

Guía de Trabajo

Física Aplicada a la Salud

Dr. Hidmer Laulate Melgarejo



Guía de Trabajo

Física Aplicada a la Salud

Material publicado con fines de estudio.

Código: 24UC00072

Huancayo, 2024

De esta edición

© Universidad Continental, Oficina de Gestión Curricular Av. San Carlos 1795,
Huancayo-Perú

Teléfono: (51 64) 481-430 anexo 7361

Correo electrónico: recursosucvirtual@continental.edu.pe

<http://www.continental.edu.pe/>

Cuidado de edición Fondo Editorial

Diseño y diagramación Fondo Editorial

Todos los derechos reservados.

La *Guía de Trabajo*, recurso educativo editado por la Oficina de Gestión Curricular, puede ser impresa para fines de estudio

Contenido

Presentación	5
Primera Unidad	6
Biomecanismos y fluidos	
Semana 1: Sesión 1	
Descripción del movimiento	7
Semana 2: Sesión 2	
Fuerzas y Leyes del movimiento de Newton	9
Semana 3: Sesión 3	
Hidrostática	11
Semana 4: Sesión 4	
Hidrodinámica	13
Segunda Unidad	15
Termodinámica y física de la audición	
Semana 5: Sesión 5	
Termodinámica	16
Semana 6: Sesión 6	
Gases ideales	18
Semana 7: Sesión 7	
Ondas sonoras	20
Tercera Unidad	22
Bioelectromagnetismo y física de la visión	
Semana 9: Sesión 8	
Electricidad	23
Semana 10: Sesión 9	
Electricidad	25

Semana 11: Sesión 10	
Electromagnetismo	28
Semana 12: Sesión 11	
Física de la visión	30
Cuarta Unidad	32
Física nuclear y aplicaciones de la física en medicina	
Semana 13: Sesión 12	
Física nuclear	33
Semana 14: Sesión 13	
Física nuclear	35
Semana 15: Sesión 14	
Resonancia magnética nuclear	37
Referencias	40

Presentación

La guía de trabajo de Física Aplicada a la Salud permite aplicar los fundamentos de la física en la investigación médica y en la optimización de determinadas actividades relacionadas con la salud.

En esta guía estudiamos la física del movimiento aplicado al flujo de la sangre a través del sistema circulatorio, las leyes de Newton aplicados al dispositivo de tracción de Hamilton-Russell, hidrostática aplicada al pesaje hidrostático, hidrodinámica aplicada a la transfusión sanguínea, termodinámica a los mecanismos de transferencia de calor en el cuerpo humano, la ley de los gases aplicada al mecanismo de respiración humana, ondas sonoras aplicadas al movimiento de la sangre en los vasos sanguíneos, electricidad aplicada a la interacción entre las cadena de la molécula de ADN y los marcapasos cardíacos, electromagnetismo aplicado al medidor de flujo sanguíneo electromagnético, física de la luz aplicada al microscopio óptico, física nuclear aplicada la medicina nuclear, a través de la gammagrafía y tomografía por emisión de positrones, física de las imágenes médicas a través de la imagen por resonancia magnética.

Al finalizar la asignatura, el estudiante será capaz de aplicar las leyes físicas, a situaciones inherentes con el funcionamiento del cuerpo humano y su interacción con su entorno.

Las recomendaciones al estudiante para el mejor aprovechamiento de este material de estudio es la de buscar información sobre la aplicación a la medicina específica que se trata cada semana, estos conocimientos previos al desarrollo del aula permiten una mejor comprensión de los casos estudiados.

Datos del docente

Primera **Unidad**

Biomecanismos y fluidos

Semana 1: Sesión 1

Descripción del movimiento

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 1

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar cuánto se mueve la sangre durante un latido del corazón y durante cada fase de movimiento, acelerado y desacelerado de este latido.

II. Descripción de la actividad por realizar

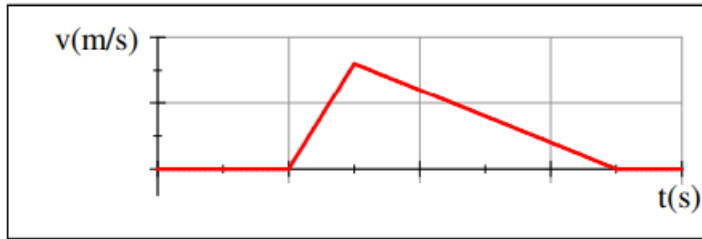
Además de proporcionar información sobre la fisiología normal del flujo en las grandes arterias, las mediciones Doppler en sujetos normales deberían proporcionar una base de datos cuantitativos para evaluar los patrones de velocidad del flujo en pacientes con trastornos cardíacos conocidos o sospechados bajo una variedad de condiciones fisiológicas.

Se realizaron mediciones de la velocidad del flujo sanguíneo en la aorta ascendente de 20 sujetos adultos normales (12 hombres y ocho mujeres, con edades comprendidas entre 21 y 46 años) utilizando Ecocardiografía Doppler (Gardin et al. 1984). Fueron encontrados los siguientes parámetros del flujo sanguíneo, velocidad máxima 92 cm/s, aceleración promedio 940 cm/s², tiempo de aceleración 98 ms, tiempo de desaceleración 197 ms, desaceleración promedio 473 cm/s².

Los médicos pueden estimar la velocidad de la sangre en la aorta ascendente durante un latido. El gráfico de velocidad real versus tiempo es un poco más complicado que el gráfico simplificado para un latido, que se muestra a en la figura 1.

Figura 1

Gráfico simplificado de la velocidad de la sangre versus tiempo en la aorta ascendente durante un latido.



Usando como referencia el gráfico simplificado de la figura 1 y la información de las mediciones del flujo sanguíneo, determinar cuánto se mueve la sangre durante un latido del corazón y durante cada fase de movimiento, acelerado y desacelerado de este latido.

Semana 2: Sesión 2

Fuerzas y Leyes del movimiento de Newton

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 1

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar el peso que debe usarse para mantener la pierna en equilibrio estático en el dispositivo de tracción de Hamilton-Russell, y la fuerza aplicada al muslo en estas condiciones.

