

**Corso di Laurea Magistrale in Odontoiatria e Protesi Dentaria**

**Insegnamento:** CHIMICA E FISICA MEDICA

**Numero di CFU:** 17

**Coordinatore del Corso Integrato:** Prof. Giacomo Lazzarino email: giacomo.lazzarino@unicamillus.org,

**Modulo Insegnamento:** Biochimica

**SSD Insegnamento:** BIO/10

**Numero di CFU:** 10

**Nomi docenti:** Prof.ssa Almerinda Di Venere, Prof. Giacomo Lazzarino, Prof.ssa Eleonora Nicolai

**Contatti docenti:** almerinda.divenere@unicamillus.org, giacomo.lazzarino@unicamillus.org,  
eleonora.nicolai@unicamillus.org

**Modulo Insegnamento:** Fisica

**SSD Insegnamento:** FIS/07

**Numero di CFU:** 7

**Nomi docenti:** Prof.ssa Alessandra Filabozzi e Prof. Antonio Napolitano

**Contatti docenti:** alessandra.filabozzi@unicamillus.org, antonio.napolitano@unicamillus.org

**OBIETTIVI FORMATIVI:**

Scopo del modulo di Biochimica (Chimica generale ed Inorganica, Propedeutica Biochimica e Biochimica), facente parte del corso integrato di CHIMICA E FISICA MEDICA, è quello di fornire agli studenti le conoscenze fondamentali relative alla struttura dei costituenti fondamentali della materia (atomi, elementi) ed alla struttura delle macromolecole necessarie al funzionamento e regolazione degli organismi viventi e dei loro processi di trasformazione. Mettere lo studente in condizione di comprendere le basi della chimica organica e inorganica e del metabolismo cellulare. Il modulo intende inoltre fornire allo studente le conoscenze fondamentali relative ai concetti di base della chimica, struttura delle macromolecole alla base dei processi metabolici necessari al funzionamento e regolazione degli organismi viventi: carboidrati, lipidi, acidi nucleici. Mettere lo studente in condizione di comprendere le basi del metabolismo cellulare. Il corso si propone di fornire allo studente alcune metodiche essenziali utilizzate nella pratica chimica e biochimica ed i principi teorici su cui si basano tali metodologie ed il loro campo di applicazione.

Scopo del modulo di Fisica (Fisica Applicata, Statistica Medica e Informatica), facente parte del corso integrato di CHIMICA E FISICA MEDICA, è quello di fornire agli studenti le conoscenze sui fondamenti della fisica applicata, informatica e statistica necessari allo svolgimento della loro attività futura. In particolare, verrà affrontata la comprensione dei principi fisici alla base della fisica medica e del funzionamento della strumentazione medica. Alla fine del modulo, gli studenti conosceranno i concetti fondamentali di applicazione del Metodo scientifico allo studio dei fenomeni biomedici (scelta e misura dei parametri, valutazione degli errori), saranno in grado di descrivere i fenomeni fisici di sistemi complessi utilizzando

strumenti matematici adeguati, conosceranno le basi scientifiche delle procedure mediche e i principi di funzionamento delle apparecchiature comunemente utilizzate per la diagnostica e la terapia. Gli studenti dovrebbero capire gli strumenti ed i concetti informatici che saranno loro utili per la futura professione nel campo medico ed essere in grado di: comprendere l'importanza della statistica medica nella metodologia della ricerca in campo medico; - leggere un articolo scientifico biomedico di base, comprendendone la struttura e valutandone criticamente metodi e risultati; maneggiare un database semplice, con particolare riferimento alla medicina clinica; effettuare una analisi descrittiva ed inferenziale

## **PROGRAMMA:**

### **Modulo Insegnamento Biochimica:**

#### Chimica generale ed inorganica (3 CFU):

Cenni introduttivi - Tabella periodica degli elementi e suo significato: Nomenclatura inorganica: acidi, basi, sali. Bilanciamento di una reazione chimica. Concetto di mole, numero di Avogadro.

Costituzione dell'atomo - Particelle elementari: protone, neutrone, elettrone. Isotopi. Elettroni e configurazione elettronica degli atomi. Numeri quantici ed orbitali. Aufbau. Il legame chimico: covalente, ionico, dativo. Ibridizzazione. Legami deboli: ione-dipolo, Van der Waals, legame idrogeno. Elettronegatività.

