Esercizio 1

Illustrare i concetti di "biomateriale" e di "biocompatibilità", dandone anche le definizioni.

Esercizio 2

Una fibra di polietilene (PE), con diametro 360 μm e lunghezza a riposo di 18 cm, è sottoposta ad una deformazione sinusoidale, di ampiezza $7{,}5 \cdot 10^{-4}$ e frequenza 0,45 Hz, a partire dalla lunghezza a riposo.
Descrivendo la fibra tramite il modello viscoelastico a due elementi:
a) Calcolare la velocità con cui varia la temperatura della fibra (isolata).
b) Se l'ambiente esterno sottrae calore dalla fibra ad una velocità pari a $\beta(T-T_0)$, dove T_0 è la temperatura fisiologica, calcolare quale valore deve avere β affinché la temperatura non superi mai 59 °C.
c) Calcolare la lunghezza a riposo della fibra che si misura dopo 1 ora con il valore di β trovato.

Dati del PE:
densità: 0,91 g/cm^3;
calore specifico: 1890 J/Kg·°C;
coefficiente di viscosità: $1{,}87 \cdot 10^{12}$ Pa·s;
coefficiente di dilatazione lineare: $2 \cdot 10^{-4}$ °C^{-1}.

Esercizio 3

Spiegare cosa si intende per "citotossicità" di un materiale e descrivere i metodi di base per la sua valutazione in-vitro. Illustrare in particolare il metodo dell'Alamar Blue.

Esercizio 4

Una lega Co-Cr-Mo, contenente il 6,85% in peso di molibdeno, è destinata alla realizzazione di un impianto temporaneo. La superficie dell'impianto è di 230 cm^2 e la lega si corrode inizialmente ad un tasso di 0,0298 mg/cm^{2}d.
Sapendo che la quantità fisiologica di Mo^{2+} è di 5 mg e che i primi effetti tossici di questo ione si manifestano per un contenuto nell'organismo pari a 7 mg, determinare per quanto tempo l'impianto può al massimo rimanere nell'organismo e calcolare la quantità dello ione che a quel momento è stata eliminata dall'organismo. (coefficiente di eliminazione per Mo^{2+}: k = 0,139 d^{-1})

Esercizio 5

Descrivere i principali fenomeni coinvolti nel contatto fra un materiale ed il sangue.

Esercizio 6

Un campione di PVA espanso del peso di 870 mg, viene analizzato mediante un porosimetro ad intrusione di mercurio. In seguito all'inserimento iniziale del campione nel mercurio si misura un aumento di volume pari a 3,18 cm^3. Alla fine della misura, il volume totale di mercurio intruso è di 1,98 cm^3. Calcolare:
a) la densità "bulk" del campione (in g/cm^3);
b) la porosità totale;
c) le frazioni di pori aperti e di pori chiusi rispetto alla porosità totale;
d) la densità apparente del campione (in g/cm^3).
e) l'aumento di volume che produrrebbe l'immersione in acqua di un campione di PVA espanso di 5 g.
(il PVA è un polimero idrofilo con densità pari a 0,98 g/cm^3).

Esercizio 1

Illustrare i principali tipi di polimeri biodegradabili utilizzati per applicazioni biomediche.

Esercizio 2

Considerare una fibra realizzata con un polimero di caratteristiche fisiche (modulo elastico, coefficiente di viscosità, densità, ecc.) e geometriche note. La fibra viene sottoposta ad una deformazione sinusoidale di ampiezza e frequenza note in un ambiente capace di sottrae calore dalla fibra ad una velocità pari a $\beta(T-T_0)$, dove T_0 è la temperatura iniziale e T la temperatura raggiunta ad un tempo t. Fissato il tempo t, ricavare l'andamento di $\Delta T = T - T_0$ in funzione del valore del parametro β.

Esercizio 3

Descrivere le principali fasi del processo infiammatorio che si sviluppa in seguito all'impianto di un materiale estraneo all'organismo.

Esercizio 4

Un impianto metallico è realizzato con una lega Co-Cr-Mo, contenente il 29,5% di cromo ed il 7,22% di molibdeno (percentuali in peso). L'impianto ha una superficie di 108 cm^2 e si corrode ad una velocità di 0,0215 mg/cm^{2}d. Sapendo che i coefficienti di eliminazione degli ioni Cr^{3+} e degli ioni Mo^{2+} sono rispettivamente 0,0011 d^{-1} e 0,139 d^{-1}, calcolare dopo quanto tempo si misurano nell'organismo quantità doppie dei due ioni rispetto ai valori fisiologici (6 mg per Cr^{3+} e 5 mg per Mo^{2+}).