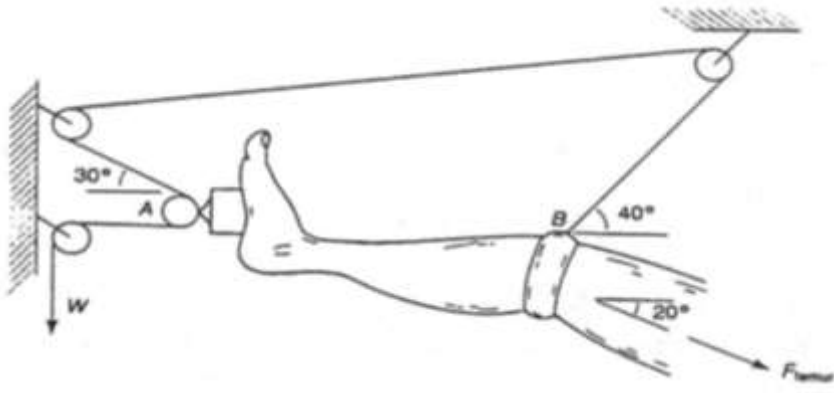
II. Descripción de la actividad por realizar

La tracción Hamilton-Russell, una forma de tracción cutánea. Puede utilizarse en el tratamiento de fracturas de fémur con fines de inmovilización y para aliviar el dolor antes de la cirugía. En un sistema mantenido con precisión, la fuerza de tracción debe actuar a lo largo de la línea del fémur. Por lo tanto, el ángulo entre la fuerza resultante y el colchón también debe ser de 20° . Si estos dos ángulos difieren entonces el vector resultante no actuará a lo largo del eje del fémur (Draper & Scott, 1996).

La figura 1 muestra un dispositivo de tracción de Hamilton-Russell utilizado para aplicar una fuerza de tracción axial a un fémur fracturado para su inmovilización. Determinar el peso (W) que debe usarse para mantener la pierna en equilibrio estático, y la fuerza ($F_{\text{fémur}}$) aplicada al muslo en estas condiciones.

Figura 1

Dispositivo de tracción de Hamilton-Russell utilizada para aplicar una fuerza de tracción a un fémur fracturado para su inmovilización.



Semana 3: Sesión 3

Hidrostatica

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 1

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar la densidad y el porcentaje de grasa corporal de una persona, a partir de aplicar el principio de Arquímedes y el método de pesaje hidrostático.

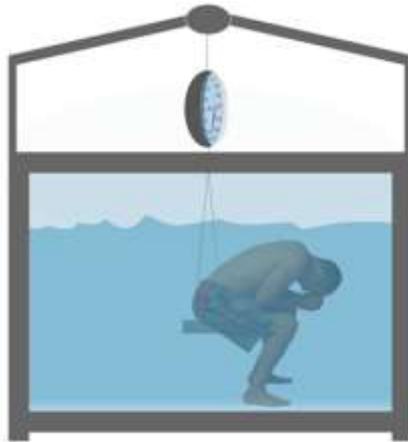
II. Descripción de la actividad por realizar

Desde hace tiempo se reconoce que el porcentaje del peso corporal de una persona, que está compuesto de grasa corporal (BF%), es un componente importante en la evaluación de la condición física y la salud. De los muchos métodos que se han desarrollado para estimar el BF% de las personas vivas, se reconoce que la medición de la densidad corporal (DB) mediante pesaje hidrostático (HW) es un método confiable y se ha utilizado ampliamente para evaluar la composición corporal (Tesch et al., 2022).

El HW se basa en el principio de Arquímedes, que establece que cuando un cuerpo se sumerge en agua, es impulsado por una fuerza contraria igual al peso del agua desplazada (Figura 1). Básicamente, el peso de una persona (o un objeto) en el agua es menor que su masa en tierra. Esta diferencia de peso proporciona una estimación del volumen corporal. Los músculos y los huesos son más densos que el agua, mientras que la grasa es menos densa. Una vez que se conocen la masa y el volumen de un individuo, la densidad corporal se puede calcular como masa/volumen y el% de grasa se puede calcular (Holmes & Racette, 2021).

Figura 1

Ilustración de la medición del peso corporal mediante el método de pesaje hidrostático.



Nota: tomada de <https://www.measurement-toolkit.org/> (2024)

En un estudio descriptivo cuantitativo, donde participan individuos de ambos sexos, y la información recolectada incluye edad, etnia, nivel de actividad física, peso corporal, altura y porcentaje de grasa corporal, se analiza los resultados del pesaje hidrostático en la evaluación del estado nutricional (Moraes et al, 2017). Así, para una persona blanca de 23, 7 años, sexo masculino, masa corporal de 78,3 kg y 177,2 cm de altura, determinar la densidad de esta persona y porcentaje de grasa corporal y verificar con el resultado del estudio.

Semana 4: Sesión 4

Hidrodinámica

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 1

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar la velocidad media a la que la sangre entra en la vena de un paciente durante una transfusión sanguínea utilizando la gravedad.

II. Descripción de la actividad por realizar

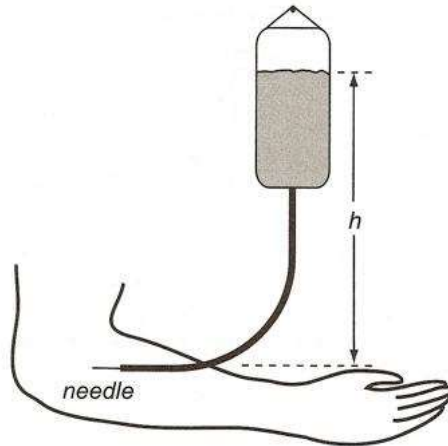
En un hospital, los medicamentos generalmente se administran mediante bombas electromecánicas, pero si no están disponibles, el uso de la gravedad puede ser una opción para algunos medicamentos en pacientes seleccionados después de una evaluación de riesgos. Usar la gravedad es el método más simple para infundir medicamentos y líquidos. El recipiente de infusión (generalmente una bolsa o botella) se cuelga sobre el paciente a una altura específica para crear la presión y el caudal deseados. Se requiere cuidado si cambia la altura entre el recipiente de infusión y el paciente (por ejemplo, si el paciente se sienta en la cama), ya que esto puede cambiar la presión del flujo y, a su vez, la velocidad a la que se administra la infusión. La velocidad de administración se calcula teniendo en cuenta el volumen de infusión y el tiempo de infusión deseado (Medicines Learning Portal, 2024).

