

1. Kalk besteht aus Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Diese wasserunlösliche Verbindung wird gebildet, wenn eine Calciumchlorid-Lösung zu einer Natriumcarbonat-Lösung ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) gegeben wird. Wie viele Milliliter einer 0,25 molaren Calciumchlorid-Lösung werden benötigt, damit bei dieser Reaktion 50 mL einer 0,15 molaren Natriumcarbonat-Lösung vollständig umgesetzt werden?
  - A. 10 mL
  - B. 15 mL
  - C. 30 mL
  - D. 60 mL
2. Zeolith wird aufgrund der großen Oberfläche häufig als Katalysator verwendet. Welche der folgenden Aussagen über Katalysatoren sind RICHTIG?
  - (1) Katalysatoren erhöhen die Gleichgewichtskonstante der Reaktion.
  - (2) Katalysatoren setzen die Aktivierungsenergie der Reaktion herab.
  - (3) Katalysatoren nehmen nicht an der Reaktion teil.
  - (4) Katalysatoren erhöhen die Reaktionsgeschwindigkeit.
  - A. (1) und (2)
  - B. (2) und (4)
  - C. (3) und (4)
  - D. (1) und (4)
3. Ein Elektron springt von der K-Schale ( $n = 1$ ) auf die M-Schale ( $n = 3$ ). Die richtige Aussage in Bezug auf dieses Phänomen lautet:
  - A. Das Elektron absorbiert Energie, die der Energie von Schale M minus der Energie von Schale K entspricht.
  - B. Das Elektron absorbiert Energie, die der Energie von Schale K minus der Energie von Schale M entspricht.
  - C. Das Elektron gibt Energie ab, die der Energie von Schale M minus der Energie von Schale K entspricht.
  - D. Das Elektron gibt Energie ab, die der Energie von Schale K minus der Energie von Schale M entspricht.
4. Bioethanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) kann als alternativer Kraftstoff verwendet werden. Dabei läuft folgende Verbrennungsreaktion ab:
$$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} + \text{Energie}$$
Berechne das Volumen des freigesetzten Kohlendioxids ( $\text{CO}_2$ ), wenn 13,8 g Bioethanol in Anwesenheit von 19,2 g Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) unter Standardbedingungen verbrannt werden. (rel. Atommassen: C = 12; O = 16; H = 1)
  - A. 8,96 L
  - B. 13,4 L
  - C. 17,9 L
  - D. 6,72 L

5. Ein Indikator, HInd, besitzt eine Säurekonstante von  $K_s = 1 \cdot 10^{-5}$ . Die wässrige Lösung der nicht-dissoziierten Form des Indikators zeigt eine gelbe Farbe, während die wässrige Lösung der Ind<sup>-</sup>-Ionen grün ist. Welche Farbe hat eine wässrige Lösung dieses Indikators bei einem pH-Wert von 3?
- A. Gelb  
B. Grün  
C. Blass gelb  
D. Blass grün
6. Ordne die Energie, die zum Entfernen eines Elektrons von  ${}_{19}\text{K}^+$ ,  ${}_{18}\text{Ar}$  und  ${}_{17}\text{Cl}^-$  benötigt wird, in richtiger Reihenfolge.
- A.  $\text{K}^+ < \text{Ar} < \text{Cl}^-$   
B.  $\text{Ar} < \text{Cl}^- < \text{K}^+$   
C.  $\text{Cl}^- < \text{K}^+ < \text{Ar}$   
D.  $\text{Cl}^- < \text{Ar} < \text{K}^+$
7. Die 0,244 g schwere Probe einer zweiprotonigen Säure benötigt zur vollständigen Neutralisation 40,0 mL einer 0,100 molaren Kaliumhydroxid-Lösung (KOH). Die molare Masse der Säure beträgt:
- A. 244 g/mol  
B. 122 g/mol  
C. 61,0 g/mol  
D. 488 g/mol
8. Ein sehr wirksames Betäubungsmittel, Cyclopropan, enthält die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff im Verhältnis 1,00 g Wasserstoff zu 6,00 g Kohlenstoff. Wieviel Gramm Kohlenstoff enthält eine Probe, die 30,0 g Wasserstoff enthält?
- A. 5,00 g  
B. 54,0 g  
C. 180 g  
D. 864 g
9. Saurer Regen stellte ein bedeutendes Umweltproblem dar. In einer nicht-verschmutzten Atmosphäre ist Regenwasser:
- A. Neutral  
B. Leicht alkalisch  
C. Leicht sauer  
D. Stark sauer
10. Der pH-Wert einer  $5 \cdot 10^{-8}$  molaren Chlorwasserstoff-Lösung (HCl) bei  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  beträgt:
- A. 6,3  
B. 6,9  
C. 7,3  
D. 7,9