Esercizio 5

Spiegare l'utilità dei test di mutagenigicità nella valutazione della biocompatibilità di un materiale e descrivere il test di Ames.

Esercizio 6

Un impianto è realizzato con un acciaio AISI 316L avente la seguente composizione (in peso percentuale):
Ferro (Fe): 63,45 Cromo (Cr): 18,50 Molibdeno (Mo): 3,50 Nichel (Ni): 12,00
Elementi non metallici (compreso il carbonio): 2,55
Facendo riferimento ai valori dei potenziali standard di riduzione riportati nella tabella, discutere i possibili meccanismi corrosivi cui l'impianto potrebbe essere soggetto in condizioni aerate (pH=7,2 e P_{O2}=1atm) e non aerate (pH=7,2).

Reazione	Potenziale standard (Volt)
$Cr^{3+} + 3e \rightarrow Cr$	- 0,744
$Cr^{2+} + 2e \rightarrow Cr$	- 0,913
$Mo^{3+} + 3e \rightarrow Mo$	- 0,200
$Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$	- 0,257
$Fe^{3+} + 3e \rightarrow Fe$	- 0,037
$Fe^{2+} + 2e \rightarrow Fe$	- 0,447

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Esame di Biomateriali per Ingegneria Biomedica – 15/04/2013

Esercizio 1

Discutere gli aspetti che riguardano la compatibilità (in generale) e l'affidabilità di un impianto.

Esercizio 2

Un impianto metallico ha una superficie di 80 cm^2 ed è costituito da una lega contenente il 2,0% di Manganese. Attraverso l'analisi delle urine si trova che la quantità totale di ioni Mn^{2+} eliminata dopo 6 ore è di $2 \cdot 10^{-2}$ µg, dopo 12 ore è di $8 \cdot 10^{-2}$ µg e dopo 120 giorni è pari a 1,52 mg.
Determinare il coefficiente di eliminazione per lo ione manganese ed il tasso di corrosione complessivo dell'impianto.

Esercizio 3

Determinare il pH isoelettrico del seguente oligopeptide:
Gly-Arg-Ala-Glu-Ala
ed indicarne lo stato di ionizzazione per un pH pari a 3.5.
Sono noti i seguenti valori di pK:
$pK(\alpha\text{-}NH_3^+) = 9,78$
$pK(\alpha\text{-}COOH) = 2,10$
$pK(Arg\text{-}R) = 12,48$
$pK(Glu\text{-}R) = 4,06$

Esercizio 4

Illustrare i principali fenomeni coinvolti nel contatto fra un materiale ed il sangue.

Esercizio 5

Una quantità pari a 220 g di un cemento per ossa a base di PMMA ha dato luogo ad un ritiro volumetrico del 3,68%. Determinare le quantità di monomero e di polimero preformato presenti inizialmente nel cemento trascurando la presenza di altri eventuali additivi.
(densità del polimero: 1,18 g/cm^3; densità del monomero: 0,91 g/cm^3)

Esercizio 6

Una fibra di polietilene HD (HDPE), con diametro 510 µm e lunghezza 16 cm, è sottoposta ad una deformazione sinusoidale di ampiezza $5 \cdot 10^{-4}$ e frequenza 0,40 Hz. La fibra è descrivibile tramite il modello viscoelastico a due elementi.

a) Calcolare la velocità con cui varia la temperatura della fibra (isolata).
b) Se l'ambiente esterno è capace di sottrarre calore dalla fibra ad una velocità pari a $\alpha(T-T_0)$, dove T_0 è la temperatura fisiologica di 37 °C, calcolare il valore minimo di α affinché la temperatura della fibra non superi mai 41 °C.