Las venas superficiales de la fosa cubital son un sitio común para obtener sangre venosa para análisis, transfusión y terapia intravenosa (Bekel et al. 2018). Las venas superficiales más constantes para la transfusión son la safena, la cefálica y la yugular externa. Así, a un paciente en un hospital se le efectúa

una transfusión de sangre a través de una vena cefálica del brazo. El médico quiere suministrarle cierto volumen de sangre en el menor tiempo posible utilizando la gravedad. Considere la presión sanguínea del paciente en posición supina en el punto de aplicación de $97 \text{ mmH}_2\text{O}$ (Bekel et al. 2018). Sebe elegir el catéter para un flujo determinado. Los estándares de práctica indican que la sangre debe infundirse a través de un catéter de calibre 20 (20G) o más grande para prevenir la hemólisis [destrucción] de los glóbulos rojos (Acquillo, 2007). Determinar la velocidad media a la que entra la sangre en la vena de este paciente durante la transfusión sanguínea.

Figura 1

Ilustración que muestra una transfusión de sangre.



Segunda

Unidad

**Termodinámica y física de la
audición**

Semana 5: Sesión 5

Termodinámica

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 2

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar el efecto de aplicar una bolsa de hielo en la reducción de la temperatura corporal de pacientes con fiebre ingresados en UCI y la transferencia de calor a través de los diferentes tejidos que conforman la piel humana.

II. Descripción de la actividad por realizar

La fiebre es un aumento de la temperatura corporal que excede la variación diaria normal y ocurre en asociación con un aumento en el punto de ajuste hipotalámico, pasando por ejemplo de 37°C a 39°C. Debido al alto riesgo de infección asociado con procedimientos invasivos, inmunosupresión, condiciones patológicas y riesgos ambientales presentes en las unidades de cuidados intensivos (UCI), la fiebre ocurre en más de un tercio de los pacientes críticos. Se trata, por tanto, de un hecho frecuente en este tipo de unidades, donde más del 50% de los individuos ingresados en UCI presentan fiebre por causas infecciosas o no infecciosas (Axelrod, 2000). La implementación de técnicas para reducir la temperatura corporal es común en la práctica clínica de pacientes febriles utilizando antipiréticos, métodos físicos o una combinación de ambos (Salgado et al., 2016).

Si un paciente tiene una fiebre peligrosamente alta, aplicar un método físico mediante el uso de una bolsa de hielo puede ayudar a disminuir la temperatura de su cuerpo. Se pide determinar el efecto de aplicar una bolsa

de hielo en la reducción de la temperatura corporal de pacientes con fiebre ingresados en UCI. Además, muchos pacientes con enfermedades cardíacas son obesos y los efectos aislantes de la obesidad perjudican la disipación del calor. Así, determine también la transferencia de calor a través los diferentes tejidos que conforman la piel humana.

Figura 1

Uso de bolsas de hielo para controlar la fiebre de los pacientes.



Semana 6: Sesión 6

Gases ideales

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 2

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar la presión parcial de oxígeno en los pulmones y el número de moléculas de oxígeno inhaladas en cada respiración de esta persona a nivel del mar y a diferentes alturas sobre el nivel del mar.

II. Descripción de la actividad por realizar

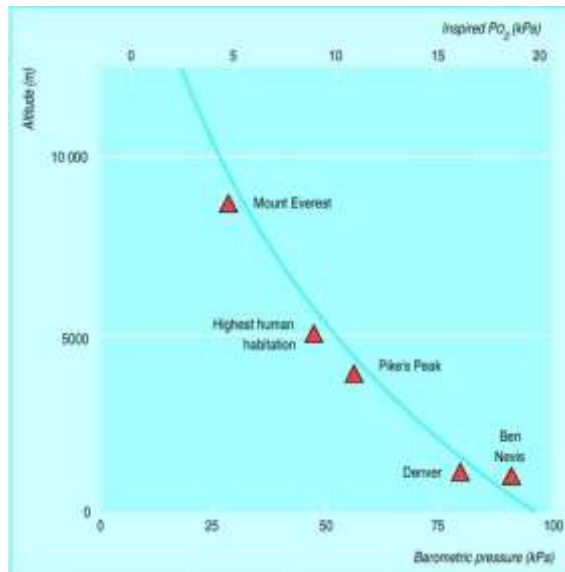
El número de personas que viajan a regiones de gran altitud, especialmente a Sudamérica, ha aumentado enormemente en los últimos 10 años. Sin una habilidad especial para escalar, estos excursionistas pueden verse expuestos a altitudes que no habrían encontrado en sus países de origen. Por lo tanto, se debe comprender los efectos de la altitud en el organismo, los procesos de aclimatación, la profilaxis y el tratamiento del mal de altura. Esto es lo que se encarga de estudiar la subespecialidad de la medicina denominada medicina de montaña (Peacock, 1998).

Aunque el porcentaje de oxígeno en el aire inspirado es constante en diferentes altitudes, la caída de la presión atmosférica a mayor altitud disminuye la presión parcial del oxígeno inspirado y, por tanto, la presión impulsora para el intercambio de gases en los pulmones y, a su vez, produce una cascada de efectos hasta el nivel de las mitocondrias, el destino final del oxígeno. El peso del aire sobre nosotros es responsable de la presión atmosférica, que normalmente es de unos 100 kPa al nivel del mar. Esta presión

atmosférica es la suma de las presiones parciales de los gases constituyentes, oxígeno, nitrógeno, y también vapor de agua (Pleil et al. 2021). Así, para una persona que inhala un cierto volumen de aire en cada respiración normal, cuya presión y temperatura dependerá de su ubicación con respecto al nivel del mar, determinar la presión parcial de oxígeno en los pulmones y el número de moléculas de oxígeno inhaladas en cada respiración de esta persona a nivel del mar y a diferentes alturas sobre el nivel del mar.

Figura 1

Relación entre altitud y presión de oxígeno inspirado.



