**18. feladatlap: A Janus-arcú hidrogén-peroxid[[1]](#footnote-1)**

**Módszertani útmutató**

**1. Téma:** A redoxireakciók (gyakorló óra)

**2. Felhasználás:** 9. osztály, 45 perces tanóra

**3. Szükséges előzetes ismeretek:**

* A redoxireakciók oxigénátmeneten alapuló értelmezése.
* Az elektronegativitás fogalma.
* A redoxireakciók elektronátmeneten alapuló értelmezése.
* Az oxigéngáz kimutatása izzó gyújtópálcával.
* A jód kimutatása keményítővel.
* A kálium-permanganát-oldat színe lila.

**4. Célok:**

* Motiváció: A kíváncsiság felkeltése a környezetünkben lévő anyagok tulajdonságainak és viselkedésük szabályszerűségeinek megértése iránt. (Mely anyagok mikor és miért viselkednek oxidálószerként/redukálószerként?)
* Ismétlés: Az elektronegativitás jelentése.
* A redoxireakciók értelmezése oxigénátmenet és elektronátmenet alapján.
* A megfigyelőkészség és a kísérletezéshez használt manuális készségek fejlesztése.
* A logikus gondolkodás, az induktív következtetés gyakorlása.
* A 2. és a 3. típusú feladatlapot megoldó diákok esetében a szabályszerűségek (mintázatok) felismerésének, az azok nyomán történő hipotézisalkotásnak, a feltételezések igazolására/cáfolatára szolgáló kísérletek megtervezésének, a kísérletek eredménye gondos megfigyelésének, a tapasztalatok pontos lejegyzésének, értelmezésének és mindezekre alapozva az általános szabályszerűség megalkotásának gyakorlása. (A 2. típusú feladatlap esetében csak ezek utólagos magyarázata történik, míg a 3. típusú feladatlap esetében a tanulók a kísérletek megtervezéséhez előzetes segítséget kapnak.)

**5. Tananyag:**

* **Ismeret** szint:
	+ Az oxidáció oxigénfelvétel és egyben elektronleadás vagy elektronleadás egy másik atomnak.
	+ A redukció oxigénleadás és egyben elektronfelvétel vagy elektronfelvétel egy másik atomtól.
	+ Az oxidáció gyakran hidrogénleadásként, a redukció pedig hidrogénfelvételként nyilvánul meg.
* **Megértés** szint:
	+ Az oxidáció azért az oxigénről kapta a nevét, mert az oxigén olyan elem, amelynek atomja a legnagyobb elektronvonzó-képességű (elektronegativitású, *EN*-ú) a Földön elemi állapotban is előforduló elemek közül. A nála kisebb *EN*-ú elemektől ezért elektront képes elvonni. Ezért az oxidáció elektronleadás.
	+ Elektront más elemek és vegyületek is képesek elvonni a reakciópartnereiktől. Az elektronleadást akkor is oxidációnak nevezzük, ha oxigén egyáltalán nem szerepel a reakcióban. (Például a klór is képes oxidálni a nátriumot.)
	+ Az oxidáció fordítottja a redukció, ami oxigénleadás és/vagy elektronfelvétel. Ez gyakran hidrogénfelvételt jelent, mivel a hidrogén *EN*-a viszonylag kicsi, így a nála nagyobb *EN*-ú atomok el tudják tőle vonzani az elektronját.
	+ Az elektronok átadása nem mindig teljes. Ha az elektronegativitások különbsége nem elég nagy, akkor a kisebb *EN*-ú elem atomjainak elektronjai csak (az elemi állapothoz képest) közelebb húzódnak a nagyobb *EN*-ú atomhoz, ún. poláris kovalens kötés alakul ki. Az egyszerűség kedvéért azonban itt is azt mondjuk, hogy a kisebb *EN*-ú atom „leadta” az elektron(oka)t, a nagyobb pedig fölvette.
	+ A redoxireakciók során azoknak az elektronoknak a száma, amelyek távolabb kerültek valamely atom(ok)tól azonos azoknak az elektronoknak a számával, amelyek közelebb kerültek valamely atom(ok)hoz, mivel ugyanazokról az elektronokról van szó. Egyszerűbben ez úgy fogalmazható meg, hogy a leadott és a felvett elektronok száma azonos. Ez alapján a redoxireakciók egyenletei rendezhetők.
	+ Az oxidáció és a redukció tehát az elektronátmenet alapján való értelmezésben kölcsönös és viszonylagos. (Csakúgy, mint a sav és a bázis értelmezése a protonátmenet szerint.) Egyik nem létezik a másik nélkül, mert ugyanazt az elektront (sav-bázis reakciók esetében ugyanazt a protont) adják át egymásnak. A viszonylagosságot az jelenti, hogy mindig a reakciópartner(ek)től függ, milyen szerepet játszik/játszanak az adott reakcióban az anyag(ok).
* **Alkalmazás** szint:
	+ A tanulóknak el kell tudniuk dönteni az elektronegativitások ismeretében, hogy a reakció során melyik atomtól kerül(nek) távolabb, illetve melyik atomhoz kerül(nek) közelebb az elektron(ok).
	+ Az elektronleadás /elektronfelvétel ismeretében a tanulóknak meg kell tudniuk határozni, hogy melyik atom oxidálódott és melyik redukálódott, illetve hogy mi volt az oxidálószer és a redukálószer.
	+ Az egyes anyagok képletei, valamint az elektronátmenetek ismeretében és/vagy az atomok számának megmaradása, illetve a töltésmegmaradás elve alapján a tanulóknak tudniuk kell rendezni a redoxireakciók egyenleteit.
* **Magasabb rendű műveletek** szintje:
	+ A 2. típusú feladatlapot megoldó diákok esetében a konkrét példa utólagos magyarázata alapján meg kell érteni, hogy melyek a természettudományos kutatás főbb lépései.
	+ A 3. típusú feladatlapot megoldó diákok esetében a konkrét példa végrehajtása alapján meg kell érteni, hogy melyek a természettudományos kutatások főbb lépései.

**6. Módszertani megfontolások:**

* A feladatlapon szándékosan nem szerepelnek oxidációs számok és az azok alapján történő egyenletrendezés. (Egyébként ez már a közép szintű kémia érettségin sem követelmény.) A magyarázatok kizárólag az elektronegativitás fogalmára, és az elektronok elektronegativitás-különbségekkel indokolható elmozdulására épülnek. Az oxidációs szám bevezetése ugyan látszólag egyszerűsíti a magyarázatokat, de az egyenletrendezést mechanikussá teheti. Ekkor előfordulhat, hogy a diák nem érti meg a redoxireakciók lényegét. (Gyakran tapasztalt tévképzet az, hogy arra a kérdésre, hogy hány elektron mozdult el a reakció során a valós szám dupláját adják meg a tanulók, mert azt hiszik, hogy a leadott és a felvett elektronok különbözők.) Ráadásul az oxidációs számok változásának megadásakor sokak számára problémát jelent, hogy az elektron töltése negatív. Ezért ők gyakran követik el azt a hibát, hogy az oxidációs szám növekedését tekintik elektronfelvételnek (az elektronleadás, azaz oxidáció helyett) és ez a fordított helyzetre is igaz.
* A hidrogén-peroxid és a kálium-permanganát közötti reakció bonyolult, több lépésben zajlik. A keletkező elemi oxigén kizárólag a hidrogén-peroxidból származik, amit izotópos vizsgálatokkal bizonyítottak. Az elektronok viszont nem kerülhetnek közvetlenül a hidrogén-peroxid oxigénjéről a mangánra, mert ez kinetikailag lehetetlen. Bizonyára vannak olyan lépések, amelyek során előbb a kénsavból származó hidrogénion protonálja a permanganátion egyik oxigénjét, majd a hidrogén-peroxidban az elektronszegény hidrogén is ezen oxigén atommagjának vonzása alá kerül, és akkor az átmeneti komplexből kiléphet egy vízmolekula stb. Eszerint az elektroneltolódások a peroxid oxigénjétől a mangán felé tényleg a hidrogénjeiken keresztül történnek.
* A természettudományos kutatás lépéseinek modellezésére egy másik óraterv[[2]](#footnote-2) a „Kiegészítés az Oktatási Hivatal által kidolgozott Útmutató a pedagógusok minősítési rendszeréhez felhasználói dokumentáció értelmezéséhez” című kiadványban található.
* A hidrogén-peroxiddal kapcsolatban rengeteg érdekesség használható motivációra. Például a jelen tanulói feladatlapokon látható B) jelű egyenlet írja le, hogy miért használható bizonyos esetekben a hidrogén-peroxid festmények restaurálására. (A festmények ugyanis jórészt azért feketednek meg, mert az ólomfehér festékből a levegőben lévő kén-hidrogén hatására ólom-szulfid keletkezik.) A hidrogén-peroxid oxidáló hatása miatt közismert fertőtlenítő- és színtelenítőszer. A hajszőkítésen és toroköblítésen kívül például még halak tartósítására és fogak fehérítésére is használható. Mivel nem keletkezik belőle környezetterhelő anyag, manapság egyre több téren veszi át a nátrium-hipoklorit szerepét. Erős oxidáló hatása miatt rakéták és tengeralattjárók meghajtásakor is alkalmazzák. Sok más reakcióban is részt vesz, és számos tanulókísérlet is végeztethető vele (pl. ammóniás ezüst-nitrát-oldattal vagy nátrium-hipoklorittal), amely során szintén meg tudják állapítani a diákok a hidrogén-peroxid szerepét. (Részletesen ld. Szalay Luca: A Janus-arcú hidrogén-peroxid[[3]](#footnote-3).)
* A házi feladatok a tanórán is megoldhatók, ha marad rájuk idő.

