma se contrae y baja aumentando así su volumen y disminuyendo su presión interna y llega a ser inferior a la presión atmosférica facilitando el ingreso del aire.

Observación procedimental: Las variables P , V , T no pueden ser negativas.

b) Teoría de Einstein o Ley Browniana y h barra para estimar energía

Planteamiento: Los datos para resolución del problema son: Coeficiente de difusión de los gases y las distancias recorridas en los alveolos y capilares.

SOLUCIÓN:

Debe aplicarse la Fórmula matemática para el cálculo del tiempo:

$$t= \text{distancia}^2 / 2*D$$

Observación procedimental: Las variables distancia y difusión no pueden ser negativas.

Ejemplo 2.2. Tiempo de demora del transporte de los gases oxígeno y dióxido de carbono. Energía de las partículas.

Tiempo que demora el dióxido de carbono desplazamiento en el alvéolo+ tiempo del CO₂ en la membrana + tiempo en el capilar:

La energía de las partículas de los gases se puede estimar con el principio de Heisenberg $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ ($\hbar = h/2\pi$).

2.5 PROBLEMAS PROPUESTOS-PRACTICA.

PRESION HIDROSTATICA

Problema 1. Determinar la relación entre la altura que debe tener la posición del plasma y la presión de entrada (para conectarse a la vena).

SOLUCIÓN:

Usaremos la fórmula de presión en relación a la altura.

LEY DE BOYLE

Problema 2. Para un gas ocupa un volumen de 80 mL a una presión de 0,987 atm. ¿Qué volumen ocupará a una presión de 1,3 atm si la temperatura permanece constante?

Problema 3. Disponemos de una muestra de gas que a 202°C presenta una presión de 2,9 atm y un volumen de 16,9 L. ¿Qué volumen ocupará, si a la misma temperatura, la presión baja hasta 1,8 atm?

MOVIMIENTO BROWNIANO

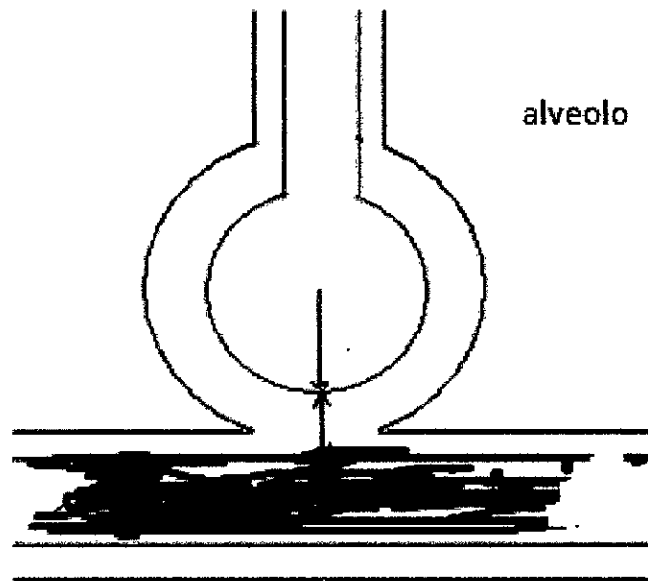
Fórmulas utilizadas:

$$t = \frac{x_c^2}{2D_c}$$

Donde:

t = tiempo de demora, x = distancia en línea recta; D = difusión

Figura 2.4 Geometría para la difusión de gases considerando un alveolo como una esfera y los capilares como un cilindro.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Problema 4. Caso de membranas anormales.

Una persona fumadora aumenta el espesor de esa barrera cuatro veces.
¿Cuánto tiempo tardará ahora el CO_2 en difundir hacia los pulmones?

LEY DE POISEUILLE

El parámetro "eta" es la viscosidad

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \eta L}$$

Problema 5. Fuerza necesaria que se debe aplicar a un embolo de una aguja hipodérmica.

Problema 6. Un frasco se encuentra a 1,6 m de altura con plasma. Hallar la presión de entrada a la vena.

Hallar el flujo de plasma para el caso de usar una aguja hipodérmica de 3 cm de longitud y 0.36 mm de radio. Considere la densidad del plasma $1.05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ y viscosidad del plasma $1.3 \cdot 10 \text{ d}\cdot\text{s} \cdot \text{cm}^{-2}$. La presión en la vena es de 12 mmHg.

Problema 7. Para una aguja hipodérmica de 8.5 cm y un radio de 0.5 mm hallar la resistencia hidrodinámica de la aguja al paso del agua. Hallar la fuerza necesaria para conseguir un flujo de $3 \text{ cm}^{-3} / \text{s}$ en un tejido cuya presión es de 9.1 mm Hg. Viscosidad del medicamento $1 \cdot 10 \text{ d}\cdot\text{s} \cdot \text{cm}^{-2}$.