Stati di aggregazione della materia - Gas: equazione di stato dei gas ideali. Temperatura assoluta e relazione con la velocità molecolare media. Miscele gassose; legge di Dalton. Liquidi: tensione di vapore di un liquido. Solidi: caratteristiche strutturali dei solidi covalenti, ionici, molecolari. Solidi metallici (cenni).

Termodinamica chimica - Concetto di funzione di stato. Energia interna di un sistema. Entalpia, legge di Hess. Entropia. Energia libera.

Soluzioni - Concentrazione delle soluzioni: % in peso, frazione molare, molarità, molalità, normalità. Diluizioni e mescolamenti di soluzioni. Tensione di vapore di una soluzione liquido-liquido (legge di Raoult). Soluzioni ideali. Proprietà colligative: variazione della tensione di vapore, della temperatura di fusione e di ebollizione; osmosi e pressione osmotica. Solubilità dei gas nei liquidi: la legge di Henry.

L'equilibrio chimico - Equilibri in fase gassosa. Espressione della costante di equilibrio. Relazione tra  $K_c$  e  $K_p$ . Fattori che influenzano l'equilibrio. Equilibri omogenei ed eterogenei.

Soluzioni di elettroliti - Elettroliti forti e deboli; grado di dissociazione. Proprietà colligative di soluzioni di elettroliti; binomio di Van't Hoff. Acidi e basi secondo Arrhenius, Bronsted e Lowry, Lewis. Acidi e basi forti e deboli. Dissociazione ionica dell'acqua.  $K_w$ . Costante d'equilibrio di un acido e di una base. Relazione tra la costante d'equilibrio e il grado di dissociazione di un elettrolita debole: legge di diluizione di Oswald. Il pH; calcolo del pH in soluzioni di acidi (e basi) forti e deboli. Idrolisi salina. Soluzioni tampone. Dissociazione degli acidi poliprotici (cenni). Titolazioni acido-base.

Cinetica chimica - Introduzione alla cinetica; teoria del complesso attivato; energia di attivazione. Equazioni cinetiche

Reazioni di ossido-riduzione e potenziali elettrochimici - Numero di ossidazione. Reazioni di ossido-riduzione e loro bilanciamento. Potenziali standard di riduzione.

Propedeutica biochimica (2 CFU):

Ibridizzazione dell'atomo di carbonio - Ibridizzazioni  $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$  e loro geometria.

Idrocarburi e Idrocarburi saturi - alcani e cicloalcani. Nomenclatura. Isomeria conformazionale e isomeria geometrica (cis-trans).

Idrocarburi insaturi - alcheni ed alchini. Nomenclatura. Reazioni degli idrocarburi insaturi (cenni).

Composti aromatici - Struttura del benzene - il modello della risonanza. Nomenclatura dei composti aromatici. Idrocarburi aromatici policiclici (cenni).

Alcoli, Fenoli, Tioli - Nomenclatura. Acidità e basicità degli alcoli e dei fenoli. I tioli, analoghi degli alcoli e dei fenoli.

Aldeidi e Chetoni - Nomenclatura. Preparazioni di aldeidi e chetoni. Il gruppo carbonilico. L'addizione nucleofila ai gruppi carbonilici; formazione di semiacetali ed acetali. La condensazione aldolica (cenni).

Acidi Carbossilici e loro derivati - Nomenclatura degli acidi. I derivati degli acidi carbossilici: gli esteri, le ammidi. Meccanismo della esterificazione; triesteri del glicerolo.

Ammine e altri composti azotati - Classificazione delle ammine e nomenclatura. Basicità delle ammine.

Stereoisomeria - La chiralità. Enantiomeri. Luce polarizzata; il polarimetro (cenni). Diastereomeri.

Carboidrati - Definizioni e classificazione. I monosaccaridi. Chiralità nei monosaccaridi; le proiezioni di Fischer. Strutture cicliche dei monosaccaridi. Anomeri. Fenomeno della mutarotazione. Strutture piranosiche e furanosiche.

Lipidi - Struttura, nomenclatura, proprietà

Basi azotate e nucleotidi - Struttura, nomenclatura.

