

»Mladi za napredek Maribora 2013«

30. srečanje

FORENZIKA ŠOLSKEGA LABORATORIJA IN RESNIČNOST

Raziskovalno področje: Kemija

Raziskovalna naloga

Šolski laboratorij kemije, Maribor

Šolski laboratorij kemije, Maribor

Šolski laboratorij kemije, Maribor

Maribor, februar 2013

Kazalo vsebine

POVZETEK	4
ZAHVALA	5
1. UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PODROČJA IN PROBLEMA NALOGE	1
1.2 OPREDELITEV CILJEV IN HIPOTEZ NALOGE	1
1.3 METODE RAZISKOVANJA	2
1.4 OMEJITVE NALOGE	2
2. TEORETIČNO OZADJE RAZISKAVE	3
2.1. LUMINOL	3
2.2. KEMILUMINISCENCA	5
2.3. BIOLUMINISCENCA	5
3. METODOLOGIJA PRAKTIČNEGA RAZISKOVANJA	6
4. REZULTATI OPRAVLJENIH PREIZKUSOV	6
5. REZULTATI IN INTERPRETACIJA	23
6. SKLEPI	25
7. DRUŽBENA KORIST	26
8. VIRI IN LITERATURA	27

Seznam tabel

Tabela 1: Preizkus reakcije luminola z različnimi snovmi v epruvetah	9
Tabela 2: Preizkus reakcije luminola na bombažnem prtu	13
Tabela 3: Preizkus reakcije sadja in zelenjave z luminolom	15
Tabela 4: Preizkus reakcije luminola Z različnimi čistili	17
Tabela 5: Preizkus reakcije luminola z rjo in z živalsko slino	17
Tabela 6: Preizkus lociranja pasjega urina z raztopino luminola	20

Seznam slik

Slika 1: Molekulska struktura luminola	4
Slika 2: Sestavine za pripravo raztopine luminola v epruveti	7
Slika 3: Kri in raztopina luminola v epruveti	10
Slika 4: različne snovi za preizkus reakcije z raztopino luminola	11
Slika 5: Bakrovi ioni za preizkus reakcije z raztopino luminola	12
Slika 6: Kri, prt in raztopina luminola	14
Slika 7: Druge snovi (sokovi in koščki sadja ter zelenjava) in raztopina luminola v epruveti	16
Slika 8: Rja in raztopina luminola na parketu	18
Slika 9: Živalska (pasja) slina in raztopina luminola na parketu	19
Slika 10: Preproga in pasji urin	20
Slika 11: Čistilo za preproge	21
Slika 12: Preproga, pasji urin in raztopina luminola	22
Slika 13: Preproga in čistilo za preproge	23

POVZETEK

Filmi nam uporabo luminola predstavljajo kot enostavno metodo za odkrivanje nevidnih sledi. Z opravljeno raziskavo smo ugotovili, da vedno ni tako. Težavna je že priprava zmesi luminola za odkrivanje krvnih madežev in drugih snovi. Raztopino luminola je potrebno narediti natančno po recepturi. Posebej pripravljena zmes luminola deluje učinkovito le nekaj ur, v praktičnih preizkusih je reagirala v luminiscenco z izrazito modro barvo pri krvi, pralnem prašku in živalski slini. UV očala in UV lučka, ki v filmih predstavljata uporabna pripomočka pri odkrivanju dokazov, sta bila neuporabna. Z njuno pomočjo se ni videlo boljše. Snovi, ki so bile pred uporabo raztopine luminola očiščene ali odstranjene, so še vedno reagirale (npr. kri), če je snovi več, jih ni bilo možno ločiti, kaj reagira. Za nadaljnje raziskovanje je ostalo odprto vprašanje ekonomske plati uporabe luminola.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se učiteljici kemije in biologije ter učitelju fizike za njuno spodbudo, podporo in pomoč. Zahvala tudi staršem za podporo in pomoč pri raziskovalnem delu.

1. UVOD

1.1 OPREDELITEV PODROČJA IN PROBLEMA NALOGE

V veliko filmih in nadaljevankah (na primer: CSI: Web adventures) predstavljajo luminol¹ kot sredstvo za odkrivanje očem prosto nevidnih krvnih madežev. Huntress, Lester Stanley in Parker (1934, 241) ugotavljajo, da je luminol z nekaj osnovnošolskega znanja o kemiji možno pripraviti tudi doma. Postavlja se vprašanje, ali lahko s šolskim znanjem o kemiji in pripomočki pripravimo raztopino luminola za iskanje človeškim očem skrite sledi, ali raztopina luminola res razkrije sprano sled krvi, ali raztopina luminola resnično reagira le s krvjo ali tudi z drugimi snovmi (čistili, druge človeške ali živalske tekočine (slina in urin) ter ne nazadnje, ali si z njim lahko pomagamo v vsakdanjem življenju pri odkrivanju nevidnih sledi. Po pregledu razpoložljivih dostopnih virov, nismo našli znanstveno podprtih odgovorov na zastavljena vprašanja, ki bi nas zadovoljili.

Na podlagi zastavljenih odprtih vprašanj in naše znanstvene radovednosti opredeljujemo problem raziskave. Problem raziskave se glasi: Ali je forenzika šolskega laboratorija² uporabna pri odkrivanju nevidnih, a resničnih sledi v vsakdanjem življenju?

1.2 OPREDELITEV CILJEV IN HIPOTEZ NALOGE

Cilj raziskovalne naloge je poiskati odgovore na prej predstavljena vprašanja in s tem rešiti zastavljen problem naloge.

¹ Luminol je aromatska spojina, ki v stiku z ustreznim oksidantom oddaja modro svetlobo (Grofelnik 2005, str. 12).