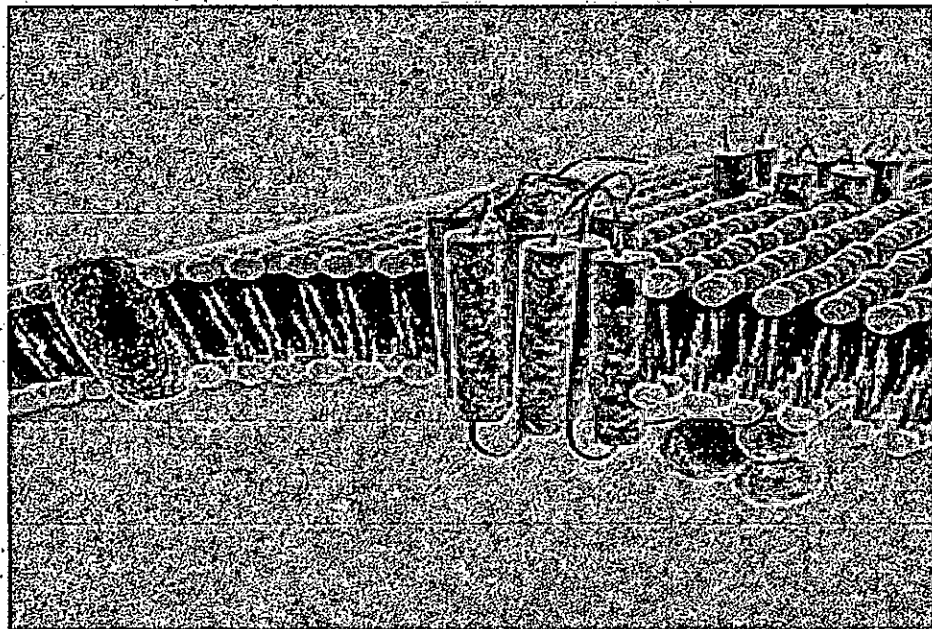
- Inm

CAPITULO III
ASPECTOS GENERALES DE LA BIOELECTRICIDAD EN
MEMBRANAS BIOLÓGICAS

3.1 BIOELECTRICIDAD. LEY DE COULOMB.

El cuerpo humano tiene 35 billones de células. La comunicación entre ellas conlleva a un trabajo en equipo. La figura 3.1 representa una membrana que hará su papel de receptor con el correspondiente flujo de iones. Esto da origen a una corriente eléctrica en el cuerpo humano.

Figura 3.1 Membranas celulares



FUENTE: BIOQUÍMICA I (7ª ED.) (2013) - LUBERT L. STRYER, JEREMY M.
BERG, JOHN L. TYMOCZKO

3.2 LA MEMBRANA Y SU CIRCUITO ELÉCTRICO EQUIVALENTE.

La figura 3.1 sugiere un circuito eléctrico equivalente.

3.3 POTENCIAL DE ACCION DE UNA MEMBRANA.

Tenemos electricidad en el cuerpo humano por tanto un potencial de acción. Siempre hay una diferencia de potencial o un potencial de membrana entre la parte interna y externa de aproximadamente 70 mV.

Tabla 3.1. Concentraciones iónicas

Concentraciones iónicas transmembrana de una célula mamífera			
Tipo	Ion	Concentración externa (mM)	Concentración interna (mM)
	Sodio (Na^+)	145	5-15
	Potasio (K^+)	5	140
Ccm	Magnesio (Mg^{2+})	1-2	0,5
	Calcio (Ca^{2+})	1-2	0,0001
	Hidrógeno (H^+)	0,00004	0,00007
Aniónica	Cloro (Cl^-)	110	5-15

FUENTE : ALBERTS, BRUCE BIOLOGÍA MOLECULAR, PG. 542

El potencial e acción o impulso eléctrico es una onda de descarga eléctrica que viaja a lo larga de la membrana celular.

3.4 CIRCUITO RC DE UNA MEMBRANA Y DESCARGAS.

Las descargas eléctricas son observadas en todo nivel.

Ejemplo 3.1 La descarga de un condensador sigue un decaimiento exponencial.

Solución:

El potencial de un condensador es dado por:

$$Q = -RC\left(\frac{dQ}{dt}\right)$$

Esta expresión indica el decaimiento exponencial por resolución de esta ecuación diferencial.

3.5 PROBLEMAS RESUELTOS CON LA LEY DE COULOMB. PRACTICA

La membrana y su circuito eléctrico equivalente

Problema 1.

Analizar la descarga eléctrica en el corazón.

SOLUCIÓN:

Tiempo de descarga es el factor RC.

Problema 2. Establecer el modelo vibracional en el ADN con un enfoque eléctrico.

SOLUCIÓN:

El modelo utilizado clásicamente es el de Peyrard-Bishop.

Problema 3. Potenciales en el ADN y su implicancia en las vibraciones.

Solución: Las vibraciones se dan de acuerdo a los potenciales simétricos o no simétricos del tipo Morse o modificados.

Problema 4. Analizar la temperatura de desnaturalización del ADN en términos de potenciales de Morse dependientes del parámetro de modificación q.

Problema 5. Analizar la vibración del ADN considerando fuerzas externas y el solvente que lo rodea

123

CAPITULO IV

LOS GRANDES MECANISMOS DISIPATIVOS Y SUS FUERZAS IMPULSORAS

4.1 GRADIENTES QUIMICOS.

El hombre tiene un porcentaje de agua que está recubierto por membranas y con diferentes variaciones o gradientes que originan el flujo de masas y energía. Esta diferencia de concentración es la que genera los denominados gradientes químicos.

DIFUSION

“En un proceso de difusión las moléculas se mueven de una región de alta concentración hacia otra donde la concentración es menor”. (8)

La Ley de Fick indica que la difusión o flujo neto de difusión es proporcional a la sección transversal, es decir:

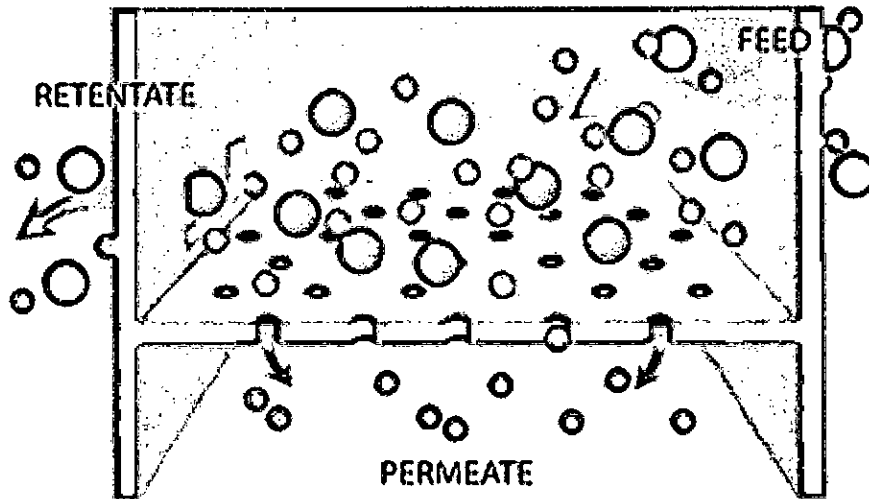
$J = D \cdot A \cdot \Delta C / \Delta X$, donde D representa el coeficiente de difusión, a es el área de pasaje, ΔC es la diferencia de concentración y ΔX es la distancia que separa los puntos en los cuales se midió la concentración de soluto.

