

Дорогие ребята!

В заочном туре олимпиады мы предлагаем Вам ответить на 5 вопросов. Не трудитесь искать прямые ответы на них в Интернете – их там нет. Но можно, сопоставить данные из разных источников (в том числе из Интернета), поразмышлять и найти ответы на вопросы.

Учтите, что ответ на один вопрос не должен превышать по объему 2 страниц А4 (кегель 14 через 1,5 интервала или рукописных).

1. Вы держите гирию 0,5 кг на вытянутой руке. Из физики известно, что выражение для работы дается формулой $A=FS$, где A – совершаемая работа, F – сила, S – пройденный путь. Поскольку высота гири не меняется, то $S=0$. Следовательно, $A=0$. Т.е. поддержание гири на одном уровне не требует совершения работы и, следовательно, расхода энергии.

Тем не менее, через некоторое время удержать груз станет невозможно и рука опустится. Почему? На что все же израсходовалась энергия, если работа не выполнялась? Какие органические вещества обеспечивают руке возможность держать груз? (10 баллов)

Несмотря на кажущийся парадокс и противоречие законам физики в данной ситуации мышца (бицепс) все же работает, а значит, затрачивает энергию, истощение последней и приводит к опусканию руки. Что же за работа совершается? Чтобы ответить на вопрос, рассмотрим механизм работы мышцы с молекулярно-биохимической позиции. Поперечно-полосатая мышца состоит из мышечных волокон, содержащих многочисленные миофибриллы. Основные белки миофибрилл, участвующие в мышечном движении – это миозин (толстые нити) и актин (тонкие нити), расположенные параллельно. Во время сокращения толстые и тонкие нити скользят относительно друг друга. Иными словами на молекулярном уровне перемещение мышечных элементов присутствует, а значит мышечное сокращение является работой! Источником энергии для мышечного сокращения является молекула аденозинтрифосфата (АТФ) – универсальный клеточный аккумулятор энергии.

В исходном (расслабленном) состоянии мышцы многочисленные выросты – головки миозина – прочно соединены с актином. Молекулы АТФ связываются с головками миозина, активируя их (идет реакция гидролиза $АТФ \rightarrow АДФ + Фн$), после чего эти головки синхронно "шагают" – перемещаются на соседний участок актина примерно на 10-15 нм и закрепляются на нем. Цикл повторяется до тех пор, пока есть АТФ. При истощении запасов АТФ связи между нитями актина и миозина разрушаются (при участии особого мышечного белка тропонина), миозин "соскальзывает" вдоль актина до максимального удлинения миофибриллы.

Необходимо отметить важную роль в мышечном сокращении ионов кальция и магния, так как без них взаимодействие актина и миозина – прикрепление и открепление головок – невозможно.

Запасы АТФ в мышцах невелики, поэтому в них постоянно идет ресинтез этих молекул. Основным процессом, обеспечивающим наработку АТФ в клетках человека (в том числе и мышечных) – это клеточное дыхание. При достаточном поступлении кислорода 1 молекула глюкозы позволяет синтезировать 38 АТФ, но при его отсутствии протекает менее эффективный гликолиз, дающий лишь 2 АТФ на молекулу глюкозы. Удержание груза на вытянутой руке – это пример статической нагрузки, при которой нарушается кровоснабжение мышц из-за пережатия капилляров, вследствие чего в них развивается голодание по кислороду и активизируется гликолиз. Гликолиз вызывает быстрое истощение запасов глюкозы и гликогена (запасного углевода мышц), поскольку требует почти в 20 раз

больше углеводов, чем кислородное дыхание для достижения такого же уровня синтеза АТФ. Исчерпание углеводов ведет к дефициту АТФ в мышцах - поддерживать состояние сокращения двуглавая мышца более не может - рука с грузом опускается.