² Izraz forenzika šolskega laboratorija v nalogi uporabljamo za označevanje okoliščin in aktivnosti, kjer nekdo z znanjem kemije 9. razreda osnovne šole in preprostimi laboratorijskimi pripomočki, ki so dostopni osnovnošolcu, lahko doma opravlja različne poizkuse v kemiji.

Na osnovi postavljenega problema in ciljev naloge postavljamo naslednje hipoteze naloge:

H1: Doma pripravljeno raztopino luminola je možno uporabiti za testiranje prisotnosti telesnih tekočin (krvi, sline in urina).

H2: Raztopina luminola in kri reagirata tudi po čiščenju tekstila z vodo in običajnim pralnim sredstvom.

H3: Vidnost reagenta in raztopine luminola je boljša z UV lučko in UV očali.

H4: Raztopina luminola se obarva modro samo ob stiku s krvjo.

H5: Z doma pripravljeno raztopino luminola je možno locirati madeže v gospodinjstvu, za bolj učinkovito uporabo čistilnih sredstev.

1.3 METODE RAZISKOVANJA

Raziskavo sestavlja priprava teoretične podlage za izvedbo praktičnih preizkusov, s katerimi iščemo odgovore na zastavljena vprašanja naloge. Teoretične podlage za praktični del preizkusa so pripravljene s pomočjo kompilacije in sinteze ugotovitev zapisov različnih virov in avtorjev. Praktični preizkuse smo izpeljali tako, da smo različne tekočine nanесли na različne materiale in jih opazovali v različnih pogojih, najprej s prostim očesom, nato ob pomoči raztopine luminola in prostim očesom in na zadnje še z uporabo raztopine luminola ter s pomočjo UV lučke in UV očal.

1.4 OMEJITVE NALOGE

Raziskava ima pomembne omejitve, te so:

omejitev na pripravo raztopine luminola za opravljanje praktičnega dela preizkusov le po enem izbranem receptu,

testiranje reakcije raztopine luminola le z izbranimi snovmi,

preverba uporabe raztopine luminola samo iz vidika učinkovitosti in ne tudi z vidika uspešnosti uporabe raztopine luminola.

2. TEORETIČNO OZADJE RAZISKAVE

Forenzična znanost se kot sistematična in eksaktna veda s svojo doktrino (strokovnimi rešitvami najboljše prakse) do danes še ni razvila, saj jo sestavljajo zelo raznolika področja znanosti, npr. medicina, psihologija, fizika, kemija, ekonomija in druge znanosti. To pomeni, da je možno več različnih strokovnih rešitev in pogledov na forenzično raziskovanje. Samostojne forenzične znanosti pa so razvite do take mere, da jih v praksi profesionalni forenziki učinkovito uporabljajo za namene preučevanja različnih stanj in dejanj v vsakdanjem življenju, to še posebej velja za forenzično kemijo (Saferstein 1982, 45).

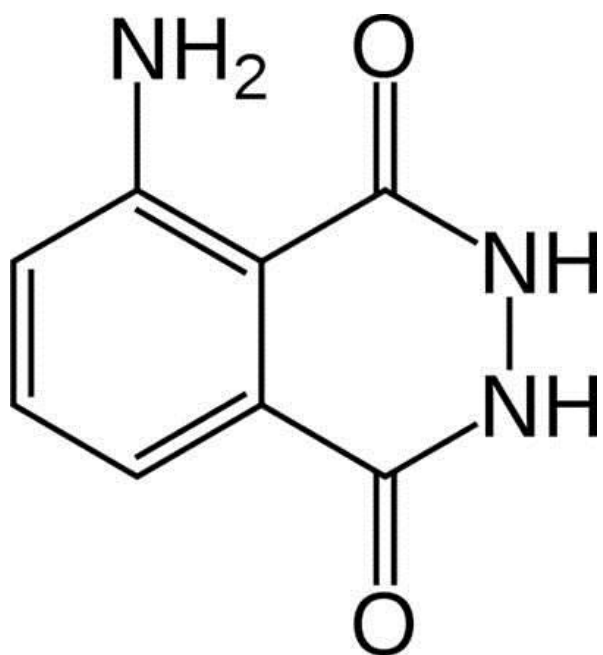
Ker je cilj raziskave, iskanje odgovorov na vprašanja povezana s pripravo in uporabo raztopine luminola, se odpirajo dodatna vprašanja, kaj je luminol, luminiscenca in drugi izrazi v tej zvezi. Te pojme, zato predstavljamo v nadaljevanju.

2.1. LUMINOL

Luminol, hidrazid aminoftalne kisline, je aromatska spojina, ki oddaja modro svetlobo, če je aktivirana z ustreznim oksidantom (Leksikoni Kemija 1981, 148). Navadno obstaja v trdnem stanju v obliki blede rumenih ali belih kristalov. Topna je v večini organskih topil. Luminol je bil prvič sintetiziran leta 1902 v Nemškem cesarstvu, čeprav je bila spojina poimenovana šele v dvajsetih letih 20. stoletja. Odkrit je bil leta 1928 s strani nemškega kemika H. Albrechta in sicer po nesreči, ko je vodikovemu peroksidu dodajal luminol. Ugotovil je, da železo kot katalizator pospešuje reakcijo vodikovega peroksida z luminolom. Walter Specht, prav tako nemški kemik, pa je ugotovil, kako bi lahko luminol najbolj praktično uporabljali. Ugotovil je, da lahko namesto železovega katalizatorja uporabimo tudi človeško ali živalsko kri. V krvi kot katalizator deluje železo, ki je vezano na hemoglobin. To je razlog, da je luminol največkrat uporabljen za odkrivanje sledi krvi na prizorišču zločina, tudi pri raziskavah v kemiji in biologiji za odkrivanje bakra, železa in cianidov v celicah. Učinek luminola je viden le v temi približno 30 sekund in je modre barve (Grm in soavtorji 2011).