Dati del HDPE:
densità: 0,97 g/cm^3
calore specifico: 1980 J/Kg·°C
coefficiente di viscosità: $1,90 \cdot 10^{12}$ Pa·s

$$\frac{1-\rho w/\rho p}{1-\frac{\rho w}{\rho p}+\frac{M}{m_1}\cdot\frac{\rho w}{\rho p-\rho w}} = 0,9 \cdot \frac{1-\rho w/\rho p}{1-\frac{\rho w}{\rho p}\cdot\frac{M}{m_2}\cdot\frac{\rho w}{\rho p-\rho w}}$$

m_1 = polimerizzato
$m_2 = m_0$

Esame di Biomateriali per Ingegneria Biomedica – 11/06/2013

Esercizio 1

Il ritiro volumetrico di un cemento per ossa a base di PMMA può risultare minore di quello atteso a causa di una incompleta conversione del monomero a polimero. Se il ritiro volumetrico osservato risulta il 90% di quello atteso, calcolare la frazione di monomero, rispetto al contenuto di monomero iniziale, che si ritrova non polimerizzata nel cemento finale.

Esercizio 2

Illustrare il significato di "citotossicità" e descrivere la metodologia che viene utilizzata per effettuare i relativi test in-vitro.
Descrivere il test dell'Alamar Blue.

Esercizio 3

Un campione di un materiale poroso di PHEMA, del peso di 3,05 g, viene analizzato mediante un porosimetro a mercurio. Si è osservato che:
a) immergendo il campione nel mercurio si osserva una variazione di volume di 22,3 cm^3;
b) immergendo il campione in acqua si osserva una variazione di volume di 13,8 cm^3.
Calcolare:
- la densità "bulk" del campione (in g/cm^3);
- la porosità totale;
- le frazioni di pori aperti e di pori chiusi rispetto alla porosità totale;
- la densità apparente del campione (in g/cm^3).
- la dimensione dei pori più piccoli sapendo che la massima pressione raggiunta è stata di 22,6 atm
($\gamma_{Hg} = 0,480$ N/m; $\theta = 142$ °).
(il PHEMA è un polimero idrofilo con densità pari a 1,15 g/cm^3).

Esercizio 4

Una piccola quantità di una sale solubile di un metallo M viene iniettata nell'organismo. La quantità del metallo eliminata dopo 8 giorni risulta il 46,4% di quella iniettata. Calcolare il coefficiente di eliminazione per il metallo M.

Esercizio 5

Illustrare brevemente la legge di Lambert-Beer specificandone i principali limiti.

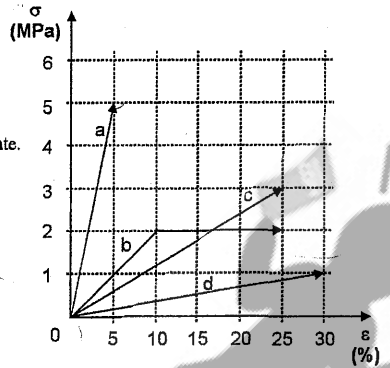
Esercizio 6

Illustrare le principali proprietà del polietilene (PE) e del polipropilene (PP) in relazione alle loro applicazioni biomediche.

Copisex 050/8342126 388/9837745

Esercizio 1

Le caratteristiche sforzo-deformazione riportate si riferiscono a quattro materiali diversi (indicati con a, b, c, d) e terminano tutte al punto di rottura.
Indicare quali materiali subiscono una rottura fragile e quali una rottura duttile.
Disporre i quattro materiali in ordine di tenacità crescente.



Esercizio 2

Descrivere la struttura e le principali proprietà dei polimeri appartenenti alla classe dei poliesteri, utilizzabili per applicazioni biomediche.

Esercizio 3

Un campione poroso di polistirene (PS; densità 1,09 g/cm^3) del peso di 4,35 g, viene analizzato mediante un porosimetro ad intrusione di mercurio. L'inserimento iniziale del campione nel mercurio provoca un aumento di volume pari a 26,70 cm^3. Alla fine della misura, il volume totale di mercurio intruso è di 21,45 cm^3. Calcolare:

c) la densità apparente del campione (in g/cm^3).
d) la densità "bulk" del campione (in g/cm^3);
e) la porosità totale;
f) le frazioni di pori aperti e di pori chiusi rispetto alla porosità totale;
g) la massa di un campione del materiale avente dimensioni 15x2x26 cm.
h) la dimensione dei pori più piccoli sapendo che la massima pressione raggiunta durante la misura è di 8,476 atm (tensione superficiale del mercurio: 0,480 N/m; angolo di contatto: 142°)

Esercizio 4

Illustrare i concetti di "biomateriale" e "biocompatibilità" e le loro definizioni.
Discutere gli aspetti legati all'affidabilità di un impianto.