**7. Technikai segédlet:**

* **Anyagok és eszközök a tanulókísérletekhez (csoportonként):**
	+ 5%-os hidrogén-peroxid-oldat
	+ 2 mol/dm3 koncentrációjú kénsavoldat
	+ 0,2 mol/dm3 koncentrációjú kálium-permanganát-oldat
	+ 0,1 mol/dm3 koncentrációjú kálium-jodid-oldat
	+ 1%-os keményítőoldat
	+ kémcső, 2 db
	+ kémcsőállvány
	+ gyújtópálca
	+ gyufa
	+ óraüveg a használt gyufának és a használt gyújtópálcának
	+ törlőkendő vagy papírtörlő
	+ tálca
	+ védőkesztyű és védőszemüveg
* **Előkészítés:**
	+ A hidrogén-peroxid-oldat lehetőleg legyen friss. A kereskedelmi hidrogén-peroxid tartósítószert is tartalmaz (pl. foszforsavat), de (bár lassan, viszont folyamatosan) bomlik. Mindenképpen ki kell próbálni a tanulókísérleti óra előtt egy-két nappal a kísérleteket. Ha pl. a kálium-permanganát-oldat nem színtelenedne el, akkor annyi tömény hidrogén-peroxidot kell még az 5%-os (névleges töménységű) hidrogén-peroxid-oldathoz adni, hogy a reakció pillanatszerűen lejátszódjon. Ha ez nem érhető el, akkor sajnos új 30%-os hidrogén-peroxid-oldatot kell vásárolni.[[4]](#footnote-4)
	+ A kísérletek nagyon érzékenyek a koncentrációkra. Ezért ki kell próbálni, hogy a rendelkezésre álló oldatok milyen térfogataránya esetén hajthatók sikeresen végre. Mivel a kálium-jodid (és sokféle más, esetleg kis mennyiségben szennyezésként jelenlévő anyag) katalizálja a hidrogén-peroxid bomlását, ügyelni kell arra, hogy a tanulók csak annyi és olyan koncentrációjú kálium-jodid-oldatot használjanak a kísérlethez, amelynek az esetében a jód keletkezése a keményítővel már éppen kimutatható. Kevés buborékképződés azonban a fenti okok miatt így is előfordulhat. Másrészt föl kell hívni a tanulók figyelmét arra, hogy az oldatok összeöntésekor tartsák készenlétben a parázsló gyújtópálcát, mert a keletkező oxigéngáz nagy része elég gyorsan eltávozik a kémcsőből, és azután már természetesen nem mutatható ki a jelenléte.
	+ Jó ötlet egy kis teamécsest is helyezni a tálcára, ami a kísérletek alatt végig éghet. Így sokkal könnyebben meg tudják gyújtani a tanulók a gyújtópálcát.
	+ Az előkészített tálca fényképe a következő (mindhárom típusú csoport számára):



* **Balesetvédelem**
	+ A kénsavas kálium-permanganát-oldat erős oxidálószer, és a kénsav önmagában is maró hatású. Ezért védőkesztyű és védőszemüveg használata kötelező!
	+ A hidrogén-peroxid-oldat szintén mar, még a kísérlet során alkalmazott hígításban is.
	+ A nyílt láng használata előtt át kell ismételni a vonatkozó balesetvédelmi szabályokat. A hosszú hajú tanulók haja legyen összefogva, és semmilyen éghető anyag ne kerüljön a láng közelébe.
	+ A tanulók ne használjanak a megadottnál sokkal nagyobb mennyiségű oldatokat, mert a heves gázfejlődés miatt az erősen maró és felmelegedett hidrogén-peroxidos – kénsavas – kálium-permanganátos oldat kifuthat. Ha nem tudnak biztonságosan kis mennyiségeket önteni az üvegekből, akkor cseppentős üvegekben vagy főzőpoharakban kell megkapniuk az oldatokat. (Ehelyett esetleg Pasteur-pipettával vagy szemcseppentővel is adagolhatják az oldatokat.)
* **Hulladékkezelés**
	+ A keletkező hulladékokat a szervetlen gyűjtőbe kell önteni.

**A Janus-arcú hidrogén-peroxid** (1. típus: receptszerű változat)

Janus a római mitológiában a kezdet és vég istene. Szobrokon és domborműveken kétarcúként ábrázolják. Ezért a „Janus-arcú” kifejezés kettősséget jelent.[[5]](#footnote-5) A hidrogén-peroxid (H2O2) „Janus-arcú”, mert **oxidálószer** és **redukálószer** is lehet. (Mint ahogy a sav-bázis reakciók során a víz savként és bázisként is viselkedhet.) Hogy egy reakció lejátszódik-e, és ha igen, akkor melyik anyag milyen szerepet játszik benne, a reakciópartnerektől és a körülményektől függ. Most a hidrogén-peroxid kapcsán a **redoxireakcióka**t vizsgáljuk.

Az „**oxidálószer**” kifejezés az oxigén nevéből származik. Az „oxidáció” valóban gyakran oxigénfelvételt jelent. Az oxigén atomja a legnagyobb **elektronvonzó-képességű** (**e**lektro**n**egativitású, ***EN***-ú) a Földön elemi állapotban előforduló elemeké közül. Ha pl. egy fémmel fém-oxidot képez, akkor az oxigén közelebb vonzza magához a fématomok elektronjait. Azt mondjuk, hogy a fém az oxidáció során „elektront ad le”. Ilyen **elektronleadás, azaz oxidáció** olyankor is történhet, amikor oxigén nem is szerepel a reakcióban. Például az elemi klór is erős oxidálószer, mert atomjainak *EN*-a nagy, így általában elektronleadásra (oxidációra) készteti partnerét.

**A feladatlap kitöltése során egészítsétek ki a szöveget a hiányzó szavakkal, illetve mondatokkal,**

**és húzzátok alá vagy keretezzétek be a helyes vagy húzzátok át a hibás szövegrészt.**

Vajon hogyan dönthető el egyszerűen, hogy **a hidrogén-peroxid az oxidálószer vagy a redukálószer szerepét játszotta-e egy reakcióban?** Nézzük meg először a következő példákat! (A → jelentése: „ebből következik”.)

A) H2O2 + H2SO3 = H2O + H2SO4 A kénatom újabb oxigénatommal létesít 2 kötést. Az oxigén nagyobb *EN*-ú, mint a kén, így magához vonzza a kén 2 elektronját → a kén 2 elektront ad le, oxidálódik → a H2O2 **oxidálószer**.