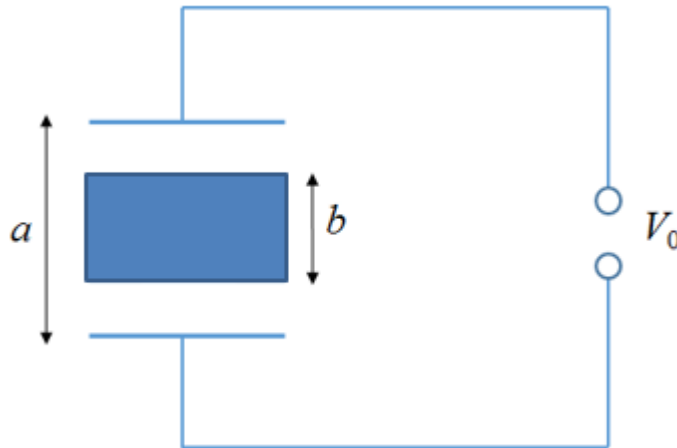
11. Während eines Erdbebens kann ein schweres Objekt im Boden versinken, wenn die Erschütterung zu einer Verflüssigung des Untergrunds führt. Dabei erfahren die Erdkrümel eine geringe Reibung, wenn sie übereinander gleiten. Die Möglichkeit der Verflüssigung eines sandigen Untergrunds kann durch die *Porenziffer*  $e$  vorhergesagt werden, die für eine Bodenprobe durch

$$e = \frac{V_{voids}}{V_{grains}}$$

gegeben ist. Hierbei ist  $V_{grains}$  das gesamte Volumen der Sandkörner (grains) in der Probe und  $V_{voids}$  ist das gesamte Volumen der Poren (voids) zwischen den Körnern. Falls  $e$  einen kritischen Wert von 0,650 übersteigt, kann während eines Erdbebens eine Verflüssigung auftreten. Wenn die wesentlichen Bestandteile des Sandes hauptsächlich aus festem *Siliziumdioxid* ( $\text{SiO}_2$ ) mit einer Dichte von  $\rho_{\text{SiO}_2} = 2.60 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  bestehen, wie groß ist dann die entsprechende Dichte des Sandes  $\rho_{\text{Sand}}$  am kritischen Punkt?

- A.  $1,58 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
  - B.  $1,69 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
  - C.  $2,43 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
  - D.  $4,00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
12. Indonesien ist eines der Länder in Asien, das am Äquator liegt. Nimm an, du würdest an einem Strand nahe am Äquator liegen und den Sonnenuntergang über einem ruhigen Ozean beobachten. Dann startest du eine Stoppuhr, gerade wenn der obere Teil der Sonne verschwindet. Anschließend stehst du sofort auf, wobei sich deine Augen um eine Höhe  $H = 1,70 \text{ m}$  nach oben bewegen, und stoppst die Uhr, wenn der obere Teil der Sonne wieder verschwindet. Schätze den Radius  $r$  der Erde unter den Annahmen ab, dass die vergangene Zeit  $\Delta t = 11,1 \text{ s}$  beträgt und die Erde rund ist.
- A.  $4,83 \times 10^6 \text{ m}$
  - B.  $5,30 \times 10^6 \text{ m}$
  - C.  $6,61 \times 10^6 \text{ m}$
  - D.  $7,20 \times 10^6 \text{ m}$

13. Betrachte zwei Kondensatoren, die durch einen verschiebbaren, starren Mittelabschnitt in Reihe verbunden sind. Der metallene Mittelabschnitt hat die Länge  $b$ , wie es in folgender Abbildung gezeigt wird:

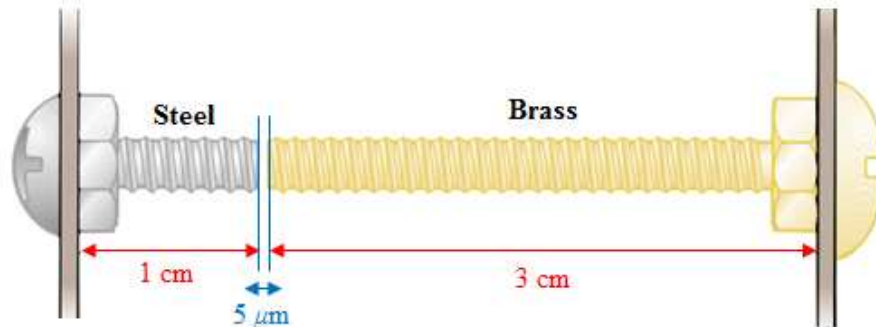


*Kondensator, der durch Nutzung des verschiebbaren Mittelabschnitts gebildet wird*