Biochimica (5 CFU):

Proteine - Amminoacidi e loro proprietà. - Legame peptidico. Struttura primaria. Amminoacidi non proteici. Struttura secondaria: alfa elica, foglietto beta, loops e beta turn. Struttura terziaria e quaternaria: legami idrogeno ed effetto idrofobico. Misfolding e patologie correlate. Struttura generica delle proteine fibrose e globulari. Tecniche per l'analisi e la purificazione delle proteine.

Cinetica enzimatica - Stato stazionario. L'equazione di Michaelis-Menten. Significato della  $K_m$ . L'efficienza catalitica: significato di  $k_{cat}/K_m$ . Grafico dei doppi reciproci. Classificazione degli enzimi. Gli inibitori: inibizione competitiva e incompetitiva. Meccanismi e grafici dei doppi reciproci. Gli inibitori: inibizione a-competitiva (non competitiva pura) e mista (non competitiva). Inibitori irreversibili e inibitori suicidi. Il trasporto e l'immagazzinamento dell'ossigeno.

La mioglobina - struttura e funzione.

L'emoglobina - struttura e funzione. L'effetto Bohr; l'effetto del 2,3 BPG; il trasporto della  $CO_2$  e dell'NO. Introduzione alla teoria dell'interazione proteina-ligando: caso di 1 solo sito. Caso di n siti completamente cooperativi. Caso generale. Modello concertato e sequenziale. Effetti delle mutazioni puntiformi.

Carboidrati - i diversi tipi di classificazione (strutturale e funzionale). Stereoisomeria. Zuccheri riducenti. Monosaccaridi e disaccaridi principali. Derivati degli zuccheri.

Lipidi di membrana. Colesterolo. Lipidi-segnale e cofattori: eicosanoidi ormoni steroidei, vitamine liposolubili. Architettura delle membrane biologiche: composizione delle membrane, proprietà comuni delle membrane, il foglietto a doppio strato, tipi di proteine nelle membrane biologiche. Dinamica delle membrane biologiche. Trasporto attraverso le membrane biologiche: diffusione semplice e trasporto passivo, trasportatore del glucosio, scambiatore cloruro-bicarbonato, trasporto attivo, simporti sodio-glucosio, acquaporine.

Vitamine - introduzione storica. Vitamine liposolubili struttura, funzione, avitaminosi, ipervitaminosi. Vitamine idrosolubili struttura, funzione avitaminosi.

Bioenergetica - l'energia libera nelle reazioni biochimiche. Energia libera standard ed energia libera della Keq. Esempi.

Glicolisi. Via dei pentosi fosfato. Il controllo coordinato del metabolismo del glucosio. Fermentazione lattica e fermentazione alcolica. Il metabolismo anaerobico e la carie. Il ciclo di Krebs. Metabolismo del glicogeno e sua regolazione. Le malattie da accumulo di glicogeno.

Digestione fisiologica dei grassi. Le lipoproteine: struttura e funzione di chilomicroni, VLDL, LDL e HDL. La mobilitazione dei grassi indotta dal glucagone: ruoli della triacilglicerolo lipasi e della perilipina. Attivazione degli acidi grassi e trasporto attraverso la membrana mitocondriale. Carnitina. Beta-ossidazione degli acidi grassi saturi, pari. Esempi. Chetogenesi. Beta-ossidazione degli acidi grassi insaturi e dispari.

Digestione delle proteine - ruolo del pH e degli enzimi digestivi. Ciclo alanina-glucosio. Transamminazione, deamminazione ossidativa, deamminazione non ossidativa. Glutammina-sintetasi: ruolo e sua regolazione.

Ciclo dell'urea.

Cenni sul catabolismo degli amminoacidi ramificati e malattia dell'urina a "sciropo d'acero". Catabolismo della glicina e della serina.

Cenni sul catabolismo delle basi azotate - l'eccesso di acido urico e la gotta.

Il metabolismo dell'EME - introduzione alla biosintesi (la via della glicina, la sintesi del  $\delta$ -amminolevulinato e la formazione del porfobilinogeno). Le porfirie. Cenni sul catabolismo dell'EME e sua degradazione a biliverdina e bilirubina.

Accoppiamento chemiosmotico - Principi generali; la variazione di energia libera associata al flusso di elettroni e di protoni; ATP-sintasi come trasduttore energetico. Trasportatori di elettroni (nucleotidi nicotinamidici e flavinici; ubiquinone; citocromi; proteine ferro-zolfo; complessi I, II, III, IV; ciclo Q; respirasoma. ATP-sintasi (struttura e catalisi; ATP-sintasi come motore molecolare). Inibitori e disaccoppianti della catena respiratoria.