В биохимии мышечного сокращения важную роль играет креатинфосфат - своеобразный резервный фонд энергии и фосфата в мышцах, обеспечивающий быструю регенерацию АТФ при интенсивных нагрузках. Правда, наиболее важен он для поддержания динамической, а не статической нагрузки.

2. Осенью Вы хоть раз собирали красивые красные и даже бордово-фиолетовые листья клена. Почему они так окрашиваются именно осенью? Зачем растение синтезирует накануне зимы такие пигменты? (10 баллов)

Осенью в первую очередь разрушается хлорофилл, поэтому другие пигменты листа становятся значительно заметнее. Осенью желто-оранжевые пигменты (каротиноиды) почти не синтезируются, в отличие от красно-фиолетовых антоцианов.

Красные и бордово-фиолетовые оттенки осенним листьям клена придают антоцианы - соединения гликозидной природы. Они состоят из молекулы углевода (например, глюкозы) и неуглеводной части, собственно и обеспечивающей окраску.

В прохладную, но сухую и ясную осень в растении еще продолжается процесс фотосинтеза, и образуются моносахариды в листьях. В то же время наступающее похолодание и укорочение дня в растении индуцирует накопление веществ - сигналов подготовки к "зимней спячке". Эти вещества (например, абсцизовая кислота) останавливают поток углеводов от листьев к плодам и зимующим корням и направляют его на синтез антоцианов. При дождливой, пасмурной и теплой осени для синтеза антоцианов не хватает углеводов, поэтому листья преимущественно желтеют за счет уже имевшихся и ставших заметными после распада хлорофиллов каротиноидов.

Антоцианы - это не просто способ избавиться от лишней глюкозы, не "балласт" клетки, а важные защитные вещества растений.

1) Они защищают фотосинтетический аппарат от избыточного света. Работая как защитные экраны, они способны максимально продлить фотосинтез осенью.

2) При наступлении неблагоприятных условий в клетках растения накапливаются свободные радикалы - очень реакционноспособные частицы с неспаренными электронами, окисляющие многие необходимые для жизнедеятельности вещества. Антоцианы в силу своего строения выступают как антиоксиданты: защищают растения от окислительных процессов, как осенью, так и в другие тяжелые времена.

3) Фиолетово-бордово-красные пигменты, видимо, нужны и для защиты от расселяющихся осенью насекомых. Например, именно в осеннее время появляются крылатые тли, захватывающие новые объекты для поедания. Красные листья воспринимаются тлями как не подходящие для откладки яиц. В итоге покрасневшее осенью растение избегает поражения перезимовавшими и вылупившимися по весне вредителями.

Интенсивность красного цвета и его оттенки зависят от вида растения (наличия генов, ответственных за синтез антоцианов и его регуляцию), кислотности среды внутри клетки, особенностей строения листа, содержания в почве азота и фосфора, а также от места произрастания.

3. Плесень опасна для промышленных построек. Она способна "прогрызть" и разрушить как дерево, так и камень. Как ей это удастся, ведь у нее нет зубов? (10 баллов)

Наличие зубов связано с функцией питания: они нужны при захватывании, удержании и измельчении пищи. Зубы имеются лишь у высших представителей *голозойного* способа питания (то есть способа, при котором твердые пищевые частицы захватываются внутрь организма), да и то не у всех. Например, зубы есть у млекопитающих, но нет у птиц.

Грибы, так же как и бактерии, не имеют не только зубов, но и рта. Поэтому они питаются иным способом – *голофитным*, когда внутрь организма поступают не твердые пищевые частицы, а получившийся из них раствор. (Это явление также можно назвать осмотическим или абсорбтивным типом питания). Но биологические полимеры (белки, целлюлоза, крахмал, лигнин и т.д.) – большие молекулы и не могут быть всосаны. Для их гидролиза и растворения грибы выделяют вещества: ферменты и органические кислоты.