Esercizio 5

La percentuale in peso di Nichel nell'acciaio inox di un impianto è pari a 12,05. L'impianto si corrode ad una velocità di 0,00617 mg/cm^{2}d.

a) Se l'impianto ha una superficie con un'area efficace di 350 cm^2, calcolare la velocità di produzione di ioni Ni^{2+} in mg/d ed in moli/anno.
b) Se la quantità di ioni Ni^{2+} eliminata dopo 12 ore è di $3{,}25 \cdot 10^{-2}$ µg calcolare quale sarà la quantità eliminata dopo 90 giorni.

Esercizio 6

Descrivere il test dell'Alamar Blue utilizzato nella valutazione della citotossicità di un materiale.

Esercizio 1

a) Descrivere il funzionamento di un cemento per ossa a base di PMMA.
b) Considerare una quantità totale di cemento pari a 180 g; volendo ottenere un ritiro volumetrico non superiore al 3,5%, individuare un valore limite per la composizione (monomero/polimero) del cemento. (densità del monomero: 0,88 g/cm^3; densità del polimero: 1,12 g/cm^3)

Esercizio 2

Un impianto metallico contiene il 59,5% in peso di un certo metallo M ed ha una superficie di 110 cm^2. Le quantità di ioni M^{n+} presenti nell'organismo dopo 4, 8 e 12 giorni sono, rispettivamente: 6,426 mg, 9,015 mg e 10,972 mg. Determinare da questi dati il coefficiente di eliminazione per lo ione M^{n+}, il valore della quantità fisiologica di tale ione ed il tasso di corrosione complessivo dell'impianto.

Esercizio 3

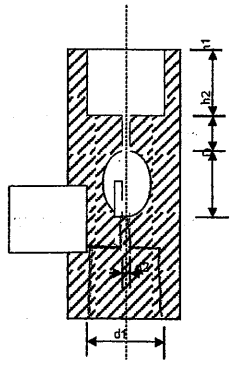
Illustrare i principali fenomeni coinvolti nel contatto fra un materiale ed il sangue.

Esercizio 4

Illustrare le linee generali per l'effettuazione dei test in vitro per la valutazione della citotossicità di un materiale.

Esercizio 5

La figura rappresenta la sezione longitudinale di un oggetto cilindrico. Le cavità hanno la forma e le dimensioni indicate. Illustrare che risultato si otterrebbe da una analisi con porosimetro a mercurio.



Esercizio 6

Descrivere le principali caratteristiche del Titanio e delle sue leghe in campo biomedico.

MASTER COPY
Tel. 050 831226
Cell. 388 9837745
COPISTERIA
050 831226 388/9837745

Esercizio 1

Illustrare i concetti di "biomateriale" e di "biocompatibilità", dandone anche le definizioni.

Esercizio 2

Una fibra di polietilene (PE), con diametro 250 μm e lunghezza a riposo di 12 cm, è sottoposta ad una deformazione sinusoidale, di ampiezza $7{,}0 \cdot 10^{-4}$ e frequenza 0,40 Hz, a partire dalla lunghezza a riposo.
Descrivendo la fibra tramite il modello viscoelastico a due elementi:
a) Calcolare la velocità con cui varia la temperatura della fibra (isolata).
b) Se l'ambiente esterno sottrae calore dalla fibra ad una velocità pari a $\beta(T-T_0)$, dove T_0 è la temperatura fisiologica, calcolare quale valore deve avere β affinché la temperatura non superi mai 57 °C.
c) Calcolare la lunghezza a riposo della fibra che si misura dopo 1 ora con il valore di β trovato.

Dati del PE:
densità: 0,91 g/cm³;
calore specifico: 1890 J/Kg·°C;
coefficiente di viscosità: $1{,}88 \cdot 10^{12}$ Pa·s;
coefficiente di dilatazione lineare: $1{,}9 \cdot 10^{-4}$ °C⁻¹.

Esercizio 3

Spiegare cosa si intende per "citotossicità" di un materiale e descrivere i metodi di base per la sua valutazione in-vitro. Illustrare in particolare il metodo dell'Alamar Blue.

Esercizio 4

Una lega Co-Cr-Mo, contenente il 7,05% in peso di molibdeno, è destinata alla realizzazione di un impianto temporaneo. La superficie dell'impianto è di 170 cm² e la lega si corrode inizialmente ad un tasso di 0,0266 mg/cm²d.
Sapendo che la quantità fisiologica di Mo^{2+} è di 5 mg e che i primi effetti tossici di questo ione si manifestano per un contenuto nell'organismo pari a 7 mg, determinare per quanto tempo l'impianto può al massimo rimanere nell'organismo e calcolare la quantità dello ione che a quel momento è stata eliminata dall'organismo. (coefficiente di eliminazione per Mo^{2+}: $k = 0{,}139$ d⁻¹)

Esercizio 5

Descrivere i principali fenomeni coinvolti nel contatto fra un materiale ed il sangue.