Po sestavi je amin in se pridobiva z reakcijo med 3-nitroftalno kislino 1 in hidrazinom, ki v tem primeru reagira bazično. Nitratno skupino pa naposled le še z reakcijo z katalizatorjem

natrijevim persulfatom (natrijev ditionit) pretvorimo v aminske skupine. Reakcija spada torej med nevtralizacijo kisline in baze in se izvaja v vroči raztopini topila z visokim vreliščem ponavadi trietilen glikola (Prinčič, 5).



Slika 1: Molekulska struktura luminola (Vir: <http://0.tqn.com/d/chemistry/1/0/h/K/1/Luminol.jpg>)

Raztopino luminola, ki lahko služi kot reagent za odkrivanje iskanih sledi za potrebe raziskave, je možno izdelati doma po naslednjem receptu: (Prinčič, 7): v 90 ml vode raztopimo 1g luminola ter dodamo 0,5 g natrijevega karbonata. K tej zmesi dolijemo 90 ml tri odstotne raztopine vodikovega peroksida. Raztopina je uporabna le nekaj dni, saj luminol počasi oksidira z vodikovim peroksidom in postaja neuporaben. Steklениčka s 5 g luminola stane približno 52 evrov, kupimo jo lahko v lekarni ali kemijski trgovini.

Reakcija luminola z reagenti je poznana pod pojmom luminiscenca. Poznamo več vrst luminiscenc kot so: kemiluminiscenca, bioluminiscenca, elektroluminiscenca in

fotoluminiscenca. Z namenom boljšega razumevanja reakcij luminola, bomo v nadaljevanju na kratko predstavili, kaj je luminiscenca in vrste luminiscenc.

2.2. KEMILUMINISCENCA

Kemiluminiscenca je emisija svetlobe, ki se sprosti pri kemijski reakciji ob normalnih pogojih (Cormier, Hercules, in Lee 1973, 19). Kemiluminiscenca je proces, pri katerem se s pomočjo kemične reakcije, brez toplote, proizvede svetloba. Navadno sta za pojav potrebna dva reaktanta, poleg tega pa je potreben tudi ustrezen katalizator za potek reakcije. Reakcija kemiluminiscence običajno proizvede molekulo z visokim energetske stanjem (ibidem, 20). Testiranje kemoluminiscence v laboratorijskih pogojih je običajno test z luminolom, ki se pogosto uporablja za iskanje krvi izbranem materialu. Reagentov s krvjo obstaja tudi več, a luminol je med vsemi najbolj znan in v literaturi največkrat omenjen in je možno, da se zato tudi največkrat uporablja (Grm in soavtorji 2011).

2.3. BIOLUMINISCENCA

Bioluminiscenca je kemiluminiscenca v živih organizmih in je v naravi vidna v številnih primerih (Bioluminescence Web Page). Najbolj poznani so samci kresničk, ki oddajajo utripajočo svetlobo in s tem pritegnejo nasprotni spol v času parjenja. Kresničke se torej svetijo zaradi bioluminiscence. Poznamo tudi druge morske organizme, kot so spužve, meduze, korale, nekatere vrste rib (ibidem). Bioluminiscenca vsakega organizma je edinstvena v valovni dolžini, trajanju oddanih vzorcev in uravnavanju (regulaciji) procesa. Barvni spekter oddane svetlobe sega od rubinasto rdeče barve pri hrošču do modre pri dvokrilcih. Pri mnogih organizmih je bioluminiscenca izrabljena za privabljanje drugih organizmov za namene parjenja ali prehranjevanja, pa tudi za obrambo in komunikacijo.

V nadaljevanju naloge se posvečamo praktičnim preizkusom priprave in uporabe luminola za potrebe raziskave.

3. METODOLOGIJA PRAKTIČNEGA RAZISKOVANJA

Preverbe postavljenih hipotez smo se lotili s praktičnimi preizkusi, ki smo jih opravljali v šoli in doma. Potrebne sestavine (luminol, voda in reagenti) in tehnične pripomočke (steklene epruvete, čaše in podobno) za praktični del raziskave smo si izposodili iz šolskega laboratorija za kemijo in biologijo. Ob tem smo uporabljali še prenosno UV lučko Conrad (oznaka proizvoda: 75 17 78 z močjo 4 W) in UV očala Uvex (model astrospec clrUV), oboje last šolskega laboratorija za kemijo in biologijo.

Pri preizkusih smo uporabljali raztopino luminola, ki smo jo pripravili iz vodikovega peroksida, KOH, luminola in vode. Določeno količino materiala smo tehtali s pomočjo natančne tehtnice. Recept za raztopino je naveden v nadaljevanju. Raztopino smo mešali v steklenih čašah s steklenimi paličicami. Tako pripravljeno raztopino smo nalili v epruvete in jim dodajali ali nanašali na različne podlage druge snovi, na primer človeško kri, človeško in živalsko slino, sok limone, limete in pomaranče, košček kivija, banane, jedilne štajerske buče, košček oranžnega in belega korenja, detergent za pomivanje posode, kis, mehčalec za perilo, WC čistilo, gel za tuširanje, detergent za barvno perilo Persil gold, Cu (baker), Fe (železo), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (železov klorid heksahidrat), CuCl_2 (bakrov diklorid) in PP (polipropilen).

Raztopino smo razpršili po različnih površinah, na katere smo predhodno nanесли sledi pralnega praška, krvi, in živalske ter človeške sline. Nato smo v temnih prostorih opazovali in s fotoaparatom dokumentirali reakcije in luminiscenco različnih snovi. Za površino smo izbrali navaden pisarniški papir, bombažni prt, bombažno brisačo in lakiran leseni parket.