### **Modulo Insegnamento Fisica:**

PROGRAMMA 4 CFU:

Meccanica



UNICAMILLUS

Capitolo 1: Introduzione, misurazione, stima

1.4: misurazione e incertezza; Cifre significative

1.5: unità, standard e unità SI

1.6: Conversione di unità

1.8: Dimensioni e analisi dimensionale

Capitolo 2: Descrizione del movimento: cinematica in una dimensione

2.1: Sistemi di riferimento e spostamento

2.2: velocità media

2.3: velocità istantanea

2.4: accelerazione

2.5: movimento a velocità costante

Capitolo 3: cinematica in due dimensioni; Vettori

3.1: Vettori e scalari

3.2: Somma di vettori - Metodi grafici

3.3: Sottrazione di vettori e moltiplicazione di un vettore con uno scalare

3.4: Somma di vettori per componenti

Capitolo 4: Dinamica: Leggi del Moto di Newton

4.1: Forza

4.2: La prima legge del moto di Newton

4.3: Massa

4.4: Seconda legge del moto di Newton

4.5: Terza legge del moto di Newton

4.6: Peso: la forza di gravità; e la Forza normale

4.7: Risoluzione dei problemi con le leggi di Newton: diagrammi a corpo libero

4.8: Problemi che comportano attriti, inclinazioni

4.9: Risoluzione dei problemi: un approccio generale

Capitolo 5: Movimento circolare; Gravitazione

5.1: Cinematica del moto circolare uniforme

5.2: Dinamica del moto circolare uniforme

5.6: Legge di Newton della gravitazione universale



UNICAMILLUS

## Capitolo 6: lavoro ed energia

6.1: Lavoro fatto da una Forza Costante

6.3: Energia cinetica e principio dell'energia del lavoro

6.4: Energia potenziale

6.5: Forze Conservative e Non Conservative

6.6: Energia meccanica e sua conservazione

6.7: Risoluzione dei problemi utilizzando la legge di conservazione dell'energia meccanica

6.8: Altre forme di energia: trasformazioni energetiche e legge di conservazione dell'energia

6.10: Potenza

## Capitolo 7: Momento lineare

7.1: Momento e relativa relazione alla forza

7.2: Conservazione del momento

7.8: Centro di Massa (CM)

7.10: Centro di massa e movimento traslatorio

## Capitolo 8: Movimento rotazionale

8.1: quantità angolari

8.2: Accelerazione angolare costante

8.4: Coppia

8.5: Dinamica rotazionale; Coppia e inerzia rotazionale

8.6: Risoluzione dei problemi nelle dinamiche di rotazione

8.7: Energia cinetica rotazionale

## Capitolo 9: Equilibrio statico; Elasticità e frattura

9.1: Le condizioni per l'equilibrio

9.2: Risoluzione dei problemi di Statica

9.3: Applicazioni su muscoli e articolazioni

9.4: stabilità ed equilibrio

9.5: Elasticità; Stress e tensione

9.6: Frattura

## Fluidi



UNICAMILLUS

## Capitolo 10: Fluidi

10.1: Fasi della Materia

10.2: Densità e gravità specifica

10.3: Pressione nei fluidi

10.4: Pressione relativa alla pressione atmosferica

10.5: Principio di Pascal

10.6: Misura della pressione; Calibri e barometro

10.7: Galleggiabilità e principio di Archimede

10.8: Fluidi in movimento; Portata e equazione di continuità

10.9: Principio di Bernoulli

10.10: Applicazioni del Principio di Bernoulli: da Torricelli ad Airplanes, Baseballs e TIA