Esercizio 6

Un campione di PVA espanso del peso di 990 mg, viene analizzato mediante un porosimetro ad intrusione di mercurio. In seguito all'inserimento iniziale del campione nel mercurio si misura un aumento di volume pari a 3,34 cm³. Alla fine della misura, il volume totale di mercurio intruso è di 2,15 cm³. Calcolare:
a) la densità "bulk" del campione (in g/cm³);
b) la porosità totale;
c) le frazioni di pori aperti e di pori chiusi rispetto alla porosità totale;
d) la densità apparente del campione (in g/cm³).
e) l'aumento di volume che produrrebbe l'immersione in acqua di un campione di PVA espanso di 4,5 g.
(il PVA è un polimero idrofilo con densità pari a 0,98 g/cm³).

Esercizio 1
Una coltivazione cellulare si trova in equilibrio in 100 ml di una soluzione di coltura a 37 °C. Aggiungendo quantità crescenti di una soluzione di $CaCl_2$ allo 0,85 % si osserva che la membrana delle cellule si rompe quando il volume complessivamente aggiunto è di 48,0 ml. Sapendo che le cellule hanno un diametro medio di 12 μm e che la loro concentrazione citoplasmatica è 320 mOsM, calcolare il valore della tensione di rottura (in N/m) della membrana cellulare.

Esercizio 2
Descrivere le principali caratteristiche del Titanio in relazione alle applicazioni in campo biomedico.

Esercizio 3
Descrivere le proprietà dei più importanti polimeri sintetici biodegradabili utilizzati in campo biomedico.

Esercizio 4
Da un campione di 882 pazienti sottoposti ad impianto di protesi d'anca sono stati raccolti, 5 anni dopo l'intervento, i dati riportati nella tabella seguente e dai quali si chiede di valutare l'affidabilità (a 5 anni) della protesi.

Causa di re-intervento entro i primi 5 anni	Pazienti ri-operati
Infezione	7
Cedimento osseo	5
Usura della coppa acetabolare	6
Mobilizzazione dello stelo	11
Insorgenza di dolore	8
Errore chirurgico iniziale	9

Esercizio 5
Descrivere il funzionamento del cemento per ossa a base di PMMA.

Esercizio 6
Per una quantità M di cemento per ossa, determinare l'intervallo di valori ammissibile per la frazione di monomero affinché il ritiro volumetrico rimanga compreso fra 2,50% e 3,50%, e contemporaneamente l'aumento di temperatura rimanga compreso fra 35 °C e 55 °C. (trascurare la presenza di altri componenti del cemento)
(densità del monomero: 0,89 g/cm³; densità del polimero: 1,12 g/cm³,
calore specifico del monomero: 2,06 J/g°C; calore specifico del polimero: 1,51 J/g°C;
calore di reazione: 545 J/g)

Master Copy Tel. 050 831426 Cell. 388 9837745
Master Copy 050/831426/388/9837745

Esercizio 1
Considerando che il potenziale standard di riduzione dell'argento ($Ag^+ + e \rightarrow Ag$) vale +0,799 Volt e che quello di riduzione del mercurio ($Hg_2^{2+} + 2e \rightarrow 2\ Hg$) vale +0,797 Volt, determinare i valori di pH ammissibili per l'utilizzo di una lega di Ag-Hg in condizioni sia aerate ($PO_2 = 0,5$ atm) che non aerate.

Esercizio 2
Spiegare l'utilità dei test di mutagenigicità nella valutazione della biocompatibilità di un materiale e descrivere il test di Ames.

Esercizio 3
Il coefficiente di eliminazione, *k*, per lo ione Ni^{2+} è stato determinato col metodo del bolo iniettando nell'organismo 1 ml di una soluzione acquosa di $NiCl_2$ 10^{-3} M. La quantità di ione Ni^{2+} eliminata dopo 72 ore è risultata pari a 69,5 μg. Ipotizzando una distribuzione iniziale praticamente istantanea ed uniforme del cloruro nell'organismo, calcolare il valore di $k(Ni^{2+})$ esprimendolo in d^{-1}.