B) 4 H2O2 + PbS = 4 H2O + PbSO4 A kén az ólomnál nagyobb *EN*-ú, de az oxigénnél kisebb → 8 elektron

kerül a reakció során a kéntől távolabb → elektronleadás, oxidáció → a H2O2 ……………………………**szer**.

C) H2O2 + Mn2+ = Mn4+ + 2 OH- A mangánion pozitív töltése kettővel nő, tehát a mangán …………….. db negatív

töltésű elektront ……………………………………. → **oxidálódik** → a H2O2 **oxidálószer**.

D) H2O2 + 2 Fe3+ + 2 OH- = **O2** + 2 Fe2+ + 2 H2O A vas(III)-ion pozitív töltése az 1 db …………………………………. töltésű elektron felvételével (azaz redukcióval) csökken a vas(III)-ion redukálódik → a H2O2 **redukálószer**.

E) H2O2 + Cl2 +2 OH- = **O2** + 2 Cl- + 2 H2O A semleges elemi klórmolekulából 2 db elektron felvételével (azaz

redukcióval) negatív kloridionok keletkeznek → a H2O2 ………………………..**szer,** az elemi klór…………………………**szer**.

F) H2O2 + 2 HCl = Cl2 + 2 H2O A hidrogén-kloridban a klór elvonzza a hidrogén elektronját, de a hidrogén

leadása után ezt az elektront a klór „elveszíti” → elektronleadás, oxidáció → a H2O2 ……………………………**szer**.

Megfigyelhetjük, hogy ahol a **hidrogén-peroxid redukálószer**, ott a termékek között megjelenik az **elemi oxigén**.

Hogyan mutatható ki az oxigéngáz keletkezése?........................................................................................................

Vizsgáljuk meg, hogy ha **ki tudjuk mutatni az O2-gáz keletkezését, a H2O2 tényleg redukálószer-e** a reakcióban.

**1. Kísérlet:** Az egyik kémcsőbe öntsetek kb. 1-2 cm magasságban keményítőoldatot. Adjatok hozzá kb. 1-2 cm magasságban kálium-jodid-oldatot (KI-oldatot). Gyújtsátok meg a gyújtópálcát és hagyjátok kb. fél percig égni. Közben adjatok a keményítős kálium-jodid-oldathoz kb. 1-2 cm magasságban hidrogén-peroxid-oldatot (H2O2-oldat). Fújjátok el az égő gyújtópálcát, és mialatt még izzik (parázslik), tartsátok a kémcsőbe úgy, hogy ne érjen a folyadékhoz. Minden változást figyeljetek meg és írjátok le a tapasztalatokat!

**Tapasztalatok:**…………………………………………………………………………………………………………………………………………..…………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:** A parázsló gyújtópálca **lángra lobbant/elaludt**, ami azt mutatja, hogy a reakcióban oxigéngáz

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2  ………………………….**szer**, tehát a jodidionok **oxidálódtak/redukálódtak** → a jodidionok **elektront adtak le/vettek föl** → negatív jodidionokból semleges

……………………………………………… keletkeztek → és ezt tényleg kimutatta a keményítő ……………………….……….. színe.

A reakció kiegészítendő egyenlete: H2O2 + …… KI = …… KOH + ……

**2. Kísérlet:** A másik kémcsőbe öntsetek kb. 1-2 cm magasságban kénsavoldatot (H2SO4-oldatot). Adjatok hozzá kb. 1-2 cm magasságban kálium-permanganát-oldatot (KMnO4-oldatot). Gyújtsátok meg a gyújtópálcát és hagyjátok kb. fél percig égni. Közben adjatok a kénsavas kálium-permanganát-oldathoz kb. 1-2 cm magasságban hidrogén-peroxid-oldatot (H2O2-oldat). Fújjátok el az égő gyújtópálcát, és mialatt még izzik (parázslik), tartsátok a kémcsőbe úgy, hogy ne érjen a folyadékhoz. Minden változást figyeljetek meg és írjátok le a tapasztalatokat!

**Tapasztalatok:**…………………………………………………………………………………………………………………………………………..…………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:** A parázsló gyújtópálca **lángra lobbant/elaludt**, ami azt mutatja, hogy a reakcióban oxigéngáz

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2  …………………….**szer** → a permanganátionok (MnO4-)

**oxidálódtak/redukálódtak** → a permanganátionok **elektront adtak le/vettek föl** → a MnO4--ból oxigénleadással

(redukcióval) mangán(II)-ionok (Mn2+) keletkeztek → ezt mutatja a KMnO4 ………………………….. színének eltűnése.

A permanganátionok által leadott oxigénatomok a hidrogénatomokkal vizet képeznek. A szulfátionok és a káliumionok nem változnak meg (csak „ellenionok”, vagyis a többi ion töltését egyenlítik ki). A reakcióegyenletben a jobb oldalon 2 káliumion van, tehát a bal oldalon is annyinak kell lennie. Ebből kiindulva fejezzétek be az egyenlet rendezését:

5 H2O2 + …… KMnO4 + …… H2SO4= ………… + …… MnSO4 + …… K2SO4 + …… H2O

Általánosítás: Amikor a H2O2 **redukál**, akkor ő maga oxidálódik → **elektront ad le/vesz fel**. Ez csak úgy történhet, hogy a H2O2 oxigénje a tőle **kisebb/nagyobb** elektronegativitású hidrogénatomoknak átadja az elektronját, és ekkor belőle **elemi oxigén** képződik. Miért nem tud az elemi oxigén további elektronokat leadni?

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….Vegyük észre, hogy ahány elektron távolabb került a redoxireakciók során az egyes atomoktól **ugyanannyi elektron** került más atomokhoz közelebb, hiszen **ugyanazokról az elektronokról** van szó! Ennek alapján a legbonyolultabb redoxireakciók **egyenletei is rendezhetők**.

**Házi feladat**

1.Az ún. elefántfogkrém[[6]](#footnote-6) kísérletben a kálium-jodid (KI) katalizálja a hidrogén-peroxid bomlását vízre és oxigéngázra. Honnan tudható, hogy a KI és a H2O2 általatok végzett reakciójakor nem (csak) ez történt?

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

2. Milyen szer az alábbi reakcióban a hidrogén-peroxid és a kálium-perjodát (KIO4)? Melyik vegyület mely (kötésben lévő) atomja hány elektront ad le/vesz föl? H2O2 +KIO4 = O2 + KIO3 + H2O

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**A Janus-arcú hidrogén-peroxid** (2. típus: receptszerű változat + a kísérlettervezés elmélete)

Janus a római mitológiában a kezdet és vég istene. Szobrokon és domborműveken kétarcúként ábrázolják. Ezért a „Janus-arcú” kifejezés kettősséget jelent.[[7]](#footnote-7) A hidrogén-peroxid (H2O2) „Janus-arcú”, mert **oxidálószer** és **redukálószer** is lehet. (Mint ahogy a sav-bázis reakciók során a víz savként és bázisként is viselkedhet.) Hogy egy reakció lejátszódik-e, és ha igen, akkor melyik anyag milyen szerepet játszik benne, a reakciópartnerektől és a körülményektől függ. Most a hidrogén-peroxid kapcsán a **redoxireakcióka**t vizsgáljuk.

Az „**oxidálószer**” kifejezés az oxigén nevéből származik. Az „oxidáció” valóban gyakran oxigénfelvételt jelent. Az oxigén atomja a legnagyobb **elektronvonzó-képességű** (**e**lektro**n**egativitású, ***EN***-ú) a Földön elemi állapotban előforduló elemeké közül. Ha pl. egy fémmel fém-oxidot képez, akkor az oxigén közelebb vonzza magához a fématomok elektronjait. Azt mondjuk, hogy a fém az oxidáció során „elektront ad le”. Ilyen **elektronleadás, azaz oxidáció** olyankor is történhet, amikor oxigén nem is szerepel a reakcióban. Például az elemi klór is erős oxidálószer, mert atomjainak *EN*-a nagy, így általában elektronleadásra (oxidációra) készteti partnerét.

**A feladatlap kitöltése során egészítsétek ki a szöveget a hiányzó szavakkal, illetve mondatokkal,**

**és húzzátok alá vagy keretezzétek be a helyes vagy húzzátok át a hibás szövegrészt.**

Vajon hogyan dönthető el egyszerűen, hogy **a hidrogén-peroxid az oxidálószer vagy a redukálószer szerepét játszotta-e egy reakcióban?** Nézzük meg először a következő példákat! (A → jelentése: „ebből következik”.)