10.11: Viscosità

10.12: Flusso in provette: equazione di Poiseuille, flusso sanguigno

## Elettricità e magnetismo

### Capitolo 16: Carica elettrica e campo elettrico

16.1: elettricità statica; Carica elettrica e sua conservazione

16.2: Carica elettrica nell'atomo

16.3: isolanti e conduttori

16.4: Carica indotta; l'elettroscopio

16.5: Legge di Coulomb

16.6: Risoluzione dei problemi che riguardano la legge e i vettori di Coulomb

16.7: Il campo elettrico

16.8: Linee di campo

16.9: campi elettrici e conduttori

### Capitolo 17: Potenziale elettrico

17.1: Energia potenziale elettrica e potenziali differenze

17.2: Relazione tra potenziale elettrico e campo elettrico

17.3: Linee equipotenziali

17.4: L'ellettronvolt, un'unità di energia



UNICAMILLUS

17.5: Potenziale elettrico dovuto a cariche puntuali

17.7: Capacità

17.8: Dielettrici

17.9: stoccaggio di energia elettrica

Capitolo 18: Correnti elettriche

18.1: La batteria elettrica

18.2: La corrente elettrica

18.3: Legge di Ohm: resistenza e resistori

18.4: resistività

18.5: energia elettrica

18.8: Vista microscopica della corrente elettrica

Capitolo 19: circuiti DC

19.1: EMF e tensione terminale

19.2: Resistori in serie e in parallelo

19.3: Regole di Kirchhoff

19.4: EMF in serie e in parallelo; Carica di una batteria

19.5: Circuiti contenenti condensatori in serie e in parallelo

19.6: Circuiti RC-Resistore e condensatore in serie

Capitolo 20: Magnetismo

20.1: Magneti e campi magnetici

20.2: la corrente elettrica produce campi magnetici

20.3: Forza su una corrente elettrica in un campo magnetico: definizione di B

20.4: Forza su una carica elettrica che si muove in un campo magnetico

20.5: campo magnetico dovuto a un cavo lungo e dritto

20.8: Legge di Ampere

Capitolo 21: Induzione elettromagnetica e legge di Faraday

21.1: EMF indotto

21.2: Legge di induzione di Faraday; Legge di Lenz

21.3: EMF indotto in un conduttore mobile

21.4: Il cambiamento del flusso magnetico produce un campo elettrico



PROGRAMMA 3 CFU:

Vibrazioni e onde

Capitolo 11: Vibrazioni e onde

11.7: Moto ondulatorio

11.8: Tipi di onde: trasversale e longitudinale

11.9: Energia trasportata dalle onde

11.10: Intensità relativa all'ampiezza e alla frequenza

11.11: riflessione e trasmissione delle onde

11.12: Interferenze; Principio di sovrapposizione

11.13: Onde stazionarie; Risonanza

Capitolo 12: Suono

12-1 Caratteristiche del suono

12-2 Intensità del suono: decibel

12-4 Fonti del suono: corde vibranti e

Colonne d'aria

12-6 Interferenze di onde sonore; Beats

12-7 Effetto Doppler

Capitolo 22: Onde elettromagnetiche 22.1:

Campi elettrici variabili producono campi magnetici; Equazioni di Maxwell

22.2: Produzione di onde elettromagnetiche

22.3: La luce come un'onda elettromagnetica e lo spettro elettromagnetico

22.5: Energia in onde EM

Capitolo 24: La natura ondulatoria della luce

24.4: Spettro e dispersione visibili

Capitolo 25: Strumenti ottici

25-11: Raggi X e diffrazione dei raggi X

25-12: imaging a raggi X e tomografia computerizzata (TC)



UNICAMILLUS

Fisica nucleare e radioattività

Capitolo 27: Prime teorie quantistiche e modello dell'atomo

27.10: primi modelli dell'atomo

27.12: Il modello di Bohr

Capitolo 30: Fisica nucleare e radioattività

30.1: Struttura e proprietà del Nucleo

30.2: Energia vincolante e forze nucleari

30.3: Radioattività

30.4: decadimento alfa

30.5: decadimento beta

30.6: Decadimento gamma

30.7: Conservazione del numero di nucleotidi e altre leggi di conservazione

30.8: emivita e decadimento

30.9: calcoli che comportano tassi di decadimento e tempo di dimezzamento

Capitolo 31: Energia nucleare; Effetti e usi delle radiazioni

31.1: Reazione nucleare e trasmutazione degli elementi

31.5: Misurazione della radioattività-dosimetria

31.9: Risonanza magnetica nucleare (NMR) e risonanza magnetica (MRI)