При растворении древесины главную роль играют ферменты. Основными компонентами древесины являются целлюлоза и лигнин. Сами эти полимеры не растворимы в воде, но их небольшие фрагменты, возникающие под действием ферментов, в воде растворяются и съедаются грибом. В результате в структуре древесины появляется “выеденное” место. Целлюлоза расщепляется в основном под действием ферментов целлюлаз (точнее, целлюлазного комплекса из многих ферментов, у каждого из которых своя роль в гидролизе целлюлозы). Лигнин, имеющий фенольную природу, могут расщеплять лишь немногие грибы – те, которые имеют для этого особые ферменты класса оксидоредуктаз (лакказа, Mn-зависимая пероксидаза, лигниназа). Однако даже если будет разрушен лишь целлюлозный компонент, в древесине появятся полости, каналы, бесструктурные участки и она утратит прочность и упругость.

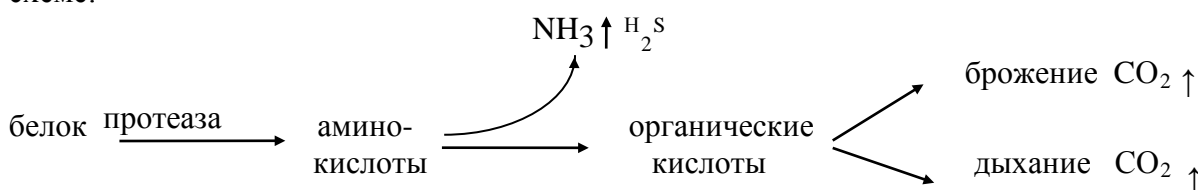
При растворении камня (а также цемента, бетона и других похожих материалов) основная роль принадлежит органическим кислотам. Внутри клеток гриба синтезируются различные кислоты: лимонная, яблочная, глюконовая, наиболее агрессивная при воздействии на камень щавелевая кислота и многие другие. Эти кислоты выделяются грибной гифой в окружающую среду. Если гриб растет на камне, то взаимодействие кислоты с химическими соединениями камня приводит к образованию солей этой кислоты. Очень часто образовавшиеся соли значительно менее прочны и значительно легче растворимы в воде, чем исходный минерал. В результате дальнейших механических воздействий (например, ветра или конструкций здания) и влияния воды такие соли либо крошатся, либо вымываются, а в камне остаются полости, канавки, трещинки.

Органические кислоты также могут вызвать химический гидролиз компонентов древесины, а также закислить среду до значений pH, оптимальных для действия целлюлозо- и лигнинразрушающих ферментов. Подчеркнем, что для синтеза и кислот, и ферментов грибу необходимы органические вещества (например, загрязнения, попавшие из воздуха). Химические воздействия на материал могут сочетаться с механическими: по образовавшимся порам и полостям гифы гриба все глубже проникают внутрь материала и растут там. Поскольку внутри грибной клетки может возникать тургорное давление, достаточное, чтобы взломать асфальтовое покрытие (до 100 атм), такой же процесс внутри каменной конструкции может привести к образованию трещин и разломов.

4. Известно, что растения поглощают из почвы минеральные (неорганические) вещества в ионной форме. Однако лучшими удобрениями культурных растений считаются органические, например, навоз. Благодаря каким почвенным процессам вещества навоза становятся доступными для растений? Почему внесение органических удобрений улучшает не только минеральное питание, но и увеличивает интенсивность фотосинтеза? Почему внесение органических удобрений повышает температуру почвы? Почему внесение органических удобрений уменьшает пораженность растений грибными и бактериальными фитопатогенами? Почему органические

удобрения нужно вносить в очень больших дозах (десятки тонн на гектар)? (10 баллов)