Nota: tomada de Peacock (1998)

Semana 7: Sesión 7

Ondas sonoras

-

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 2

Nombres y apellidos:

-

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

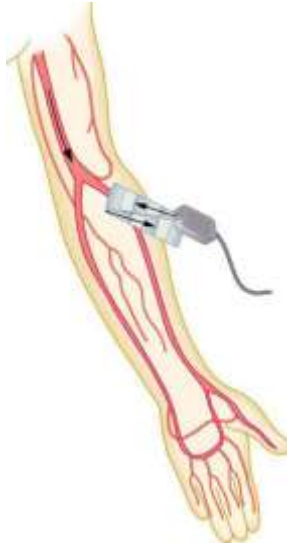
Estimar la velocidad de la sangre en la arteria radial teniendo en cuenta varios ángulos con respecto a la fuente de ultrasonido

II. Descripción de la actividad por realizar

La medición de la velocidad del flujo sanguíneo y cantidades relacionadas, como el caudal, ha sido de interés durante varias décadas en la práctica clínica y en la investigación clínica. Un gran número de estudios se han concentrado en medir y validar estos parámetros en varios sitios arteriales con ultrasonido. La mayoría de los estudios se centraron en las grandes arterias, como la carótida y la femoral, cuyos diámetros suelen oscilar entre 4 y 8 mm. En las arterias radial y cubital de la muñeca los diámetros arteriales suelen ser de aproximadamente 2 a 3,5 mm. Estudios clínicos han utilizado ultrasonido para medir cantidades relacionadas con la velocidad en estas dos arterias en relación con la creación de una fístula arteriovenosa, en preparación para la extracción de arteria radial para la cirugía de bypass coronario y en el estudio del síndrome de Raynaud. De esta manera, se pide estimar la velocidad de la sangre en la arteria radial teniendo en cuenta varios ángulos de inclinación del dispositivo emisor de ultrasonido (Zhou et al., 2017).

Figura 1

Se envía ultrasonido de cierta hacia la sangre en una arteria que se mueve hacia la fuente la fuente emisora.



Nota: tomada de <https://pressbooks.com/> (2024)

Tercera **Unidad**

**Bioelectromagnetismo y física
de la visión**

Semana 9: Sesión 8

Electricidad

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 3

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

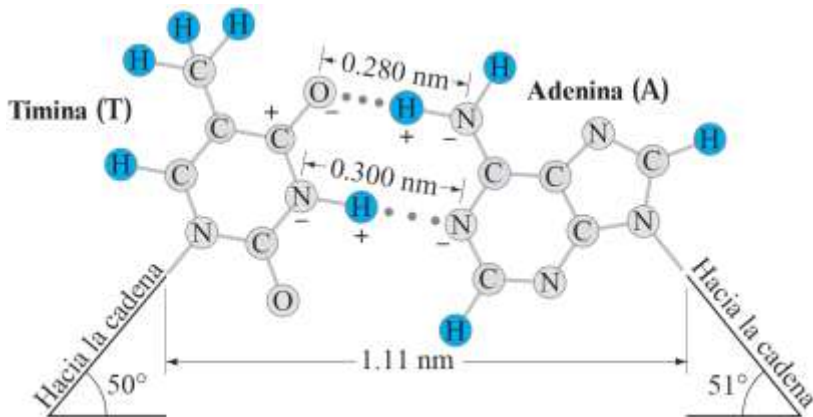
Determinar la fuerza electrostática total entre las dos cadenas de ADN a partir de calcular esta fuerza entre timina y adenina, y citosina y guanina individualmente.

II. Descripción de la actividad por realizar

La electrostática clásica desempeña un papel importante en la biología molecular moderna. Las moléculas grandes, como las proteínas, los ácidos nucleicos, etc., tan importantes para la vida, suelen estar cargadas eléctricamente. El ADN mismo está muy cargado; es la fuerza electrostática la que no sólo mantiene unida a la molécula, sino que también le da estructura y fuerza. El orden de las cuatro bases de nucleótidos (adenina, citosina, guanina y timina) varía en cada hebra, pero el emparejamiento entre bases es siempre el mismo. Citosina y guanina siempre están emparejados y adenina y timina siempre están emparejados, lo que ayuda a preservar el orden de las bases en la división celular (mitosis) para transmitir la información genética correcta. Dado que la fuerza electrostática, a partir de la ley de Coulomb, disminuye con la distancia, las distancias entre los pares de bases deben ser lo suficientemente pequeñas como para que la fuerza electrostática sea suficiente para mantenerlos unidos (Lumen Learning, 2024).

Figura 1

Atracción entre timina y adenina mediante fuerzas electrostáticas.



Nota: tomada de Giancoli (2009).

Como se muestra en la figura, los átomos de O y N tienen cargas negativas, mientras que el átomo de H tiene una carga positiva. Además, dentro de la doble cadena de ADN existen dos tipos de enlaces químicos: el enlace O-H (O de la molécula de timina y H de la molécula de adenina) y el enlace NH-N (NH de la molécula de timina, N de la molécula de adenina). Por tanto, las dos cadenas del ADN se mantienen unidas mediante fuerzas electrostáticas debido a la carga neta promedio entre los átomos de H y N y los átomos de C y O (Ahmad et al. 2016). Así, se pide determinar la fuerza electrostática total entre las dos cadenas de ADN a partir de calcular esta fuerza entre timina y adenina, y citosina y guanina individualmente.

Semana 10: Sesión 9

Electricidad

- Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 3

Nombres y apellidos:

-

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar la capacitancia del capacitor utilizado en el circuito de carga de un marcapasos para mantener una frecuencia cardiaca normal en reposo.

II. Descripción de la actividad por realizar

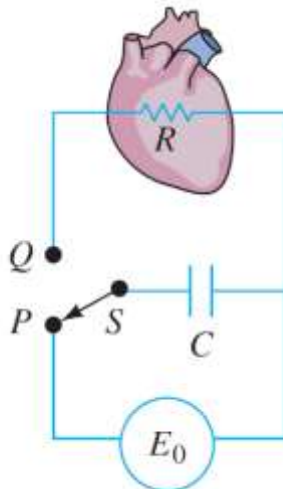
La actividad cardíaca normal comienza en el nódulo sinusal, donde las células con automatismo intrínseco actúan como células marcapasos. Luego, los frentes de ondas eléctricas se propagan a través de las aurículas hasta el nódulo auriculoventricular, a través del cual pasan para ingresar al sistema His-Purkinje para propagarse rápidamente y despolarizar los ventrículos. Cuando falla el automatismo cardíaco intrínseco, la excitabilidad eléctrica del tejido cardíaco permite que un pequeño estímulo eléctrico externo lleve a los miocitos al umbral, lo que lleva a la despolarización de los miocitos vecinos y la consiguiente propagación de un frente de onda eléctrica con contracción muscular casi simultánea. Los marcapasos cardíacos proporcionan ese estímulo externo (Mulpuru et al. 2017).