4. REZULTATI OPRAVLJENIH PREIZKUSOV

Za potrebe preverbe postavljenih hipotez in dosego ciljev raziskovalne naloge smo opravili več preizkusov, od samostojne priprave raztopine luminola do spajanja raztopine luminola z različnimi reagenti.

Naredili smo več preizkusov z različnimi snovmi in raztopino luminola. Raztopino luminola smo pripravili po naslednjem receptu (Prinčič, 7):

45 ml vode,

0,5 g luminola,

0,25 g natrijevega karbonata,

45 ml tri odstotne raztopine vodikovega peroksida.



Slika 2: Sestavine za pripravo raztopine luminola v epruveti (Vir: lastna raziskava)

Reakcijo raztopine luminola z različnimi snovmi smo merili s svetlobno jakostjo na lestvici od 1 - nevidno (brez reakcije), 2 - slabo vidno (blaga reakcija), 3 - vidno (reakcija) in 4 - dobro vidno (močna reakcija), v zatemnjenem prostoru, kjer je bila vidnost podobna vidljivosti sobe ponoči brez luči.

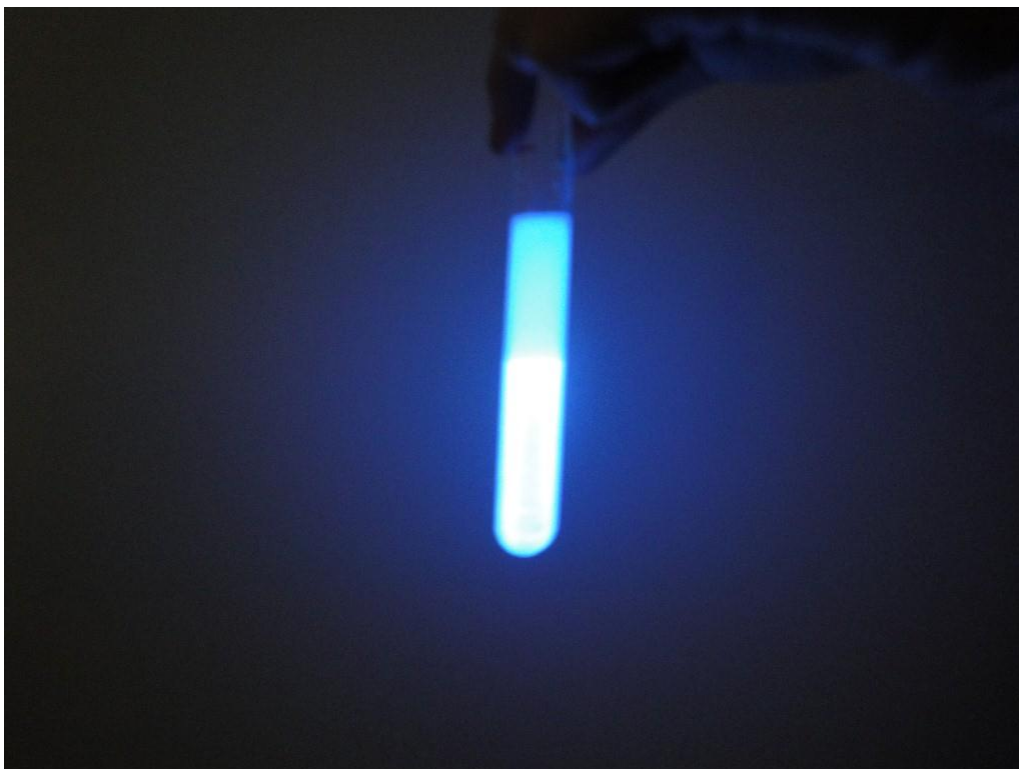
Prvi preizkus je potekal tako, da smo raztopino luminola (pripravljenem po predstavljenem receptu) porazdelili v 7 epruвет, nato smo v epruветe dodali različne snovi. V prvo epruветo smo dodali človeško kri, v drugo smo dodali bakrove ione, v tretjo smo dodali železove ione, v četrto smo dodali železov klorid heksahidrat, v peto smo dodali bakrov diklorid, v šesto smo dodali polipropilen in v sedmo kapljo človeške sline. Vse ostale sestavine smo uporabili v količini 1g. V epruветi, ki smo ji dodali človeško kri, smo v trenutku opazili spremembo, reakcija je potekla hitro in raztopina se je zasvetila s svetlo modro svetlobo, zaznali smo torej kemoluminiscenco. V ostalih epruветah smo opazili blago reakcijo. Raztopine so počasi začenjale svetiti, vendar z veliko šibkejšo svetlobo. Kemoluminiscenca je bila zraven človeške krvi opazna še pri Cu, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ in PP.

Tabela 1: Preizkus reakcije luminola z različnimi snovmi v epruvetah

Snov	Reakcija-vidnost* (brez UV lučke in UV očal)	Reakcija-vidnost* (z UV lučko in UV očali)
Človeška kri - čista (sveža)	4	4
Cu	4	4
Fe	2	2
FeCl ₃ 6H ₂ O	4	4
CuCl ₂	2	2
PP	3	3
Človeška slina	1	1

*Legenda: 1 - nevidno (brez reakcije), 2 - slabo vidno (blaga reakcija), 3 - vidno (reakcija) in 4 - dobro vidno (močna reakcija)

(Vir: lastna raziskava)



Slika 3: Kri in raztopina luminola v epruveti (Vir: lastna raziskava)



Slika 4: Različne snovi za preizkus reakcije z raztopino luminola (Vir: lastna raziskava)



Slika 5: Bakrovi ioni za preizkus reakcije z raztopino luminola (Vir: lastna raziskava)

Raztopino luminola smo razpršili tudi po parketu, kjer smo predhodno nanесли tanko plast krvi, ta se je pred preizkusom že posušila. Tudi na parketu smo spremembo opazili v trenutku stika raztopine luminola in posušene krvi, vidnost krvi je bila 4 - dobro vidno (močna reakcija). Nekaj človeške krvi in človeške sline smo nanесли tudi na bombažni prt, rezultati so v Tabeli 2. Raztopina luminola je razkrila mesto prisotnosti krvi na bombažnem prt, na neopranem in na opranem prt.