Навоз - комплексное органическое удобрение, смесь твердых и жидких экскрементов сельскохозяйственных животных, иногда в смеси с подстилкой (солома, торф, стружки, опилки). Навоз содержит все макро- и микроэлементы, входившие в состав растительной массы, использованной для корма животным, то есть является действительно комплексным удобрением, снабжающим растение всем необходимым. Из органических веществ навоз содержит, прежде всего, целлюлозу и мочевину, но также гемицеллюлозы, лигнин, даже белки (микроорганизмы, обитавшие в кишечном тракте животного, и ферменты пищеварительных соков). Конечно, эти вещества растениям недоступны. Попавший в почву навоз сразу же начинает утилизироваться микроорганизмами, причем большая часть его массы минерализуется в процессах аммонификации (гниения), десульфурации (освобождения серы) и дыхания до газов: NH_3 , H_2S , CO_2 , которые улетучиваются, и воды. Например, процесс аммонификации и десульфурации белка происходит по такой схеме:



Микроорганизмы при минерализации навоза получают энергию и вещества для построения своего тела, а в почве остаются соли, прежде всего, соли аммония, нитраты, фосфаты, сульфаты и др., которые поглощаются растениями.

Выделившийся при минерализации навоза углекислый газ остается в приземном слое, так как он тяжелее воздуха (44у.е.), а повышенная его концентрация увеличивает интенсивность фотосинтеза.

При брожении и, особенно, дыхании микроорганизмов часть полученной энергии не запасается в форме АТФ, а выделяется в виде тепла, которое задерживается почвой, и ее температура повышается. На этом эффекте навоза «работают» парники.

Пораженность растений грибными и бактериальными фитопатогенами при внесении навоза уменьшается, так как многие возбудители болезней растений являются факультативными паразитами и охотно питаются легко доступным органическим веществом удобрения.

Органические удобрения нужно вносить в очень больших дозах (30-80 т/га один раз в 3-4 года, а на черноземах - в 10-12 лет), так как, во-первых, большая часть их массы минерализуется до газов, которые улетучиваются, и, во-вторых, при внесении небольших доз микроорганизмы почвы размножаются и при отсутствии доступного органического вещества разрушают гумус или паразитируют на растениях.

Дополнительные (к вопросу) эффекты внесения навоза (по 1 дополнительному баллу за пункт):

1. улучшение физико-химических свойств почвы
2. разрушение токсических веществ (колинов, пестицидов, ксенобиотиков: пластмассы, ГСМ, резины и т.д.) за счет кометаболизма (совместного разложения навоза и токсических веществ) и связывание радионуклидов – токсические вещества «сгорают в пламени навоза».

3. увеличивается химическое и физическое выветривание минералов почвы за счет органических и минеральных кислот, выделяемых микроорганизмами, и улучшается минеральное питание растений;

4. *уменьшается вымывание растворенных минеральных в-в за счет комплексообразующих веществ (хелатов), выделяемых микроорганизмами;*
5. *улучшается структура почвы за счет микробных слизей и гифов грибов;*
6. *увеличивается несимбиотическая азотфиксация;*
7. *увеличивается образование гумуса;*
8. *улучшается минеральное питание растений за счет микоризных грибов и бактериальных цепочек в ризосфере;*
9. *уменьшается микробное разрушение гумуса, т.к. много достаточно легко доступных органических веществ.*

5. Перечислите приспособления птиц к полету, которые позволяют считать их самым совершенным в мире летательным аппаратом (с точки зрения аэродинамики). Почему все попытки создать махолет по принципу летящей птицы оканчиваются неудачей? (10 баллов)

Птицы – совершенная аэродинамическая конструкция.