Los marcapasos son generadores de impulsos eléctricos artificiales regulables, que frecuentemente emiten un impulso con una duración de entre 0,5 y 25 milisegundos con una salida de 0,1 a 15 voltios, a una frecuencia de hasta 300 veces por minuto. El cardiólogo o tecnólogo de marcapasos podrá controlar

la frecuencia de estimulación, el ancho del pulso y el voltaje ya sea que el dispositivo sea temporal o permanente. Los marcapasos suelen clasificarse como externos o internos. La variedad externa casi siempre se coloca para la estabilización temporal del paciente o para facilitar algún tipo de procedimiento quirúrgico. El tipo implantable suele ser permanente y, a menudo, significativamente más complejo que la variedad externa temporal (StatPearls, 2024).

Figura 1

Sistema Representativo de marcapasos del Corazón.



Nota: tomada de <https://ecuaciondiferencial ejercicios resueltos.com/> (2024)

En la fase de carga del marcapasos, un capacitor debe cargarse (en su mayor parte), utilizando una fuente de voltaje y un resistor con que está conectado en serie, en el tiempo entre los latidos del corazón. Según el electrocardiograma (ECG), que registra la actividad eléctrica del corazón, podemos estimar el tiempo entre dos latidos. Suponga que el capacitor debe cargarse hasta 95% de su carga máxima en el tiempo entre dos latidos del corazón. Estimar la constante de tiempo para el circuito de carga. Para el proceso de descarga, donde el capacitor se conecta al corazón, el intervalo de tiempo debe ser mucho menor para producir un pulso muy corto para

estimular el músculo cardíaco. Suponiendo que el capacitor debe descargarse hasta el 1% de su carga máxima, cuál es la constante de tiempo para este proceso de descarga. Considerando la resistencia eléctrica del corazón, determine la capacitancia del capacitor que necesitaría usar para lograr esta descarga rápida.

Semana 11: Sesión 10

Electromagnetismo

-
Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 3

Nombres y apellidos:

-

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar el flujo de la sangre y la magnitud de la fuerza sobre los iones en la sangre, la intensidad de campo eléctrica producto de la separación de cargas, y el voltaje que se debería medir en a través de la arteria que está en la presencia de un medidor de flujo electromagnético.

II. Descripción de la actividad por realizar

El flujo sanguíneo es el funcionamiento continuo de la sangre en el sistema cardiovascular. El flujo sanguíneo pulsa en las arterias grandes y disminuye en amplitud a medida que se acerca a los capilares. En las venas no hay pulsaciones. El flujo en las arterias es el resultado de la eyección ventricular; en las venas, es el resultado de una serie de factores que incluyen el movimiento respiratorio, la compresión muscular y el pequeño residuo de presión arterial (Teferra, 2017).

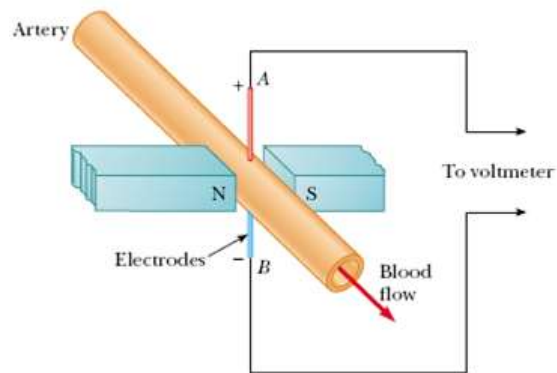
La medición del flujo sanguíneo es un aspecto muy importante de la medicina ya que el nivel de flujo sanguíneo es un parámetro importante en la evaluación de la función del órgano. El flujo sanguíneo es uno de los parámetros más difíciles de medir. Los instrumentos para medir el flujo a través de los vasos sanguíneos del cuerpo deben cumplir ciertas especificaciones estrictas; por ejemplo, los requisitos de sensibilidad y estabilidad dependen de la magnitud

del flujo, la ubicación y el diámetro de los vasos sanguíneos individuales. El medidor de flujo electromagnético es un dispositivo preciso para medir caudales medios. Este método es aplicable a líquidos conductores y ha resultado adecuado para la medición del flujo sanguíneo (Raja Rao & Guha, 2000).

Un cardiócirujano monitorea la tasa de flujo de sangre a través de una arteria usando un medidor de flujo electromagnético, que se muestra en la figura.

Figura 1

Técnica de medición del flujo sanguíneo electromagnético.



Nota: tomada de Nair et al. 2015

El campo magnético ejerce una fuerza sobre los iones en la sangre, que se separarán. Los iones se separarán hasta formar un campo eléctrico que equilibre exactamente la fuerza magnética. Este campo eléctrico produce un voltaje que se puede medir. Determinar el flujo de la sangre y la magnitud de la fuerza sobre los iones en la sangre, dentro de este campo magnético, la intensidad de campo eléctrica producto de la separación de cargas, y el voltaje que se debería medir en a través de la arteria.

Semana 12: Sesión 11

Física de la visión

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 3

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar el tamaño de la imagen final que se forma al observar un glóbulo rojo utilizando un microscopio óptico.

II. Descripción de la actividad por realizar

Los glóbulos rojos constituyen aproximadamente el 45% del volumen sanguíneo en comparación con aproximadamente el 55% del plasma sanguíneo. Este hematocrito cambia en caso de enfermedad, donde la cantidad de glóbulos rojos cambia según el tipo y la gravedad de la enfermedad. Por lo tanto, la evaluación del recuento de glóbulos rojos es muy importante para detectar y realizar un seguimiento del tratamiento de varias enfermedades. Una disminución en el recuento de glóbulos rojos podría indicar anemia, leucemia o inflamación crónica. Por otro lado, un aumento en el recuento de glóbulos rojos podría indicar una función cardíaca deficiente, una función pulmonar deficiente o un tumor renal. El recuento de glóbulos rojos lo realizaba convencionalmente un patólogo de forma manual utilizando un microscopio óptico. Este método puede llevar mucho tiempo (hasta varios minutos para cada muestra), estar sujeto a errores humanos y a la variabilidad interobservador, y depender de las habilidades del observador (Awad et al. 2020).