Termodinamica

Capitolo 13: Teoria della temperatura e cinetica

13.1: Teoria atomica della materia

13.2: temperatura e termometri

13.3: Equilibrio termico e legge di Zeroth della termodinamica

13.4: Espansione termica

13.6: Le leggi del gas e la temperatura assoluta

13.7: La legge sul gas ideale

13.8: Risoluzione dei problemi con la legge sul gas ideale

13.9: Legge sul gas ideale in termini di molecole: numero di Avogadro

13.10: Teoria cinetica e interpretazione molecolare della temperatura

## Capitolo 14: Calore

14.1 Calore come trasferimento di energia

14.2 Energia interna

14.3: calore specifico

14.4: Calorimetria

14.5: Calore latente

14.6: Trasferimento di calore: conduzione

14.7: Trasferimento di calore: convezione

14.8: Trasferimento di calore: radiazione

## Capitolo 15: Le leggi della termodinamica

15.1: La prima legge della termodinamica

15.2: processi termodinamici e la prima legge

15.4: Seconda legge della termodinamica: introduzione

### **MODALITA' DI SVOLGIMENTO:**

Il corso è strutturato in 170 ore di didattica frontale trasmessa in contemporanea in streaming. Suddivise in lezioni di 2 o 4 ore in base al calendario accademico, comprensive di parti teoriche ed esercitazioni. La frequenza è obbligatoria per almeno il 75% delle ore, sommato su tutti gli insegnamenti del corso integrato.

### **MODALITA' DI VALUTAZIONE:**

#### Modulo di Biochimica:

La verifica della preparazione degli studenti avverrà con esame scritto, seguito da una prova orale.

La prova scritta sarà costituita da un test con domande a risposta aperta ed a risposta multipla. Il punteggio è attribuito in trentesimi. Le domande potranno avere un diverso peso basato sulla complessità del quesito e sulla particolare conoscenza che viene verificata. Per ogni risposta errata o mancante verranno assegnati zero punti. Per superare la prova scritta ed essere ammessi alla prova orale è necessario raggiungere un punteggio pari o superiore a 18.

La prova orale verterà su alcune domande su tutto il programma svolto. Il punteggio della prova orale verrà mediato con quello della prova scritta per ottenere il punteggio finale.

Durante la prova orale si valuterà la capacità da parte dello studente di applicare le conoscenze e si assicurerà che le competenze siano adeguate a sostenere e risolvere problemi di natura chimico e biochimico-medica. Saranno inoltre valutati: autonomia di giudizio, abilità comunicative, capacità di apprendimento secondo quanto indicato nei descrittori di Dublino.

#### Modulo di Fisica:

La prova di Fisica consiste in una prova scritta obbligatoria e una prova orale facoltativa. La prova scritta è finalizzata alla valutazione sia della conoscenza teorica che della capacità dello studente nella risoluzione di problemi; la prova orale è finalizzata all'eventuale miglioramento della valutazione ottenuta con la prova

scritta. La prova scritta consiste in una serie di domande a risposta multipla. Il punteggio è attribuito in trentesimi. Il punteggio massimo, pari a 30 e lode, è previsto per chi risponderà correttamente a tutte le domande; il punteggio minimo, pari a 18 su 30, è previsto per chi risponderà correttamente ai 18/30 delle domande, tenuto conto del diverso peso attribuito alle stesse. Le domande potranno avere un diverso peso basato sulla complessità del quesito e sulla particolare conoscenza che viene verificata. Non c'è penalità per le risposte sbagliate. Sono ammessi alla prova orale soltanto gli studenti che desiderino migliorare la valutazione ottenuta con lo scritto.

Durante la prova orale la Commissione esaminatrice valuterà la capacità da parte dello Studente di applicare le conoscenze e si assicurerà che le competenze siano adeguate al raggiungimento degli obiettivi. Saranno inoltre valutati: autonomia di giudizio, abilità comunicative e capacità di apprendimento secondo quanto indicato nei descrittori di Dublino.

#### Votazione finale Corso Integrato:

Il punteggio finale del Corso Integrato di CHIMICA E FISICA MEDICA sarà ottenuto effettuando la media ponderata tra i punteggi ottenuti nei due moduli del Corso Integrato (Biochimica e Fisica).

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

- *Chemistry 10<sup>th</sup> edition*, Kenneth W. Whitten/Raymond E. Davis/Larry Peck/George G. Stanley.
- *Foundations of College Chemistry, 14 Edition*, Hein M, Arena S. John Wiley and Sons Inc.
- *Lehninger Principles of Biochemistry*, Nelson D. Cox Michael M.
- *"PHYSICS: Principles with Applications"* Seventh edition or subsequent, Douglas C. Giancoli, Pearson Education. Inc