1. Скелет птиц максимально приспособлен к полету. Череп отличается большей прочностью и легкостью. У взрослой птицы все кости черепной коробки срастаются до полного исчезновения швов – достигается уменьшение массы костной ткани. Осевой скелет состоит из лёгких и прочных костей. Некоторые кости имеют наполняемые воздухом полости, называемые “пневматическими”, связанные с органами дыхания. Грудные позвонки у ряда представителей сливаются в спинную кость, обеспечивающую неподвижность туловищного отдела в полете. Ребро имеет спинной и брюшной отделы, подвижно соединенные друг с другом. Спинной отдел несет крючковидные отростки, которые налегают на соседние задние рёбра. При этом происходит частичное укрепление грудной клетки и образуют поверхность для крепления наружных межреберных мышц, обеспечивая высокую эффективность при расширении грудной клетки. Грудина широкая и имеет высокий грудной киль, к которому крепятся мышцы, опускающие и поднимающие крыло. Сложный крестец образует очень мощную опору для задних конечностей, которыми птицы гасят удар при приземлении. Плечевой пояс состоит из лопатки, коракоида и ключицы. Саблевидная лопатка одним концом прикреплена к коракоиду, а другим свободно заканчивается поверх грудной клетки. Вынесенный вперед плечевой сустав обеспечивает укладывание крыла вдоль туловища в свободном состоянии, устойчивость при полете и совмещение точек приложения подъемной силы крыльев с центром масс тела. Ключицы срастаются с образованием вилочки, амортизирующей толчки при взмахе крыльев. Головка плечевой кости плоская, что исключает вращательные движения в плечевом суставе и препятствует выворачиванию крыла. Пряжка как и фаланги второго пальца являются местом крепления первостепенных маховых перьев. Цевка образована слиянием всех костей плюсны и дистальных косточек предплюсны, что дает экономию костного материала и упрочнение конечности.

2. Тело покрыто перьями, которые создают несущие плоскости, снижают трение о воздух. При подъеме крыла маховые перья проворачиваются, создавая пространство для прохождения воздуха – облегчение подъема. Форма крыла является важным фактором, определяющим тип и характеристики полёта, к которому способна птица. Разные формы крыльев отвечают разным компромиссным решениям для создания нужных характеристик, таких как скорость полёта, затраты энергии и манёвренность. Хвост принимает участие в стабилизации полёта и маневрировании за счёт как подъемной силы, так и силы сопротивления. Существует система связок, осуществляющих перекручивание второстепенных маховых перьев корневой части крыла, и этот механизм очень функционален. Имеет место обратимое машущее движение крыла, в результате которого крыло упруго деформируется и преобразует энергию в движение. Крыло птицы даже в пассивном планирующем полете ведет себя не так, как крыло планера. Под воздействием порывов ветра, в частно-

сти, за счет гибкости перьев, профиль крыла изменяется, принимая наивыгоднейшую для данного момента полета форму и даже аккумулирует энергию воздушного потока. Большое значение имеет гибкость маховых перьев и асимметричное развитие опахала. В гибкости маховых перьев и заключается секрет создания тяги машущими движениями крыльев. Стержень махового пера утончается в направлении к кончику.

3. Отличноразвиты мышцы, обеспечивающие движение крыла.

4. Тело максимально облегчено: укорочен задний отдел кишечника, отсутствуют зубы (уменьшение массы тела за счет дентина), мочевой пузырь, правый яичник и яйцевод у самок.

5. «Двойное дыхание», позволяющее обогащать легкие и кровь кислородом на вдохе и на выдохе, и высокая частота сердцебиения обеспечивают интенсивное клеточное дыхание и снабжение мышц очень большим количеством энергии.

Аэродинамика полета птиц очень сложна и до конца не изучена. Имеет значение форма крыла, его неравномерная толщина и строение перьев. В полёте происходят изменения положения маховых перьев и изменения площади крыла, кистевая и основная части крыла двигаются с разной скоростью и под разными углами. Особенности строения крыльев, длина и пропорции маховых перьев, отношение массы тела птицы к площади её крыльев, степень развития мускулатуры являются решающими факторами, определяющими особенности и характеристики полёта у птиц. Экспериментальные махолёты с жёсткими крыльями не имитируют птичий полёт.

Таким образом, нельзя учесть все факторы, и все попытки создать махолет по принципу летящей птицы оканчиваются неудачей.