4.2 FILTRACION Y LA HEMODIALISIS

La filtración permite la separación de los componentes permeables de los no permeables.

La hemodiálisis representa una filtración de la sangre.

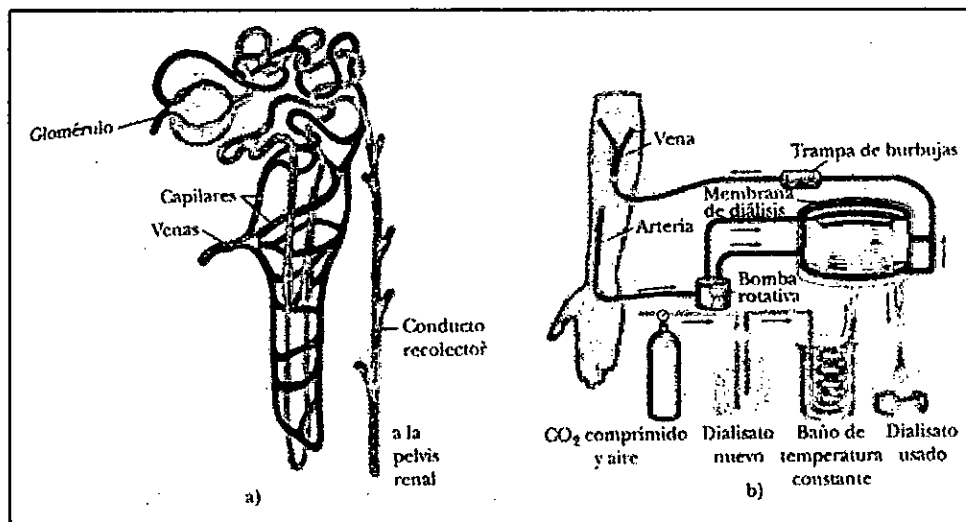
Figura 4.1. Filtración-separación de componentes



**FUENTE: "LA FILTRACIÓN DE UN FILTRO PARA SEPARAR UNA MEZCLA"
LADYOFHATS MARIANA RUIZ (4 FEBRUARY 2007):**

HEMODIALISIS

El organismo limpia sangre por osmosis en base a la circulación por los riñones según figura 4.2.



FUENTE: FUNDAMENTOS DE FÍSICA. SERWAY VUILLE (2016)

LA FIG. 4.2 MUESTRA EN LA PARTE (B) UNA ALTERNATIVA ARTIFICIAL PARA LA LIMPIEZA DE LA SANGRE.

but

4.3 GUIA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE ACUERDO AL PERFIL DEL ENFERMERO: BIOFISICA CON LA LEY DE LAPLACE.

LEY DE LAPLACE

La presión se da directamente a la tensión superficial.

Ejemplo 4.1. Diferencia de presión al interior de una burbuja de vapor de 0.001 m de radio.

Por formula: la diferencia de presión será igual a 0.00117 atm considerado una tensión superficial de 0.0589 atm.

Tabla 3.1 Tensión Superficial

Líquido	Temperatura °C	Tensión superficial (N/m)
Helio	-270	2×10^{-4}
Hidrogeno	-255	2×10^{-3}
Oxigeno	-183	1×10^{-2}
Agua	100	0.0589

FUENTE: CROMER, H (9)

Ejemplo 4.2. Inflar los alveolos es un problema en caso de los neonatos que no completan su evolución por falta del surfactante pulmonar. Esto indica la trascendencia de la Ley de Laplace.

4.4 PROBLEMAS PROPUESTOS

PRÁCTICA.

Problema 1. Verificar que diferencia de presión para hinchar un alveolo es de 15 mmHg. Fuente: Cromer, A. (9).

best

Problema 2. Diferencia de presión al interior de una burbuja de helio de 0.005 m de radio.

Problema 3. Determinar la acción capilar del agua para un tubo de radio 0.05 cm.

La altura que se eleva el agua es dada por la fórmula: $h = 2T/\rho g r$.

Por tanto $h = 2T/\rho g r = 2 \cdot 0.073 / (1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 5 \times 10^{-4} \text{ m}) = 2.98 \text{ cm}$

Problema 4. Determinar la presión necesaria para inflar los alveolos en caso de los niños prematuros.

Problema 5. El coeficiente de permeabilidad es dado por el cociente del coeficiente de difusión entre el espesor de la membrana. Determinar el coeficiente de permeabilidad de la sacarosa. Fuente: M. Parisi (1)

V. REFERENCIALES

1. Parisi M. "*Temas de biofísica*". Chile: Mc Graw Hill; 2004.
2. Muñoz J. "*Hacia una didáctica de la biofísica distancia en el planteamiento de problemas de física aplicada y biofísica. Una propuesta biomecánica*"; Uruguay: Alfa , 2010.
3. Joud D. "*Física para ciencias de la vida*". España. Ed. Mc Graw Hill; 2009
4. Perez, P. "*Biomecánica Básica*". Mexico: Paidotribo; 2015.
5. Quezada, E. "*Física aplicada a las ciencias de la vida*". Lima: UNT 1994.
6. Tipler, P. "*Física para la ciencia y tecnología*". Barcelona: Reverte; 2010.
7. Hewitt, P. "*Física conceptual*". Mexico: Pearson; 2016.
8. Serway, R. "*Fundamentos de Física*". México: Cengage; 2009.
9. Cromer, A. "*Física para las ciencias de la vida*". Mexico: Reverte; 1996.