Tabela 2: Preizkus reakcije luminola na bombažnem prtu

Snov	Reakcija-vidnost* (brez UV lučke in UV očal)	Reakcija-vidnost* (z UV lučko in UV očali)
Človeška kri (sveža)	4	4
Človeška kri (posušena)	4	4
Človeška kri (opran in posušen bombažni prt)	3	3
Človeška slina (sveža)	1	1
Človeška slina (posušena)	1	1
Človeška slina (opran in posušen bombažni prt)	1	1

*Legenda: 1 - nevidno (brez reakcije), 2 - slabo vidno (blaga reakcija), 3 - vidno (reakcija) in 4 - dobro vidno (močna reakcija)

(Vir: lastna raziskava)



Slika 6: Kri, prt in raztopina luminola (Vir: lastna raziskava)

Preizkus smo nadaljevali še z drugimi snovmi. V epruvete smo dodali različno sadje (sok limone, limete, pomaranče, košček kivija in banane) in zelenjavo (košček štajerske domače buče, oranžnega in belega korenja). Raztopina luminola je reagirala z vsemi izbranimi živili. Raztopine sicer niso oddajale močne svetlobe, vendar reakcija je bila vidna.

Tabela 3: Preizkus reakcije sadja in zelenjave z luminolom

Snov	Reakcija-vidnost* (brez UV lučke in UV očal)	Reakcija-vidnost* (z UV lučko in UV očali)
Limona	2	2
Limeta	3	3
Pomaranča	3	3
Kivi	3	3
Banana	3	3
Buča	2	2
Rdeče korenje	2	2
Belo korenje	3	3

*Legenda: 1 - nevidno (brez reakcije), 2 - slabo vidno (blaga reakcija), 3 - vidno (reakcija) in 4 - dobro vidno (močna reakcija)

(Vir: lastna raziskava)



Slika 7: Druge snovi (sokovi in koščki sadja ter zelenjava) in raztopina luminola v epruveti
(Vir: lastna raziskava)

Preizkus smo ponovili še z različnimi čistili (detergent za pomivanje posode, kis, mehčalec za perilo, WC čistilo, gel za tuširanje, detergent za barvno perilo Persil gold). Vse sestavine smo uporabili v količini 1g.

Tabela 4: Preizkus reakcije luminola z različnimi čistili

Snov	Reakcija-vidnost* (brez UV lučke in UV očal)	Reakcija-vidnost* (z UV lučko in UV očali)
Detergent za pomivanje posode	1	1
Kis	1	1
Mehčalec za perilo	1	1
WC čistilo	1	1
Gel za tuširanje	1	1
Persil	1	1

*Legenda: 1 - nevidno (brez reakcije), 2 - slabo vidno (blaga reakcija), 3 - vidno (reakcija) in 4 - dobro vidno (močna reakcija)

(Vir: lastna raziskava)

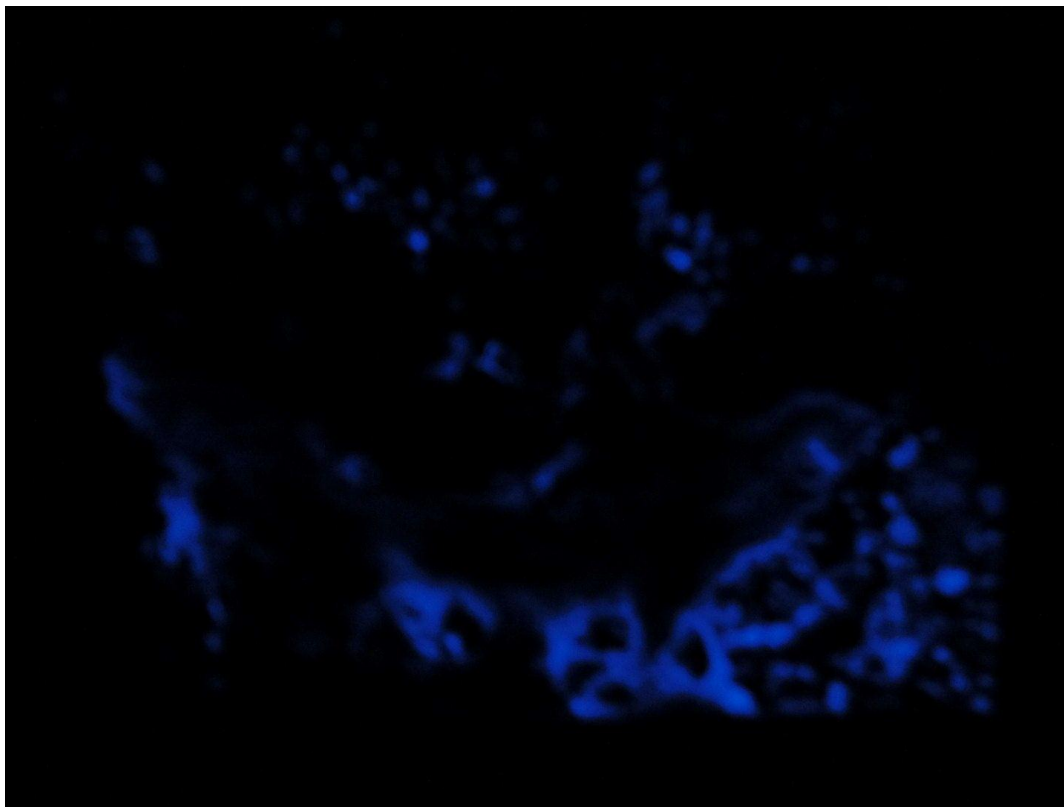
Nekaj raztopine luminola smo poškopili po rji na parketu, rja je močno zasvetila. Tudi na plastični žogici, na kateri je bilo veliko pasje sline, je raztopina luminola močno reagirala. Žogica je svetila vidno modro.