Die Fläche jeder Platte ist  $A$ . Wenn die Spannungsdifferenz zwischen den äußeren Platten konstant bei  $V_0$  gehalten wird, wie groß ist die Änderung der in den Kondensatoren gespeicherten Energie, wenn der Mittelabschnitt entfernt wird?

- A.  $\frac{\epsilon_0 A V_0}{2(a-b)} \left(\frac{a}{b}\right)$
- B.  $\frac{\epsilon_0 A V_0}{2(a-b)} \left(\frac{b}{a}\right)^2$
- C.  $\frac{\epsilon_0 A V_0^2}{2(a-b)^2} \left(\frac{b}{a}\right)^2$
- D.  $\frac{\epsilon_0 A V_0^2}{2(a-b)} \left(\frac{b}{a}\right)$

14. Ein elektronisches Gerät ist schlecht konzipiert worden, sodass sich zwei Schrauben, die an verschiedenen Teilen des Geräts angebracht wurden, im Inneren fast berühren, wie es in der folgenden Abbildung gezeigt wird.



*Dargestellt ist ein elektronisches Gerät, das aus verschiedenen Teilen besteht (Steel: Stahl, Brass: Messing).*

Die Stahl- und Messingschraube haben ein unterschiedliches elektrisches Potential. Wenn sie sich berühren tritt ein Kurzschluss auf, der das Gerät beschädigt. Wenn der anfängliche Abstand zwischen den Enden der Schrauben  $5,00 \mu\text{m}$  bei  $27,0 \text{ }^\circ\text{C}$  beträgt, bei welcher Temperatur werden sich die Schrauben berühren? Der thermische Ausdehnungskoeffizient von Messing und Stahl beträgt  $19,0 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$  bzw.  $11,0 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$ .

- A.  $34,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- B.  $36,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- C.  $42,9 \text{ }^\circ\text{C}$
- D.  $46,2 \text{ }^\circ\text{C}$

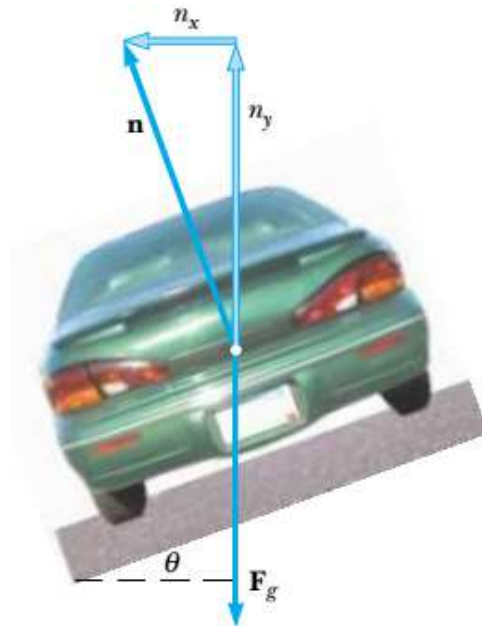
15. Ein schwimmender Eisberg in Meerwasser, wie es in der Abbildung gezeigt wird, ist extrem gefährlich, weil sich der größte Teil des Eises unter der Oberfläche befindet.



Dieses nicht sichtbare Eis könnte ein Schiff beschädigen, auch wenn dieses sich noch in einer erheblichen Entfernung zum sichtbaren Eis befindet. Schätze ab, welcher Anteil des Eisbergs unter der Wasseroberfläche liegt, wenn die Dichte des Meerwassers  $1030 \text{ kg/m}^3$  und die Dichte des Eisbergs  $917 \text{ kg/m}^3$  beträgt.