VII. APÉNDICE

APÉNDICE N° 1

PRÁCTICA N° 1

1. Tema: Tipos de palanca y Leyes de la Palanca.
2. COMPETENCIA: Conceptualiza los tipos de palanca a través de un mapa mental.
3. ACTIVIDAD : Esquematice un mapa conceptual de la algunas tipos de palanca del cuerpo humano.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

APÉNDICE N° 2

PRÁCTICA 2

1. **Tema** : La Ley de Boyle
2. **COMPETENCIA:** Analiza la relación inversa de la ley de Boyle.
3. **ACTIVIDAD** : Esquematice su mapa conceptual sobre la física respiratoria con la ley de Boyle.

bu

BIBLIOGRAFÍA

1. Parisi M. "*Temas de biofísica*". Chile: Mc Graw Hill; 2004.
2. Muñoz J. "*Hacia una didáctica de la biofísica distancia en el planteamiento de problemas de física aplicada y biofísica. Una propuesta biomecánica*"; Uruguay: Alfa , 2010.
3. Joud D. "*Física para ciencias de la vida*". España. Ed. Mc Graw Hill; 2009
4. Perez, P. "*Biomecánica Básica*". Mexico: Paidotribo; 2015.
5. Quezada, E. "*Física aplicada a las ciencias de la vida*". Lima: UNT 1994.
6. Tipler, P. "*Física para la ciencia y tecnología*". Barcelona: Reverte; 2010.
7. Hewitt, P. "*Física conceptual*". Mexico: Pearson; 2016.
8. Serway, R. "*Fundamentos de Física*". México: Cengage; 2009.
9. Cromer, A. "*Física para las ciencias de la vida*". Mexico: Reverte; 1996.

APÉNDICE N° 3

PRÁCTICA N° 3

1. **Tema:** Los potenciales en el ADN y su implicancia en las vibraciones
2. **COMPETENCIA:** Describe las vibraciones para cada potencial de Morse modificado
3. **ACTIVIDAD** :Analiza la diferencia entre las vibraciones del ADN de acuerdo al potencial utilizado..

¿Cómo se aplica el potencial en caso de otras moléculas biológicas como ADN?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

BIBLIOGRAFÍA

1. Parisi M. "*Temas de biofísica*". Chile: Mc Graw Hill; 2004.
2. Muñoz J. "*Hacia una didáctica de la biofísica distancia en el planteamiento de problemas de física aplicada y biofísica. Una propuesta biomecánica*"; Uruguay: Alfa , 2010.
3. Joud D. "*Física para ciencias de la vida*". España. Ed. Mc Graw Hill; 2009
4. Perez, P. "*Biomecánica Básica*". Mexico: Paidotribo; 2015.
5. Quezada, E. "*Física aplicada a las ciencias de la vida*". Lima: UNT 1994.
6. Tipler, P. "*Física para la ciencia y tecnología*". Barcelona: Reverte; 2010.
7. Hewitt, P. "*Física conceptual*". Mexico: Pearson; 2016.
8. Serway, R. "*Fundamentos de Física*". México: Cengage; 2009.
9. Cromer, A. "*Física para las ciencias de la vida*". Mexico: Reverte; 1996.

PARA SABER MAS:

- 1) Thermodynamics of DNA with " hump" Morse potential:
<https://www.redalyc.org/pdf/429/42955130009.pdf>
- 2) Mobile breathers in a anonlinear model for DNA breathing:
<https://www.redalyc.org/pdf/429/42955131002.pdf>

APÉNDICE N° 4

PRÁCTICA N° 4

1. **Tema** : Mecanismos disipativos y sus fuerzas impulsoras
2. **COMPETENCIA:** Analiza la filtración
3. **ACTIVIDAD** : Analiza la hemodiálisis.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1324

BIBLIOGRAFÍA

1. Parisi M. "*Temas de biofísica*". Chile: Mc Graw Hill; 2004.
2. Muñoz J. "*Hacia una didáctica de la biofísica distancia en el planteamiento de problemas de física aplicada y biofísica. Una propuesta biomecánica*"; Uruguay: Alfa , 2010.
3. Joud D. "*Física para ciencias de la vida*". España. Ed. Mc Graw Hill; 2009
4. Perez, P. "*Biomecánica Básica*". Mexico: Paidotribo; 2015.
5. Quezada, E. "*Física aplicada a las ciencias de la vida*". Lima: UNT 1994.
6. Tipler, P. "*Física para la ciencia y tecnología*". Barcelona: Reverte; 2010.
7. Hewitt, P. "*Física conceptual*". Mexico: Pearson; 2016.
8. Serway, R. "*Fundamentos de Física*". México: Cengage; 2009.
9. Cromer, A. "*Física para las ciencias de la vida*". Mexico: Reverte; 1996.

VII. ANEXOS

12

ANEXO 1:
Artículo científico publicado en la revista Eclética Química Journal
basado en la investigación: Biofísica basado en competencias para
la carrera de enfermería.