A) H2O2 + H2SO3 = H2O + H2SO4 A kénatom újabb oxigénatommal létesít 2 kötést. Az oxigén nagyobb *EN*-ú, mint a kén, így magához vonzza a kén 2 elektronját → a kén 2 elektront ad le, oxidálódik → a H2O2 **oxidálószer**.

B) 4 H2O2 + PbS = 4 H2O + PbSO4 A kén az ólomnál nagyobb *EN*-ú, de az oxigénnél kisebb → 8 elektron

kerül a reakció során a kéntől távolabb → elektronleadás, oxidáció → a H2O2 ……………………………**szer**.

C) H2O2 + Mn2+ = Mn4+ + 2 OH- A mangánion pozitív töltése kettővel nő, tehát a mangán …………….. db negatív

töltésű elektront ……………………………………. → **oxidálódik** → a H2O2 **oxidálószer**.

D) H2O2 + 2 Fe3+ + 2 OH- = **O2** + 2 Fe2+ + 2 H2O A vas(III)-ion pozitív töltése az 1 db …………………………………. töltésű elektron felvételével (azaz redukcióval) csökken a vas(III)-ion redukálódik → a H2O2 **redukálószer**.

E) H2O2 + Cl2 +2 OH- = **O2** + 2 Cl- + 2 H2O A semleges elemi klórmolekulából 2 db elektron felvételével (azaz

redukcióval) negatív kloridionok keletkeznek → a H2O2 ………………………..**szer,** az elemi klór…………………………**szer**.

F) H2O2 + 2 HCl = Cl2 + 2 H2O A hidrogén-kloridban a klór elvonzza a hidrogén elektronját, de a hidrogén

leadása után ezt az elektront a klór „elveszíti” → elektronleadás, oxidáció → a H2O2 ……………………………**szer**.

Megfigyelhetjük, hogy ahol a **hidrogén-peroxid redukálószer**, ott a termékek között megjelenik az **elemi oxigén**.

Hogyan mutatható ki az oxigéngáz keletkezése?........................................................................................................

Vizsgáljuk meg, hogy ha **ki tudjuk mutatni az O2-gáz keletkezését, a H2O2 tényleg redukálószer-e** a reakcióban.

**1. Kísérlet:** Az egyik kémcsőbe öntsetek kb. 1-2 cm magasságban keményítőoldatot. Adjatok hozzá kb. 1-2 cm magasságban kálium-jodid-oldatot (KI-oldatot). Gyújtsátok meg a gyújtópálcát és hagyjátok kb. fél percig égni. Közben adjatok a keményítős kálium-jodid-oldathoz kb. 1-2 cm magasságban hidrogén-peroxid-oldatot (H2O2-oldat). Fújjátok el az égő gyújtópálcát, és mialatt még izzik (parázslik), tartsátok a kémcsőbe úgy, hogy ne érjen a folyadékhoz. Minden változást figyeljetek meg és írjátok le a tapasztalatokat!

**Tapasztalatok:**…………………………………………………………………………………………………………………………………………..…………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:** A parázsló gyújtópálca **lángra lobbant/elaludt**, ami azt mutatja, hogy a reakcióban oxigéngáz

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2  ………………………….**szer**, tehát a jodidionok **oxidálódtak/redukálódtak** → a jodidionok **elektront adtak le/vettek föl** → negatív jodidionokból semleges

……………………………………………… keletkeztek → és ezt tényleg kimutatta a keményítő ……………………….……….. színe.

A reakció kiegészítendő egyenlete: H2O2 + …… KI = …… KOH + ……

**2. Kísérlet:** A másik kémcsőbe öntsetek kb. 1-2 cm magasságban kénsavoldatot (H2SO4-oldatot). Adjatok hozzá kb. 1-2 cm magasságban kálium-permanganát-oldatot (KMnO4-oldatot). Gyújtsátok meg a gyújtópálcát és hagyjátok kb. fél percig égni. Közben adjatok a kénsavas kálium-permanganát-oldathoz kb. 1-2 cm magasságban hidrogén-peroxid-oldatot (H2O2-oldat). Fújjátok el az égő gyújtópálcát, és mialatt még izzik (parázslik), tartsátok a kémcsőbe úgy, hogy ne érjen a folyadékhoz. Minden változást figyeljetek meg és írjátok le a tapasztalatokat!

**Tapasztalatok:**…………………………………………………………………………………………………………………………………………..…………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:** A parázsló gyújtópálca **lángra lobbant/elaludt**, ami azt mutatja, hogy a reakcióban oxigéngáz

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2  …………………….**szer** → a permanganátionok (MnO4-)

**oxidálódtak/redukálódtak** → a permanganátionok **elektront adtak le/vettek föl** → a MnO4--ból oxigénleadással

(redukcióval) mangán(II)-ionok (Mn2+) keletkeztek → ezt mutatja a KMnO4 ………………………….. színének eltűnése.

A permanganátionok által leadott oxigénatomok a hidrogénatomokkal vizet képeznek. A szulfátionok és a káliumionok nem változnak meg (csak „ellenionok”, vagyis a többi ion töltését egyenlítik ki). A reakcióegyenletben a jobb oldalon 2 káliumion van, tehát a bal oldalon is annyinak kell lennie. Ebből kiindulva fejezzétek be az egyenlet rendezését:

 5 H2O2 + …… KMnO4 + …… H2SO4= ………… + …… MnSO4 + …… K2SO4 + …… H2O

Általánosítás: Amikor a H2O2 **redukál**, akkor ő maga oxidálódik → **elektront ad le/vesz fel**. Ez csak úgy történhet, hogy a H2O2 oxigénje a tőle **kisebb/nagyobb** elektronegativitású hidrogénatomoknak átadja az elektronját, és ekkor belőle **elemi oxigén** képződik. Miért nem tud az elemi oxigén további elektronokat leadni?

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….Vegyük észre, hogy ahány elektron távolabb került a redoxireakciók során az egyes atomoktól **ugyanannyi elektron** került más atomokhoz közelebb, hiszen **ugyanazokról az elektronokról** van szó! Ennek alapján a legbonyolultabb redoxireakciók **egyenletei is rendezhetők**.

A **természettudományos kutatás alábbi lépéseinek alkalmazásával** jutottunk el a H2O2 szerepére vonatkozó **általános** **szabályhoz**:

1. **Megfigyelés, rendszerezés, problémafelvetés**: Mások kísérletei alapján tudtuk, hogy az oxidáció oxigénfelvétel és/vagy elektronleadás, valamint hogy a hidrogén-peroxid oxidálószer és redukálószer is lehet. Problémafelvető kérdés volt: Hogyan dönthető el, hogy a H2O2 mikor milyen szerepet játszik?

2. **Ismeretgyűjtés, modellkészítés, feltételezés (hipotézisalkotás):** Több reakcióegyenletet megvizsgálva látszott, hogy amikor a H2O2 redukálószer, akkor elemi oxigén keletkezik.

Föltételeztük, hogy ez általánosságban is igaz lehet.

3. **A kísérlet megtervezése:** A hidrogén-peroxidot különböző anyagokkal reagáltatva izzó gyújtópálcával megvizsgáltuk, hogy fejlődött-e oxigéngáz.

4. **Kivitelezés, a tapasztalatok lejegyzése:** A kísérletek elvégzése után minden tapasztalatot gondosan leírtunk.

5. **Magyarázat, következtetések levonása, megvitatása**: A kísérleteink eredményei azt mutatták, hogy amikor oxigén fejlődött, a hidrogén-peroxid tényleg redukált (a permanganátiont Mn2+-ionná, ami a lila oldat elszíntelenedéséből látszott). Amikor nem fejlődött oxigén, akkor a H2O2 oxidált (a jodidiont elemi jóddá, amit a keményítő sötétkék színe mutatott). Az elektronok elmozdulásait végig gondolva megindokoltuk, hogy miért csak akkor fejlődik oxigéngáz, amikor a H2O2 redukálószer. Emiatt ezt **általános szabály**ként is ki tudtuk mondani.