- A. 0,352
- B. 0,756
- C. 0,781
- D. 0,890

16. Ein Bauingenieur möchte eine gebogene Ausfahrt für eine Autobahn so entwerfen, dass ein Auto die Ausfahrt ohne zu rutschen durchfahren kann, ohne sich dabei auf die Reibung verlassen zu müssen. Mit anderen Worten: Ein Auto, das sich mit der vorgeschriebenen Geschwindigkeit bewegt, kann die Kurve durchfahren, auch wenn die Straße mit Eis bedeckt ist. Solch eine Ausfahrt ist gewöhnlich überhöht; das bedeutet, die Fahrbahn ist zur Innenseite der Kurve hin geneigt mit einem Winkel von  $\theta$ , wie es in der Abbildung gezeigt wird.

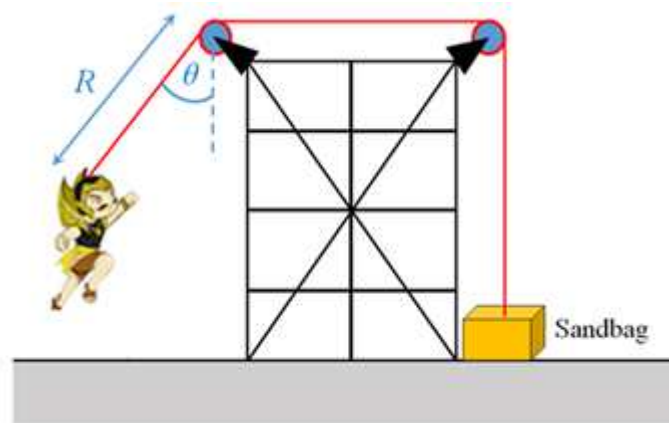


*Schematische Darstellung einer gebogenen Autobahnausfahrt*

Nimm an, dass die vorgeschriebene Geschwindigkeit für die Ausfahrt 13,4 m/s und der Radius der Kurve 50,0 m beträgt. Um welchen Winkel  $\theta$  sollte die Kurve überhöht werden? (Die Fallbeschleunigung beträgt  $9,80 \text{ m/s}^2$ .)

- A.  $13,5^\circ$
- B.  $17,9^\circ$
- C.  $20,1^\circ$
- D.  $28,3^\circ$

17. Du entwirfst eine Anlage zur Unterstützung eines Schauspielers der Masse 65 kg, der sich während einer Aufführung auf die Bühne schwingen möchte. Dazu befestigst du den Gurt des Schauspielers mit einem leichten Stahlseil an einem 130 kg schweren Sandsack (Sandbag). Das Stahlseil läuft glatt über zwei reibungsfreie Rollen, wie es in der folgenden Abbildung gezeigt wird.



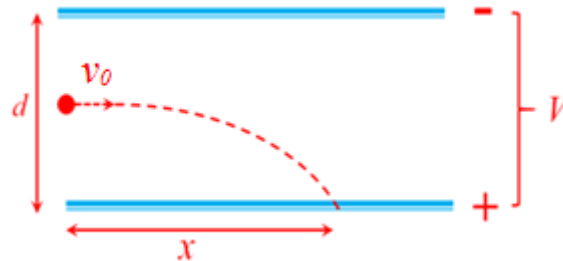
*Schematische Darstellung der Anlage für einen Schauspieler, um sich während einer Aufführung auf die Bühne zu schwingen*

Du brauchst 3 m Seil vom Gurt zur nächsten Rolle, damit diese Rolle hinter einem Vorhang versteckt werden kann. Damit die Anlage funktioniert, darf sich der Sandsack vom Boden nicht abheben, während der Schauspieler von oberhalb der Bühne auf den Boden herunterschwingt. Der anfängliche Winkel, den das Seil des Schauspielers mit der Vertikalen einschließt, ist  $\theta$ . Was ist der maximale Wert für  $\theta$ , bevor der Sandsack vom Boden abhebt? (Nimm an, dass der Schauspieler als Punktmasse betrachtet werden kann.)

- A.  $30^\circ$
- B.  $40^\circ$
- C.  $60^\circ$
- D.  $90^\circ$



18. Zwei horizontale Metallplatten befinden sich in einem Abstand  $d$ . Diese Platten werden auf einer Spannungsdifferenz  $V$  gehalten, wobei die untere Platte positiv ist, wie in der folgenden Abbildung gezeigt.