Dark breather using symmetric morse, solvent and external potentials for DNA breathing (Eclética Química Journal).
(10)

Hernán Oscar Cortez Gutierrez¹, Milton Milciades Cortez Gutierrez², Girady Iara Cortez Fuentes Rivera, Liv Jois Cortez Fuentes Rivera, Deolinda Fuentes Rivera Vallejo
¹Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ciencias de la Salud, 306 Juan Pablo II Av, Callao, Bellavista, 07001, Perú
²Universidad Nacional de Trujillo, Departamento de Matemática, Juan Pablo II Av, Trujillo, Peru
* Corresponding author: Hernan Oscar Cortez Gutierrez, phone: +51 964353795, e-mail address: hcortez@unac.pe

ARTICLE INFO

Article history:

Received: March 12, 2018

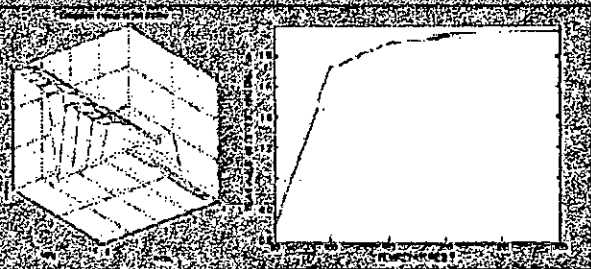
Accepted: May 14, 2018

Published: December, 2018

Keywords:

1. Mobile dark breather
2. Center of energy
3. quantum thermodynamics
4. DNA breathing

ABSTRACT: We analyze the dynamics and the quantum thermodynamics of DNA in Symmetric-Peyrard-Dauxois model (S-PBD) with solvent and external and describe the transient conformational fluctuation dark breather and the ground state wave function associate Schrodinger differential equation. We use S-PBD, the Floquet theory, quantum thermodynamic difference methods. We show that for lower coupling constant a dark breather is present. We estimate the fluctuation breathing of DNA. For the S-PBD model we have the stability of dark breather for $k < 0.004$ and mobile breathers with



K.A.

1. Introduction

The deoxyribonucleic acid DNA is a thread-like chain of nucleotides carrying the genetic information of all organisms. The coding sequences for genes and regulatory information are located in DNA and is marginally stable and undergoes a "melting phase transition". There are many experimental ways to study the fluctuations or breathing of DNA: hydrogen exchange, formaldehyde probing, protein-nucleic acid interactions, DNA replication, DNA base analogue spectroscopy, single molecule DNA-protein interactions, two-dimensional fluorescence spectroscopy¹. The interaction between the viscous potential and external forces prevent DNA to unzip perfectly but allows DNA to split at a certain distance from its original position². S. Flach gives the theory of the "discrete breathers" and applications³.

R. S. Mackay investigates the Peyrard Bishop model for the study of nonlinear excitations travelling along the DNA chains⁴. J. Cuevas has results about breathing of DNA using the spatially localized oscillations or 'discrete breathers'⁵. The mobility and breathing of DNA depends on the harmonic bifurcation⁶. The strong dependence on sequence, temperature and salt concentration for the breathing dynamics of DNA found here points at a good potential for applications and the effect of the viscous and external forces^{2, 7}.

First, the PBD model is introduced. It is then followed by the dynamical and the thermodynamic formulations. We show that mobile breather can lead to the observed breathing, but the amplitude of the breather is determinant for the transient conformational fluctuations of DNA. The results obtained in our simulation verify the existence of dark breather with the conditions describes by R.S. Mackay. The symmetric potential does not give a solution for the transition of the DNA. For that reason, it is necessary to investigate the effect of the solvent and external potentials. The calculation of hydrogen bond stretching using transfer integral operator and difference finite methods are presented.

2. Materials and methods

2.1 Symmetric Morse Potential in the PBD model

The biomechanics of DNA is represented by two degree of freedom X_n and Y_n which correspond to the displacement of the base pair from their equilibrium position along the direction of the hydrogen bonds connecting the two-base pair of nucleotides.

The studies of the Symmetric Peyrard-Bishop-Dauxois (S-PBD) models that included the modified Morse potential was done by adding the absolute value:

$$V(u) = \frac{1}{2} [\exp(-|u|) - 1]^2 \quad (1)$$

where V = symmetric Morse Potential.

The profile of symmetric Morse potential can be seen in Figure 1.

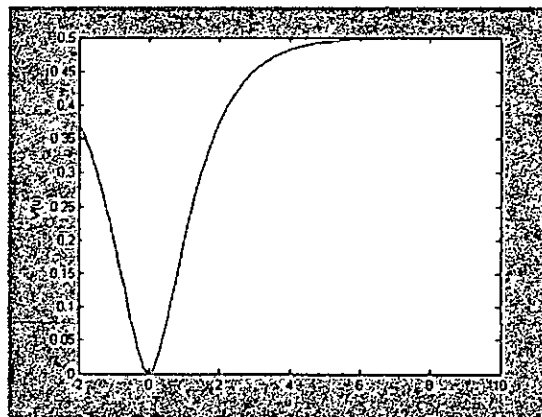


Figure 1. The symmetric Morse potential.

$$H = \sum_{n=1}^N \frac{m}{2} \dot{u}_n^2 + \sum_{n=1}^N \frac{K}{2} (u_n - u_{n-1})^2 + \sum_{n=1}^N V_n(u_n) \quad (2)$$

where N = number of the pairs of bases; K = velocity = u coupling constant; and u_n = stretching of the hydrogen bonds = $(X_n - Y_n)/\sqrt{2}$.

RA

2.2 Dynamics of S-PBD

The associated equations for Equation 4 are the system equations ($n=1, 2, \dots, N$):

$$\ddot{u}_n + \text{sign}(u_n) [e^{-2|u_n|} - e^{-|u_n|}] + K(2u_n - u_{n-1} - u_{n+1}) = 0 \quad (3)$$

Using the approximation for the oscillator n and $T=2\pi/\omega_b$

$$u_n = z_n^0 + \sum_{k=1}^{k_m} 2z_n^k \cos(k\omega_b t) \quad (4)$$

and substituting in Eq. 3 one has:

$$k^2 \omega_b^2 z_n^k + V_n'^k + K(2z_n^k - z_{n-1}^k - z_{n+1}^k) = 0 \quad (5)$$

which depends on the parameter K , and $V_n'^k$ is the k^{th} Fourier coefficient for the periodic Function $V'(u_n(t))$.