**Házi feladat**

1.Az ún. elefántfogkrém[[8]](#footnote-8) kísérletben a kálium-jodid (KI) katalizálja a hidrogén-peroxid bomlását vízre és oxigéngázra. Honnan tudható, hogy a KI és a H2O2 általatok végzett reakciójakor nem (csak) ez történt?

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

2. Milyen szer az alábbi reakcióban a hidrogén-peroxid és a kálium-perjodát (KIO4)? Melyik vegyület mely (kötésben lévő) atomja hány elektront ad le/vesz föl? H2O2 +KIO4 = O2 + KIO3 + H2O

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**A Janus-arcú hidrogén-peroxid** (3. típus: kísérlettervező változat)

Janus a római mitológiában a kezdet és vég istene. Szobrokon és domborműveken kétarcúként ábrázolják. Ezért a „Janus-arcú” kifejezés kettősséget jelent.[[9]](#footnote-9) A hidrogén-peroxid (H2O2) „Janus-arcú”, mert **oxidálószer** és **redukálószer** is lehet. (Mint ahogy a sav-bázis reakciók során a víz savként és bázisként is viselkedhet.) Hogy egy reakció lejátszódik-e, és ha igen, akkor melyik anyag milyen szerepet játszik benne, a reakciópartnerektől és a körülményektől függ. Most a hidrogén-peroxid kapcsán a **redoxireakcióka**t vizsgáljuk.

Az „**oxidálószer**” kifejezés az oxigén nevéből származik. Az „oxidáció” valóban gyakran oxigénfelvételt jelent. Az oxigén atomja a legnagyobb **elektronvonzó-képességű** (**e**lektro**n**egativitású, ***EN***-ú) a Földön elemi állapotban előforduló elemeké közül. Ha pl. egy fémmel fém-oxidot képez, akkor az oxigén közelebb vonzza magához a fématomok elektronjait. Azt mondjuk, hogy a fém az oxidáció során „elektront ad le”. Ilyen **elektronleadás, azaz oxidáció** olyankor is történhet, amikor oxigén nem is szerepel a reakcióban. Például az elemi klór is erős oxidálószer, mert atomjainak *EN*-a nagy, így általában elektronleadásra (oxidációra) készteti partnerét.

**A feladatlap kitöltése során egészítsétek ki a szöveget a hiányzó szavakkal, illetve mondatokkal,**

**és húzzátok alá vagy keretezzétek be a helyes vagy húzzátok át a hibás szövegrészt.**

Vajon hogyan dönthető el egyszerűen, hogy **a hidrogén-peroxid az oxidálószer vagy a redukálószer szerepét játszotta-e egy reakcióban?** Nézzük meg először a következő példákat! (A → jelentése: „ebből következik”.)

A) H2O2 + H2SO3 = H2O + H2SO4 A kénatom újabb oxigénatommal létesít 2 kötést. Az oxigén nagyobb *EN*-ú, mint a kén, így magához vonzza a kén 2 elektronját → a kén 2 elektront ad le, oxidálódik → a H2O2 **oxidálószer**.

B) 4 H2O2 + PbS = 4 H2O + PbSO4 A kén az ólomnál nagyobb *EN*-ú, de az oxigénnél kisebb → 8 elektron

kerül a reakció során a kéntől távolabb → elektronleadás, oxidáció → a H2O2 ……………………………**szer**.

C) H2O2 + Mn2+ = Mn4+ + 2 OH- A mangánion pozitív töltése kettővel nő, tehát a mangán …………….. db negatív

töltésű elektront ……………………………………. → **oxidálódik** → a H2O2 **oxidálószer**.

D) H2O2 + 2 Fe3+ + 2 OH- = **O2** + 2 Fe2+ + 2 H2O A vas(III)-ion pozitív töltése az 1 db …………………………………. töltésű elektron felvételével (azaz redukcióval) csökken a vas(III)-ion redukálódik → a H2O2 **redukálószer**.

E) H2O2 + Cl2 +2 OH- = **O2** + 2 Cl- + 2 H2O A semleges elemi klórmolekulából 2 db elektron felvételével (azaz

redukcióval) negatív kloridionok keletkeznek → a H2O2 ………………………..**szer,** az elemi klór…………………………**szer**.

F) H2O2 + 2 HCl = Cl2 + 2 H2O A hidrogén-kloridban a klór elvonzza a hidrogén elektronját, de a hidrogén

leadása után ezt az elektront a klór „elveszíti” → elektronleadás, oxidáció → a H2O2 ……………………………**szer**.

Most a **természettudományos kutatás alábbi lépéseit alkalmazva** fogunk eljutni a H2O2 szerepére vonatkozó **általános szabály** megalkotásához:

1. **Megfigyelés, rendszerezés, problémafelvetés**: Mások kísérletei alapján tehát tudjuk, hogy az oxidáció oxigénfelvétel és/vagy elektronleadás, valamint hogy a hidrogén-peroxid oxidálószer és redukálószer is lehet. Problémafelvető kérdés: Hogyan dönthető el, hogy a H2O2 mikor milyen szerepet játszik?

2. **Ismeretgyűjtés, modellkészítés, feltételezés (hipotézisalkotás):** Több reakcióegyenletet megvizsgálva látszik, hogy van egy termék, amely csakis akkor keletkezik, amikor a H2O2 redukálószerként viselkedik. Mi ez a termék?

………….………..…… Föltételezés: Általánosan igaz az, hogy amikor ………...…….……… keletkezik, a H2O2 redukálószer.

3. **A kísérlet megtervezése:** A hidrogén-peroxidot különböző anyagokkal reagáltatva megvizsgáljuk, hogy keletkezett-e a 2. pontban megnevezett termék. Hogyan mutatható ki ennek a terméknek a keletkezése?

...................................................................................................................................................................................

4. **Kivitelezés, a tapasztalatok lejegyzése:** A kísérletek elvégzése után minden tapasztalatot gondosan leírunk.

5. **Magyarázat, következtetések levonása, megvitatása**: Megvizsgáljuk, hogy a kísérleteink eredményei nem mondanak-e ellent a feltételezésünknek, illetve igazolni látszanak-e azt. Utána megpróbálunk logikus elméleti magyarázatot alkotni. Ha sikerül, akkor kimondjuk az **általános szabály**t.

**1. Kísérlet:** Keményítős kálium-jodid-oldattal reagáltatjuk a hidrogén-peroxidot. (Mindhárom oldatból annyit érdemes önteni a kémcsőbe, hogy kb. 1-2 cm-rel emelje abban a folyadék szintjét.)

**A kísérlet terve:**……………………………………………………………………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Tapasztalatok:**…………………………………………………………………………………………………………………………………………..…………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:** A fönti tapasztalatok azt mutatták, hogy a reakcióban ……………………………………………………………………

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2  ………………………….**szer**, tehát a jodidionok **oxidálódtak/redukálódtak** → a jodidionok **elektront adtak le/vettek föl** → negatív jodidionokból semleges

……………………………………………… keletkeztek → és ezt tényleg kimutatta a keményítő ……………………….……….. színe.

A reakció kiegészítendő egyenlete: H2O2 + …… KI = …… KOH + ……

**2. Kísérlet:** Kénsavas kálium-permanganát-oldattal reagáltatjuk a hidrogén-peroxidot. (Mindhárom oldatból annyit érdemes önteni a kémcsőbe, hogy kb. 1-2 cm-rel emelje abban a folyadék szintjét.)

**A kísérlet terve:**……………………………………………………………………………………………………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Tapasztalatok:**…………………………………………………………………………………………………………………………………………..…………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

**Magyarázat:** A fönti tapasztalatok azt mutatták, hogy a reakcióban ……………………………………………………………………

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2  …………………….**szer** → a permanganátionok (MnO4-)

**oxidálódtak/redukálódtak** → a permanganátionok **elektront adtak le/vettek föl** → a MnO4--ból oxigénleadással

(redukcióval) mangán(II)-ionok (Mn2+) keletkeztek → ezt mutatja a KMnO4 ………………………….. színének eltűnése.