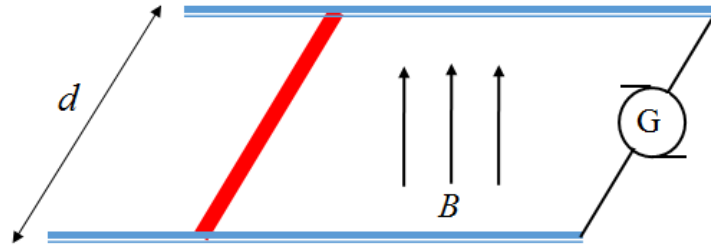


*Schematische Darstellung der Bewegung eines Elektronenstrahls in einem elektrischen Feld, das durch zwei Platten erzeugt wird*

Ein Elektronenstrahl (mit Ladungen  $-e$  und Masse  $m$ ) wird mittig zwischen den Platten eingebracht, während er sich parallel zu diesen mit einer Geschwindigkeit  $v_0$  bewegt. Bei welchem horizontalen Abstand  $x$  wird der Strahl die positive Platte treffen? (Die Gravitationskraft kann vernachlässigt werden.)

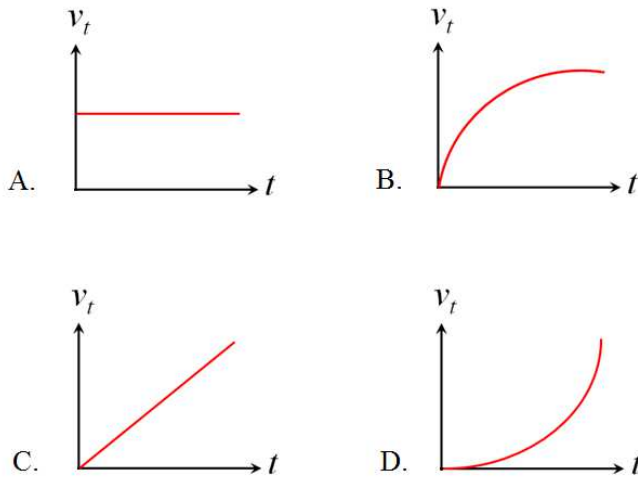
- A.  $\frac{v_0^2 dm}{2eV}$   
 B.  $\frac{v_0 eV}{2dm}$   
 C.  $v_0 d \sqrt{\frac{m}{eV}}$   
 D.  $v_0^2 d \sqrt{\frac{eV}{m}}$

19. Ein Metalldraht der Masse  $m$  gleitet reibungsfrei auf zwei Schienen mit dem Abstand  $d$ , wie in der Abbildung gezeigt. Die Bahn liegt in einem vertikalen, homogenen Magnetfeld  $\mathbf{B}$ .

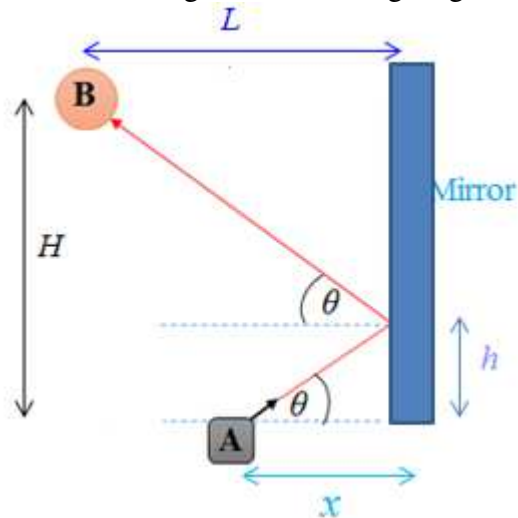


*Ein Metalldraht gleitet reibungsfrei auf zwei Schienen in einem homogenen Magnetfeld*

Ein konstanter Strom  $I$  fließt durch den Generator  $G$ , entlang einer Schiene, durch den Draht und die andere Schiene zurück. Nimm an, dass bei  $t = 0$  der Draht anfänglich in Ruhe ist. Welche der folgenden Abbildungen zeigt korrekt die Geschwindigkeit  $v_t$  als Funktion der Zeit  $t$ ?



20. Eine Lichtquelle befindet sich am Punkt **A** und erzeugt Licht, das durch einen Spiegel in einer Weise reflektiert wird, wie es die folgende Abbildung zeigt.