Tabela 5: Preizkus reakcije luminola z rjo in z živalsko slino

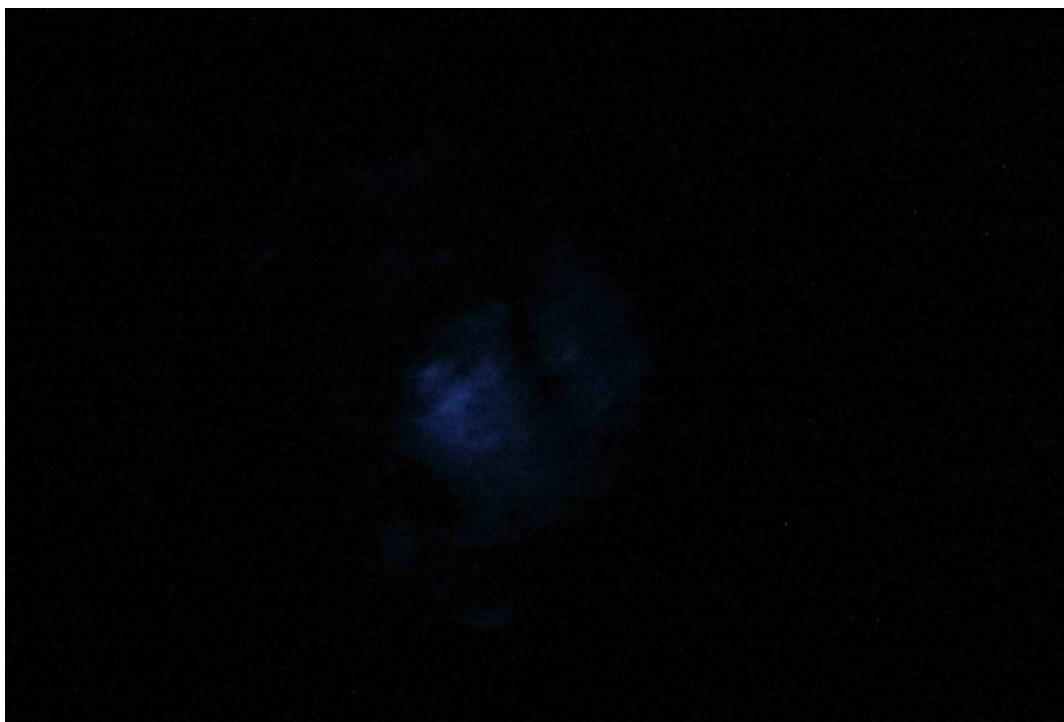
Snov	Reakcija-vidnost* (brez UV lučke in UV očal)	Reakcija-vidnost* (z UV lučko in UV očali)
Rja	4	4
Živalska slina	4	4

*Legenda: 1 - nevidno (brez reakcije), 2 - slabo vidno (blaga reakcija), 3 - vidno (reakcija) in
4 - dobro vidno (močna reakcija)

(Vir: lastna raziskava)



Slika 8: Rja in raztopina luminola na parketu (Vir: lastna raziskava)



Slika 9: Živalska (pasja) slina in raztopina luminola na žogici (Vir: lastna raziskava)

V zadnjem poizkusu smo skušali preveriti učinkovitost uporabe raztopine luminola v vsakdanjem življenju. S tem namenom smo poškropili raztopino luminola po preprogi in opazovali, ali je možno locirati, kje je pasji urin. Rezultat preizkusa je pokazal, da je urin na ta način možno locirati. Učinkovitost³, uporabe raztopine luminola je potrjena. Pojavlja pa se vprašanje o uspešnosti⁴ uporabe luminola, te zaradi omejitve naloge nismo preverili.

³ Učinkovitost pomeni doseganje zelenih ciljev, nekaj deluje tako kot se pričakuje (SSKJ).

⁴ Uspešnost pomeni doseganje zelenih ciljev na sprejemljiv način, da niso žrtve večje kot so koristi (SSKJ).

Tabela 6: Preizkus lociranja pasjega urina z raztopino luminola

Snov	Reakcija-vidnost*	Reakcija-vidnost*
	(brez UV lučke in UV očal)	(z UV lučko in UV očali)
Pasji urin	4	4

*Legenda: 1 - nevidno (brez reakcije), 2 - slabo vidno (blaga reakcija), 3 - vidno (reakcija) in 4 - dobro vidno (močna reakcija)