Remark 1. One site dark breather

The dark breather solution is obtained in conditions ($t=0$) where all the oscillators are at rest, but equally shifted from their equilibrium position, while the central one is at the rest. The codification for one site dark breather is 1,1,...,1,0,1,...,1,1.

In Fig. 2 the dark breather is depicted. This figure shows the numerical solution of equation (5). The second derivative of the symmetric Morse potential is given by:

$$V'' = [2e^{-2|u_n|} - e^{-|u_n|}]$$

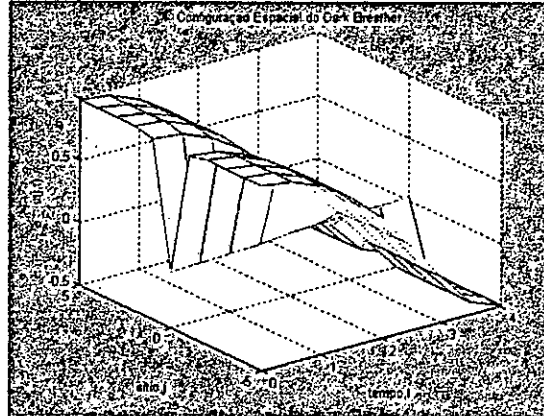


Figure 2. Spatial dark breather configuration of the symmetric Morse potential.

The dynamics of the DNA is a set of coupled oscillators, and the vibrational motion is equivalent to equation (3) which depends of the Symmetric Morse potential and constant K of coupling.

The amplitude of the breather is determinant for the transient conformational fluctuations of DNA. In our case the Figure 2 give a small amplitude.

2.2.1 Existence of Harmonic bifurcation

We analyze the stability of the breather solution. Let us introduce a function $\tilde{u}_n(t) = u_n(t) + \varepsilon_n(t)$, where $u_n(t)$ is the periodic breather solution shown in Figure 2. The term $\varepsilon_n(t)$ is a perturbation: $\tilde{u}_n(t)$ must satisfy the system (3) and expanding around $u_n(t)$ to first order (linearization), we obtain the following system of equations for $\varepsilon_n(t)$

$$\varepsilon_n + (V''(u_n(t)))\varepsilon_n + K(2\varepsilon_n - \varepsilon_{n-1} - \varepsilon_{n+1}) = 0 \quad (6)$$

We can associate a monodrama my matrix for this equation with Fouquet multipliers⁵.

The solution is stable if the modules of Fouquet multipliers are one. The especial instability ("harmonic bifurcation") in our case happens when a pair of Fouquet multipliers merges at $\lambda = 1$ and splits off circle onto the positive real axis in Fig. 3.

trans

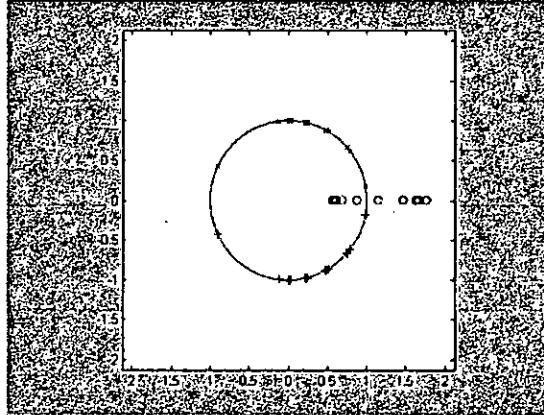


Figure 3. The instability "harmonic bifurcation" with the evolution of the Fouquet multipliers. Case SPBD model with the parameters: $K=0.004$, $w_b=0.8$ for the dark breather.

2.2.2 Existence of Mobile breather

For the coupling $K=0.004$ and $w_b=0.8$ there is a harmonic bifurcation. In this case we can construct a dark breather mobile. Once the system of equations (3) is worked out by Runge Kutta method for the Cauchy problem with the equations (3). We can use the Figure 2 for the initial conditions of the position and average speed of each position "n" respect to the harmonic oscillation corresponding to the DNA.

The center of energy of the breather mobile is given by⁵

$$X_E = \sum_{n=1}^N n H_n^d / H \quad (7)$$

where the density energy has the form

$$H_n^d = \frac{1}{2} u_n^2 + \frac{K}{4} (u_n - u_{n-1})^2 + \frac{K}{4} (u_{n+1} - u_n)^2 + V_n(\sqrt{2}u_n) \quad (8)$$

It is very important the initial velocity of the BM for the displacement a long of sites of DNA and can be produced of DNA breathing.

This parameter initial velocity $v(0)$ is transcendental for DNA breathing.

Handwritten signature or mark.

Remark 2. Initial velocity and the perturbation velocity

We can use the profiles of the stationary dark breather obtained from equations (3). The velocity is a vector which the components are given by

$$v_n(0) = (u_{n+1}(0) - u_{n-1}(0)) / 2 \quad (9)$$

We can define a perturbation velocity in terms of the parameter λ . The components of this vector perturbation V are given by

$$V_n(0) = \lambda(v_n(0) / v) \quad (10)$$

Where v is the norm of the vector of the components $v_n(0)$.

Remark 3. The Cauchy problem is given by

$$\ddot{u}_n + V'(u_n) + K(2u_n - u_{n-1} - u_{n+1}) = 0 \quad (11)$$

Initial conditions: $u_i(0) =$ profiles of the solutions of the Figure 2. The velocities are given by the expression (10) with $\lambda=0.1$. We can obtain the solutions of the equations using initial condition with the software Fortran (for a review, see ref. 9).