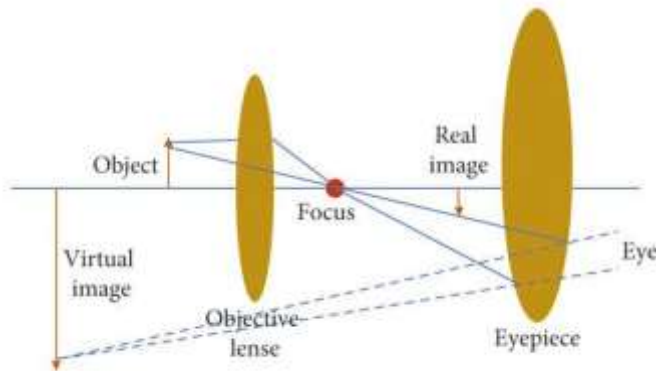
El sistema óptico de un microscopio incluye principalmente una lente objetivo

y oculares. El propósito de una lente objetiva es ampliar un objeto para que el usuario pueda observarlo claramente. Durante la observación, la muestra se coloca cerca del plano focal de la lente del objetivo en el espacio del objeto y primero se crea una imagen real ampliada de la muestra en el plano intermedio. El plano intermedio está ubicado en el plano focal del ocular, por lo que el ocular funciona como una lupa para ampliar aún más la imagen proyectada en el plano de imagen intermedio. Finalmente, se proporciona al observador una imagen virtual ampliada e invertida ().

Los objetivos están disponibles con aumentos que van desde 2X–200X. Los oculares suelen producir un aumento adicional de 10X, pero esto puede variar de 1X a 30X. El estándar DIN (Deutsche Industrie Norm) considera una distancia de 160 mm desde el objetivo hasta el ocular (longitud del tubo). Así, se utiliza un microscopio óptico para observar un glóbulo rojo, suponiendo que el glóbulo está muy cerca al plano focal del objetivo, Determinar el tamaño de la imagen final que se forma de está.

Figura 1

Principio de la obtención de imágenes mediante microscopio óptico.



Nota: tomada de Du et al., 2022.

Cuarta **Unidad**

**Física nuclear y aplicaciones de
la física en medicina**

Semana 13: Sesión 12

Física nuclear

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 4

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar la masa inicial de ^{18}F que se utiliza en un examen de Tomografía de emisión de positrones (PET), además del porcentaje de la actividad y masa que permanece después de 3 vidas medias de administrado el radiofármaco

II. Descripción de la actividad por realizar

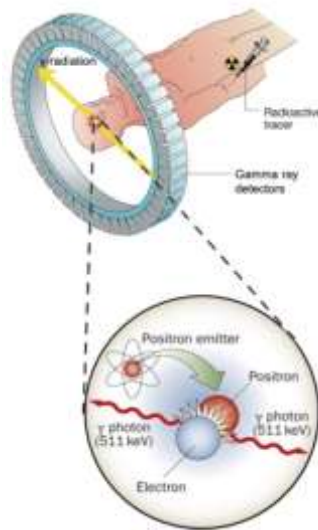
La Tomografía de emisión de positrones (PET) es una técnica de imágenes de medicina nuclear que produce una imagen tridimensional de los procesos funcionales del cuerpo. El sistema detecta pares de rayos gamma emitidos indirectamente a través de una reacción de aniquilación por un radionucleido emisor de positrones, como el ^{18}F (vida media de 109,8 min), que ha sido inyectado en el cuerpo a través de una molécula biológicamente activa como portador (radiofármaco). Luego, una computadora reconstruye imágenes tridimensionales de las concentraciones de radiofármacos dentro del cuerpo utilizando el software y el análisis adecuados. La molécula biológicamente activa más utilizada para la PET es la ^{18}F -fluoro-2-desoxi-D-glucosa (^{18}F -FDG), un análogo de la glucosa, que se utiliza para la detección temprana de tumores y la evaluación de la respuesta a la terapia contra el cáncer. La concentración de acumulación de trazador (es decir, la imagen PET) proporciona información sobre la actividad metabólica del tejido en

términos del metabolismo regional de la glucosa, que se sabe que aumenta en las células cancerosas en comparación con las células normales. El ^{18}F -FDG ha demostrado consistentemente ser superior a las imágenes convencionales para la estadificación del cáncer de pulmón de células no pequeñas y proporciona información de mayor importancia pronóstica que la que se puede obtener mediante enfoques convencionales (Alauddin, 2012).

Las exploraciones en humanos implican la administración de 350 a 750 MBq de ^{18}F -FDG (Taylor et al. 2014). Siendo así, estimar la masa inicial de ^{18}F que se utiliza en un examen PET con ^{18}F -FDG, además del porcentaje de la actividad y masa originales que permanece después de 3 vidas medias de administrado el radiofármaco.

Figura 1

Las exploraciones por imágenes de tomografía por emisión de positrones (PET) utilizan un marcador radiactivo para detectar signos de cáncer, enfermedades cardíacas y trastornos cerebrales.



Nota: tomada de <https://multimodalneuroimaging.wordpress.com/> (2024)

Semana 14: Sesión 13

Física nuclear

-
Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos
Docente: Unidad: 4
Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar la dosis absorbida, equivalente y efectiva en el hígado de un paciente debido a un examen de gammagrafía usando ^{99m}Tc .