Esercizio 4
Indicare come i biomateriali possono essere classificati in base al tipo di interazione fra il materiale e l'organismo, e discutere i principali tipi di risposta di un tessuto all'impianto di un materiale estraneo.

Esercizio 5
La resazurina è un colorante che viene utilizzato per valutare il numero di cellule vitali presenti in una coltura cellulare. La determinazione viene fatta spettrofotometricamente misurando l'assorbanza (A_λ) della resazurina e della resofurina a due diverse lunghezze d'onda, $\lambda_1 = 570$ nm e $\lambda_2 = 600$ nm.
Ipotizzando che il numero di cellule (N) sia proporzionale alla concentrazione di resofurina (C_f):

$N = K \cdot C_f$

dove K è una costante di proporzionalità che vale $1,70 \cdot 10^{10}$ litri·mole^{-1}, calcolare il numero di cellule presenti nella coltura sapendo che le assorbanze misurate con un cammino ottico di 1 cm sono:

$A_{570} = 0,6385$

$A_{600} = 0,6311$

e che i valori dei coefficienti di estinzione molare valgono (in litri·mole^{-1}·cm^{-1}):

resazurina: $\varepsilon_{z,570} = 27000$ $\varepsilon_{z,600} = 37700$

resofurina: $\varepsilon_{f,570} = 33300$ $\varepsilon_{f,600} = 4500$

Esercizio 6
Illustrare gli aspetti principali del comportamento attivo-passivo di un metallo in relazione ad un processo corrosivo.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Esercizio 1

Illustrare sinteticamente le principali caratteristiche che influenzano l'adesione delle proteine alla superficie di un materiale.

Esercizio 2

Una fibra di polietilene (PE), con diametro 400 μm, è sottoposta, a partire dalla lunghezza a riposo di 12 cm e per un tempo di 2 ore, ad una deformazione sinusoidale descritta da:
$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin(2\pi\nu t)$
con $\varepsilon_0 = 4 \cdot 10^{-4}$ e frequenza 0,2 Hz. Al termine di questo periodo di tempo la sollecitazione viene fermata. L'ambiente esterno è capace di sottrarre calore dalla fibra ad una velocità pari a $\beta(T-T_0)$, dove T_0 è la temperatura fisiologica di 37 °C e $\beta = 2,8 \cdot 10^{-5}$ J/s°C. Considerando la fibra descrivibile tramite il modello viscoelastico a due elementi, descrivere l'andamento della temperatura della fibra nel tempo.

Dati del PE:
densità: 0,908 g/cm^3
calore specifico: 1890 J/Kg·°C
coefficiente di viscosità: $1,84 \cdot 10^{12}$ Pa·s

Esercizio 3

Spiegare cosa si intende per "citotossicità" di un materiale e descrivere la metodologia per valutare la citotossicità in-vitro.

Esercizio 4

Il contenuto di Cromo di un acciaio inox è del 17,0 %. Una protesi, di superficie 124 cm^2, realizzata con tale acciaio si corrode, immediatamente dopo l'impianto, ad un tasso complessivo di 0,0136 mg/cm^{2}d.

α) Calcolare la velocità di produzione di ioni Cr^{3+} in moli/anno.

β) Calcolare la densità di corrente relativa alla ossidazione del Cromo ($Cr \rightarrow Cr^{3+} + 3e$).

χ) Stimare il tempo necessario alla formazione di uno strato passivante di spessore sufficiente a ridurre la densità di corrente al 5% del suo valore iniziale supponendo che fra densità di corrente di corrosione, i, e spessore, x, dello strato ossidato esista una dipendenza del tipo:

$$i(x) = i_0 \delta/(x + \delta)$$

dove i_0 è la densità di corrente iniziale e $\delta = 10$ nm.

Esercizio 5

Illustrare le motivazioni per le quali la valutazione della biocompatibilità di un materiale prevede l'effettuazione di test di mutagenicità.
Descrivere il test di Ames.

Esercizio 6

Indicare quali fra i seguenti metalli: Au, Pt, Pd, Hg, Ag, Cu, Sn, Mo, Ni
sono utilizzabili nella realizzazione di impianti per applicazioni orali ($PO_2 = 0,2$ atm) dove il pH può variare fra 7,98 e 4,55 (temperatura di 25 °C).

Master Copy
050/831216 388/9837745