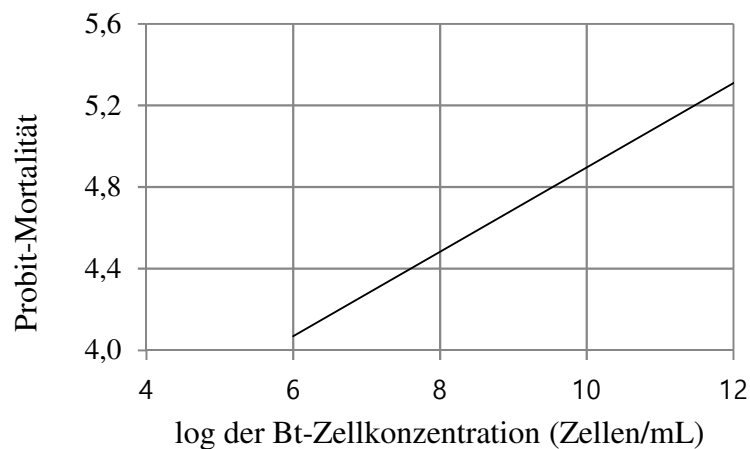
*Schematische Darstellung des Lichtweges vom Punkt A zum Punkt B*

Ein Objekt, das sich am Punkt **B** befindet, soll das Ziel des reflektierten Lichts sein. Der horizontale Abstand des Objektes am Punkt **B** zum Spiegel sei 2,20 m, der vertikale Abstand zwischen **A** und **B** ( $H$ ) sowie zwischen **A** und dem Punkt der Reflexion ( $h$ ) betrage 1,68 m bzw. 0,430 m. Bestimme den horizontalen Abstand  $x$  zwischen der Lichtquelle (**A**) und dem Spiegel.

- A. 0,381 m
- B. 0,757 m
- C. 1,04 m
- D. 1,42 m

21. Weibliche Seidenspinner (*Bombyx mori*) locken Männchen an, indem sie chemische Signale aussenden, die sich über die Luft verteilen. Ein Hunderte von Metern entferntes Männchen kann diese Moleküle mit Chemorezeptoren wahrnehmen und zu deren Quelle fliegen. Ein Chemorezeptor ist ein sensorischer Rezeptor, der auf chemische Stimuli anspricht. Die für dieses Verhalten verantwortlichen Sinnesorgane sind die Kamm-ähnlichen Antennen. Jedes Antennenfilament ist mit Tausenden Rezeptoren ausgestattet, die den Sexuallockstoff erkennen. Die korrekt vorgeschlagene Hypothese, um zu beschreiben, wie der männliche Falter den weiblichen Falter findet, lautet: Die Chemorezeptoren an der Antenne der männlichen Falter...
- A. sind nur spezifisch für die Wahrnehmung der chemischen Verbindung, die von den weiblichen Faltern in bestimmter Entfernung ausgeschüttet wird. Der männliche Falter findet den weiblichen, geleitet durch eine spezifische chemische Verbindung, die vom weiblichen Falter ausgeschüttet wird.
  - B. sind nicht spezifisch für die Wahrnehmung der chemischen Verbindung, die von den weiblichen Faltern in bestimmter Entfernung ausgeschüttet wird.
  - C. können alle chemischen Verbindungen in der Luft wahrnehmen, aber der männliche Falter findet den weiblichen durch Zufall.
  - D. können alle chemischen Verbindungen in der Luft wahrnehmen, inklusive der spezifischen chemischen Verbindung, die von den weiblichen Faltern ausgeschüttet wird, so dass der männliche Falter den weiblichen findet.

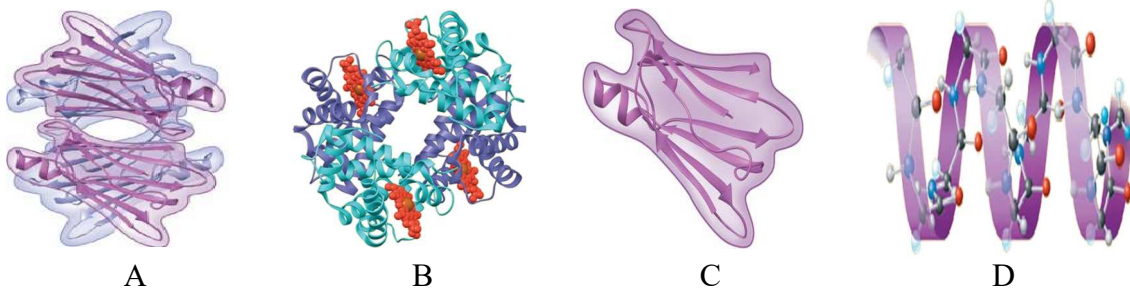
22. Die Pathogenität von *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) ORG1-Isolat bei Stadium-3-Larven von *Spodoptera litura* wurde durch eine Probit-Analyse bestimmt. Der  $LC_{50}$ -Wert bezeichnet die Konzentration an Bakterienzellen, die 50 % (Probit Mortalität = 5) der *Spodoptera litura*-Larven tötet. Die Probit-Analyse von *Bt* ORG1-Isolat mit einer Regressionsgeraden  $Y = 2,8279 + 0,2069X$  ergibt nach 24 h eine  $LC_{50} = 3,15 \times 10^{10}$  Zellen/mL. Ein anderes *Bt*-Isolat (*Bt* ORG2) wurde auf Pathogenität für *Spodoptera litura*-Larven getestet und ergab eine Probit-Regressionsgerade mit einer Steigung von 0,5245 und nach 24 h einer  $LC_{50} = 2,15 \times 10^{10}$  Zellen/mL. Entscheide auf der Basis der  $LC_{50}$ -Werte und der Steigung der Probit-Regressionsgeraden, welches *Bt*-Isolat stärker pathogen ist.