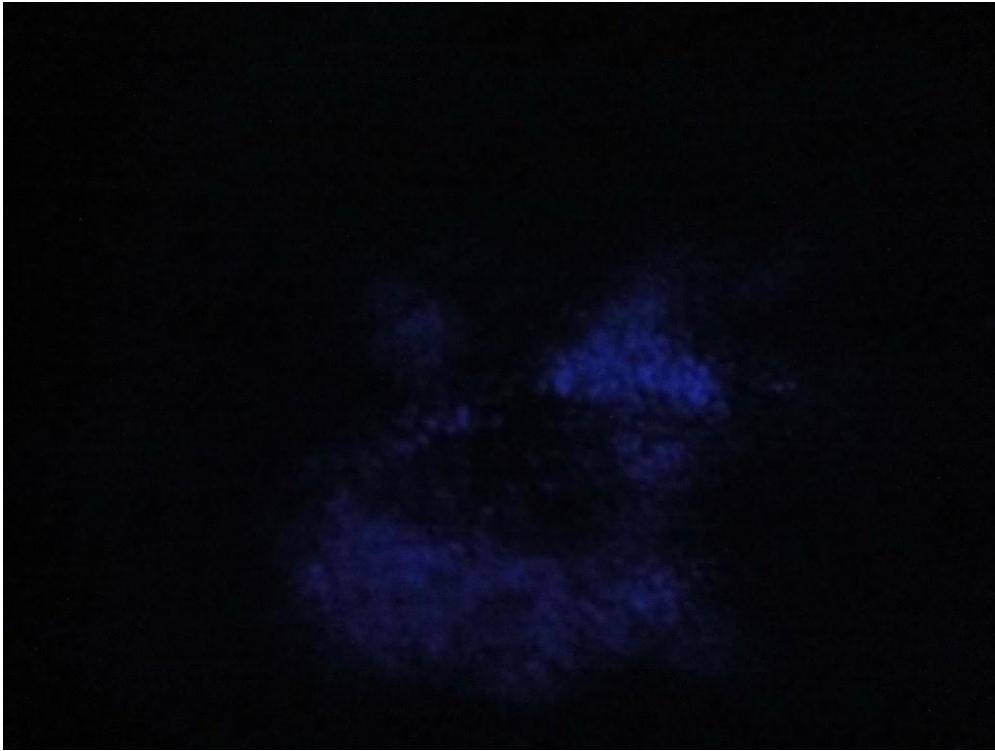
(Vir: lastna raziskava)



Slika 10: Preproga in pasji urin (Vir: lastna raziskava)



Slika 11: Čistilo za preproge (Vir: lastna raziskava)



Slika 12: Preproga, pasji urin in raztopina luminola (Vir: lastna raziskava)



Slika 13: Preproga in čistilo za preproge

(Vir: lastna raziskava)

Pri vseh preizkusih smo uporabljali UV lučko in UV očala, pripomočka nista imela ne pozitivnih in ne negativnih vplivov na vidnost delovanja raztopine luminola.

5. REZULTATI IN INTERPRETACIJA

Na podlagi opravljenih preizkusov in opisanih rezultatov, ki smo jih predstavili v prejšnjem poglavju, se v nadaljevanju izrekamo ali postavljene hipoteze raziskovalne naloge držijo ali ne.

Hipoteza H1: Doma pripravljeno raztopino luminola je možno uporabiti za testiranje prisotnosti telesnih tekočin (krvi, sline in urina). Ta hipoteza je povezana s preizkusi, katerih ugotovitve so skrčeno predstavljene v Tabelah od 1 do 5. V vseh opravljenih testih smo si sami pripravili raztopino luminola in izvedli test prisotnost telesnih tekočin ter drugih snovi. Kljub temu, da vedno ni bilo možno ugotoviti za kakšne tekočine gre, ali te niso bile dobro

vidne, je bilo možno izvesti vse načrtovane preizkuse. Na podlagi teh ugotovitev lahko hipotezo H1 potrdimo.

Hipoteza H2: Raztopina luminola in kri reagirata tudi po čiščenju tekstila z vodo in običajnim pralnim sredstvom. To hipotezo smo preverili s samostojnim preizkusom. Ugotovitve o reakcijah raztopine luminola in krvi so predstavljene v Tabeli 2. Reakcija raztopine luminola in krvi je dobro vidna (močna reakcija) tako pred odstranitvijo krvi z bombažnega prta, kot tudi po pranju bombažnega prta s tekočim detergentom in mlačno vodo, ko je bila kemoluminiscenca raztopne luminola in opranega prta, še vedno vidna. Na podlagi teh dokazov lahko hipotezo H2 potrdimo.

Hipoteza H3: Vidnost reagenta in luminola je boljša z UV lučko in UV očali. Preizkusi s povezani preverbo te hipoteze so bili opravljeni z vsemi predstavljenimi testi, katerih ugotovitve so v Tabelah od 1 do 5. Skupna ugotovitev opravljenim preizkusom je, da se z UV lučko in UV očali vidnost reakcije med raztopino luminola in reagenti vidno (s prostim očesom) ne izboljša. Na osnovi rezultatov v Tabelah 1 do 5 in slikovnih dokazov naloge hipotezo H3 zavrnamo.

Hipoteza H4: Raztopina luminola se obarva modro samo ob stiku s krvjo. Rezultati opravljenih preizkusov, ki so predstavljeni v Tabelah 1, 2, 3, in 5 kažejo, da poleg človeške krvi reagira z raztopino luminola tudi Cu, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, PP, sok limone, limete, pomaranče, kivi, banana, buča, rdeče korenje, belo korenje, živalska (pasja) slina in rja. Na osnovi rezultatov preizkusov, katerih ugotovitve so v Tabelah 1 do 5 in slikovnih dokazov naloge hipotezo H4 zavrneva.

Hipoteza H5: Z doma pripravljeno raztopino luminola je možno locirati madeže v gospodinjstvu za bolj učinkovito uporabo čistilnih sredstev. Napravili smo preizkus za lociranje madeža pasjega urina na preprogi, rezultat preizkusa je v Tabeli 5. Ugotovili smo, da z raztopino luminola lahko lociramo pasji urin na preprogi. Učinkovitost uporabe raztopine luminola je na podlagi preizkusa (glej Tabelo 5 in Sliko 12) dokazana. Na tej podlagi lahko sklepamo, da bo poraba čistila manjša, kot če bi ga nanašali na celotno

preprogo (dokaz Slika 12 in 13). Ugotovili smo, da z uporabo raztopine luminola lahko dosežemo večjo učinkovitost pri porabi čistila za preproge, kadar želimo z njim odstraniti pasji urin. Hipotezo H5, zato potrdimo. Ne smemo pa zanemariti še druge plati tega preizkusa, ki ga zaradi postavljenih omejitev raziskovanja nismo upoštevali. To je preverjanje uspešnosti uporabe raztopine luminola pri odstranjevanju pasjega urina s preproge. Menimo, da bi ta plat preizkusa pokazala, da je uporaba luminola ekonomsko neupravičena, glede na ceno čistila za preproge in ceno luminola, ki je večkratnik cene čistila. Kot že rečeno, tega nismo preverili in tako ostaja to odprto vprašanje za nadaljnje raziskovanje uporabe luminola.