A permanganátionok által leadott oxigénatomok a hidrogénatomokkal vizet képeznek. A szulfátionok és a káliumionok nem változnak meg (csak „ellenionok”, vagyis a többi ion töltését egyenlítik ki). A reakcióegyenletben a jobb oldalon 2 káliumion van, tehát a bal oldalon is annyinak kell lennie. Ebből kiindulva fejezzétek be az egyenlet rendezését:

5 H2O2 + …… KMnO4 + …… H2SO4= ………… + …… MnSO4 + …… K2SO4 + …… H2O

Általánosítás: Amikor a H2O2 **redukál**, akkor ő maga oxidálódik → **elektront ad le/vesz fel**. Ez csak úgy történhet, hogy a H2O2 oxigénje a tőle **kisebb/nagyobb** elektronegativitású hidrogénatomoknak átadja az elektronját, és ekkor belőle **elemi oxigén** képződik. Miért nem tud az elemi oxigén további elektronokat leadni?

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….Vegyük észre, hogy ahány elektron távolabb került a redoxireakciók során az egyes atomoktól **ugyanannyi elektron** került más atomokhoz közelebb, hiszen **ugyanazokról az elektronokról** van szó! Ennek alapján a legbonyolultabb redoxireakciók **egyenletei is rendezhetők**.

**Házi feladat**

1.Az ún. elefántfogkrém[[10]](#footnote-10) kísérletben a kálium-jodid (KI) katalizálja a hidrogén-peroxid bomlását vízre és oxigéngázra. Honnan tudható, hogy a KI és a H2O2 általatok végzett reakciójakor nem (csak) ez történt?

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

2. Milyen szer az alábbi reakcióban a hidrogén-peroxid és a kálium-perjodát (KIO4)? Melyik vegyület mely (kötésben lévő) atomja hány elektront ad le/vesz föl? H2O2 +KIO4 = O2 + KIO3 + H2O

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

**A Janus-arcú hidrogén-peroxid** (tanári változat)

Janus a római mitológiában a kezdet és vég istene. Szobrokon és domborműveken kétarcúként ábrázolják. Ezért a „Janus-arcú” kifejezés kettősséget jelent.[[11]](#footnote-11) A hidrogén-peroxid (H2O2) „Janus-arcú”, mert **oxidálószer** és **redukálószer** is lehet. (Mint ahogy a sav-bázis reakciók során a víz savként és bázisként is viselkedhet.) Hogy egy reakció lejátszódik-e, és ha igen, akkor melyik anyag milyen szerepet játszik benne, a reakciópartnerektől és a körülményektől függ. Most a hidrogén-peroxid kapcsán a **redoxireakcióka**t vizsgáljuk.

Az „**oxidálószer**” kifejezés az oxigén nevéből származik. Az „oxidáció” valóban gyakran oxigénfelvételt jelent. Az oxigén atomja a legnagyobb **elektronvonzó-képességű** (**e**lektro**n**egativitású, ***EN***-ú) a Földön elemi állapotban előforduló elemeké közül. Ha pl. egy fémmel fém-oxidot képez, akkor az oxigén közelebb vonzza magához a fématomok elektronjait. Azt mondjuk, hogy a fém az oxidáció során „elektront ad le”. Ilyen **elektronleadás, azaz oxidáció** olyankor is történhet, amikor oxigén nem is szerepel a reakcióban. Például az elemi klór is erős oxidálószer, mert atomjainak *EN*-a nagy, így általában elektronleadásra (oxidációra) készteti partnerét.

**A feladatlap kitöltése során egészítsétek ki a szöveget a hiányzó szavakkal, illetve mondatokkal,**

**és húzzátok alá vagy keretezzétek be a helyes vagy húzzátok át a hibás szövegrészt.**

Vajon hogyan dönthető el egyszerűen, hogy **a hidrogén-peroxid az oxidálószer vagy a redukálószer szerepét játszotta-e egy reakcióban?** Nézzük meg először a következő példákat! (A → jelentése: „ebből következik”.)

A) H2O2 + H2SO3 = H2O + H2SO4 A kénatom újabb oxigénatommal létesít 2 kötést. Az oxigén nagyobb *EN*-ú, mint a kén, így magához vonzza a kén 2 elektronját → a kén 2 elektront ad le, oxidálódik → a H2O2 **oxidálószer**.

B) 4 H2O2 + PbS = 4 H2O + PbSO4 A kén az ólomnál nagyobb *EN*-ú, de az oxigénnél kisebb → 8 elektron

kerül a reakció során a kéntől távolabb → elektronleadás, oxidáció → a H2O2 **oxidálószer**.

C) H2O2 + Mn2+ = Mn4+ + 2 OH- A mangánion pozitív töltése kettővel nő, tehát a mangán **2** db negatív

töltésű elektront **lead** → **oxidálódik** → a H2O2 **oxidálószer**.

D) H2O2 + 2 Fe3+ + 2 OH- = **O2** + 2 Fe2+ + 2 H2O A vas(III)-ion pozitív töltése az 1 db **negatív** töltésű elektron felvételével (azaz redukcióval) csökken a vas(III)-ion redukálódik → a H2O2 **redukálószer**.

E) H2O2 + Cl2 +2 OH- = **O2** + 2 Cl- + 2 H2O A semleges elemi klórmolekulából 2 db elektron felvételével (azaz

redukcióval) negatív kloridionok keletkeznek → a H2O2 **redukálószer,** az elemi klór **oxidálószer**.

F) H2O2 + 2 HCl = Cl2 + 2 H2O A hidrogén-kloridban a klór elvonzza a hidrogén elektronját, de a hidrogén

leadása után ezt az elektront a klór „elveszíti” → elektronleadás, oxidáció → a H2O2 **oxidálószer**.

Megfigyelhetjük, hogy ahol a **hidrogén-peroxid redukálószer**, ott a termékek között megjelenik az **elemi oxigén**.

Hogyan mutatható ki az oxigéngáz keletkezése? **A parázsló/izzó gyújtópálcát lángra lobbantja.**

Vizsgáljuk meg, hogy ha **ki tudjuk mutatni az O2-gáz keletkezését, a H2O2 tényleg redukálószer-e** a reakcióban.

**1. Kísérlet:** Az egyik kémcsőbe öntsetek kb. 1-2 cm magasságban keményítőoldatot. Adjatok hozzá kb. 1-2 cm magasságban kálium-jodid-oldatot (KI-oldatot). Gyújtsátok meg a gyújtópálcát és hagyjátok kb. fél percig égni. Közben adjatok a keményítős kálium-jodid-oldathoz kb. 1-2 cm magasságban hidrogén-peroxid-oldatot (H2O2-oldat). Fújjátok el az égő gyújtópálcát, és mialatt még izzik (parázslik), tartsátok a kémcsőbe úgy, hogy ne érjen a folyadékhoz. Minden változást figyeljetek meg és írjátok le a tapasztalatokat!

**Tapasztalatok:** **Az oldat sötétkék lett. Az parázsló gyújtópálca elaludt.**

*Megjegyzés: Az oldat színe lehet annyira sötét, hogy nem is állapítható meg, milyen színű. Ilyenkor érdemes egy kis vízzel meghígítani, vagy legalább a megdöntött kémcső falán vékony rétegben folyatva megvizsgálni. Előfordulhat, hogy az oldatban apró buborékok is megjelennek. Ez a hidrogén-peroxid bomlásából származó oxigén. A bomlást azonban a kálium-jodid ilyen kis koncentrációban csak elhanyagolható mértékben katalizálja. A hidrogén-peroxid fő tömegében tényleg a jodidionokat oxidálja jóddá, amelyet a keményítő sötétkék színe mutat. A kísérlet tapasztalatait a következő fénykép mutatja:*

**

**Magyarázat:** A parázsló gyújtópálca **lángra lobbant/elaludt**, ami azt mutatja, hogy a reakcióban oxigéngáz

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2 **oxidálószer**, tehát a jodidionok **oxidálódtak/redukálódtak** → a jodidionok **elektront adtak le/vettek föl** → negatív jodidionokból semleges

**jódmolekulák** keletkeztek → és ezt tényleg kimutatta a keményítő **sötétkék** színe.

A reakció kiegészítendő egyenlete: H2O2 + **2** KI = **2** KOH + **I2**

**2. Kísérlet:** A másik kémcsőbe öntsetek kb. 1-2 cm magasságban kénsavoldatot (H2SO4-oldatot). Adjatok hozzá kb. 1-2 cm magasságban kálium-permanganát-oldatot (KMnO4-oldatot). Gyújtsátok meg a gyújtópálcát és hagyjátok kb. fél percig égni. Közben adjatok a kénsavas kálium-permanganát-oldathoz kb. 1-2 cm magasságban hidrogén-peroxid-oldatot (H2O2-oldat). Fújjátok el az égő gyújtópálcát, és mialatt még izzik (parázslik), tartsátok a kémcsőbe úgy, hogy ne érjen a folyadékhoz. Minden változást figyeljetek meg és írjátok le a tapasztalatokat!