II. Descripción de la actividad por realizar

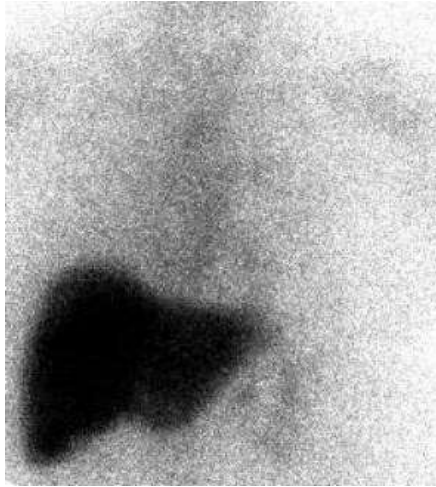
El hígado abarca múltiples funciones, incluidas funciones metabólicas, sintéticas y desintoxicantes. En las últimas décadas, se han desarrollado varias pruebas de función hepática, cada una de las cuales refleja un componente separado del amplio espectro de la función hepática. La gammagrafía con albúmina sérica y la gammagrafía hepatobiliar (HBS) con derivados del ácido iminodiacético (IDA), ambos marcados con ^{99m}Tc (isótopo adecuado para la gammagrafía debido a sus excelentes características físicas) son dos técnicas de imágenes nucleares utilizadas para la evaluación no invasiva de la función hepática. La gammagrafía implica el uso de cámaras gamma para detectar la radiación emitida por trazadores radiactivos (radiofármacos) y utilizarlos para crear imágenes del interior del paciente (de Graaf et al., 2010).

Así, en un paciente se realiza una exploración gamma del hígado, para esto se le administra ^{99m}Tc (emisión de rayos gamma de 140 keV) vía intravenosa. Comúnmente se utiliza una dosis administrada de entre 1 a 8 mCi (University of Michigan, Environment, Health & Safety, 2024). Si un análisis médico muestra que el 60 % de este isótopo es absorbido y retenido por el hígado, determinar

la dosis absorbida, equivalente y efectiva, que recibe el hígado del paciente debido a esta exposición.

Figura 1

Gammagrafía de hígado con ^{99m}Tc .



Nota: tomada de Depypere et al., 2009.

Semana 15: Sesión 14

Resonancia magnética nuclear

Sección: Fecha:/...../..... Duración: 60 minutos

Docente: Unidad: 4

Nombres y apellidos:

Instrucciones

Leer la descripción del problema, hacer las consideraciones necesarias para obtener estimaciones adecuadas.

I. Propósito

Determinar la frecuencia a la que se excitan los núcleos de algunos átomos bajo la presencia de un campo magnético y una onda de radiofrecuencia dados, utilizando el modelo simplificado PHET de imagen por resonancia magnética.

II. Descripción de la actividad por realizar

El fenómeno de la resonancia magnética nuclear (RMN) fue descrito experimentalmente por primera vez por Bloch y Purcell en 1946, por lo que ambos recibieron el Premio Nobel de Física en 1952. Desde entonces, la técnica ha evolucionado rápidamente, permitiendo el desarrollo de aplicaciones clínicas.

Todos los núcleos atómicos están formados por protones y neutrones, con una carga neta positiva. Ciertos núcleos atómicos, como el núcleo de hidrógeno, ^1H , o el núcleo de fósforo, ^{31}P , poseen una propiedad conocida como “espín”, dependiente del número de protones. Esto puede concebirse como el núcleo girando alrededor de su propio eje, aunque se trata de una analogía matemática. El núcleo en sí no gira en el sentido clásico, sino que, en virtud de sus componentes, induce un momento magnético, generando un campo magnético local con los polos norte y sur. La descripción de la mecánica cuántica de este imán dipolar es análoga a la mecánica clásica de los objetos

que giran. El dipolo en sí es análogo a una barra magnética, con los polos magnéticos alineados a lo largo de su eje de rotación. La aplicación de un campo magnético externo (B) fuerte alinea el núcleo en paralelo o perpendicular al campo externo. En sólidos o líquidos tendería a haber un exceso de espines en la misma dirección que B . Aunque una barra magnética se orientaría completamente paralela o antiparalela al campo, el núcleo tiene un momento angular debido a su rotación, por lo que girará, o precederá, alrededor del eje de B . La velocidad de rotación alrededor de la dirección del campo es la frecuencia de Larmor, que es proporcional a la intensidad del campo. Los núcleos que poseen espín pueden excitarse dentro del campo magnético estático, B , mediante la aplicación de un segundo campo de radiofrecuencia (RF), aplicado perpendicular a B . La energía de RF generalmente se aplica en pulsos cortos, cada uno de los cuales dura microsegundos. La absorción de energía por parte del núcleo provoca una transición de niveles de energía superiores a inferiores y viceversa durante la relajación. La energía absorbida (y posteriormente emitida) por los núcleos induce un voltaje que puede ser detectado por una bobina de alambre adecuadamente sintonizada y amplificada. En ausencia de pulsaciones de RF continuas, los procesos de relajación devolverán el sistema al equilibrio térmico. Por lo tanto, cada núcleo resonará a una frecuencia característica cuando se coloque dentro del mismo campo magnético (Grover et al., 2015). Así, utilizando el laboratorio PHET para imagen por resonancia magnética (IRM) simplificado, que se muestra en la figura 1, se pide determinar la frecuencia a la que se excitan los núcleos de algunos átomos bajo la presencia de un campo magnético y una onda de radiofrecuencia dados.

Figura 1

Simulación basada en el modelo de Imagen de Resonancia Magnética.



Nota: tomada de IRM Simplificado, por PHET Simulaciones Interactivas, 2024.

https://phet.colorado.edu/es_PE/simulations/mri

Referencias

- Acquillo, G. (2007). Blood Transfusion Flow Rate. *Journal of the Association for Vascular Access*, 12 (4), 225–226. <https://doi.org/10.2309/java.12-4-9>
- Ahmad, M., Milhem, R. M., Panicker, N. G., Rizvi, T. A., & Mustafa, F. (2016). Electrical characterization of DNA supported on nitrocellulose membranes. *Scientific reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep29089>
- Alauddin, M. M. (2012). Positron emission tomography (PET) imaging with (18)F-based radiotracers. *Am. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*, 2(1),55-76. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc3478111/>
- Awad, S. I., Abdallat, R. G., Smadi, O. A., Almomani, T. D., & Alzghoul, S. M. (2020). Automated Identification of Red Blood Cells in Optical Microscope Images of Blood Smears Using Various Color Segmentation Methods. *Appl. Med. Inform*, 42(2),69-82. <https://ami.info.umfcluj.ro/index.php/AMI/article/view/762>
- Axelrod, P. (2000). External cooling in the management of fever. *Clin Infect Dis*, 31(Suppl. 5), S224-S233. <https://doi.org/10.1086/317516>
- Bekel, A.A., Bekalu, A.B., Moges, A.M., & Gebretsadik, M.A. (2018). Anatomical variations of superficial veins pattern in Cubital fossa among north west Ethiopians. *Anatomy Journal of Africa*, 7(2), 1238 – 1243. <https://doi.org/10.4314/aja.v7i2.174144>
- Chen, X., Zheng, B., & Liu, H. (2011). Optical and digital microscopic imaging techniques and applications in pathology. *Anal. Cell. Pathol. (Amst)*, 34(1-2):5-18. <https://doi.org/10.3233/acp-2011-0006>
- de Graaf, W., Bennink, R. J., Veteläinen, R., & van Gulik, T. M. (2010). Nuclear imaging techniques for the assessment of hepatic function in liver surgery and transplantation. *J. Nucl. Med.*, 51(5), 742-752. <https://doi.org/10.2967/jnumed.109.069435>
- Depypere, L., Goethals, M., Janssen, A., & Olivier, F. (2009). Traumatic rupture of