6. SKLEPI

Z raziskovalno nalogo smo raziskovali, ali lahko v resničnem življenju posnemamo forenzično iskanje zakritih sledi z raztopino luminola. Ugotovili smo, da če imamo dovolj znanja iz osnovnošolske kemije, lahko raztopino luminola pripravimo sami. Z doma pripravljeno raztopino luminola smo izvajali preizkuse, da bi potrdili ali ovrgli postavljene hipoteze naloge. Ugotovili smo, da raztopina luminola ne reagira samo s krvjo, temveč tudi z bakrom, železom, železovim kloridom heksahidratom, bakrovim dikloridom, polipropilenilom, rjo in živalsko slino. Še več, kemoluminiscenca se je pojavila še pri sadju (sok limone, limete, pomaranče, košček kivija in banane) in zelenjavi (košček štajerske domače buče, oranžnega in belega korenja). Proti pričakovanjem raztopina luminola ni reagirala s čistili. Ugotovili smo še, da moraš natančno odmeriti predpisane količine pri pripravi raztopine luminola, saj drugače raztopina ni uporabna. Snovi, ki so bile prej očiščene ali odstranjene, so bile ob stiku z raztopino luminola še vedno vidne, tako se del resnice pokriva s prikazom v filmih in nadaljevanjih, v katerih nastopajo forenziki. Ker raztopina luminola ni bila vidna samo pri krvi, po luminiscenci (oddani vidni svetlobi) različnih snovi ni bilo možno ločiti med seboj. Iz tega sledi, da z gotovostjo ne moremo trditi, da je bila prisotna kri ali kakšna druga snov, ki prav tako reagira z raztopino luminola. To je dokaz, da v šolskem laboratoriju ne moremo razločevati snovi v resničnem življenju in za potrebe resnične forenzične preiskave. Dodajmo, da v vsakdanjem življenju raztopina

luminola razkriva , npr. pasji urin na preprogi, kar bi lahko zmanjšalo čas in količino potrebnega čistila za čiščenje pasjega urina. Toda priprava raztopine luminola je časovno in denarno verjetno bolj potratno kot nakup čistila za preprogo in aplikacija čistila na celotno površino preproge. Tega nismo preverili. Dodatno neodgovorjeno vprašanje za nadaljnje raziskovanje je tudi, ali lahko sami doma pripravimo zmes, ki bi imela lastnosti raztopine luminola? Nadaljnja raziskava bi skušala najti odgovor, ali je možno narediti tako zmes iz preprostih sestavin, ki so cenovno ugodne.

7. DRUŽBENA KORIST

Naloga je bila raziskovalnega tipa in ni iskala novih rešitev ali inovacij, zato nima večje družbene koristnosti. Koristi naloge so v novih spoznanjih in informacijah na področju domače priprave in uporabe raztopine luminola, ob tem pa smo uspeli znanstveno preveriti resnico na področju uporabe luminola!

8. VIRI IN LITERATURA

Literatura

9. Bioluminescence Web Page. [Sneto s spleta 05.02.2013], dostopno na: <http://www.lifesci.ucsb.edu/~biolum/>.
10. Cormier, M.J., Hercules, D.M., Lee, J. 1973. Chemiluminescence and bioluminescence, Plenum Press: New York, 3 – 194.
11. CSI. Web Adventures. [Sneto s spleta 05.02.2013], dostopno na: <http://forensics.rice.edu/>
12. Ernest Huntress, Lester Stanley, Almon Parker. 1934. The preparation of 3-aminophthalhydrazide for use in the demonstration of chemiluminescence". Journal of the American Chemical Society, 56 (1): 241–242.
13. Gordana Grofelnik in Katja Drobnič. 2005. Vpliv luminola na izolacijo DNK iz krvnih madežev. Ljubljana, Univerza v Mariboru, Fakulteta za policijsko-varnostne vede, Ljubljana.
14. Kristina Grm, Žiga Mrzlikar, Monika Pepelnjak, Alenka Mozer in Andreja Likar Cerc. 2011. Luminiscenca. Ljubljana. [Sneto s spleta 05.02.2013], dostopno na: <http://projekti.gimvic.org/2011/2f/luminiscenca/index.html>
15. Leksikoni - Kemija. 1981. Leksikoni Cankarjeve založbe – Kemija. Ljubljana: Cankarjeva založba.
16. Prinčič, Griša. (brez datuma). Kemoluminiscenca. [Sneto s spleta 05.02.2013], dostopno na: http://www.druga.org/~inf10708/1f/1f2PrincicGrisa/kemoluminiscenca_real_time.pdf.

17. Saferstein, R. 1982. Forensic Science Handbook. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
18. SSKJ - Slovar slovenskega knjižnega jezika. (e-različica). Dostopno na: <http://bos.zrc-sazu.si/sskj.html>.

Viri

1. Drago Pavlič. 2009. Govorica nevidnih sledi. Ljubljana: Založba Forma 7.
2. <http://0.tqn.com/d/chemistry/1/0/h/K/1/Luminol.jpg>