2.3 Quantum Thermodynamics of S-PBD

The evaluation of the partition of equation (2) using the transfer integral operator method in the thermodynamic limit reduces to solving the pseudo-Schrodinger equation (12):

$$\{-1/(2\beta^2 K) d^2 / du_n^2 + U(u_n, \beta)\} \psi(u_n) = \epsilon \psi(u_n) \quad (12)$$

$$U(u_n, \beta) = V(\sqrt{2}u_n) + (1/2\beta) \ln(\beta K / 2\pi) \quad (13)$$

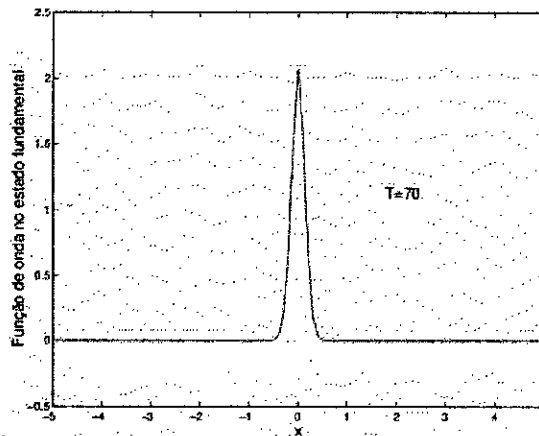
$$\beta = 1/(K_B T) \quad (14)$$

We use the symmetric Morse potential. The fluctuations or breathing of DNA can be performed numerically using the finite difference methods. Firstly, we obtain the ground state wave function of equation (12). For estimate the mean value of the fluctuations we use the formula:

$$\langle u \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^2 u du \quad (15)$$

The ground state wave function for the symmetric Morse potential is symmetric in consequence the mean value of the fluctuations is approximately zero (for a review, see ref. 12).

In Figure 4 is depicted the example of the ground state wave function for the



symmetric Morse potential.

Figure 4. Ground state wave function for the symmetric Morse potential with the control parameter Temperature=70 °K.

2.3.1 Quantum Thermodynamics of S-PBD with solvent and external potentials

We can consider the new potential for the equation (13):

$$U(u_n) = V(\sqrt{2}u_n) + V_{\text{solvent}}(u_n) + V_0 \exp(-0.1u_n^2) + (1/2\beta) \ln(\beta K / 2\pi) \quad (16)$$

The solvent potential is given by: $V_{\text{solvent}} = 0.04 \cdot v \cdot \tanh(u_n/5 - 1)$. In Figure 5, it is depicted the example of the solvent potential.

Amey

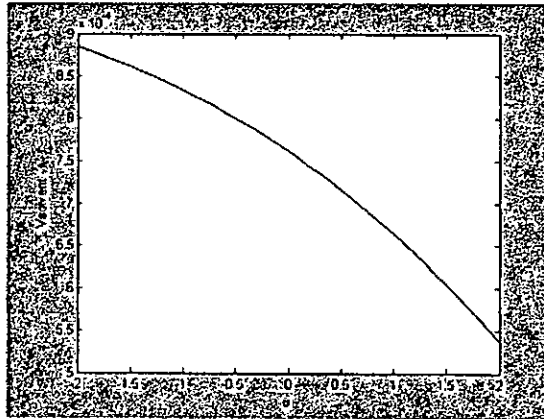
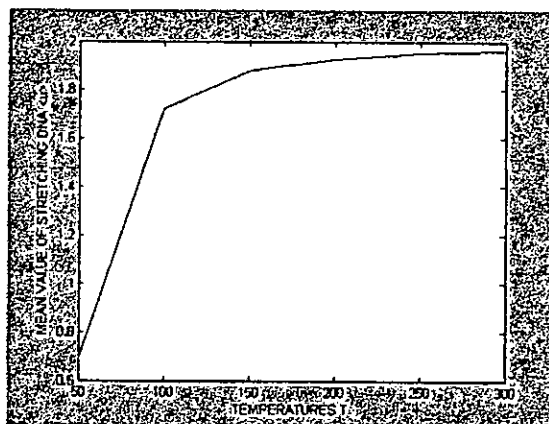


Figure 5. The solvent potential with the control parameter $v=0.025$.

For the symmetric Morse potential in the S-PBD Model we can get many values of the melting temperatures. For example, for $T = 270$ K and the control parameter $v = 0.001$, $V_0 = 0.005$ the mean value of the fluctuations $\langle u \rangle = 1.9586$ Å. The hydrogen bond stretching as a function of temperature gives a melting temperature depicted in Figure 6.

Bustamante¹³ has the interplay between the "DNA breathing" with the viscosity coefficient of the medium.

a)



h. 1009

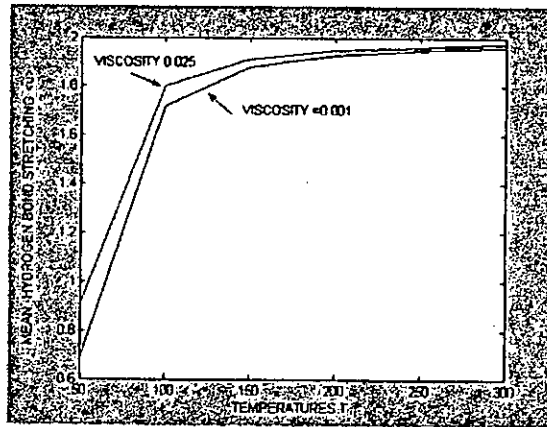


Figure 6. The hydrogen bond stretching as a function of temperature for external.