**Tapasztalatok: Erőteljes pezsgés tapasztalható. Az oldat színtelen lett. A parázsló gyújtópálca lángra lobbant.**

**Magyarázat:** A parázsló gyújtópálca **lángra lobbant/elaludt**, ami azt mutatja, hogy a reakcióban oxigéngáz

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2 **redukálószer** → a permanganátionok (MnO4-)

**oxidálódtak/redukálódtak** → a permanganátionok **elektront adtak le/vettek föl** → a MnO4--ból oxigénleadással

(redukcióval) mangán(II)-ionok (Mn2+) keletkeztek → ezt mutatja a KMnO4 **lila** színének eltűnése.

A permanganátionok által leadott oxigénatomok a hidrogénatomokkal vizet képeznek. A szulfátionok és a káliumionok nem változnak meg (csak „ellenionok”, vagyis a többi ion töltését egyenlítik ki). A reakcióegyenletben a jobb oldalon 2 káliumion van, tehát a bal oldalon is annyinak kell lennie. Ebből kiindulva fejezzétek be az egyenlet rendezését:

**5** H2O2 + **2** KMnO4 + **3** H2SO4= **5 O2** + **2** MnSO4 + **1** K2SO4 + **8** H2O

Általánosítás: Amikor a H2O2 **redukál**, akkor ő maga oxidálódik → **elektront ad le/vesz fel**. Ez csak úgy történhet, hogy a H2O2 oxigénje a tőle **kisebb/nagyobb** elektronegativitású hidrogénatomoknak átadja az elektronját, és ekkor belőle **elemi oxigén** képződik. Miért nem tud az elemi oxigén további elektronokat leadni?

**Azért, mert nagyon nagy az elektronegativitása (így pozitív töltésű oxigénion nem létezik).**

*Megjegyzések:*

* *A fluorral képzett vegyületeiben persze pozitív az oxigén oxidációs száma, de ezt csak emelt szintű képzésben érdemes tanítani.*
* *A jelen tanári útmutatóban megadott koncentrációk és térfogatarányok esetén a hidrogén-peroxid elegendő a reakció teljes végbemeneteléhez. Így a kálium-permanganát-oldat lila színe tényleg eltűnik. Ha a hidrogén-peroxid-oldat nem friss, akkor előfordulhat, hogy ez nem történik meg, mert a hidrogén-peroxid hosszas állás közben bomlik. Ezért a kísérletet (természetesen) ki kell próbálni a tanulókísérleti óra előtti napokban.*
* *A kísérlet tapasztalatait a következő fénykép mutatja:*

**

Vegyük észre, hogy ahány elektron távolabb került a redoxireakciók során az egyes atomoktól **ugyanannyi elektron** került más atomokhoz közelebb, hiszen **ugyanazokról az elektronokról** van szó! Ennek alapján a legbonyolultabb redoxireakciók **egyenletei is rendezhetők**.

**Házi feladat**

1.Az ún. elefántfogkrém[[12]](#footnote-12) kísérletben a kálium-jodid (KI) katalizálja a hidrogén-peroxid bomlását vízre és oxigéngázra. Honnan tudható, hogy a KI és a H2O2 általatok végzett reakciójakor nem (csak) ez történt?

**A keményítőt is tartalmazó oldat kék színe az elemi jód megjelenésére utal. (Ez pedig csak oxidációval keletkezhetett a jodidionokból.) Nem tapasztaltunk jelentős mennyiségű gázfejlődést. Oxigén jelenléte sem volt kimutatható.**

* *Megjegyzés:* *A házi feladat megbeszélésekor érdemes kitérni arra, hogy hiába ugyanazok a kiindulási anyagok akkor is, amikor a kálium-jodid oxidálja a hidrogén-peroxidot és akkor is, amikor katalizálja a bomlását, a koncentráció-viszonyok döntik el, hogy melyik reakció a domináns (meghatározó). Hangsúlyozni kell, hogy a két reakció párhuzamosan zajlik, és hogy sokféle anyag katalizálhatja a hidrogén-peroxid bomlását. (Ezért fordulhat elő, hogy az órai kísérletek közül a kálium-jodid-oldattal végzett esetében is kimutatható néha az oxigéngáz fejlődése.)*

2. Milyen szer az alábbi reakcióban a hidrogén-peroxid és a kálium-perjodát (KIO4)? Melyik vegyület mely (kötésben lévő) atomja hány elektront ad le/vesz föl? H2O2 +KIO4 = O2 + KIO3 + H2O

**A hidrogén-peroxid redukálószer (oxigéngáz keletkezik) és a kálium-perjodát oxidálószer. A H2O2 oxigénjei adnak le összesen 2 db elektront, amelyeket a KIO4 jódja vesz föl (hiszen KIO3-ban eggyel kevesebb oxigén van).**

*Megjegyzések:*

* *A házi feladat ellenőrzésekor érdemes még egyszer kitérni a fönti állítás részletes és logikus, az elektronok elmozdulásán alapuló indoklására.*
* *A 2. feladat kapcsán kitérhetünk arra is, hogy a nagy oxigéntartalmú vegyületek a fenti indoklás miatt általában is erős oxidálószerek.*

[Csak a 2. típusú csoportoknak!]

A **természettudományos kutatás alábbi lépéseinek alkalmazásával** jutottunk el a H2O2 szerepére vonatkozó **általános** **szabályhoz**:

1. **Megfigyelés, rendszerezés, problémafelvetés**: Mások kísérletei alapján tudtuk, hogy az oxidáció oxigénfelvétel és/vagy elektronleadás, valamint hogy a hidrogén-peroxid oxidálószer és redukálószer is lehet. Problémafelvető kérdés volt: Hogyan dönthető el, hogy a H2O2 mikor milyen szerepet játszik?

2. **Ismeretgyűjtés, modellkészítés, feltételezés (hipotézisalkotás):** Több reakcióegyenletet megvizsgálva látszott, hogy amikor a H2O2 redukálószer, akkor elemi oxigén keletkezik.

Föltételeztük, hogy ez általánosságban is igaz lehet.

3. **A kísérlet megtervezése:** A hidrogén-peroxidot különböző anyagokkal reagáltatva izzó gyújtópálcával megvizsgáltuk, hogy fejlődött-e oxigéngáz.

4. **Kivitelezés, a tapasztalatok lejegyzése:** A kísérletek elvégzése után minden tapasztalatot gondosan leírtunk.

5. **Magyarázat, következtetések levonása, megvitatása**: A kísérleteink eredményei azt mutatták, hogy amikor oxigén fejlődött, a hidrogén-peroxid tényleg redukált (a permanganátiont Mn2+-ionná, ami a lila oldat elszíntelenedéséből látszott). Amikor nem fejlődött oxigén, akkor a H2O2 oxidált (a jodidiont elemi jóddá, amit a keményítő sötétkék színe mutatott). Az elektronok elmozdulásait végig gondolva megindokoltuk, hogy miért csak akkor fejlődik oxigéngáz, amikor a H2O2 redukálószer. Emiatt ezt **általános szabály**ként is ki tudtuk mondani.

[Csak a 3. típusú csoportoknak!]