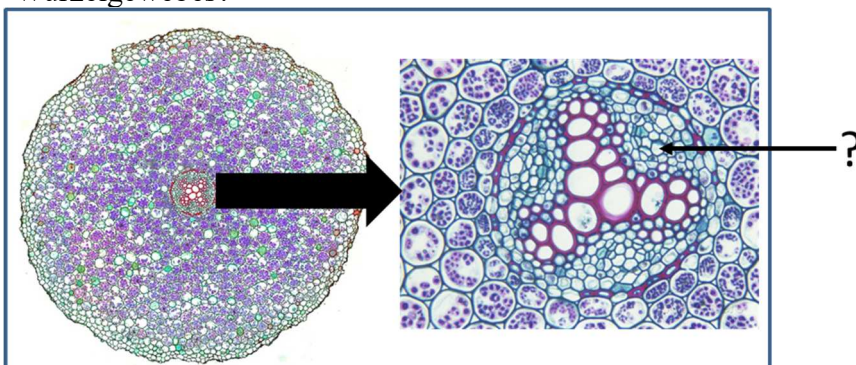
Probit-Regressionsgerade  $Y = 2,8279 + 0,2069X$ , Bioassay  
*Bt* ORG1-Isolat bei Stadium-3-Larven von *Spodoptera litura*

- A. *Bt* ORG1-Isolat  
 B. *Bt* ORG2-Isolat  
 C. *Bt* ORG1 ist genauso stark pathogen wie *Bt* ORG2  
 D. Weder *Bt* ORG1-Isolat noch *Bt* ORG2-Isolat sind pathogen
23. Welche der folgenden Aussagen zu Prokaryoten ist FALSCH? Sie haben...
- A. ein Nukleoid, einen Bereich, in dem sich die DNA der Zelle befindet (nicht durch eine Membran abgegrenzt).  
 B. Fimbrien, Anhängsel an der Oberfläche mancher Prokaryoten.  
 C. eine Plasmamembran, die das Zytoplasma umschließt.  
 D. ein Zentrosom, eine Region, an der die Mikrotubuli der Zelle beginnen, bestehend aus einem Paar von Zentriolen.

24. Hämoglobin, das Sauerstoff-bindende Protein der roten Blutkörperchen, ist ein globuläres Protein mit einer Quartärstruktur. Die Quartärstruktur des Hämoglobins besteht aus vier Polypeptid-Untereinheiten, davon zwei  $\alpha$ - und zwei  $\beta$ -Untereinheiten. Sowohl  $\alpha$ - als auch  $\beta$ -Untereinheiten haben vor allem eine  $\alpha$ -helikale Sekundärstruktur. Jede Untereinheit hat einen nicht-Polypeptid-Bestandteil, Häm genannt, dessen Eisen-Ion Sauerstoff bindet. Welche der folgenden Abbildungen stellt die Struktur von Hämoglobin dar?



25. Die Abbildung zeigt einen Wurzelquerschnitt von *Ranunculus* (Hahnenfuß), welcher die Anordnung der Primärgewebe in jungen Wurzeln beschreibt. Dieser Wurzelquerschnitt zeigt Grundzüge der Wurzelorganisation. Was ist der Name des mit dem “?” markierten Wurzelgewebes?