- splenic tissue 13 years after splenectomy. A case report. *Acta Chir. Belg.*, 109(4), 523-526. <https://doi.org/10.1080/00015458.2009.11680476>
- Draper, J., & Scott, F. (1996). An investigation into the application and maintenance of Hamilton Russell traction on three orthopaedic wards. *Journal of Advanced Nursing*, 23(3):536-541. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1996.tb00016.x>
- Du, X., Liu, M., & Sun, Y. (2022). Segmentation, Detection, and Tracking of Stem Cell Image by Digital Twins and Lightweight Deep Learning. *Comput. Intell. Neurosci.*, 2022(ID 6003293). <https://doi.org/10.1155/2022/6003293>
- Gardin, J. M., Burn, C. S., Childs, W. J., & Henry, W. L. (1984). Evaluation of blood flow velocity in the ascending aorta and main pulmonary artery of normal subjects by Doppler echocardiography. *American Heart Journal*, 107(2), 310-319. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(84\)90380-6](https://doi.org/10.1016/0002-8703(84)90380-6)
- Giancoli, C. D. (2009). *FÍSICA 2. Principios con aplicaciones (Sexta edición)*. Pearson Educación.
- Grover, V. P., Tognarelli, J. M., Crossey, M. M., Cox, I. J., Taylor-Robinson, S. D., & McPhail, M. J. (2015). Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques: Lessons for Clinicians. *J. Clin. Exp. Hepatol.* 5(3),246-255. <https://doi.org/10.1016/j.jceh.2015.08.001>
- Holmes, C. J., & Racette, S. B. (2021). The Utility of Body Composition Assessment in Nutrition and Clinical Practice: An Overview of Current Methodology. *Nutrientes*, 13(8), 2493-2509. <https://doi.org/10.3390/nu13082493>
- Lumen Learning (2024). *Physics*. Lumen Learning <https://courses.lumenlearning.com/suny-physics/>
- Medicines learning Portal (2024). *Using gravity*. https://www.medicineslearningportal.org/p/about_3.html
- Mulpuru, S. K., Madhavan, M., McLeod, C. J., Cha, Y. M., & Friedman, P.A. (2017). Cardiac Pacemakers: Function, Troubleshooting, and Management: Part 1 of a 2-Part Series. *J Am Coll Cardiol*, 69(2),189-210. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.10.061>

- Nair, S.S., Vinodkumar, V., Sreedevi, V., & Nagesh, D. S. Rotating permanent magnet excitation for blood flow measurement. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 53(11):1187-1199. <https://doi.org/10.1007/s11517-015-1310-y>
- Peacock, A. J. (1998). ABC of oxygen: oxygen at high altitude. *BMJ*, 317(7165): 1063–1066. <https://doi.org/10.1136%2Fbmj.317.7165.1063>
- Pereira, G. A. M., Matheus, S. C., Both, D. R., & Behenck, M. S. (2017). Accuracy of alternative indexes for assessing the nutritional status of men and women. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum*, 19(3), 290-298. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2017v19n3p290>
- Phet Simulaciones Interactivas. (2024). IRM Simplificado. https://phet.colorado.edu/es_PE/simulations/mri
- Pleil, J. D., Wallace M. A. G., Davis M. D., & Matty C. M. (2021). The physics of human breathing: flow, timing, volume, and pressure parameters for normal, on-demand, and ventilator respiration. *J Breath Res.*, 15(4), 1-27. <https://doi.org/10.1088%2F1752-7163%2Fac2589>
- Raja Rao C., & Guha S. K. (2000). *Principles of Medical Electronics and Biomedical Instrumentation*. Universities Press.
- Salgado, P. O., Silva, L. C., Silva, P. M., & Chianca, T. C. (2016). Physical methods for the treatment of fever in critically ill patients: a randomized controlled trial. *Rev Esc Enferm USP*, 50(5), 823-830. <https://doi.org/10.1590/S0080-623420160000600016>
- StatPearls. (2024). Pacemaker. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526001/>
- Taylor, K., Lemon, J. A., Phan, N., & Boreham, D. R. (2014). Low-dose radiation from 18F-FDG PET does not increase cancer frequency or shorten latency but reduces kidney disease in cancer-prone Trp53+/- mice. *Mutagenesis*, 29(4), 289-294. <https://doi.org/10.1093/mutage/geu017>
- Teferra, M. N. (2017). Electromagnetic Blood Flow meter: Review. *International Journal of Latest Research in Engineering and Technology*, 3(3), 21-26. <http://www.ijlret.com/vol3-issue3.html>

- Tesch, J. C., Papadopoulos, P., Dolgener, F., & Tinsley, G.M. (2022). New Equations for Hydrostatic Weighing without Head Submersion. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(3), 70-86. <https://doi.org/10.3390/jfmk7030070>
- University of Michigan, Environment, Health & Safety. (2024, 10 February). Technetium-99m. <https://ehs.umich.edu/wp-content/uploads/2016/04/Technetium-99m.pdf>
- Zhou, X., Xia, C., Stephen, G., Khan, F., Corner, G. A., Hoskins, P. R., & Huang, Z. (2017). Investigation of Ultrasound-Measured Flow Velocity, Flow Rate and Wall Shear Rate in Radial and Ulnar Arteries Using Simulation. *Ultrasound Med Biol.*, 43(5), 981-992. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2016.12.015>