Potential $V = V_0 \exp(-0.1 u^2)$, $V_0 = 0.005$ and solvent potential with the viscosity control parameter v : a) $v=0.001$ and b) $v=0.025$.

3. Results and discussion

The solutions of the dynamical equations (5) give the dark breather mobile. We have the mobile breather using the center of energy for the initial velocity of 0.1. This method is based on the literature^{6,8}.

We have obtained harmonic bifurcation using the symmetric Morse potential with the parameter $K=0.004$.

We have obtained the Eigen functions of the pseudo-Schrodinger equation (12) to demonstrate that the mean value breathing of DNA is zero. The analysis is based on the reference¹².

For the symmetric Morse potential in the S-PBD Model, we can get the melting temperature for $T = 270$ K, control viscosity parameter $v = 0.001$ and the constant of the external potential $V_0 = 0.005$. For these values the mean value of the fluctuations $\langle u \rangle$ is 1.9586 Å. In this case, we can get the DNA breathing with the variations of temperatures (Figure 6a).

Figure 6b indicates that mean value of stretching $\langle u \rangle$ is direct proportional to the coefficient of viscosity. The increase of the viscosity will increase the hydrogen bond stretching. The viscous and external potential effect is direct

Handwritten mark

proportional to hydrogen bond stretching. For $V_0 = 0.5$ the mean value of hydrogen bond is $\langle u \rangle = 3.82$ with the temperature $T = 270$ K and viscosity $\nu = 0.025$.

The Figure 6 shows that for $T > 150$ K the viscous force is not important for the DNA breathing. This result is similar to that obtained in the literature².

4. Conclusions

The stability of dark breathers using of the symmetric Morse potential have been obtained with the Floquet's theory. It is very important to emphasize that dark breathers at low coupling are shown to be stable in the PBD model with $k < 0.004$. For $k = 0.004$ we have harmonic bifurcation and the mobile dark breather. In this case and using numerical simulations we can demonstrate that the mean value of the hydrogen bond stretching is zero.

For the symmetric potentials we have significant fluctuations in the analysis of the breathing DNA with solvent and external potentials. The external potential is more important than the viscous force for the estimated melting temperature and the mean value of the hydrogen bond stretching.

5. Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the Universidad Nacional del Callao-Facultad Ciencias de la Salud for the technological support. We would also like to thank Walter Julio Cortez Morales and Olga Estrada for economical support.

6. References

- [1] von Hippel, P., Johnson, N., Marcus, A., 50 years of DNA 'Breathing': Reflections on Old and New Approaches, *Biopolymers* 99 (12) (2013) 923-954. <https://doi.org/10.1002/bip.22347>.
- [2] Hidayat, W., Sulaiman, A., Viridi, S, Zen, F. P., The viscous and external forces effect on the thermal denaturation of Peyrard-Bishop, *Physical Chemistry & Biophysics* 5 (5) (2015) 1-5 (186). <https://doi.org/10.4172/2161-0398.1000186>.
- [3] Flach, S., Gorbach, A., Discrete breathers-Advance in theory and applications, *Physics Reports* 467 (1-3) (2008) 1-116. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2008.05.002>.



- [4] Mackay, R. S., Aubry, S., Proof of existence of breathers for time-reversible for Hamiltonian networks of weakly coupled oscillators, *Nonlinearity* 7 (1994) 1623-1643. <https://doi.org/10.1088/0951-7715/7/6/006>.
- [5] Cuevas J., Localización y Transferencia de Energía en Redes Anarmónicas No Homogéneas, Ph. D. Thesis, Universidad de Sevilla, Sevilla, España (2003). <http://grupo.us.es/gfnl/thesis.htm>.
- [6] Aubry, S., Cretegny, T., Mobility and Reactivity of Discrete Breathers, *Physica D* 119 (1-2) (1998) 34-46. [https://doi.org/10.1016/S0167-2789\(98\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0167-2789(98)00062-1).
- [7] Ambjornsson, T., Banik, S. K., Krichevsky, O., Metzler, R., Breathing dynamics in Heteropolymer DNA, *Biophysics J.* 92 (8) (2007) 2674-2684. <https://doi.org/10.1529/biophysj.106.095935>.
- [8] Cortez, H., Drigo Filho, E., Ruggiero, J. R., Breather stability in one dimensional Lattices with a symmetric Morse Potential, *TEMA, Tend. Mat. Apl. Comput.* 9 (2) (2008) 205-212. <https://doi.org/10.5540/tema.2008.09.02.0205>.
- [9] Cortez, H., Drigo Filho, E., Ruggiero, J. R., Cortez, M., Mobile breathers in a nonlinear model for DNA breathing, *Eclética Química Journal* 42 (2017) 71-75. <https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.42.1.2017.p71-75>.
- [10] Sulaiman, A., Zen, F. P., Alatas, H., Handoko, L. T., Dynamics of DNA breathing in the Peyrard-Bishop with damping and external force, *Physica D* 241 (2012) 1640-1647. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2012.06.011>.
- [11] Cortez, H., Tese de doutorado, Modelo Dinâmico e estatístico aplicado à transição de fase. UNESP.(2009) https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/100461/cortezgutierrez_ho_dr_sjrp.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [12] Cortez, H., Drigo Filho, E., Ruggiero, J. R., Gutierrez, M. C., Fuentes Rivera, L. C., Thermodynamics of DNA with "hump" Morse potential, *Eclética Química Journal* 41 (2016) 60-65. <https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v41.1.2016.p60-65>.
- [13] Bustamante, C. Smith, S.B., Liphardt, J., Smith, D., Single-molecule studies of DNA mechanics, *Current Opinion in Structural Biology* 10 (3) (2000) 279-285. [https://doi.org/10.1016/S0959-440X\(00\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0959-440X(00)00085-3).

to