Most a **természettudományos kutatás alábbi lépéseit alkalmazva** fogunk eljutni a H2O2 szerepére vonatkozó **általános szabály** megalkotásához:

1. **Megfigyelés, rendszerezés, problémafelvetés**: Mások kísérletei alapján tehát tudjuk, hogy az oxidáció oxigénfelvétel és/vagy elektronleadás, valamint hogy a hidrogén-peroxid oxidálószer és redukálószer is lehet. Problémafelvető kérdés: Hogyan dönthető el, hogy a H2O2 mikor milyen szerepet játszik?

2. **Ismeretgyűjtés, modellkészítés, feltételezés (hipotézisalkotás):** Több reakcióegyenletet megvizsgálva látszik, hogy van egy termék, amely csakis akkor keletkezik, amikor a H2O2 redukálószerként viselkedik. Mi ez a termék?

**Az oxigén(gáz).** Föltételezés: Általánosan igaz az, hogy amikor **oxigén(gáz)** keletkezik, a H2O2 redukálószer.

3. **A kísérlet megtervezése:** A hidrogén-peroxidot különböző anyagokkal reagáltatva megvizsgáljuk, hogy keletkezett-e a 2. pontban megnevezett termék. Hogyan mutatható ki ennek a terméknek a keletkezése?

**A parázsló/izzó gyújtópálcát lángra lobbantja.**

4. **Kivitelezés, a tapasztalatok lejegyzése:** A kísérletek elvégzése után minden tapasztalatot gondosan leírunk.

5. **Magyarázat, következtetések levonása, megvitatása**: Megvizsgáljuk, hogy a kísérleteink eredményei nem mondanak-e ellent a feltételezésünknek, illetve igazolni látszanak-e azt. Utána megpróbálunk logikus elméleti magyarázatot alkotni. Ha sikerül, akkor kimondjuk az **általános szabály**t.

**1. Kísérlet:** Keményítős kálium-jodid-oldattal reagáltatjuk a hidrogén-peroxidot. (Mindhárom oldatból annyit érdemes önteni a kémcsőbe, hogy kb. 1-2 cm-rel emelje abban a folyadék szintjét.)

**A kísérlet terve:** **Keményítőoldatot, kálium-jodid-oldatot, majd hidrogén-peroxid-oldatot öntünk az egyik kémcsőbe. Közben parázsló gyújtópálcát készítünk és bele tartjuk a kémcsőbe a folyadék fölé.**

**Tapasztalatok: Az oldat sötétkék lett. Az parázsló gyújtópálca elaludt.**

**Magyarázat:** A parázsló gyújtópálca **lángra lobbant/elaludt**, ami azt mutatja, hogy a reakcióban oxigéngáz

**keletkezett/nem keletkezett.** → Feltételezzük, hogy a H2O2 **oxidálószer**, tehát a jodidionok **oxidálódtak/redukálódtak** → a jodidionok **elektront adtak le/vettek föl** → negatív jodidionokból semleges

**jódmolekulák** keletkeztek → és ezt tényleg kimutatta a keményítő **sötétkék** színe.

A reakció kiegészítendő egyenlete: H2O2 + **2** KI = **2** KOH + **I2**

**2. Kísérlet:** Kénsavas kálium-permanganát-oldattal reagáltatjuk a hidrogén-peroxidot. (Mindhárom oldatból annyit érdemes önteni a kémcsőbe, hogy kb. 1-2 cm-rel emelje abban a folyadék szintjét.)

**A kísérlet terve:** **Kénsavoldatot, kálium-permanganát-oldatot, majd hidrogén-peroxid-oldatot öntünk a másik kémcsőbe. Közben parázsló gyújtópálcát készítünk és bele tartjuk a kémcsőbe a folyadék fölé.**

**Tapasztalatok: Erőteljes pezsgés tapasztalható. Az oldat színtelen lett. A parázsló gyújtópálca lángra lobbant.**

**Magyarázat:** A fönti tapasztalatok azt mutatták, hogy a reakcióban **oxigéngáz** **keletkezett/nem keletkezett.** →

→ Feltételezzük, hogy a H2O2 **redukálószer** → a permanganátionok (MnO4-)

**oxidálódtak/redukálódtak** → a permanganátionok **elektront adtak le/vettek föl** → a MnO4--ból oxigénleadással

(redukcióval) mangán(II)-ionok (Mn2+) keletkeztek → ezt mutatja a KMNO4 **lila** színének eltűnése.

A permanganátionok által leadott oxigénatomok a hidrogénatomokkal vizet képeznek. A szulfátionok és a káliumionok nem változnak meg (csak „ellenionok”, vagyis a többi ion töltését egyenlítik ki). A reakcióegyenletben a jobb oldalon 2 káliumion van, tehát a bal oldalon is annyinak kell lennie. Ebből kiindulva fejezzétek be az egyenlet rendezését:

**5** H2O2 + **2** KMnO4 + **3** H2SO4= **5 O2** + **2** MnSO4 + **1** K2SO4 + **8** H2O

Általánosítás: Amikor a H2O2 **redukál**, akkor ő maga oxidálódik → **elektront ad le/vesz fel**. Ez csak úgy történhet, hogy hogy a H2O2 oxigénje a tőle **kisebb/nagyobb** elektronegativitású hidrogénatomoknak átadja az elektronját, és ekkor belőle **elemi oxigén** képződik. Miért nem tud az elemi oxigén további elektronokat leadni?

**Azért, mert nagyon nagy az elektronegativitása (így pozitív töltésű oxigénion nem létezik).**

*Megjegyzések:*

* *Amikor a diákok elkészültek a kísérlet tervével, a tanulócsoportokhoz oda sétálva, csendesen figyelmeztetni lehet őket a következőkre:*
* *Ne dolgozzanak sokkal nagyobb folyadékmennyiségekkel, mert akkor a folyadék a gázképződés miatt könnyen kifuthat a kémcsőből.*
* *A gyújtópálcának égnie kell egy ideig, hogy kb. 1-1,5 cm hosszú parázsló rész maradjon az elfújása után.*
* *A gyújtópálca ne érjen se a kémcső nedves falához, se az abban lévő folyadék felszínéhez.*
* *Érdemes a tanárnak néhány tartalék gyújtópálcát készenlétben tartani arra az esetre, ha mégis nedves lenne valamely csoport(ok)é.*
1. A jelen feladatlap témájához hasonló feladatlap található itt: Szalay Luca: A Janus-arcú hidrogén-peroxid, <http://www.chem.elte.hu/w/modszertani/fellap2.html> (2018.07.13.) [↑](#footnote-ref-1)
2. Letölthető: <https://anzdoc.com/kiegeszites-az-oktatasi-hivatal-altal-kidolgozott-utmutato-a151657633975319.html> (2018.07.15.) [↑](#footnote-ref-2)
3. Letölthető: <http://www.chem.elte.hu/w/modszertani/fellap2.html> (2018.07.15.) [↑](#footnote-ref-3)
4. Ha nincs közbeszerzési kötelezettsége az intézménynek, akkor a 30%-os hidrogén-peroxid-oldat literenként néhány száz forintért megvásárolható (<http://www.azurvegyszer.hu/kapcsolat.html> 2018.07.15.). Ha egy jól zárható, a szállítására alkalmas, tiszta műanyag edényt is viszünk magunkkal, akkor még olcsóbb. [↑](#footnote-ref-4)
5. Wikipédia, <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ianus> (2018.07.14.) [↑](#footnote-ref-5)
6. A kísérlet megtekinthető: <https://www.youtube.com/watch?v=PKylTXW6OM4> (2018.07.14.) [↑](#footnote-ref-6)
7. Wikipédia, <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ianus> (2018.07.14.) [↑](#footnote-ref-7)
8. A kísérlet megtekinthető: <https://www.youtube.com/watch?v=PKylTXW6OM4> (2018.07.14.) [↑](#footnote-ref-8)
9. Wikipédia, <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ianus> (2018.07.14.) [↑](#footnote-ref-9)
10. A kísérlet megtekinthető: <https://www.youtube.com/watch?v=PKylTXW6OM4> (2018.07.14.) [↑](#footnote-ref-10)
11. Wikipédia, <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ianus> (2018.07.14.) [↑](#footnote-ref-11)
12. A kísérlet megtekinthető: <https://www.youtube.com/watch?v=PKylTXW6OM4> (2018.07.14.) [↑](#footnote-ref-12)