*Wurzelquerschnitt von Ranunculus (Hahnenfuß)*

- A. Phloem
- B. Rinde
- C. Xylem
- D. Endodermis

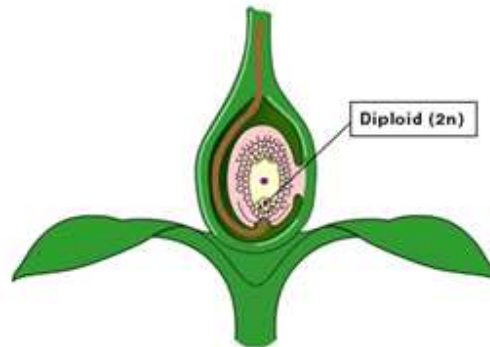
26. Malaria ist eine durch Plasmodien ausgelöste Krankheit. Plasmodium verbreitet sich von einem Individuum zum anderen über einen Stechmücken-Vektor. Eine Plasmodien-tragende Stechmückenart lebt in einem Wald mit zwei verschiedenen Affenarten, X und Y. Affenart X ist immun gegenüber Plasmodien, Art Y nicht. Die Plasmodien-tragende Stechmückenart ist eine Nahrungsquelle für eine bestimmte Vogelart in diesem Wald. Wenn all diese Vögel plötzlich von Jägern beseitigt würden, welche der folgenden Aussagen entspricht einer umgehend zu beobachtenden Folge?
- Erhöhte Mortalität (Todesrate) bei Art X
  - Erhöhte Mortalität bei Art Y
  - Erhöhte Mortalität der Plasmodien-tragenden Stechmücken
  - Keine erhöhte Mortalität bei Art X oder Art Y
27. Bestimmte Akazienarten im Baluran Nationalpark (Ost-Java, Indonesien) haben hohle Dornen, die von stechenden Ameisen bewohnt werden. Diese greifen alles an, was den Baum berührt. Die Ameisen erhalten von der Akazie produzierte Nährstoffe. Das ist ein Beispiel für eine Wechselbeziehung namens...
- Mutualismus
  - Parasitismus
  - kompetitiver Ausschluss
  - intraspezifische Konkurrenz
28. Der Mensch hat Dutzende von Antigenen auf der Oberfläche seiner Blutkörperchen. Eine Gruppe von Antigenen, bezeichnet als die MN-Blutgruppe, stimuliert die Produktion von Antikörpern, wenn sie Hasen injiziert werden. Die Allele der MN-Blutgruppe, normalerweise als M und N bezeichnet, sind kodominant. Das bedeutet, dass der Genotyp MM nur Antigen M produziert, der Genotyp NN nur Antigen N und der heterozygote Genotyp MN beide Antigene. Gegeben sind die folgenden Werte:

Genotyp	Anzahl
MM	320
MN	480
NN	200
Summe	1000

Was ist die Häufigkeit von Allel M?

- 0,44
- 0,56
- 0,32
- 0,16

29. Die sexuelle Vermehrung bei Pflanzen und Tieren beinhaltet die Vereinigung von zwei Gameten zu einer Zelle, genannt Zygote. Als Gameten bezeichnet man Eizellen und Samenzellen. Die Zygote entsteht nachdem die Samenzelle die Eizelle befruchtet hat, wodurch ein diploider Chromosomensatz entsteht. Die Zygote entwickelt sich zu... (Hinweis: Die folgende Abbildung stellt das befruchtete Ei dar.)



- A. dem Embryo  
B. dem Endosperm  
C. dem Kerngehäuse  
D. der Eizelle
30. Die Photosynthese besteht aus zwei Vorgängen, wovon jeder mehrere Schritte umfasst. Diese zwei Photosynthese-Vorgänge sind bekannt als: (1) die Lichtreaktion als erstes Stadium der Photosynthese, die Sonnenlicht als durch Chlorophyll absorbierte Energiequelle nutzt, und (2) der Calvin-Zyklus als zweites Stadium, das ohne Sonnenlicht ablaufen kann. Welche der folgenden Aussagen zur Photosynthese ist FALSCH?
- A. Sie ist eine Kombination von Lichtreaktion und Calvin-Zyklus. Im Chloroplast findet die Lichtreaktion an der Thylakoid-Membran statt, der Calvin-Zyklus findet im Stroma statt.  
B. Die Lichtreaktion setzt ebenfalls ATP frei, indem Chemiosmose genutzt wird, um das Anhängen einer Phosphatgruppe an ADP anzutreiben. Dieser Vorgang wird Photophosphorylierung genannt.  
C. Die Lichtreaktion nutzt Sonnenenergie, um ATP und NADPH zu generieren, welche den Calvin-Zyklus mit chemischer Energie und Reduktionsäquivalenten versorgen.  
D. Der Calvin-Zyklus setzt CO<sub>2</sub> aus organischen Molekülen frei, die zu Zucker umgewandelt werden.